발 간 등 록 번 호
11-1613000-001048-01

국토교통기술촉진연구사업
R&D 12교통체계-자유03

도로표지 영상정보 자동감지 및 분석장비 개발 최종보고서

2015. 10. 26

Infrastructure
R&D Report

주관연구기관 / 한국건설기술연구원
공동연구기관 / 서울대학교 산학협력단
이엔지정보기술(주)

국 토 교 통 부
국토교통과학기술진흥원

제 출 문

국토교통부장관(국토과학기술진흥원장) 귀하

이 보고서를 "도로표지 영상정보 자동감지 및 분석 장비 개발"과제의 보고서로 제출합니다.

2015. 10. 26.

주관연구기관명 : 한국건설기술연구원
주관연구책임자 : 정 규 수
연 구 원 : 윤 준 희
" : 홍 창 희
" : 김 은 지
" : 홍 혜 영

공동연구기관명 : 서울대학교 산학협력단
공동연구책임자 : 이 영 인
연 구 원 : 정 인 택
" : 문 동 주
" : 김 다 해
" : 소 윤 상
" : 김 거 중
" : 윤 명 환
" : 윤 희 성
" : 김 혜 원
" : 송 일 찬
" : 윤 준 협

공동연구기관명 : 이엔지정보기술(주)
공동연구책임자 : 주 영 은
" : 유 강 민
" : 조 광 기
" : 전 선 미
" : 오 정 환
" : 강 신 재
" : 임 소 연

보고서 요약서

<table>
<tr><td>과제고유번호</td><td>12교통체계
-자유03</td><td>해 당 단 계
연 구 기 간</td><td colspan="2">2012.09.28.
∽2015.09.27</td><td>단 계 구 분</td><td>1/1</td></tr>
<tr><td>연 구 사 업 명</td><td colspan="6">국토교통기술촉진연구사업</td></tr>
<tr><td rowspan="3">연 구 과 제 명</td><td>최 상 위
과 제 명</td><td colspan="5">도로표지 영상정보 자동감지 및 분석 장비 개발</td></tr>
<tr><td rowspan="2">단위과제명</td><td colspan="5">속성정보 순석 기술 개발</td></tr>
<tr><td colspan="5">영상정보 수집·분류 기술 개발</td></tr>
<tr><td>연 구 책 임 자</td><td>정 규 수</td><td>총연구기간
참 여
연구원수</td><td>총 : 20명
내부 : 20명
외부 : -명</td><td>총연구비</td><td colspan="2">정부 : 966,000천원
기업 : 326,000천원
계 : 1,292,000천원</td></tr>
<tr><td>연구기관명 및
소 속 부 서 명</td><td colspan="2">한국건설기술연구원
ICT융합연구소</td><td colspan="2">참여기업명</td><td colspan="2">-</td></tr>
<tr><td>국제공동연구</td><td colspan="3">상대국명 : -</td><td colspan="3">상대국연구기관명 : -</td></tr>
<tr><td colspan="5">요약</td><td>보고서면수</td><td>356</td></tr>
<tr><td colspan="7">○ 전국의 고속국도 · 일반국도 · 지방도 및 시 · 군도에 설치되어 있는 약 16만개의 도로표지에 대한 관리 및 조사를 신속하고 정확하게 수행할 수 있는 RRAP(Road Sign Recognition and Analysis Vehicle Platform) 개발
○ 본 연구개발은 3개의 핵심성과 개발
- 영상정보 수집/분류기술 : 멀티센서 기반의 MMS(Mobile Mapping System)를 활용하여 도로의 영상공간정보를 수집하고, 이를 처리하여 수집정보 내에 존재하는 도로표지의 검출과 해당 도로표지의 관련 속성정보를 추출하는 기술
- 속성정보 추출 모듈 : 도로표지 영상정보에서 문자 및 기호의 추출 및 인식, 상호매칭, 데이터베이스 구축 기술
- 속성정보 분석모듈 : 도로표지 데이터베이스의 내용 및 위치정보와 도로표지 자동분석 차량 플랫폼(RRAP)의 조사결과 간 비교·분석 기술
○ 도로표지 대상 이외에 영상공간정보를 응용할 수 있는 분야, 다양한 POI를 수집하여 활용 및 관리하는 사업분야와 수치지도를 신규 구축 및 수정, 갱신하는 분야에도 폭넓게 적용 가능</td></tr>
<tr><td rowspan="2">색 인 어
(각 5개 이상)</td><td>한 글</td><td colspan="5">도로표지, 영상정보, 문자인식, MMS, 영상수집</td></tr>
<tr><td>영 어</td><td colspan="5">Road sign, Image information, Text recognition, MMS, Image collection</td></tr>
</table>

요 약 문

Ⅰ. 제 목

도로표지 영상 자동감지 및 분석장비 개발

Ⅱ. 연구개발과제 개요

도로표지의 효율적 관리·개선을 위한 도로표지관리시스템이 '01년부터 운영되고 있으나, 각급 도로관리청에서 약 16만개의 도로표지를 관리하고 지속적으로 변경되는 도로표지 정보의 실시간 갱신에 어려움이 있어 더욱 절실한 실정이다. 수작업으로 정보 갱신 시 막대한 예산 및 시간이 소요될 것으로 예상된다. 따라서 본 연구개발은 전국의 고속국도·일반국도·지방도 및 시·군도에 설치되어 있는 약 16만개의 도로표지에 대한 관리 및 조사를 신속하고 정확하게 수행할 수 있는 RRAP(Road Sign Recognition and Analysis Vehicle Platform) 개발하는 것으로써, 도로표지 정보 수집 자동화를 통한 현지조사 업무 대폭 효율화, 도로표지 형태, 표기 내용, 기본정보의 추출 및 데이터베이스 구축 자동화를 통한 도로표지대장 작성 업무의 간소화, 도로표지 일치성, 적합성, 연계성 분석 자동화 기술 개발, 분석 정보의 실시간 처리기술 개발을 통한 업무 지원, 도로관리청 업무 자동화를 통한 도로표지 관리효율 제고 및 대국민 도로표지 서비스 현시성 확보로 인한 이용률 제고를 목적으로 한다.

Ⅲ. 연구개발 수행내용 및 결과

본 연구개발은 3차년에 걸쳐 수행하였으며, 1차년도 영상정보 추출을 위한 센서 조합 및 플랫폼 최적화, 도로표지판의 영역 추출 알고리즘, 속성정보 추출을 위한 알고리즘의 개발과 전체 RRAP의 아키텍쳐 개발을 하였다. 2차년도에는 플랫폼 장착을 통한 센서 캘리브레이션, 영역 추출, 속성 추출의 프로토타입의 개발, 분석을 위한 설계를 하고 상호간 연계를 위한 모듈을 설계하여 3차년도에 프로토타입을 기반으로 한 시제품의 개발과 통합을 통한 테스트베드 운영을 하여 최종 성과품의 품질 제고를 도모하였다. 전체 연구수행 전략은 다음 그림과 같다. 또한, 효율적 모듈개발을 위해 관련 분야의 다년간의 경험과 노하우를 가진 기관이 역할을 수행토록 하였다. 전체 연구범위는 아래 표와 같다.

연구개발 범위
■ 영상공간정보 수집센서 캘리브레이션 소프트웨어 설계 및 프로토타입 개발, 검증
■ 영상공간정보 수집 및 도로표지 자동검출 소프트웨어 설계 및 프로토타입 개발, 검증
■ 영상공간정보 수집 MMS 프로토타입 개발

■ 도로표지 속성정보 추출 및 인식 성과 검증 방안 제시 ■ 도로표지 속성정보 추출 및 인식률 제고를 위한 방안 적용 ■ 도로표지 속성정보 자동 추출 프로토타입 개발
■ 도로표지 자동분석 알고리즘 개발 및 검증 ■ 도로표지 자동분석을 위한 프로토타입 개발 ■ 연구성과의 표준화를 위한 RRAP 단체표준 실무팀 운영
■ RRAP와 실용화 방안 연구
■ 연구성과의 확산 및 활용방안 연구

Ⅳ. 최종 연구성과 및 적용실적

본 연구개발의 세부 과제별 핵심성과는 다음과 같이 정의하였다.

첫째, 멀티센서 기반의 MMS(Mobile Mapping System)를 활용하여 도로의 영상공간정보를 수집하고, 이를 처리하여 수집정보 내에 존재하는 도로표지의 검출과 해당 도로표지의 관련 속성정보를 추출하는 기술로써 영상정보의 수집을 위한 도로표지 조사차량과 수집 SW, 후처리 및 캘리브레이션 SW 외에 영상정보 분류를 위한 도로표지 검출 SW 등으로 구성된 시스템도로표지 자체의 영상과 속성정보를 추출할 수 있는 기능이다.

둘째, 도로표지 영상정보에서 문자, 기호 영역을 추출하고 속성을 인식하여 데이터베이스를 구축하기 위한 통합 프로그램으로써, 도로표지 영상정보에서 문자 부분의 추출 및 인식, 화살표와 안내지명의 방향별 속성정보 구축, 방향별 안내지명에 대한 데이터베이스 구축 기능이다.

셋째, 도로표지 데이터베이스의 내용 및 위치정보와 도로표지 자동분석 차량 플랫폼(RRAP)의 조사결과 간 비교 · 분석 기술로써, 도로표지 속성정보 분석을 위한 S/W모듈 개발이다.

본 연구개발 결과를 통해 ITS코리아 단체표준을 제정하였으며, 국내외 연구성과 홍보를 다수 수행하였다. 또한, 도로표지 데이터베이스 갱신 용역을 수행하여 기술실시를 하였다.

Ⅴ. 연구목표 달성 및 효과

영상정보 수집/분류 기술은 수집된 영상공간정보 내 추출 도로시설물의 평균 위치정확도 0.7m 이내, 영상공간정보 내 도로표지 자동 검출률 100%를 달성하였으며, 인천광역시 서구에서 수행한 정확도 검증 결과와 서울특별시 강남구에서 수행한 검출률 측정 결과, 정확도는 평균 0.461m로 0.7m이내인 연구목표를 달성하였다.

속성정보 추출 모듈은 서울 특별시 강남구의 경우, 문자 부분의 추출율, 인식율 및 총 인

식율이 각각 98.86%, 98.26%, 97.14% 이었으며, 기호 부분은 각각 99.61%, 100%, 99.61% 이었다. 인천광역시 서구의 경우 문자 부분의 추출율, 인식율 및 총 인식율이 모두 100% 이었으며, 기호 부분은 각각 99.0%, 100%, 99.5% 이었다.

속성정보 분석모듈은 테스트베스에서 RRAP 차량의 테스트 결과, 청라지구와 강남구 모두 도로표지 위치(ID) 매칭율은 100%로 나타났으며, 방향표지 적합성 분석 결과 일치율도 목표치인 100%를 달성하였다.

GPS, IMU, INS, DMI, 레이져 등으로 구성된 RRAP는 영상정보 수집 분류 모듈을 이용하여 자동으로 표지판 정보(표지판 인식, 형태, 지주위치, 표지판 종류 등)의 수집이 가능해지며, 형태, 표기 내용, 기본정보의 추출 및 데이터베이스 구축 자동화를 통한 도로표지대장 작성 업무의 간소화가 기대된다. 또한, RRAP용 이동통신 모듈을 이용하여 도로표지시스템 실시간 접근을 통한 데이터의 실시간 처리, 저장, 관리 및 갱신으로 DB 비현시성 문제가 해결될 것으로 기대된다. 도로표지 속성정보 추출 모듈을 이용하여 많은 양의 데이터로 이루어진 도로표지판의 속성정보(정보의 개수, 문자, 상징그림, 노선번호 등)를 자동으로 추출하는 S/W 개발로 정보인식 분야의 기술선점이 가능해 질 것으로 기대된다. 도로표지 속성정보 분석 모듈을 이용하여 추출된 속성정보의 일치성(속성정보의 내용, 위치 등)을 비교 분석할 수 있을 것으로 기대됨에 따라 도로표지 속성정보의 적합성(판/지주 규격, 노선번호 표기여부, 위치, 이정거리 등)과 도로표지의 영향권 설정 후 연계성까지 자동분석이 가능해 질 것으로 기대된다.

도로표지 현지조사는 현장에서 수행하는 일반적 조사와 표지정보를 입력 · 분석 작업에 매년 90%의 직접적 예산 절감 효과 및 정비 업무 처리 비용 등 간접적 예산 절감 효과가 예상된다. RRAP는 플랫폼 형태로 제공되기 때문에 상용화할 경우 차량 종류에 구애받지 않고 설치가 가능하며, 센서 등의 캘리브레이션 이후 바로 사용이 가능하기 때문에 제작비용은 기존 MMS 차량제작 비용에 비해 현저히 줄어들고, 제작기간도 단축할 수 있다

분석의 자동화로 실시간 정비방안과 대책을 마련하고, 단계별 정비 계획 수립 등, 범국가 차원의 도로표지 관리시스템이 정착될 수 있으며, 이로 인한 예산절감과 관리효율화를 달성할 수 있다. 국가기간시설의 최신화된 정보제공을 통해 국민들로 하여금 국가정보에 대한 신뢰도 제고 및 대국민 서비스 이용률을 제고할 수 있을 것이다. 도로, 교통 분야에서의 IT 관련 기술 개발 및 적용 확대를 통한 국내·외 패턴인식 및 영상정보수집 관련 산업의 시장 확대 효과와 더불어 시장활성화로 인해 전문인력양성과 침체된 고용시장의 활성화가 기대된다.

Ⅵ. 연구성과 활용계획

도로표지 관리기관의 도로표지 데이터베이스 신규 구축 및 수정, 갱신사업을 주 대상으로 본 연구의 성과를 활용할 예정이며, 추가로 본 성과를 통해 수집되는 영상공간정보를 응용할 수 있는 분야, 즉, 각종 도로시설물 및 다양한 POI를 수집하여 활용 및 관리하는 사업분야와 수치지도를 신규 구축 및 수정, 갱신하는 분야에도 폭넓게 적용할 예정이다. 현재 국토교통부와 지방자치단체에서 진행하고 있는 3차원 공간정보 구축사업 또는 도로시설물 DB 구축 사업 등 현장조사를 위한 핵심기술로 활용이 가능하다.

SUMMARY

Road sign recognition and analysis platform (RRAP) that can perform the investigation, recognition and improvements of about 160,000 road signs installed on expressways, national roads, local roads, provinces, cities and towns nationwide quickly and accurately. This equipment is freely movable between vehicles and can be used to analyze images using field investigation data, image data and point cloud data obtained from the mobile mapping system (MMS) and assess the adequacy of road sign area and attribute information. The R&D scope is as follow table.

Research and development scope
▪ Development and verification of spacial image data collection sensor software design, proto type ▪ Development and verification of road sign auto detection software design, proto type ▪ Development of MMS proto type
▪ Verification method presentation of road sign attribute information recognition ▪ Method application for road sign attribute information recognition rate ▪ Development of road sign attribute information auto recognition proto type
▪ Development and verification of road sign auto analysis algorithm ▪ Development of proto type for road sign auto analysis ▪ Management of RRAP collective standard business group for stadardization of research results
▪ Method study for RRAP commercialization
▪ Application method for research result diffusion

The core accomplishments and results of this study are as follows.

Equipment composed of MMS (GPS, IMU, INS, DMI, Laser) used to collect field images. The results of extraction road sign area from images and calculation coordinates module were 100% collected and 0.461 accuracy. The result of recognition letters(detection text areas, recognition and total recognition) and direction(detection arrow areas, recognition and total recognition) information within road sign areas were recognized 98.86%, 98.26%, 97.14% and 99.61%, 100%, 99.61% each in Seoul capital

city, 100%, 100%, 100% and 99.0%, 100%, 99.5% each in Incheon city. And the result of updating data that have been compared with existing databases was matched 100%.

RRAP, composed of GPS, IMU, INS, DMI and laser, is used to automatically collect road sign information (e.g. road sign recognition, shapes, support locations and road sign types) as well as extract and store in databases shapes, marked content and other basic information using a module that collects and classifies image data. This technology is expected to simplify road sign register work. Use of the mobile communications module for RRAP is expected to help keep databases updated with real-time access to road sign systems and real-time data processing, storage, management and update. The development of software for automatic extraction of attribute information from road signs (e.g. information count, letters, symbols, route numbers) that contain a large amount of data with the use of road sign attribute extraction module is expected to help gain the upper hand in the information recognition field. The road sign attribute analysis module is expected to be used in the comparative analysis of conformity of attribute information (e.g. content and locations of attribute information). This, in turn, is expected to enable automated analysis of the adequacy of road sign attribute information (e.g. board/support sizes, indication of route numbers, locations, distances) as well as their linkages after setting areas of influence.

With regard to costs associated with the field investigation of road signs, 90% direct cost savings are likely each year in general investigation and road sign input and analysis work. Indirect cost savings are also expected from improved maintenance and other work. As RRAP is provided as a platform, commercialized RRAP can be installed in vehicles regardless of vehicle type. Since it can be used right after the calibration of sensors, its production cost will be a lot less than the current MMS vehicle production cost and the production time can also be reduced.

Automated analysis is expected to help develop real-time or phased maintenance plans, thereby contributing to the development road sign management system at the national level while saving budget and improving management practices. Provision of updated national key facilities is expected to improve the public confidence in national information as well as improve the utilization of public services. Development of IT technologies in road/traffic fields and increased applications are expected to expand domestic and global markets related.

목 차

제1장 연구개발과제 개요 ····· 1

제1절 연구개발의 목적 및 필요성 ····· 1

1. 연구개발의 필요성 ····· 1

2. 연구개발 목적 ····· 5

제2절 연구개발의 정의, 범위, 특징 ····· 6

1. 전체 연구개발 범위 ····· 6

2. 영상정보 수집, 분류 모듈 ····· 8

3. 속성정보 추출 모듈 ····· 10

4. 속성정보 분석 모듈 ····· 12

제3절 관련분야의 국내외 기술개발동향 ····· 14

1. 국내외 연구·기술개발동향 ····· 14

2. 연구·기술개발 동향 시사점 ····· 34

제2장 연구개발 수행 내용 및 결과 ····· 35

제1절 연구수행 전략 및 방법론 ····· 35

제2절 연구수행과정 및 내용 ····· 37

1. 영상정보 수집, 분류 모듈 ····· 37

2. 속성정보 추출 모듈 ····· 93

3. 속성정보 분석 모듈 ····· 234

4. 연동모듈 ····· 292

제3절 연구수행결과 및 검증방법 ····· 318

1. 영상정보 수집, 분류 모듈 ····· 318

2. 속성정보 추출 모듈 ····· 320

3. 속성정보 분석 모듈 ····· 323

제3장 최종 연구성과 및 적용실적 ····· 325
제1절 최종 연구성과 정의 ····· 325
1. 최종성과물의 정의 ····· 325
2. 연구성과별 정의 ····· 325
제2절 적용실적 ····· 329
1. 테스트베드 적용 ····· 329
2. 기타 적용실적 ····· 334
제3절 기술실시 및 적용사례 ····· 337

제4장 연구목표 달성 및 효과 ····· 338
제1절 연구개발 최종목표 달성도 ····· 338
1. 개요 ····· 338
2. 영상수집, 분류 모듈 ····· 338
3. 속성정보 추출 모듈 ····· 339
4. 속성정보 분석모듈 ····· 341
제2절 연구개발 성과의 효과분석 ····· 343

제5장 연구성과의 활용 및 추가연구 필요성 ····· 345
제1절 연구성과의 향후 활용방안 ····· 345
제2절 추가연구필요성 ····· 350

참고문헌 ····· 353

Contents

Chapter 1. Outline of Development Research ····· 1

Section 1. Purpose and Need of R&D ····· 1

1. Need of R&D ····· 1

2. Purpose of R&D ····· 5

Section 2. Definition, Feature, and Scope of Development Research ····· 6

1. Scope of R&D ····· 6

2. A collection and classification module ····· 8

3. A recognition module ····· 10

4. A analysis module ····· 12

Section 3. Current State of Related Technical Development ····· 14

1. Current State of Research·Technical Development ····· 14

2. Implications deduction ····· 34

Chapter 2. Content and Result of Development Research ····· 35

Section 1. Strategy and Method for Research Performance ····· 35

Section 2. Process and performance of research perform ····· 37

1. A collection and classification module ····· 37

2. A recognition module ····· 93

3. A analysis module ····· 234

4. A interlocking module ····· 292

Section 3. Result and verification of research perform ····· 318

1. A collection and classification module ····· 318

2. A recognition module ····· 320

3. A analysis module ····· 323

Chapter 3. Final achievement of R&D and application actual result ····· 325
Section 1. Definition of final achievement ····· 325
1. Definition of final achievement ····· 325
2. Definition of each achievement ····· 325
Section 2. Application actual result ····· 329
1. Test bed ····· 329
2. Other application actual result ····· 334
Section 3. Execution of technique and application example ····· 337

Chapter 4. Achievement and effect of research purpose ····· 338
Section 1. Final achievement of R&D ····· 338
1. Outline ····· 338
2. A collection and classification module ····· 338
3. A recognition module ····· 339
4. A analysis module ····· 341
Section 2. Effect analysis of R&D result ····· 343

Chapter 5. Application plans of R&D and Need of additional research 345
Section 1. Future plans of R&D result ····· 345
Section 2. Need of additional research ····· 350

References ····· 353

제2장 연구개발 수행 내용 및 결과

제1절 연구수행 전략 및 방법론

본 연구개발은 3차년에 걸쳐 수행하였으며, 1차년도 영상정보 추출을 위한 센서 조합 및 플랫폼 최적화, 도로표지판의 영역 추출 알고리즘, 속성정보 추출을 위한 알고리즘의 개발과 전체 RRAP의 아키텍쳐 개발을 하였다. 2차년도에는 플랫폼 장착을 통한 센서 캘리브레이션, 영역 추출, 속성 추출의 프로토타입의 개발, 분석을 위한 설계를 하고 상호간 연계를 위한 모듈을 설계하여 3차년도에 프로토타입을 기반으로 한 시제품의 개발과 통합을 통한 테스트베드 운영을 하여 최종 성과품의 품질 제고를 도모하였다. 전체 연구수행 전략은 [그림 2-1]과 같다. 또한, 효율적 모듈개발을 위해 관련 분야의 다년간의 경험과 노하우를 가진 기관이 역할을 수행토록 하였다. 또한, 연구범위에 따른 세부 연구 수행 방법은 다음 [표 2-1]과 같다.

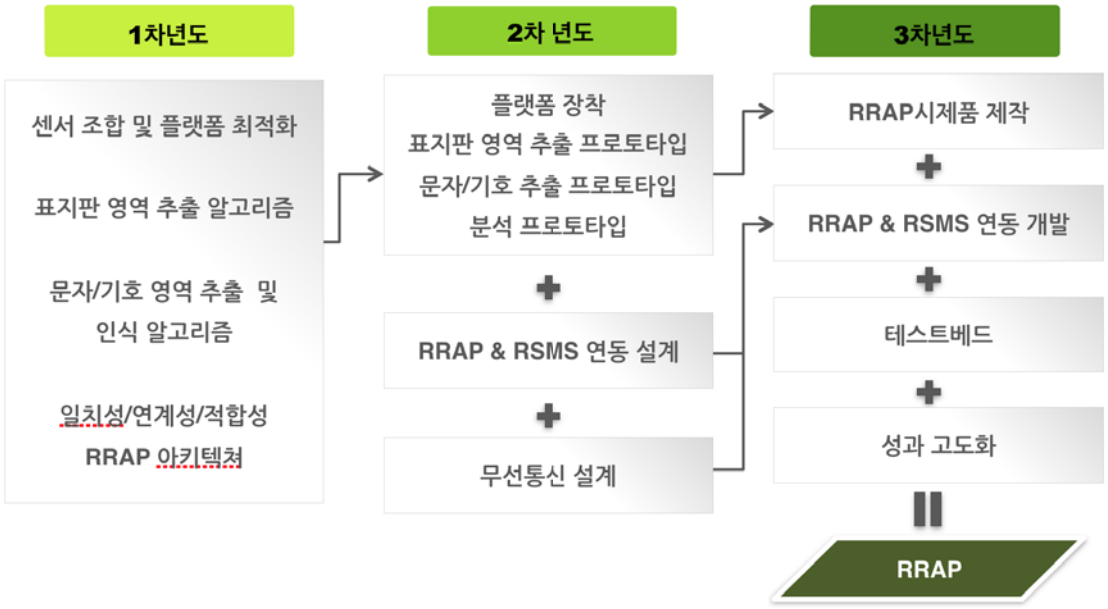


그림 2-1 연구개발 전략

표 2-1 연구수행 전략 및 방법

연구범위	연구수행방법 (이론적·실험적 접근 방법)
■ 영상공간정보 수집센서 캘리브레이션 소프트웨어 설계 및 프로토타입 개발, 검증 ■ 영상공간정보 수집 및 도로표지 자동검출 소프트웨어 설계 및 프로토타입 개발, 검증 ■ 영상공간정보 수집 MMS 프로토타입 개발	• 이론적 알고리즘을 기초로 한 영상공간정보 수집 센서 캘리브레이션 소프트웨어 설계 및 개발, 검증 • 영상공간정보 수집 MMS의 기능 구동을 고려한 영상정보수집 소프트웨어 설계 및 개발, 검증 • 도로표지판의 자동검출 및 지주의 자동인식 알고리즘을 기초로 한 영상공간정보 자동검출 소프트웨어 설계 및 개발, 검증 • 영상공간정보 수집 MMS 설계를 구현한 영상공간정보 수집 MMS 프로토타입 개발

■ 도로표지 속성정보 추출 및 인식 성과 검증 방안 제시 ■ 도로표지 속성정보 추출 및 인식률 제고를 위한 방안 적용 ■ 도로표지 속성정보 자동 추출 프로토타입 개발	• 표준 도로표지와 불규칙적 도로표지의 분류 및 속성정보 추출률 검증 방안 제시 • 도로표지 속성정보의 인식률 검증 방안 제시 • 도로표지 속성정보 추출 및 인식율의 상호 연계 검증방안 제시 • 도로표지 속성정보 추출률 제고 방안 개발 및 적용 • 안내지명 후보군 제공 등 도로표지 속성정보 인식률 제고 방안 개발 및 적용 • 도로표지 속성정보(문자, 기호) 검출 프로토타입 개발 • 도로표지 속성정보(문자, 기호) 인식 프로토타입 개발 • 검출 및 인식 통합 프로토타입 개발
■ 도로표지 자동분석 알고리즘 개발 및 검증 ■ 도로표지 자동분석을 위한 프로토타입 개발 ■ 연구성과의 표준화를 위한 RRAP 단체표준 실무팀 운영	• RRAP의 모듈별 논리적 기능 분석을 통해 물리적 구조 정의 • 도로표지 관리시스템 DB와 선형데이터를 이용한 알고리즘 개발 • 도로표지 자동분석 프로토타입 S/W 개발 • 사례분석을 통한 알고리즘 검증 • RRAP 단체표준 실무팀의 활발한 운영을 통해 단체표준 초안 제정
■ RRAP와 실용화 방안 연구	• RRAP용 단말기를 위한 기능 사양 정의 • RRAP의 현장 이동 환경에서 적용 가능한 데이터 처리 솔루션 및 통신 솔루션 분석 및 결정
■ 연구성과의 확산 및 활용방안 연구	• 타 MMS와 데이터베이스 상호 연계활용 방안 제시 • 관련 분야 전문가 의견수렴 (수요조사 세미나 등)

제2절 연구수행과정 및 내용

1. 영상정보 수집, 분류 모듈

가. 연구수행과정

본 연구는 영상정보 수집, 분류 모듈을 개발하는 것으로 해당 모듈의 개발은 멀티센서 캘리브레이션 SW개발 부문 및 도로표지 조사데이터 수집 SW개발 부문, 도로표지 조사차량 개발 부문, 도로표지 검출 SW개발 부문 등 4가지 분야로 세분화하여 진행하였다.

멀티센서 캘리브레이션 SW개발 부문은 도로표지 조사차량에 장착된 다양한 센서(비전센서, 점군센서, 측위센서)에 대한 상호 간의 표정요소를 추출 및 조정하는 SW를 개발하는 부문으로서 다음과 같이 3가지 단계로 나누어 진행하였으며, 최종 성과로서 멀티센서 캘리브레이션 SW 시제품을 개발하였다.

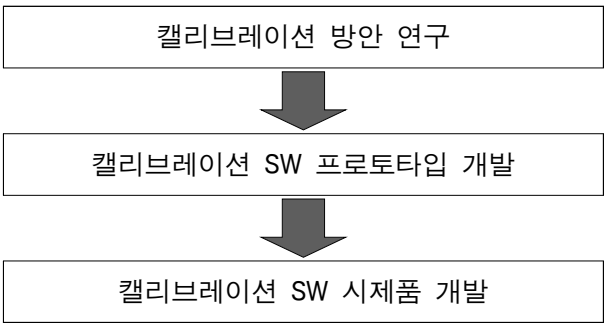


그림 2-2 멀티센서 캘리브레이션 SW 개발 과정

도로표지 조사데이터 수집 SW개발 부문은 도로표지 조사차량에 장착된 멀티센서를 모니터링하고 제어하는 SW를 개발하는 부문으로서 다음과 같이 3가지 단계로 나누어 진행하였으며, 최종 성과로서 도로표지 조사데이터 수집 SW 시제품을 개발하였다.

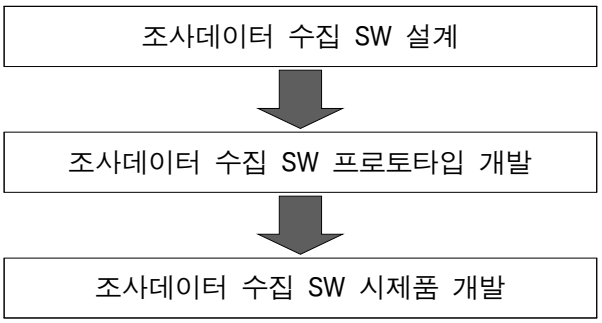


그림 2-3 도로표지 조사데이터 수집 SW 개발 과정

도로표지 조사차량 개발 부문은 도로표지를 조사하기 위한 MMS를 개발하는 부문으로서 도로표지 조사에 적합한 센서들을 조사 및 분석, 조합하며, 해당 멀티센서를 효율적으로 장착하고 운용할 수 있는 장비 제작방안을 연구하였다. 해당 부문은 다음과 같이 4가지 단계

로 나누어 진행하였으며, 최종 성과로서 도로표지 조사차량 시제품을 개발하였다.

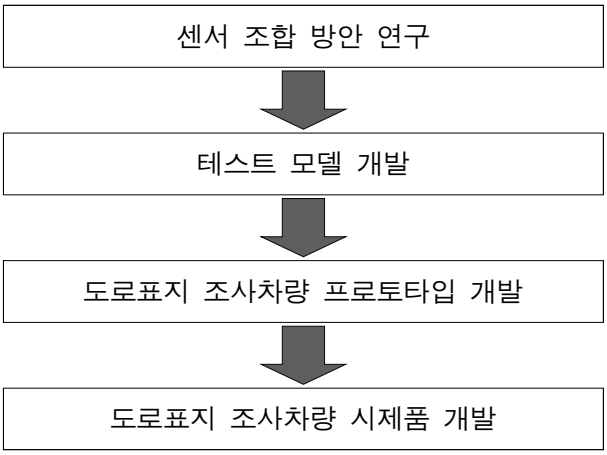


그림 2-4 도로표지 조사차량 개발 과정

도로표지 검출 SW개발 부문은 도로표지 조사차량을 통해 수집된 도로표지 조사데이터, 즉, 영상공간정보 내에 존재하는 도로표지를 검출하고 검출결과를 기반으로 도로표지 정보를 추출하며, 관련 도로의 속성정보를 추출하여 도로표지 DB를 구축하는 SW를 개발하는 것으로서 다음과 같이 3가지 단계로 나누어 진행하였으며, 최종 성과로서 도로표지 검출 SW 시제품을 개발하였다.

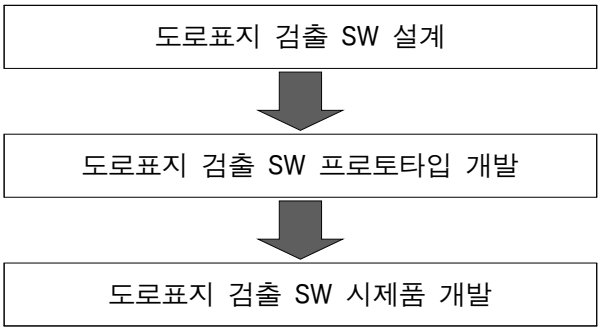


그림 2-5 도로표지 검출 SW 개발 과정

위 연구수행과정에 따라 진행된 캘리브레이션 SW 개발 및 도로표지 조사데이터 수집 SW 개발, 도로표지 조사차량 개발, 도로표지 검출 SW 개발 부문 등과 관련된 세부 내용은 다음과 같다.

나. 멀티센서 캘리브레에션 SW

본 연구에서는 수집된 점군정보를 이용하여 정확한 도로표지판의 크기를 계측하고 도로표지판 지주의 3차원 위치를 측정하여, 비전센서를 통해 수집되는 영상정보로부터 도로표지판의 영상을 추출하는 작업을 수행하며, 위와 같은 공정을 수행하기 위해서는 점군센서의 캘리브레이션 및 취득되는 점군의 점밀도에 따라 정확도 및 정밀도가 좌우된다.

즉, 멀티센서에 대해 측위센서 기준 점군센서와 비전센서간의 데이터 정합이 어느 정도 정확하게 캘리브레이션 되어 있는지에 따라 전체적인 성능이 결정된다고 볼 수 있다.

(1) 캘리브레이션 방안 연구

(가) 시스템간의 좌표변환

첫 번째 단계로써 측위센서에 의해 생성된 기준 축을 기반으로 상대좌표의 점군정보를 절대좌표로 변경 후 점군 간 매칭을 통한 점군센서 표정요소의 조정 및 추출작업을 수행하며, 이를 통해 점군센서의 좌표계를 측위센서의 좌표계 즉, 기준 좌표계와 일치시킨다.

두 번째 단계로써 서로 다른 센서를 사용하는 측정시스템 간의 캘리브레이션을 위해 점군센서의 기준 축과 전방위영상에 의해 생성된 좌표계를 일치시는 작업을 수행하며, 이는 점군과 영상의 정합도를 기반으로 비전센서의 표정요소를 조정 및 추출하는 작업을 수행하는 것을 말한다.

[그림 2-6]에서와 같이 서로 다른 플랫폼에서 측정된 데이터를 아래의 수식과 같이 적절한 변환을 통해 하나의 기준좌표계로 일치시키는 작업을 수행한다.

$$[P]' = [T]_{roll}[T]_{yaw}[T]_{pitch}[P]$$

위의 수식에서 $[P]$는 초기 위치를 나타태고 $[P]'$은 변환된 후의 위치를 나타내며, $[T]_{roll}$은 이동방향에 대한 평행한 수평면에 있는 축 주위의 회전변환, $[T]_{yaw}$는 이동방향에 대해 수직의 수직면에 있는 축주위의 회전변환, $[T]_{pitch}$는 이동방행에 대해 수직의 수평면에 있는 축 주위의 회전변환을 나타낸다.

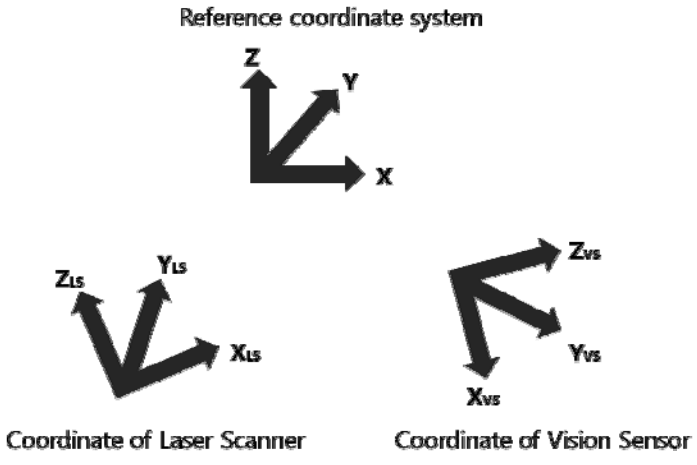


그림 2-6 각 계측장비에 대한 좌표계

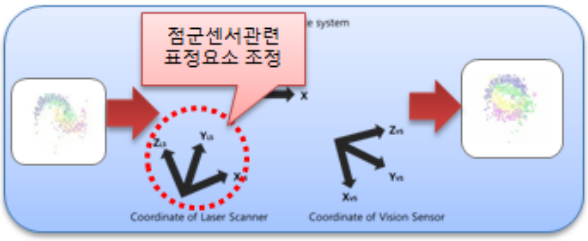


그림 2-7 점군 간 정합을 통한 점군센서 표정요소 조정 및 추출

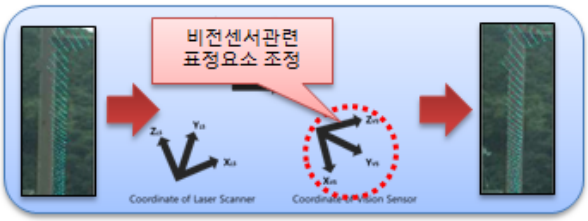


그림 2-8 점군과 영상 간 정합을 통한 비전센서 표정요소 조정 및 추출

(나) 좌표계의 통합

[그림 2-9]의 캘리브레이션 흐름도와 같이 각 점군정보의 변환을 통하여 영상정보와 매치시켜 작업을 수행하며, 이 때, 영상과 점군정보를 취득한 후 각각의 점군센서를 통해 취득된 점군정보를 x축, y축, z축 및 roll, yaw, pitch의 상관관계를 비교하여 좌표계를 통합하는 작업을 수행한다.

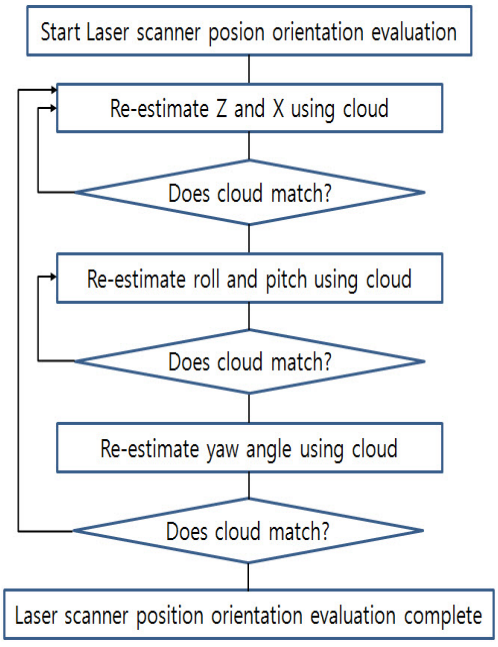


그림 2-9 캘리브레이션 흐름도

(다) 캘리브레이션 SW 구동 순서 및 사용자 인터페이스

캘리브레이션 SW는 조사데이터 로딩과 캘리브레이션 실행이라는 두가지 작업을 통해 캘리브레이션 작업을 수행하며, 1차, 2차 조사데이터를 로딩 후 캘리브레이션 파라메터인 x축, y축, z축 및 roll, yaw, pitch 값을 설정 후 캘리브레이션을 실행한다.

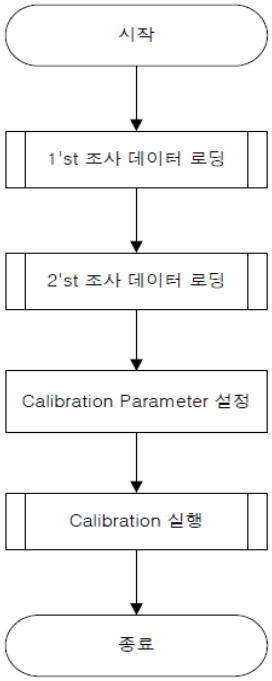


그림 2-10 캘리브레이션 프로세스

조사데이터 로딩작업을 통해 캘리브레이션의 기준이 되는 점군 데이터와 전방위 영상정보 비교 파라메터를 제공하며, 조사데이터를 기초로 한 x축, y축, z축 및 roll, yaw, pitch 값의 수정을 통해 캘리브레이션을 실행한다.

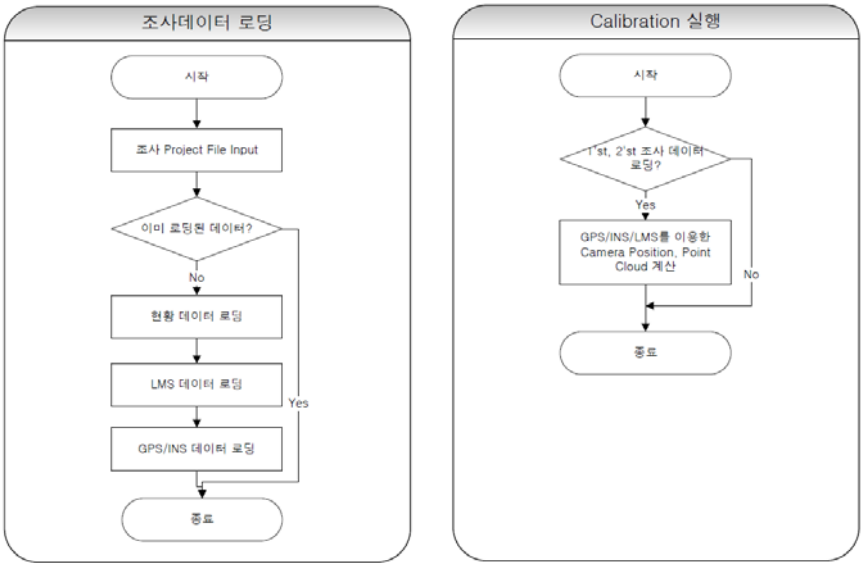


그림 2-11 조사데이터 로딩 및 캘리브레이션 실행 흐름도

(2) 프로토타입 개발

캘리브레이션 SW의 주요 인터페이스는 1, 2차 조사데이터 로딩 버튼과 조사데이터 표출 윈도우, 캘리브레이션 파라미터 입력 및 수정 칼럼들과 적용, 저장, 실시 버튼 등으로 구성한다.

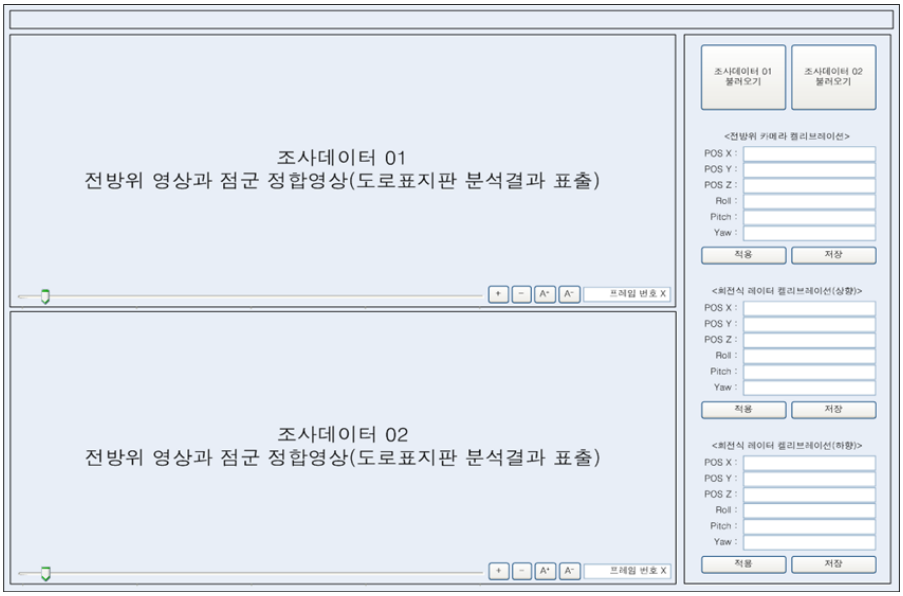


그림 2-12 캘리브레이션 SW 프로토타입 GUI 설계

그래픽 사용자 인터페이스(GUI) 설계를 기초로 하고, 로딩 된 조사데이터의 손쉬운 핸들링을 위해 점군데이터의 표출 범위 설정창과 조회위치 이동버튼 등을 추가하여 멀티센서 캘리브레이션 SW 프로토타입을 구현한다.

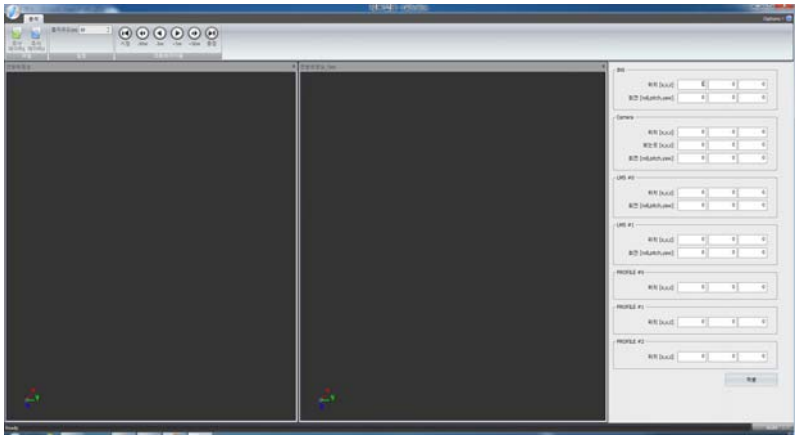


그림 2-13 멀티센서 캘리브레이션 SW 프로토타입

멀티센서 캘리브레이션 소프트웨어 프로토타입을 이용한 캘리브레이션 파라미터 도출 흐름 및 도출 결과 등은 다음과 같다.

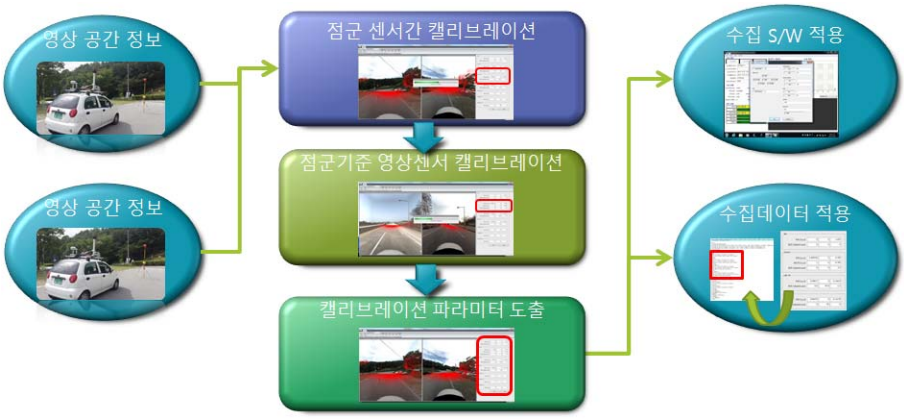


그림 2-14 캘리브레이션 파라미터 도출 흐름도

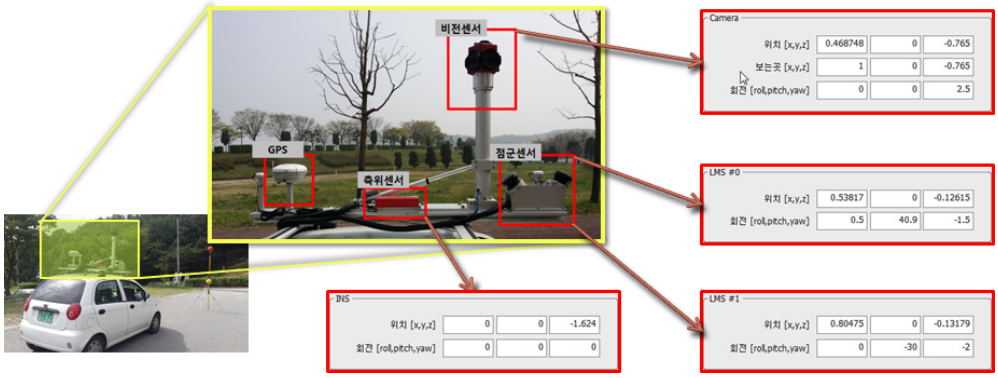


그림 2-15 캘리브레이션 파라미터 도출 결과

(3) 시제품 개발

캘리브레이션 SW시제품은 점군정보 캘리브레이션 모듈과 영상수집위치 캘리브레이션 모듈로 구성되며 각 모듈은 점군변환SW와 영상수집위치추출SW로 구현 되어 시제품에 대한 캘리브레이션 작업에 활용된다.

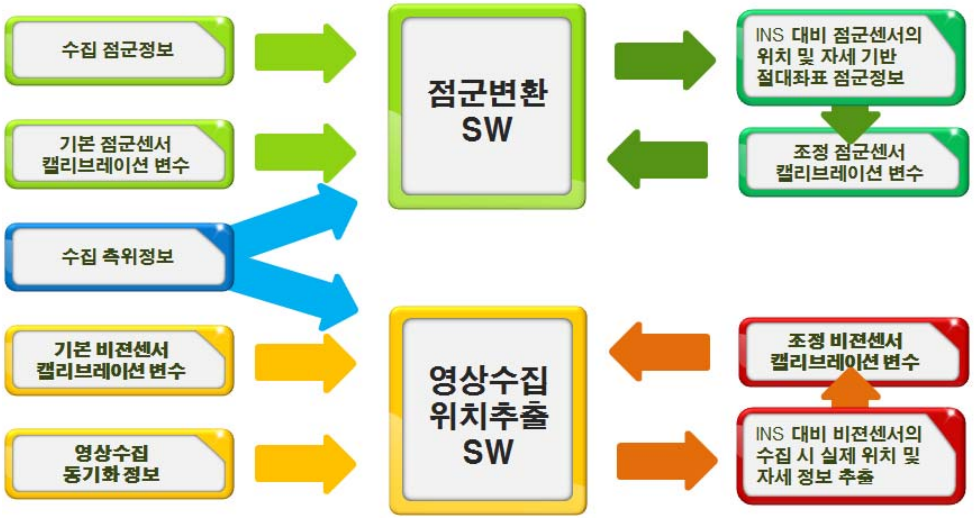


그림 2-16 캘리브레이션 소프트웨어 시제품 구현 흐름

볼 타겟과 해당 타겟에 대한 도로표지 조사데이터를 기반으로 한 캘리브레이션 SW 시제품은 콘솔형태 SW로 개발됨으로써 사용자 요구에 따른 SW의 재활용이 용이한 구조로써, MS Windows 환경하의 사용자 SW에 대해 내부적인 호출을 통해 본 SW를 구동하는 것이 가능하며, 해당 SW를 통해 점군센서의 캘리브레이션 및 상대좌표 점군정보에 대한 절대좌표 변환 기능을 제공하고, 비전센서의 위치, 자세정보의 조정을 통한 점군센서와의 통합 캘리브레이션 수행이 가능하다.

점군센서 간의 캘리브레이션을 위해 활용되는 기준점은 볼 타켓을 사용하고 있으며, 해당 볼 타켓은 상향과 하향 점군센서 각각에 대해 캘리브레이션을 수행해야 하므로 [그림 2-17]과 같이 최소 2개의 볼로 구성되어 있다.



그림 2-17 캘리브레이션용 타켓 및 조사데이터 수집

점군센서에 의해 취득된 점군정보 중 볼 타겟에 대해 올바른 타켓 형태를 이루도록 캘리브레이션 설정 값의 조정 및 영상정보와의 정합작업을 수행해야 하며, 이를 위해 점군센서에 대한 취득 당시의 위치 자세를 측정하고, 취득된 점군정보에 비전센서의 영상정보를 정합하는 작업을 진행하며, 최종적으로 점군정보와 영상정보의 정합을 통해 멀티센서 캘리브레이션 작업을 완료하게 된다.

캘리브레이션 SW 시제품은 후처리 기능, 즉, 상대좌표로 이루어진 점군정보의 절대좌표로의 변환 및 시계열 상의 동기화 정보로 이루어진 영상수집 시간을 실제적인 영상 수집 시의 비전센서의 위치와 자세로 변환하는 기능을 통합한 형태의 SW로써 개발되었으며, 특히, 캘리브레이션 SW 시제품은 콘솔 형태의 명령프롬프트 기반 SW로 구현되어 고객이 요구하는 형태의 SW를 개발 시 외부 GUI를 구성하고 내부적으로는 본 SW를 호출하는 형태로 개발을 진행하여 개발 시간 및 비용 등을 줄일 수 있는 장점을 가지고 있다.

캘리브레이션 SW 시제품은 각 센서의 원시데이터를 범용의 데이터로 변환하여 그 데이터의 활용성을 높이는데에도 목적이 있으며, 점군정보의 경우 초기 수집 시 원시데이터 형태인 자체 포맷으로 구성되어 있으며, 이 데이터를 범용적인 점군 데이터인 *.ASC 포맷으로

변환 시켜 다양한 범용 소프트웨어를 통해 데이터를 처리 할 수 있도록 개발하였다.

또한, 영상정보의 경우 초기 수집 시 원시데이터 형태인 *.pgr 포맷으로 저장하고 있으며 영상이 촬영된 시점정보인 동기화 정보를 자체 포맷으로 저장하고 이를 영상 수집시의 비전센서에 대한 위치와 자세로 변환하여 *.LOG포맷인 텍스트 형태의 파일로 변환하여 저장하도록 개발하였다.

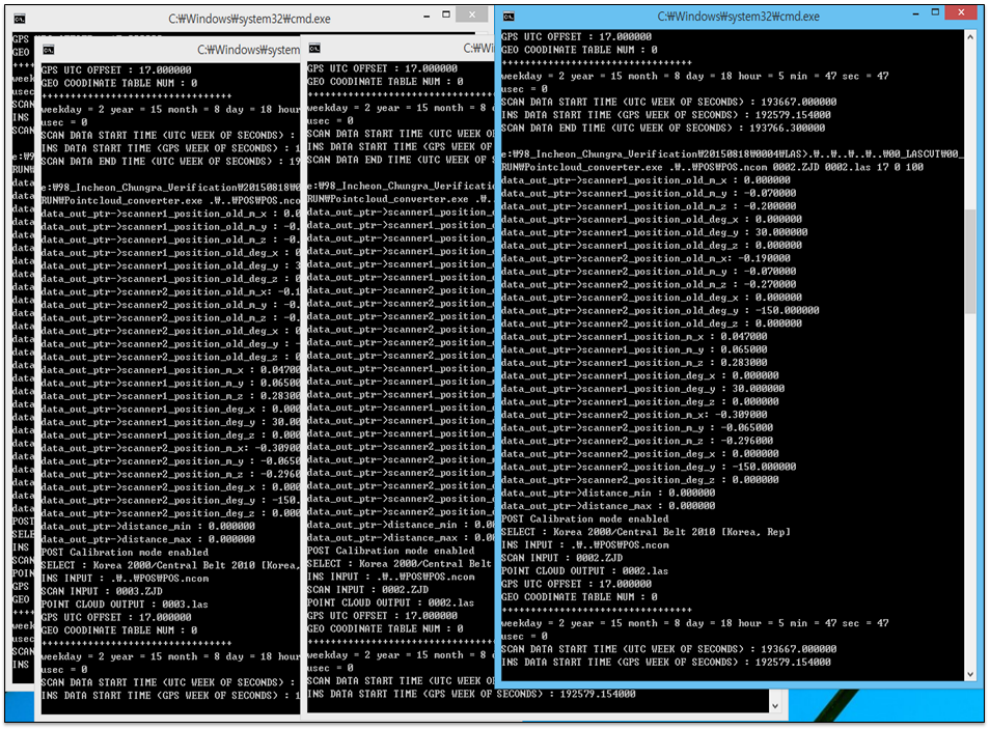


그림 2-18 그림 캘리브레이션 SW 시제품

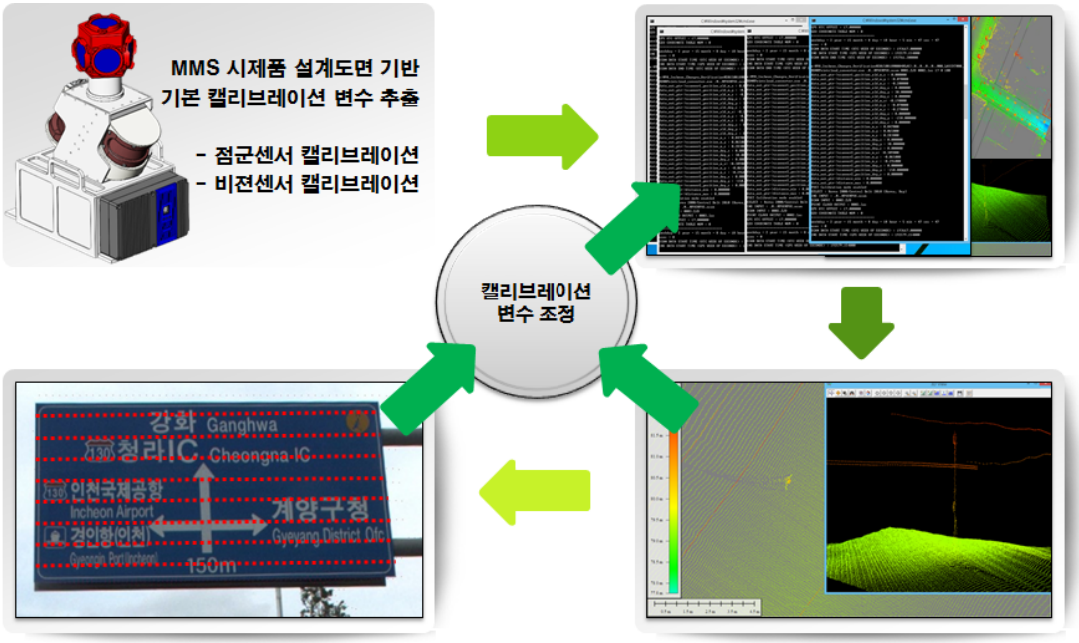


그림 2-19 캘리브레이션 소프트웨어 시제품 변수 조정 흐름도

점군과 점군에 대한 캘리브레이션을 수행하고, 점군과 영상에 대한 캘리브레이션을 수행, 그리고 다시 점군과 점군, 점군과 영상에 대한 반복 작업을 수행하여 최종적으로 정교하게 튜닝된 표정요소를 추출함으로써 캘리브레이션 작업을 수행 및 완료한다.

(4) 캘리브레이션 SW 검증

캘리브레이션 SW의 검증을 위해 아래의 흐름과 같이 캘리브레이션 SW 프로토타입과, 시제품에 대하여 검증을 실시하였다.

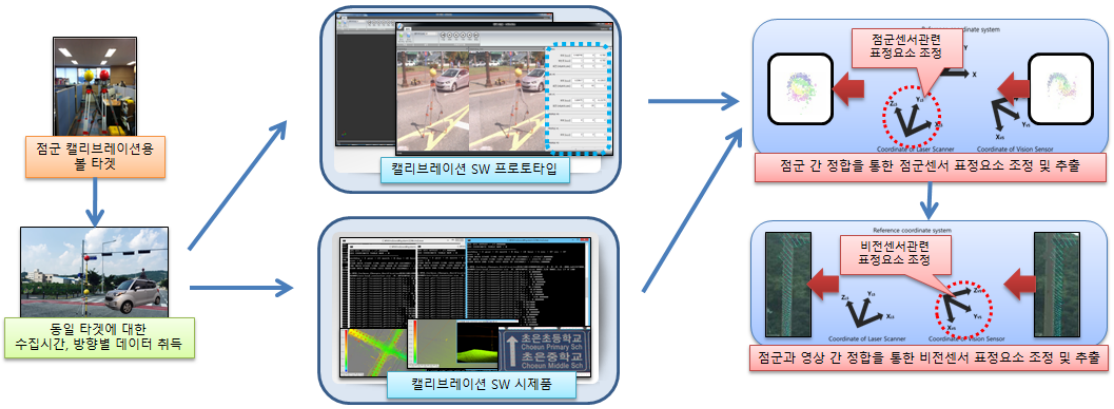


그림 2-20 캘리브레이션 작업

검증 지역은 대전광역시 한밭수목원 일원 주차장에서 수행하였으며, 해당 장소는 차량의 이동이 적고 GPS 신호의 수신이 양호한 개활지로써 켈리브레이션을 수행하기 위한 최적의 장소로 볼 수 있다.



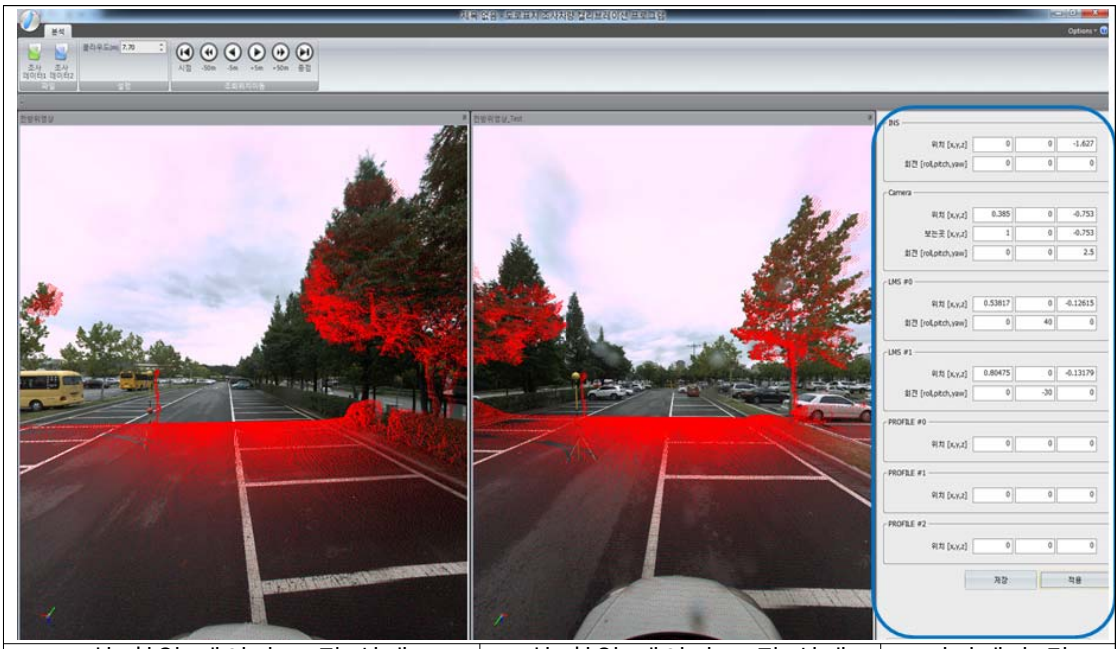
그림 2-21 캘리브레이션 작업 지역

점군정보 간, 점군정보와 영상정보 간, 즉 측위센서 기준의 점군센서 간, 점군과 비전센서 간에 대한 캘리브레이이션은 볼 타켓 2개(상, 하)를 기준으로 하여 수행하였다.

캘리브레이션 SW 프로토타입과 시제품을 활용한 캘리브레이션 수행 및 그 결과는 다음과

같다.

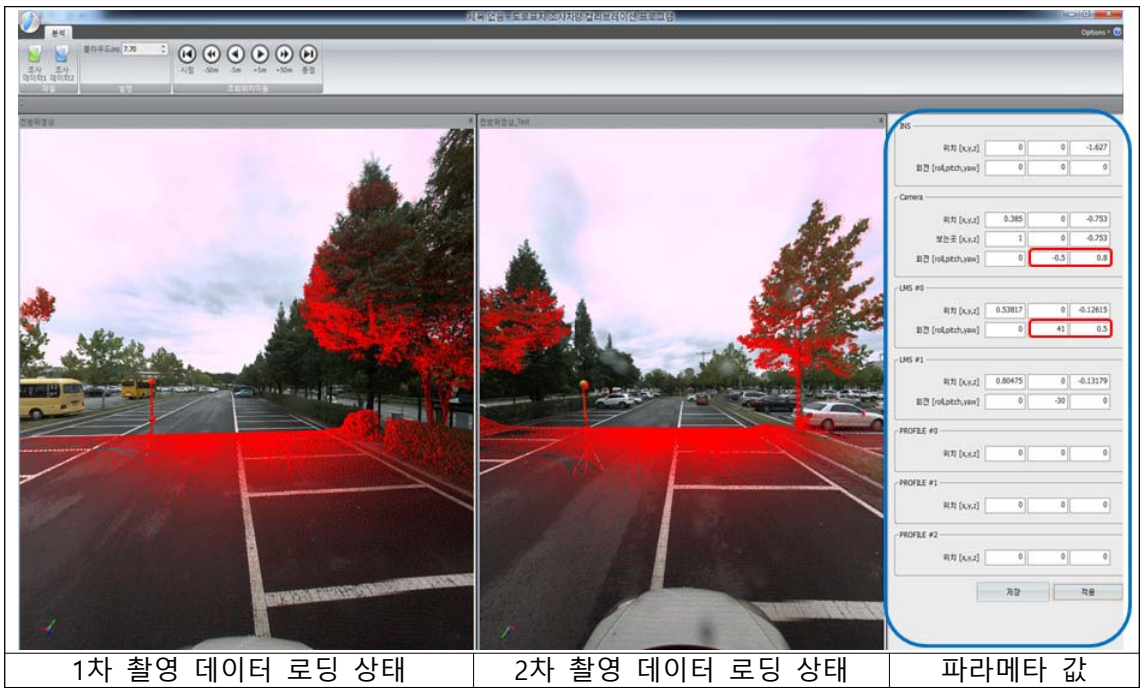
○ 캘리브레이션 SW 프로토타입을 이용한 캘리브레이션 수행



1차 촬영 데이터 로딩 상태	2차 촬영 데이터 로딩 상태	파라메타 값

그림 2-22 캘리브레이션 적용 전 데이터(프로토타입)

- 1차 촬영한 영상공간정보 데이터와 2차 촬영한 영상공간정보 데이터를 로딩하여 파라메타 값을 조정 및 추출 하는 작업을 수행함
- 파라메타 값을 조정 및 추출하여 캘리브레이션을 적용 한 결과 데이터를 로딩하여 표출함



1차 촬영 데이터 로딩 상태	2차 촬영 데이터 로딩 상태	파라메타 값

그림 2-23 캘리브레이션 적용 후 데이터(프로토타입)

○ 캘리브레이션 소프트웨어 시제품을 이용한 캘리브레이션 수행

- 캘리브레이션 소프트웨어 시제품은 SW의 재사용성을 고려하여 콘솔형태로 개발 및 운영됨

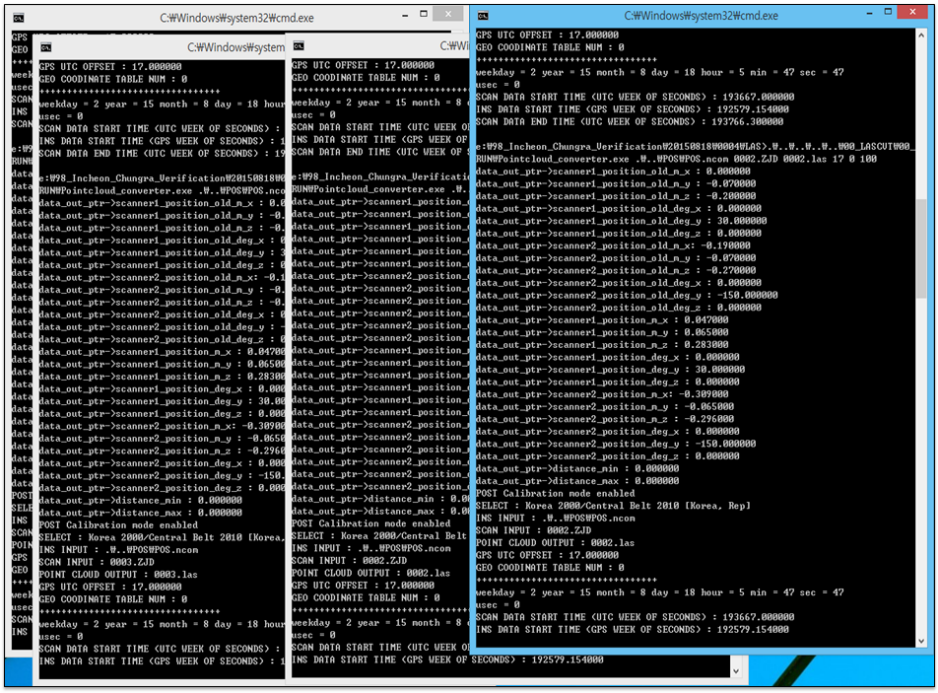


그림 2-24 캘리브레이션 SW 시제품

- 캘리브레이션 수행 전과 수행 후 데이터를 비교하였음

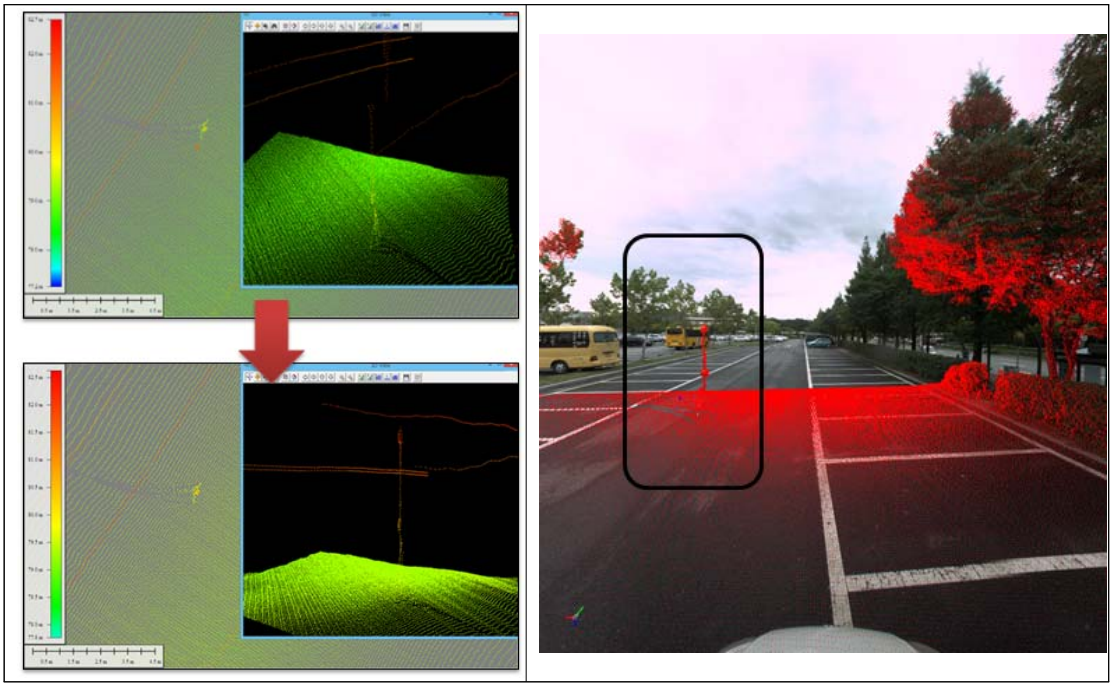


그림 2-25 캘리브레이션 적용 전·후 데이터 비교(시제품)

- 점군과 영상에 대한 캘리브레이션이 적용되어 볼 타겟의 점군과 영상이 일치된 결과를 나타냄

캘리브레이션 SW 프로토타입과 시제품 모두 캘리브레이션 변수 설정 및 적용 등의 기능이 정상적으로 구현되었으며, 수집데이터 내 점군정보 간, 점군정보와 영상정보 간 정합 또한 성공적으로 수행되었다.

다. 도로표지 조사데이터 수집 SW

도로표지 조사데이터 수집을 위한 도로표지조사차량에 장착된 멀티센서에 대해 수집 명령 및 정보의 저장, 체계적 관리를 수행하는 SW로써, 측위센서, 점군센서, 비전센서의 각종 설정 및 상태 모니터링 기능을 제공하며, 각 센서에 대한 수집 시작, 종료 기능 및 동기화 정보 수집기능 등을 제공한다. 또한 점군정보와 영상정보의 선택 수집기능 및 영상정보 수집 간격 설정 기능도 제공한다.

(1) 도로표지 조사데이터 수집 SW 설계

도로표지 조사데이터 수집 SW는 도로표지조사차량 장비의 구동 및 도로표지조사차량의 각 센서(점군센서, 비전센서, 측위센서) 수집 데이터의 처리 및 저장 등의 기능을 제공하며, 도로표지조사차량을 통해 수집한 전방위 영상정보는 운영자가 설정한 수집간격으로 수집되고, 수집과 관련된 동기화 정보는 별도 포맷으로 저장되며, 점군 데이터의 경우는 실시간 연속적인 데이터 형태로, 즉, 연속된 레이저 스캔 라인 정보를 라인별 동기화정보와 함께 저장한다.

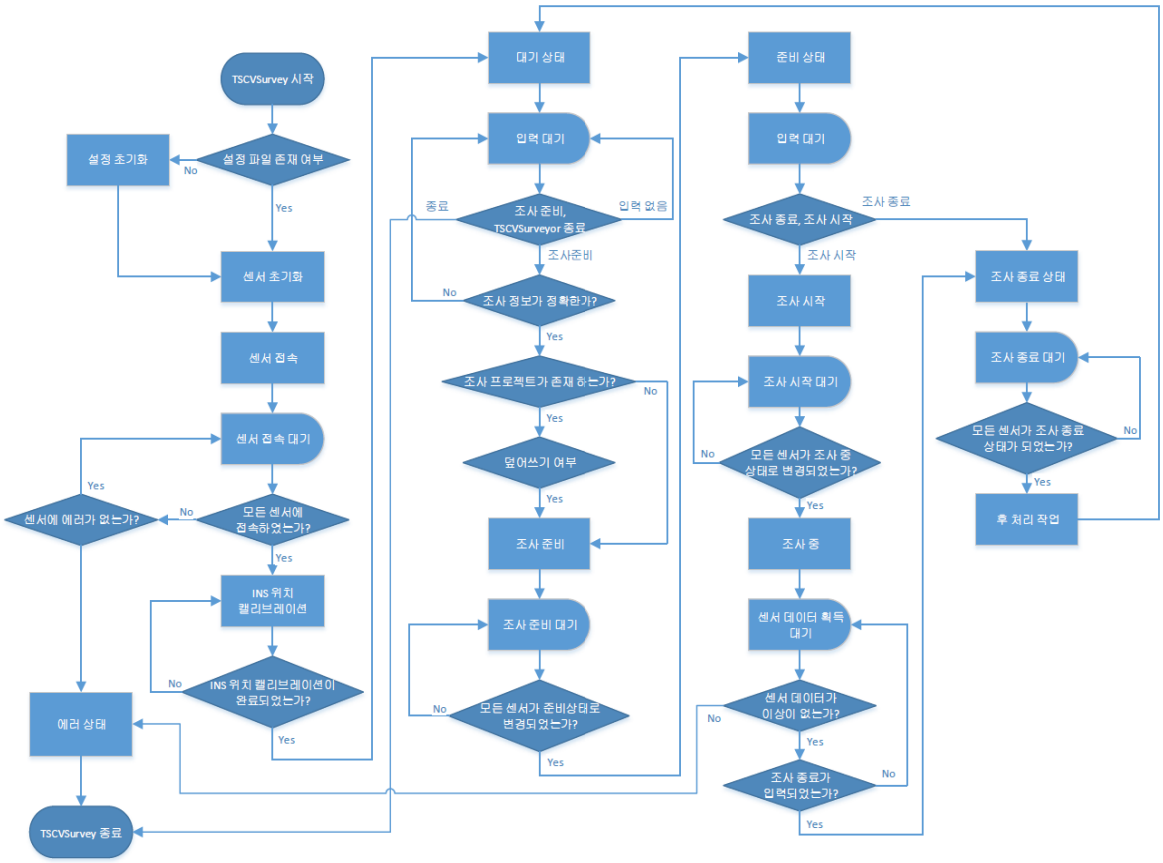


그림 2-27 도로표지 조사데이터 수집 흐름도

(2) 프로토타입 개발

도로표지 조사데이터 수집 SW 프로토타입은 조사준비, 조사시작, 조사종료 버튼 등의 인터페이스 및 조사자 기본정보관리, 멀티센서 상태모니터링 및 수집정보, 이동 궤적 등의 부가정보 표출 인터페이스 등을 생성하여 MMS 장비를 운용하기 위한 사용자 인터페이스를 구현한다.

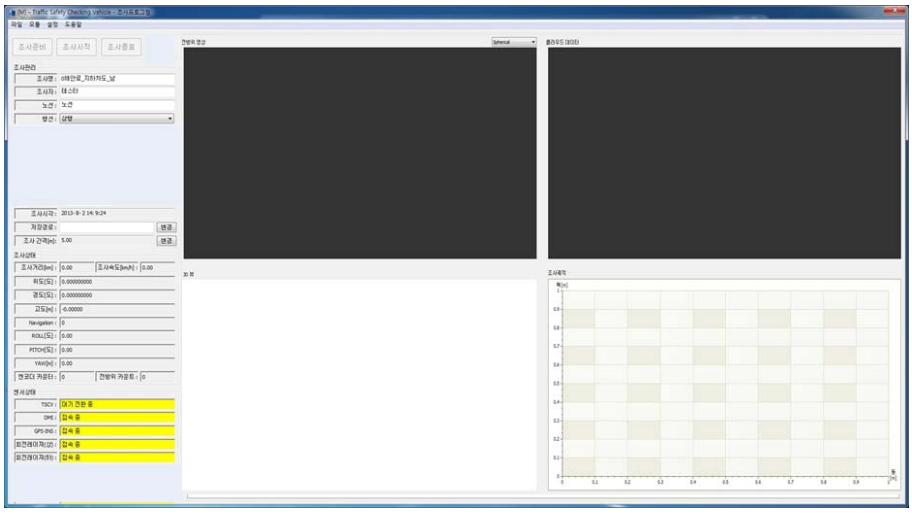


그림 2-28 도로표지 조사데이터 수집 SW 프로토타입 GUI

도로표지 조사데이터 수집 SW 프로토타입은 도로표지조사차량의 멀티센서에 대한 상태 표시창을 두어 장비의 운용상태 확인이 가능하며, 세부적으로는 조사상태 창을 통한 측위센서의 계측 정보를 확인할 수 있고, 비전센서의 전방위 영상, 점군센서의 점군정보 표시창을 두어 실시간 데이터 수집 현황을 확인할 수 있다. 또한 조사궤적 창을 통한 조사 이동거리 및 실시간 방향정보 등을 확인할 수 있다.

도로표지 조사데이터 수집 SW 프로토타입은 [그림 2-29]과 같이 구현되어 현장에서 활용되고 있다.

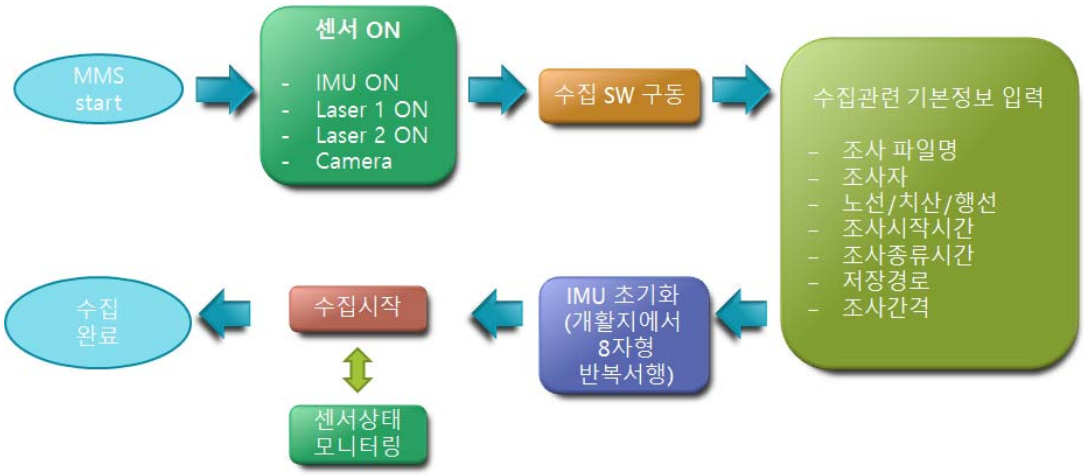


그림 2-29 도로표지조사 데이터 수집 SW 프로토타입 구현 흐름도

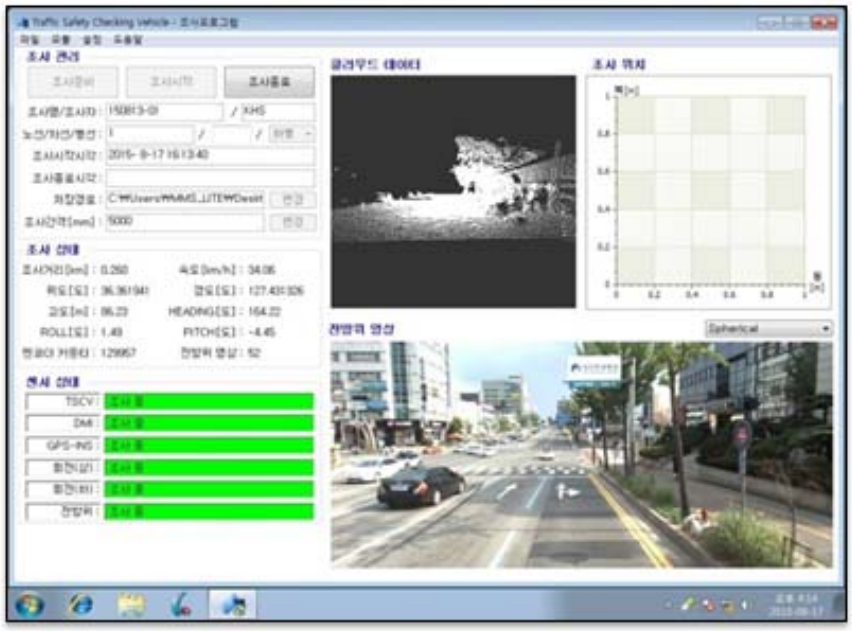


그림 2-30 도로표지조사데이터 수집 SW 프로토타입

(3) 시제품 개발

도로표지 조사데이터 수집 SW 시제품은 차량의 측위정보를 기반으로 점군센서와 비전센서의 수집정보를 동기화하여 저장하는 SW로써 점군과 영상정보를 별도로 수집할 수 없었던 프로토타입의 동기화 기능의 단점을 보완하여 개발하였다. 즉, 사용자의 필요에 따라서 점군과 영상정보를 개별 수집이 가능하도록 개발하였다.

도로표지 조사데이터 수집 SW 시제품은 각 멀티센서의 번들 SW 활용 및 제어하는 형태의 메인 제어 SW를 개발하여, 전체적인 개발부하를 감소시키고, 각 센서의 모니터링 정보를 다양화 함은 물론이고, 향후 센서의 고도화 혹은 교체 등으로 인해 발생하는 추가 개발부하에 대해서도 효율적으로 대응할 수 있도록 개발하였다.

도로표지 조사데이터 수집 SW는 프로토타입에 비해 영상정보의 수집간격을 다양하게 조정할 수 있도록 개발하여 도로표지 조사차량의 활용도를 높이는 한편, 사용자의 다양한 요구에 부합할 수 있도록 개발하였다.

도로표지 조사차량의 데이터 수집을 위한 도로표지 조사데이터 수집 SW 시제품의 구동은 [그림 2-31]과 같은 흐름에 따라 동작한다.



그림 2-31 도로표지조사데이터 수집 SW 시제품 구현 흐름도

도로표지 조사데이터 수집 SW 시제품은 [그림 2-32]와 같이 멀티센서를 모니터링하고 영상공간정보를 다양한 설정에 따라 수집할 수 있도록 구현되었다.

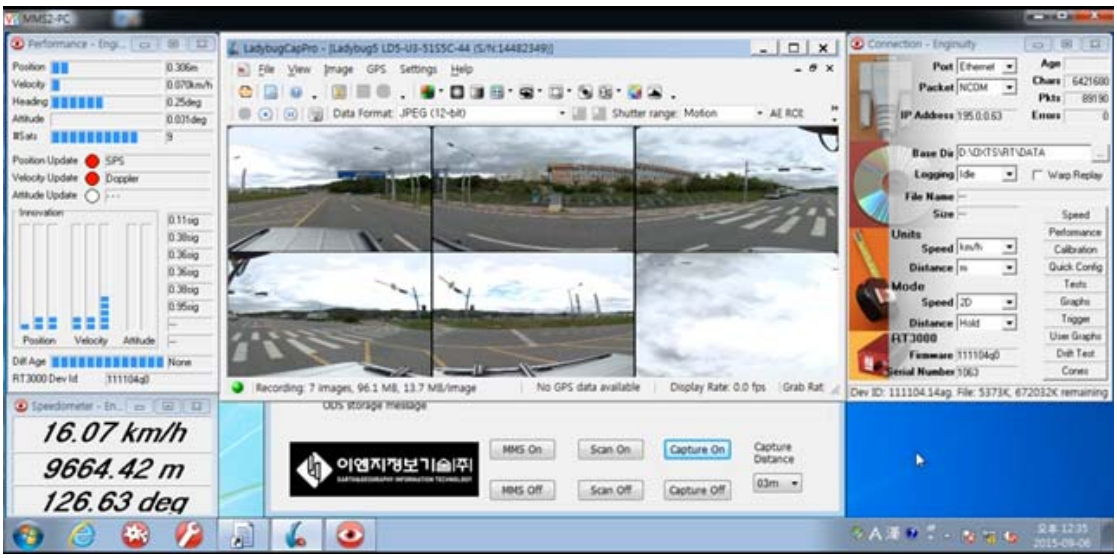


그림 2-32 도로표지조사데이터 수집 SW 시제품

(4) 도로표지 조사데이터 수집 SW 검증

(가) 프로토타입 검증

도로표지 조사데이터 수집 SW 프로토타입은 다음과 같은 구조로 MMS의 영상공간정보를 수집 및 저장토록 구현되었으며,

조사명.tsprj : 조사프로젝트 파일

조사명_기하구조
- 조사명.hncom : INS 헤더 정보 파일
- 조사명.ncom : INS 데이터 파일
- 조사명_LMS_UP.lms : 회전식 레이저(상) 데이터 파일
- 조사명_LMS_BOTTOM.lms : 회전식 레이저(하) 데이터 파일
- 조사명_속도정보.raw : 속도정보 원시 데이터 파일
- 조사명_속도정보.vel : 속도정보 데이터 파일

조사명_현황
- 조사명-000000.pgr : 전방위 카메라 데이터 파일

그림 2-33 프로토타입 수집데이터 구조

도로표지 조사차량 프로토타입의 각 센서 구성요소별로 데이터 수집이 원활하게 이루어짐을 확인할 수 있었다.

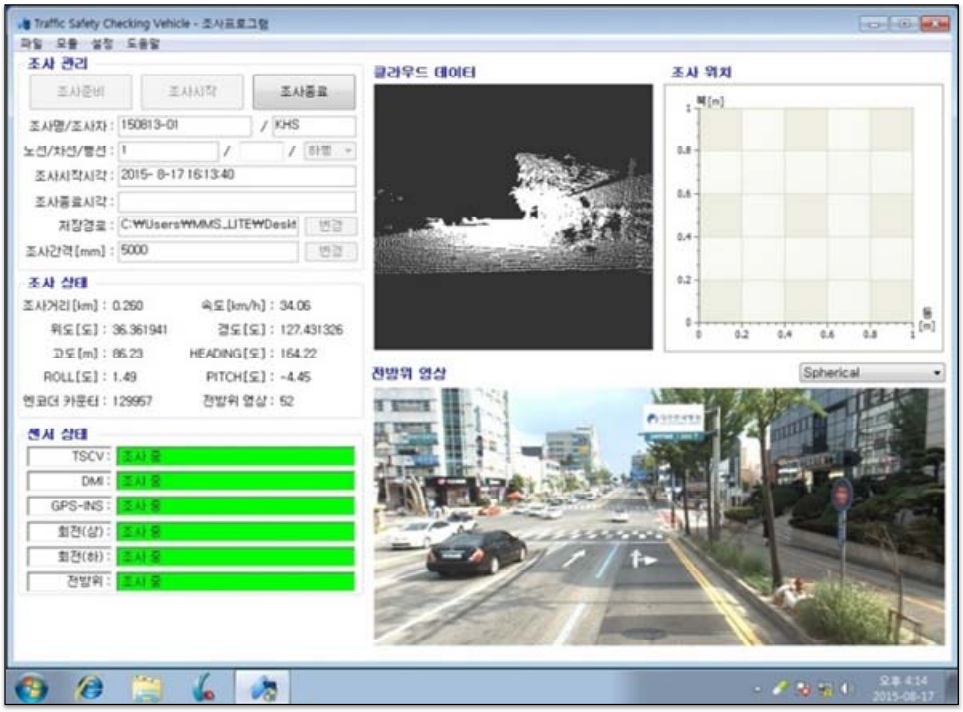


그림 2-34 도로표지 조사데이터 수집 SW 프로토타입

(나) 시제품 검증

멀티센서의 각 번들 SW를 활용 및 제어하는 형태의 SW로써 비전센서 및 점군센서, 측위센서 각각의 데이터를 별도로 수집하며, 수집 데이터 검토결과 수집기능이 정상적으로 동작함을 확인하였으며, 특히, 가장 중요한 차량 측위정보를 기반으로 점군센서와 비전센서의 동기화 수집이 될 수 있도록 하는 동기화 장치가 정상적으로 제어되고 있고, 동기화 관련 정보 또한 누락 없이 정상적으로 저장됨을 확인할 수 있었다.

도로표지 조사데이터 수집 SW 시제품은 다음과 같은 폴더 구조로 MMS의 영상공간정보를 수집 및 저장한다.

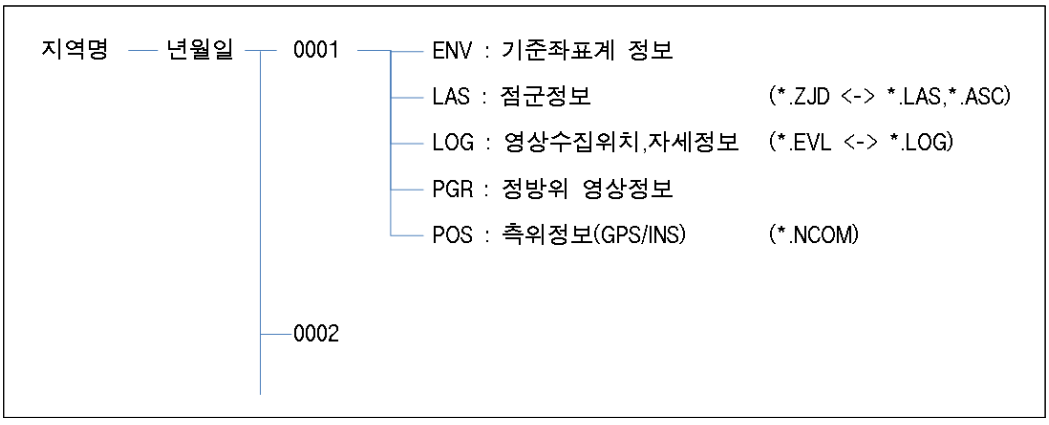


그림 2-35 시제품 수집데이터 구조

도로표지 조사차량(MMS) 시제품 센서 구성요소별로 아래와 같이 데이터 수집이 원활하게 이루어지고 있음을 확인할 수 있었다.

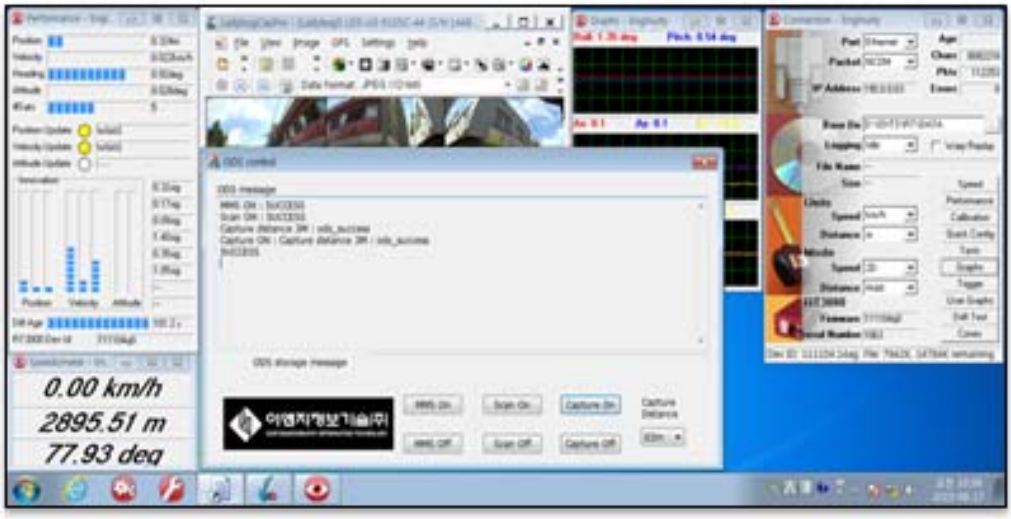


그림 2-36 도로표지 조사데이터 수집 SW 시제품

라. 도로표지 조사 차량

도로표지 조사차량 개발은 도로표지를 조사하기 위해 특화된 MMS를 개발하는 부문으로서 도로표지 조사를 위한 멀티센서를 조사, 분석, 결정하고 해당 센서를 기반으로 일반적인 차량에 착탈 및 운용이 가능한 착탈식 저전력 MMS를 개발하는 것으로, 센서 조합방안의 연구 및 테스트 모델 개발 등을 통해 MMS의 최종적인 멀티센서를 결정하고, 이를 기반으로 프로토타입을 개발하였으며, 각종 테스트와 검증, 개선을 통해 도로표지 조사차량 시제품을 개발하였다.

(1) 센서 조합 방안 연구

(가) 개요

도로표지 검출을 위한 영상공간정보 수집 및 추출사항으로는 다양한 정보가 있으나 도로표지의 내용, 표지 크기, 표지 위치 등의 정보로 압축할 수 있으며, 따라서 도로표지의 내용을 파악할 수 있는 영상정보와, 도로표지의 크기를 알 수 있는 점군정보, 그리고 도로표지의 위치를 알 수 있는 점군 및 측위정보의 수집이 필요하다.

위 언급한 각종 데이터를 수집할 수 있는 센서로는 영상정보를 수집할 수 있는 카메라, 점군정보를 수집 할 수 있는 레이저 스캐너 그리고, 측위정보를 수집할 수 있는 GPS/IMU 등이 있으며, 이들 센서는 모바일 장비 형태로 다양한 성능(취득속도, 저장속도 등)을 가지고 시장에 출시되고 있다.

본 연구는 시장에 출시되어 있는 여러 형태와 성능의 데이터 취득 센서에 대해 특징을 파악하고, 비교 분석하여 가장 합리적인 센서 조합 방안을 도출하는데 목적이 있다.

(나) 수집 센서 비교 분석 및 결과

① 비전센서

CCD 카메라는 수집해상도가 높을수록 양호하며, 본 연구에서는 5MP 급의 해상도에 해당하는 카메라에 대하여 분석을 수행하였다.

차량에 해당 장비를 장착하고 시속 60km/h의 속도로 주행하면서 40m, 20m, 10m의 거리 앞에서의 영상을 수집하였으며, 수집영상의 거리별 화질 분석작업을 수행하였다.

비전센서의 거리별 비교분석결과 및 특이사항은 다음과 같다.

표 2-2 비전센서 비교

장비사진						
장비명	GRAS-50S5C-C	ZBR2-PGEHD-51S5C-CS	STC-GEC550A	CV-M8CL	Ladybug 3	Ladybug 5
해상도	5MP	5MP	5MP	2MP	2MP	5MP
AUTO IRIS 지원	미지원	지원	지원	미지원	지원	지원
FPS	15FPS	10FPS	15FPS	30Frame	16Frame	10Frame
유효거리 내 취득 프레임 수	9 -유효 거리:10m -60km/h	6 -유효 거리:10m -60km/h	9 -유효 거리:10m -60km/h	10 -유효 거리:6m -60km/h	5 -유효 거리:6m -60km/h	3 -유효 거리:6m -60km/h

○ 특이사항

- 실외 다양한 취득 환경에 대응키 위해 AUTO IRIS 필요함
- 도로표지 내 문자인식을 위한 높은 해상도 요구함
- 고해상도에 따른 저장공간 확보필요 및 검출, 인식 시간 증가
- 기 개발 검출기술의 적용이 가능한 색상 패턴을 갖는 영상 수집 가능함

일반적으로 5MP의 해상도와 AUTO IRIS를 지원하며, 초당 프레임수가 높은 센서를 선택하고, 테스트모델 제작 시엔 해당 조건을 만족하는 STC-GEC550A장비를 사용하였다.

연구결과 CCD 영상은 해상도는 높으나 시야각이 좁아 도로상에 광범위하게 분포하는 도로표지 영상을 수집하기엔 한계가 있어 전방위 카메라를 추가 분석하였으며, 전방위 카메라인 Ladybug 3를 전방위의 도로표지판 검출에 활용키로 하였고, 이후 해상도 부분이 개선된

제품인 Ladybug 5가 프로토타입과 시제품 개발에 활용되었다.

② 점군센서

점군센서의 경우 레이저 스캐너 제품으로는 SICK사의 제품이 가격대비 성능비가 우수한 것으로 분석되었으며, 본 연구진은 테스트에 SICK 장비 중 가성비가 우수한 장비인 LMS 511 Pro를 이용하여 분석작업을 진행하였다.

그리고, 본 연구에서 진행하고 있는 도로표지 검출에 활용하기 위해서는 점군센서의 수집 데이터에 대한 공간분해도가 5cm이하를 확보하여야 하며, 이는 도로표지판의 종류를 구분하기 위한 수치로 도로표지의 규격을 도로표지의 크기와 매핑시켰을 때의 최소 요구치이다.

다음은 점군센서에 대한 비교분석 결과 이다.

표 2-3 점군센서 비교

장비사진			
장비명	LMS 511	LMS 291	LMS 151
Range	Maximum 80m	Maximum 80m (262.5ft)	Maximum 50m
Angular Resolution	0.167° /0.25° 0.333° /0.5° 0.667° /1.0°	0.25° /0.5° /1.0° (selectable)	0.25° /0.5° (selectable)
Field of View / Data Rate	0° ~ 190° / 100Hz	0° ~ 180° / 75Hz	0° ~ 270° / 50Hz
Size/Weight	중 160x155x185mm /approx3.7Kg	중 136x200x185mm /approx4.1Kg	소 102x162x105 mm /approx1.1Kg

LMS 151의 경우 FOV가 0° ~ 270° 가장 넓어 전방위 점군정보의 취득에 유용하여 도로 주변에 산재되어 있는 도로표지의 점군데이터 수집에 강점을 보이며, 초기 테스트 모델 및 도로표지 조사차량 프로토타입에 적용하여 개발을 진행하였다.

공간분해능이 가장 우수한 LMS 511 Pro는 가로 정밀도가 4.3cm가 나오고, 각해상도 0.167° 의 분해능을 보이며, 해당 장비를 도로표지 조사차량 시제품에 적용하여 개발을 진행하였다.

③ 측위센서

측위센서는 Data Rate가 100Hz인 장비를 각 제조사별로 1대 선정하여 위치정확도 테스트를 진행하였으며, 해당 테스트는 위치정확도에 대하여 대전광역시 도룡동 일원(GPS음영지

역)의 테스트구간을 선정하고 추진하였다.

테스트는 5분 이상 개활지에서의 GPS/IMU의 초기화를 수행하고, 테스트 데이터 수집 시 일정속도(평균 50km/h)를 유지하여 진행하였으며, 동일 경로에 대한 중복운행을 통해 정확도 테스트를 수행하였다.

측위센서에 대한 테스트의 비교분석 결과와 특이사항은 다음과 같다.

표 2-4 측위센서 테스트 비교

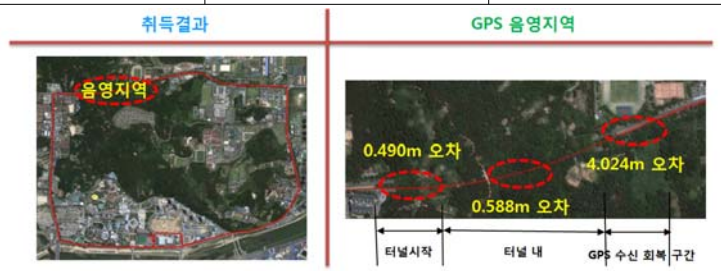
<table>
<tr><th rowspan="2">구분</th><th>터널 시작</th><th>터널내</th><th>GPS수신회복구간</th><th rowspan="2">분석결과</th></tr>
<tr><th colspan="3">취득결과 및 GPS음영지역</th></tr>
<tr><td>RT-3040</td><td>0.490m</td><td>0.588m</td><td>4.024m</td><td>GPS 음영지역 내 동일 경로에 대한 중복 운행 및 취득 데이터 비교 시 IMU 누적오차로 인해 경로 간 오차가 발생함(Span-CPT에 비해 적음)</td></tr>
<tr><td colspan="4"> 
</td></tr>
<tr><td>SPAN-CPT</td><td>0.714m</td><td>12.234m</td><td>5.143m</td><td>GPS 음영지역 내 동일 경로에 대한 중복 운행 및 취득 데이터 비교 시 IMU 누적오차로 인해 경로 간 오차가 발생함</td></tr>
<tr><td colspan="4"> 
</td></tr>
</table>

표 2-5 측위센서 비교

장비사진		
장비명	RT-3040	SPAN-CPT
Data Rate	100Hz - Trigger: 50Hz	100Hz - Trigger: 20Hz
Accuracy	4.024m오차발생 - 취득동선간차이 - GPS음영지역에서복귀시	5.143m오차발생 - 취득동선간차이 - GPS음영지역에서복귀시

○ 특이사항

- 두 장비 모두 GPS 음영지역에서의 오차 발생함

- 음영지역 통과 후 회복시간 및 거리오차는 유사함

- 두 장비 모두 m급 이내의 고정밀의 위치정보 취득 불가함

- RT-3040은 타장비와 연계가 용이하나, SPAN-CP는 연계가 어려움

- RT-3040은 단일 안테나를 지원함

- Inertial 2+ 장비는 가격면이나 성능면에서 RT-3040 대비 낮은 반면, 듀얼 GPS 안테나 및 외부 GPS 장비를 지원한다는 장점이 있음

테스트 모델과 도로표지 조사차량 프로토타입의 측위센서로는 Inertial 2+를 선정하여 개발을 진행하였으며, 도로표지 조사차량 시제품에 대해선 정확도를 고려하여 RT-3040 모델을 채택하여 개발을 진행하였다.

(다) 센서 조합 방안 도출

센서 조합 방안 연구를 통해 초기 테스트 모델 및 도로표지 조사차량 프로트타입에 대한 센서 조합 방안을 아래와 같이 도출하였다.

테스트 모델의 센서 조합은 STC-GEC550A, LMS 511 PRO, Inertial 2+ 의 조합으로 구성였으며, 세부사항은 아래와 같다.

표 2-6 테스트 모델 센서 조합

센서 조합	제품명	특징
비전센서	SENTECH STC-GEC550A	5MP 의 해상도와 AUTO IRIS를 지원하며, 초당 프레임수가 15프레임으로 높은 센서임
점군센서	LMS 511 PRO	점군데이터의 공간분해도가 5cm이하로 수집됨 가로 정밀도가 4.3cm가 나오고, 각해상도 0.167° 의 분해능을 사용할 수 있음
측위센서	Inertial 2+	Data Rate가 100Hz 이고, 다양한 Trigger신호를 보냄 듀얼 안테나를 지원하고, 외부GPS장비와 연동이 가능함

도로표지 조사차량 프로토타입에 대한 센서 조합은 도로 상에 광범위하게 분포하는 도로표지를 위해 전방위 카메라인 Ladybug 5와 LMS 151, Inertial 2+의 조합으로 구성하였으며, 세부사항은 아래와 같다.

표 2-7 프로토타입 모델 센서 조합

센서 조합	제품명	특징
비전센서	Ladybug 5	Ladybug 5의 영상은 피복범위가 넓어 도로전방위의 도로표지판을 검출할 수 있는 장점이 있음.
점군센서	LMS 151	FOV가 0° ~ 270° 가장 넓어 전방위 점군 데이터 취득에 유용하여 도로 주변에 산재되어 있는 도로표지의 점군데이터 수집에 유용함
측위센서	Inertial 2+	Data Rate가 100Hz 이고, 다양한 Trigger신호를 보냄. 듀얼 안테나를 지원하고, 외부GPS장비와 연동이 가능함

(2) 테스트 모델 개발

영상공간정보 수집 MMS의 설계는 멀티센서의 구성이 가장 중요한 바, 멀티센서는 대부분 비전센서, 점군센서, 측위센서로 구성되며, 해당 센서를 기반으로 영상공간정보를 수집할 수 있는 MMS가 구성된다.

도로표지 조사차량(MMS) 설계 시 도로표지 관련 정보의 추출을 위한 데이터 수집이 효율적으로 이루어질 수 있는 방안을 찾아 설계를 진행하였으며, 전체적인 장비 구성의 경제적인 측면도 고려하여 연구과제 내에서 합리적인 장비가격을 고려하여 설계를 진행하였다.

(가) MMS 테스트 모델 멀티센서 구성

① 비전센서

비전센서의 경우 프레임 레이트가 높은(10FPS 이상) 고해상도 영상을 수집할 수 있으며, 화각이 높은 센서를 우선적으로 선택하였다.

② 점군센서

차량을 시속 60 km/h로 주행하면서 10m 전방의 물체에 대해서 점군정보를 수집할 경우 점군 내 점의 간격이 5cm 이하인 기준을 만족하는 장비를 선정하였다.

또한, 차량 진행 방향에 대한 점군의 밀도를 확보하기 위해 데이터 스캐닝 시 25Hz 이상의 주사능력이 있는 장비를 선정하였다.

③ 측위센서

GNSS 측위결정이 가능하고, GPS 신호의 출력 데이터 포맷을 다양하게 지원하며, GPS 음영지역에서도 측위가 가능한 GPS/INS 통합 장비를 선정하였으며, 구체적인 성능조건은 다음과 같다.

○ 측위센서 성능기준 제시 항목

- 3축 방향의 자세 및 가속도 측정이 가능
- GPS/INS 통합처리 산출결과의 표준편차 이하 값(롤링, 피칭, 헤딩)
- 측위정보 출력 Rate 100 Hz 이상

(나) MMS 테스트 모델 설계

MMS 테스트 모델은 영상정보와 점군정보의 정합데이터 기반 공간정보 추출 방식을 채택하였으며, 비전센서의 방사형 배치를 통해 시야각을 확보하도록 하였고, 차량의 전원 공급부와 MMS, DMI 등과의 연결방안 등을 고려하여 아래와 같이 설계를 수행하였다.

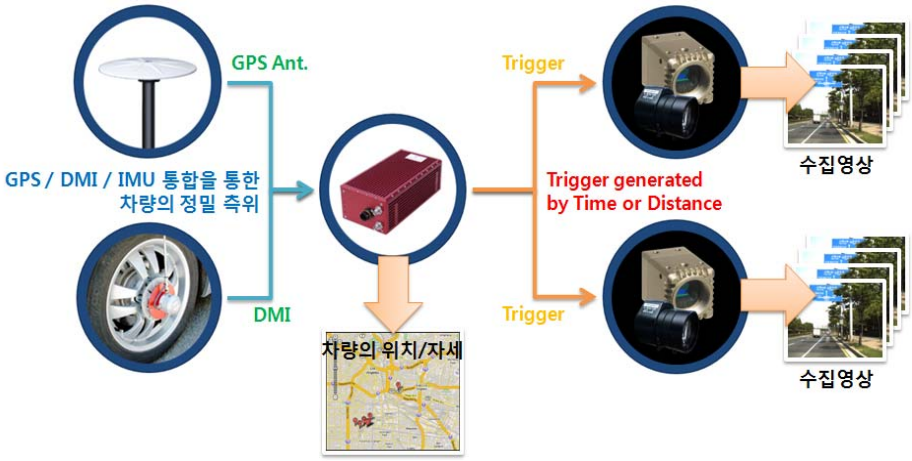


그림 2-37 측위센서와 비전센서와의 단위 설계



그림 2-38 측위센서와 점군센서와의 단위 설계

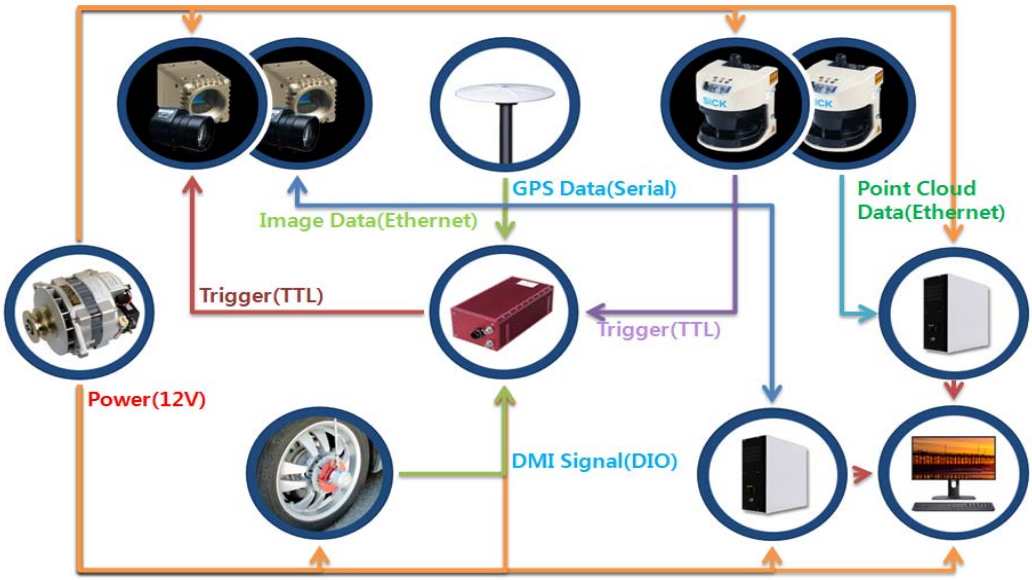


그림 2-39 멀티센서 통합 설계

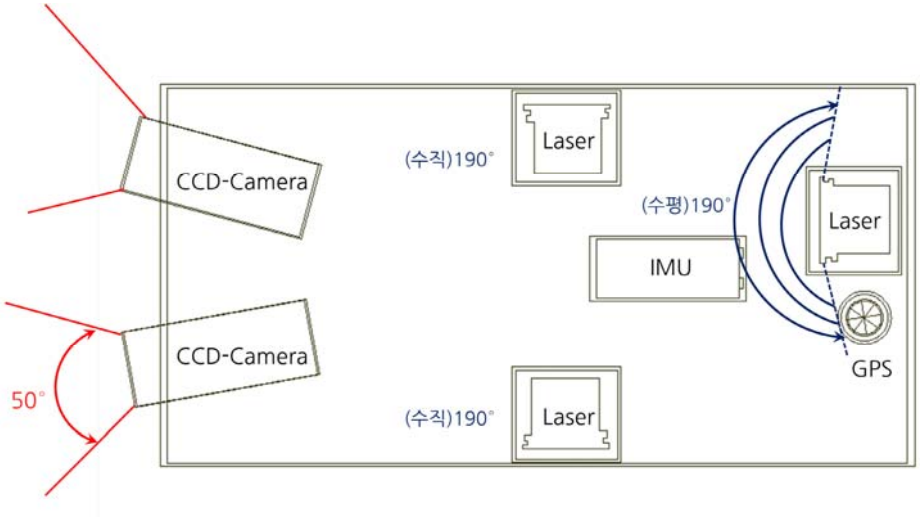


그림 2-40 MMS 테스트 모델 설계 구성도

(다) MMS 테스트 모델 구현



그림 2-41 MMS 테스트 모델 제작 및 구현

테스트 모델을 통한 도로표지 조사 테스트 수행 결과 도로상에 도로표지가 상당히 광범위하게 분포하고 있으며, 이로 인해 비전센서의 시야각이 중요한 변수로 대두되었으며, 이에 대한 해결방안으로 영상정보 내 도로표지의 포함율을 높이기 위한 전방위카메라의 채택을 검토하게 되었다.

(3) 프로토타입 개발

도로표지조사차량(MMS) 프로토타입은 지형·지물의 상대적인 위치와 형상을 측정할 수 있는 점군센서와 이러한 센서의 절대적인 위치와 자세를 결정하기 위한 측위센서, 실세계 영상정보 수집을 위한 비전센서로 구성된다.

비전센서의 경우 글자의 해독성과 시야각에 가장 중점을 두어 장비를 선정하였으며, 점군센서는 일정거리에서의 점 데이터 간의 간격이 조밀한지, 즉 공간분해능이 높은 것을 선정하였고, 측위센서는 데이터 취득율이 높은 Hz와 다양한 Trigger신호를 입출력할 수 있는 장비로 선정하여 구성하였다.

(가) 멀티센서 MMS 구성 방안

① 비전센서

비전센서의 경우 프레임 레이트가 높은(10FPS 이상) 고해상도 영상을 수집할 수 있으며, 도로 상에 광범위하게 분포하고 있는 도로표지를 효율적으로 수집할 수 있는 즉, 전방위영상의 수집이 가능한 카메라를 선정하였다.

② 점군센서

차량을 시속 60 km/h로 주행하면서 10m 전방의 물체에 대해서 점군정보를 수집할 경우 점군 내 점의 간격이 5cm 이하인 기준을 만족하는 장비를 선정하였다.

또한, 차량 진행 방향에 대한 점군의 밀도를 확보하기 위해 데이터 스캐닝 시 50Hz 이상의 주사능력이 있는 장비를 선정하였다.

③ 측위센서

GNSS 측위결정이 가능하고, GPS 신호의 출력 데이터 포맷을 다양하게 지원하며, GPS 음영지역에서도 측위가 가능한 GPS/INS 통합 장비를 선정하였으며, 구체적인 성능조건은 다음과 같다.

○ 측위센서 성능기준 제시 항목

- 3축 방향의 자세 및 가속도 측정이 가능
- GPS/INS 통합처리 산출결과의 표준편차 이하 값(롤링, 피칭, 헤딩)
- 측위정보 출력 Rate 100 Hz 이상

표 2-8 프로토타입 센서

센서 조합	제품명	특징	이미지
비전센서	Ladybug 5	Ladybug 5의 영상은 피복범위가 넓어 도로전방위의 도로표지판을 검출할 수 있는 장점이 있음.	
점군센서	LMS 151	FOV가 0° ~ 270° 가장 넓어 전방위 점군 데이터 취득에 유용하여 도로 주변에 산재되어 있는 도로표지의 점군데이터 수집에 유용함	
측위센서	Inertial 2+	Data Rate가 100Hz 이고, 많은 Trigger신호를 보냄. 듀얼 안테나를 지원하고, 외부GPS장비와 연동이 가능함	

(나) MMS 프로토타입 설계

프로토타입의 멀티센서 구성은 전방위 카메라인 Ladybug 5와 LMS 151 × 2ea, Inertial 2+ GPS/INS 센서로 구성하였다.

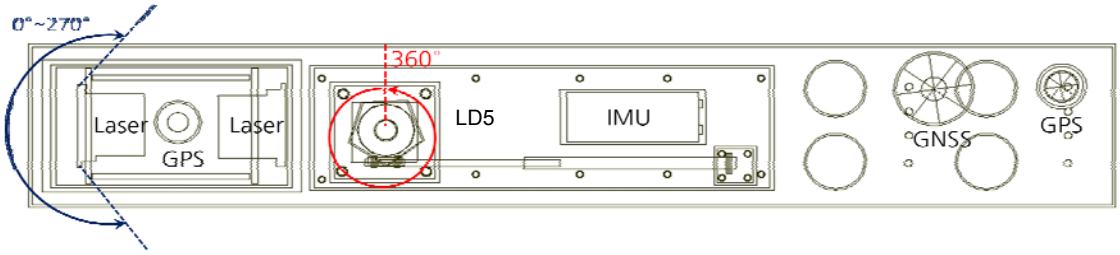


그림 2-42 MMS 프로토타입 설계

(다) MMS 프로토타입 구현



그림 2-43 MMS 프로토타입 구현



MMS 프로토타입



MMS 센서 구성



MMS 후면 전원부



MMS장착 DMI

그림 2-44 MMS 프로토타입 제작 결과

프로토타입을 통해 멀티센서에 대한 동기화 수집 기능을 구현 하였으며, 보다 높은 점밀도 확보를 위한 점군센서 개선 및 착탈식 MMS 제작을 위한 구조 개선 방안을 수립하였다.

(4) 시제품 개발

도로표지 조사차량 프로토타입은 전방위카메라를 장착하였으며, 해당카메라는 거치부가 이동하는 형식으로 이동시마다 캘리브레이션 값이 미세하게 변하는 문제가 발생되었으며, 추가로, 프로토타입은 차량 고정식으로 차량 내부에는 PC시스템 , 외부에는 멀티센서를 고정 장착하여 착탈이 불가능 한 장비이다.

도로표지 조사차량 시제품은 차량의 개조 없이 범용차량에 장착 가능한 저전력 시스템 형태로 개발하였으며, 프로토타입에 비해 전방위영상 수집능력을 강화하는 한편, 점군정보 수집능력을 강화하는 방향으로 개발을 진행하였다.

(가) 멀티센서 MMS 구성 방안

① 비전센서

비전센서의 경우 프레임 레이트가 높은(10FPS 이상) 고해상도 영상을 수집할 수 있으며, 도로 상에 광범위하게 분포하고 있는 도로표지를 효율적으로 수집할 수 있는 즉, 전방위영상의 수집이 가능한 카메라를 선정하였다.

② 점군센서

차량을 시속 60 km/h로 주행하면서 10m 전방의 물체에 대해서 점군정보를 수집할 경우 점군 내 점의 간격이 5cm 이하인 기준을 만족하는 장비를 선정하였다.

또한, 차량 진행 방향에 대한 점군의 밀도를 확보하기 위해 데이터 스캐닝 시 100Hz 이상의 주사능력이 있는 장비를 선정하였다.

③ 측위센서

GNSS 측위결정이 가능하고, GPS 신호의 출력 데이터 포맷을 다양하게 지원하며, GPS 음영지역에서도 측위가 가능한 GPS/INS 통합 장비를 선정하였으며, 구체적인 성능조건은 다음과 같다.

○ 측위센서 성능기준 제시 항목

- 3축 방향의 자세 및 가속도 측정이 가능
- GPS/INS 통합처리 산출결과의 표준편차 이하 값(롤링, 피칭, 헤딩)
- 측위정보 출력 Rate 100 Hz 이상

표 2-9 시제품 센서

센서 조합	제품명	특징	이미지
비전센서	Ladybug 5	Ladybug 5의 영상은 피복범위가 넓어 도로전방위의 도로표지판을 검출할 수 있는 장점이 있음.	
점군센서	LMS 511 Pro	점군데이터의 공간분해도가 5cm이하로 수집됨 가로 정밀도가 4.3cm가 나오고, 각해상도 0.167°의 분해능을 사용할 수 있음	
측위센서	RT 3040	Data Rate가 100Hz 이고, 50Hz 의 Trigger신호를 보냄	

(나) 시제품 설계

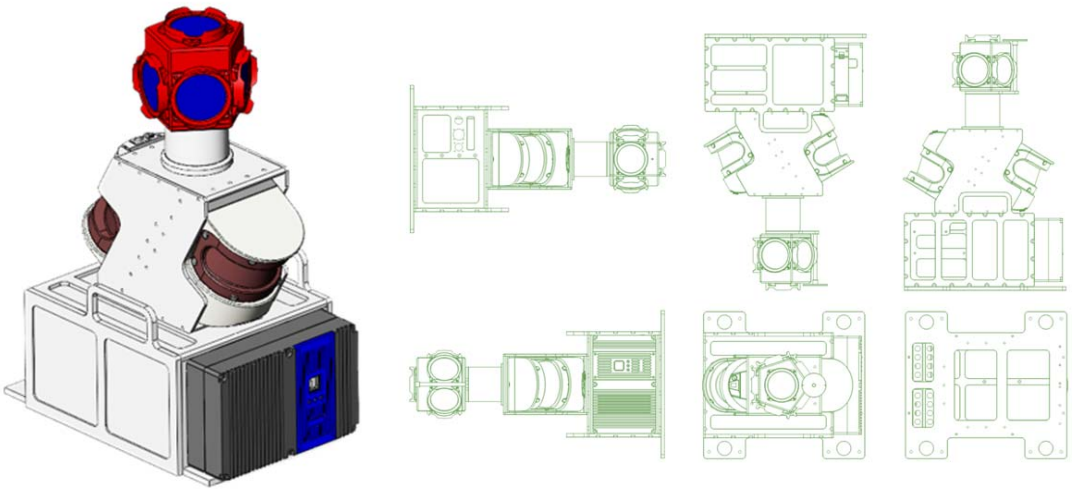


그림 2-45 MMS 시제품 설계

(다) 시제품 구현



그림 2-46 MMS 시제품 구현



그림 2-47 MMS 시제품 제작 결과

(라) 도로표지조사차량(MMS) 프로토타입 개선을 통한 시제품 개발 사항 비교

본 연구과제 3차년도에 개발된 도로표지 조사차량 시제품의 특징은 범용 차량에 착탈이 가능하며 저전력 시스템으로 경차에도 장착 가능하다는 부분에 있으며, 추가로 점군센서의 업그레이드를 통한 수집 점군정보의 밀도 향상, 측위센서의 업그레이드를 통한 위치 정확도의 개선, 사용자에 의한 영상정보 수집간격의 다양한 설정 등이 가능하다는 장점을 가지고 있다.



그림 2-48 도로표지조사차량(MMS) 프로토타입과 시제품 비교

표 2-10 프로토타입과 시제품의 전력 소비 구성 및 특징

구분	프로토타입	시제품
구성		  
구성 및 특징	**전원 소비 구성품** -일반 PC -멀티센서(비전센서+점군센서+측위센서 등) **특징** -인버터 사용를 사용하여 220V로 승압 시킴 - 일반PC는 승압시킨 220V 그대로 사용 - 멀티센서는 전압을 강압을 시켜 사용함 **전력손실** - 일반 PC 전원 400W 를 사용하고 있음 - 승압과 강압시 전력 손실 발생	**전원 소비 구성품** -산업용 PC1, 산업용 PC2 -멀티센서(비전센서+점군센서+측위센서 등) **특징** -인버터 사용를 사용하지 않고, 차량용 전원 12V를 직접 사용 -노이즈필터를 사용 **전력손실 방지** -일반PC에서 산업용PC로 교체 -Embedded 산업용 PC는 저전력 PC로 12V **전원사용** -승압과 강압이 필요 없으므로 전력손실 없음

도로표지 조사차량 시제품은 착탈식, 저전력 MMS로써 루프랙이 설치 가능한 범용 차량에 장착 가능한 형태로 개발되었으며, 차량 자체의 발전 전력으로도 운영이 가능(경차에 적용 가능)하도록 개발되었다.

다음은 성능적인 부분에서 프로토타입에 비해 업그레이드 및 개선된 사항이다.

○ 도로표지 조사차량 시제품의 전방위 영상정보 수집능력 강화

- 수집데이터의 활용목적에 부합하는 수집 간격 선택 기능
- 도로표지 조사차량 프로토타입 수집간격(5m 간격) 고정
- 도로표지 조사차량 시제품 수집간격(1,2,3,5,10,15,20,30m 간격) 조정

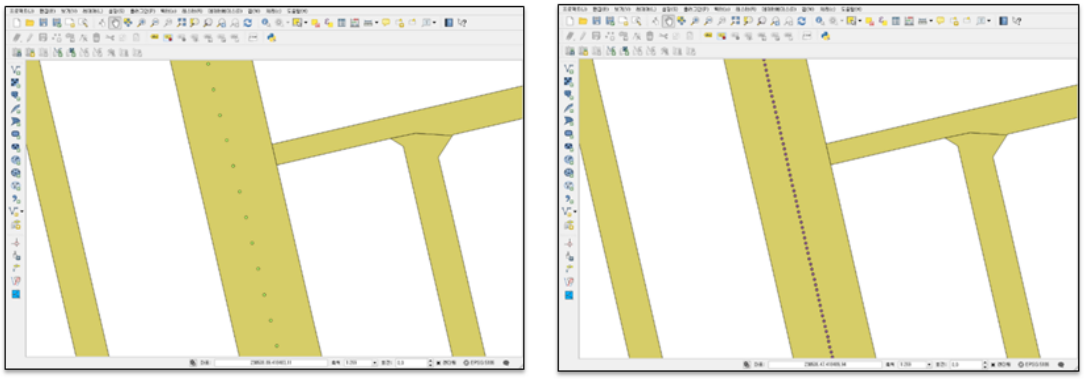


그림 2-49 도로표지 조사차량 프로토타입과 시제품 간의 수집 간격 비교

○ 도로표지 조사차량 시제품의 점군정보 수집능력 강화

- 도로표지 조사차량 프로토타입은 상하 각 센서 270도 범위, 1도 단위, 50Hz 수집
- 도로표지 조사차량 시제품은 상하 각 센서 190도 범위, 0.67도 단위, 100Hz 수집

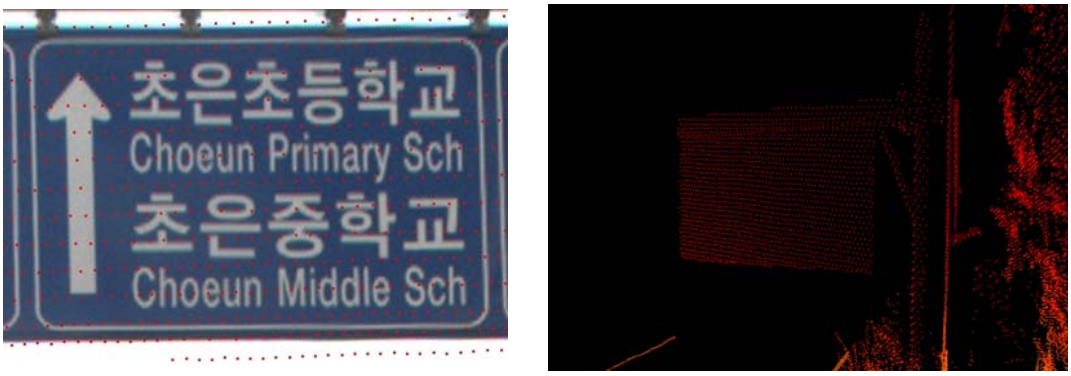


그림 2-50 도로표지 조사차량 프로토타입과 시제품 간의 점군 수집센서 및 결과 비교

(5) 도로표지 조사차량 검증

도로표지 조사차량의 검증은 해당 장비를 통해 수집되는 영상공간정보의 정확도 검증을 통해 수행하였다. 정확도 검증을 위해 검증대상 도로시설물을 선정하여 정밀 VRS 측량 및 Total station 측량을 실시한 후 영상과 점군을 이용하여 실측된 동일 대상물에 대해 좌표를 취득, 비교하는 방법으로 정확도 검증을 실시하였다.

(가) 도로표지 조사차량 프로토타입 정확도 검증

도로표지 조사차량 프로토타입의 정확도 검증 결과는 다음과 같다.

표 2-11 도로표지 조사차량 프로토타입 정확도 검증 결과

측점명	실측 좌표		측정좌표		△		평면 오차 (m)
	X	Y	X	Y	△X	△Y	
1	417822.138	233645.890	417822.007	233645.021	0.132	0.869	0.88
2	417822.154	233636.853	417822.001	233636.061	0.154	0.792	0.81
3	417822.154	233626.818	417822.055	233625.718	0.100	1.100	1.10
4	417817.813	233622.790	417817.080	233622.075	0.732	0.716	1.02
5	417816.250	233618.894	417815.255	233618.077	0.995	0.817	1.29
6	417817.929	233638.441	417817.084	233638.076	0.845	0.366	0.92
7	417817.978	233646.327	417816.954	233646.007	1.025	0.320	1.07
8	417816.422	233651.974	417816.431	233651.000	-0.009	0.974	0.97
9	417813.405	233652.096	417813.085	233651.021	0.320	1.074	1.12
10	417814.765	233650.863	417814.039	233650.030	0.726	0.833	1.10
11	417814.756	233638.639	417814.751	233638.038	0.005	0.601	0.60
12	417814.736	233633.251	417814.043	233633.047	0.694	0.204	0.72
13	417814.700	233616.998	417814.095	233616.027	0.605	0.971	1.14
14	417811.592	233616.985	417811.052	233616.069	0.540	0.916	1.06
15	417813.232	233618.850	417813.008	233618.025	0.224	0.825	0.85
16	417811.807	233618.124	417811.079	233618.902	0.728	-0.778	1.07
17	417811.694	233621.171	417811.666	233621.954	0.028	-0.783	0.78
18	417811.610	233643.728	417811.062	233643.068	0.548	0.660	0.86
19	417811.632	233651.678	417811.076	233651.084	0.556	0.593	0.81
20	417810.138	233652.016	417810.052	233652.950	0.086	-0.934	0.94
21	417808.771	233654.658	417808.047	233654.075	0.724	0.583	0.93
22	417808.754	233646.632	417808.008	233646.078	0.746	0.554	0.93
23	417808.728	233638.522	417808.013	233638.097	0.715	0.425	0.83
24	417810.122	233618.904	417810.028	233618.024	0.094	0.880	0.89
25	417808.670	233617.021	417808.048	233616.196	0.622	0.825	1.03
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
96	418815.115	228566.225	418813.059	228565.182	2.056	1.043	2.31
97	418813.400	228555.633	418812.366	228554.586	1.034	1.047	1.47
98	418811.880	228575.657	418810.875	228574.629	1.005	1.027	1.44
99	418811.888	228581.574	418810.886	228580.522	1.002	1.052	1.45
100	418811.889	228592.071	418810.891	228591.030	0.999	1.041	1.44
101	418811.874	228601.763	418810.931	228600.722	0.943	1.041	1.40
102	418808.637	228609.072	418809.601	228608.066	-0.964	1.006	1.39
103	418808.624	228597.164	418807.651	228596.131	0.973	1.033	1.42

104	418808.632	228586.835	418807.632	228585.810	1.000	1.025	1.43
105	418808.601	228576.542	418807.570	228575.534	1.030	1.007	1.44
106	418808.589	228570.213	418809.556	228571.215	-0.967	-1.002	1.39
107	418810.111	228555.706	418809.079	228554.679	1.032	1.027	1.46
108	418815.221	228548.656	418814.178	228547.676	1.043	0.980	1.43
109	418810.610	228540.907	418809.625	228539.874	0.986	1.032	1.43
110	418815.197	228537.940	418814.153	228536.952	1.044	0.988	1.44
평균 오차					0.040	0.347	1.35

도로표지 조사차량 프로토타입 정확도 검증을 수행한 후 실측 데이터와의 비교를 통하여 GPS 기준국 설치지점으로부터 멀어질수록 위치정확도는 낮아지는 경향이 있음을 알 수 있었으며, 도로표지 조사차량 프로토타입 정확도 검증 결과에서 보여지는 영상공간정보 내 추출 도로표지의 위치정확도는 평균 평면오차 1.75m 이내를 보이고 있음을 알 수 있다.

(나) 도로표지 조사차량 시제품 정확도 검증

도로표지 조사차량 시제품의 정확도 검증 결과는 다음과 같다.

표 2-12 도로표지 조사차량 시제품 정확도 검증 결과

측점명	실측 좌표		측정좌표		△		평면 오차 (m)
	X	Y	X	Y	△X	△Y	
1	417822.138	233645.890	417821.561	233645.938	0.577	-0.048	0.58
2	417822.154	233636.853	417822.844	233637.452	-0.690	-0.599	0.91
3	417822.154	233626.818	417822.070	233626.984	0.084	-0.166	0.19
4	417817.813	233622.790	417817.689	233622.186	0.124	0.604	0.62
5	417816.250	233618.894	417816.224	233619.560	0.026	-0.666	0.67
6	417817.929	233638.441	417818.228	233638.778	-0.299	-0.337	0.45
7	417817.978	233646.327	417818.605	233645.641	-0.627	0.686	0.93
8	417816.422	233651.974	417815.807	233652.641	0.615	-0.667	0.91
9	417813.405	233652.096	417813.147	233651.644	0.258	0.452	0.52
10	417814.765	233650.863	417814.430	233650.740	0.335	0.123	0.36
11	417814.756	233638.639	417814.805	233638.240	-0.049	0.399	0.40
12	417814.736	233633.251	417814.135	233633.115	0.601	0.136	0.62
13	417814.700	233616.998	417815.118	233617.425	-0.418	-0.427	0.60
14	417811.592	233616.985	417811.484	233617.059	0.108	-0.074	0.13
15	417813.232	233618.850	417813.674	233619.428	-0.442	-0.578	0.73
16	417811.807	233618.124	417811.122	233617.765	0.685	0.359	0.77
17	417811.694	233621.171	417811.801	233620.641	-0.107	0.530	0.54
18	417811.610	233643.728	417811.273	233643.797	0.337	-0.069	0.34
19	417811.632	233651.678	417811.266	233651.366	0.366	0.312	0.48
20	417810.138	233652.016	417810.554	233652.539	-0.416	-0.523	0.67
21	417808.771	233654.658	417808.831	233655.064	-0.060	-0.406	0.41
22	417808.754	233646.632	417809.013	233646.306	-0.259	0.326	0.42
23	417808.728	233638.522	417808.752	233638.785	-0.024	-0.263	0.26
24	417810.122	233618.904	417810.367	233618.532	-0.245	0.372	0.45
25	417808.670	233617.021	417808.116	233617.345	0.554	-0.324	0.64

96	418815.115	228566.225	418815.209	228566.500	-0.094	-0.275	0.29
97	418813.400	228555.633	418814.015	228555.450	-0.615	0.183	0.64
98	418811.880	228575.657	418812.501	228575.260	-0.621	0.397	0.74
99	418811.888	228581.574	418811.855	228582.115	0.033	-0.541	0.54
100	418811.889	228592.071	418811.461	228591.869	0.428	0.202	0.47
101	418811.874	228601.763	418812.432	228601.456	-0.558	0.307	0.64
102	418808.637	228609.072	418809.060	228609.429	-0.423	-0.357	0.55
103	418808.624	228597.164	418808.686	228597.238	-0.062	-0.074	0.10
104	418808.632	228586.835	418808.675	228586.714	-0.043	0.121	0.13
105	418808.601	228576.542	418808.681	228575.997	-0.080	0.545	0.55
106	418808.589	228570.213	418809.090	228570.701	-0.501	-0.488	0.70
107	418810.111	228555.706	418809.540	228555.572	0.571	0.134	0.59
108	418815.221	228548.656	418814.889	228548.965	0.332	-0.309	0.45
109	418810.610	228540.907	418809.958	228540.274	0.652	0.633	0.91
110	418815.197	228537.940	418815.058	228538.588	0.139	-0.648	0.66
평균 오차					0.003	-0.008	0.546

정확도 검증 구간에 대하여 도로표지조사차량 시제품을 활용하여 수집을 수행했으며, 수집데이터 기반 도로표지 위치 정확도 검증결과는 연구목표 정확도인 평균 평면오차 0.7m 이내를 보이고 있음을 알 수 있다.

마. 도로표지 검출 SW

도로표지 검출 SW는 도로표지 조사차량을 통해 수집된 영상 및 공간정보를 대상으로 도로표지와 관련된 특정 영상정보 및 각종 유효정보를 자동 및 수동으로 검출하고, 이를 정제 및 구조화함으로써 도로표지 데이터베이스를 효율적으로 구축할 수 있도록 개발을 진행하였다.

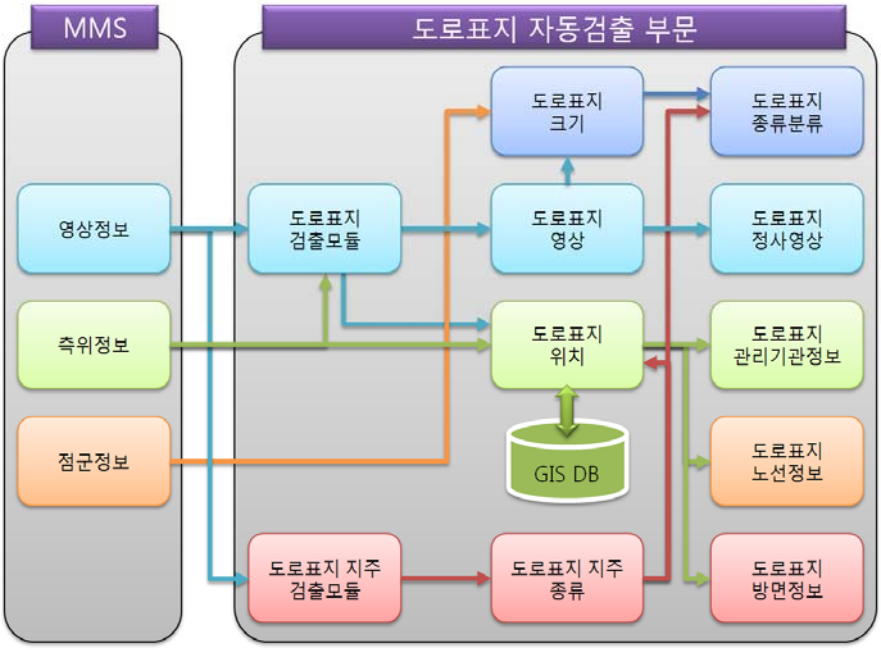


그림 2-51 영상기반 도로표지 검출 및 DB 구축 기술 모식도

(1) 도로표지 검출 SW 설계

(가) 도로표지 자동검출 기술

① 점군기반 도로표지 자동검출

도로표지 조사차량의 수집 동선을 따라 이동하면서, 점군 기반으로 도로표지를 추적하고, 도로표지 후보영역을 검출하는 방안을 개발 및 적용하였으며, 특히, 점군기반 검출된 도로표지 후보영역에 대해 상하좌우 1m를 추가 확장하여 새로운 후보영역으로 지정하고, 이 데이터를 다음 프로세스인 영상기반 도로표지 경계추출 부분으로 전달하여 도로표지 경계에 대한 자동 추출을 진행토록 한다.

점군정보를 기반으로 도로표지 후보영역을 검출하기 위한 세부 조건은 아래와 같다.

○ 점군기반 후보영역 검출 조건

- 도로표지 조사차량 이동동선 기준 검색
- 도로표지 조사차량 위치기준 전후, 좌우 45도 검색
- 가로 650mm~12,200mm, 세로 300mm~3,750mm의 길이 범위에서 검출



그림 2-52 점군기반 도로표지 후보영역 검출 흐름

점군기반 도로표지 검출은 동선 구간 별 진행방향에 따라 사각판 형태의 점군을 추적하고 Clustering 기법을 적용하여 일정크기의 영역과 특정 점밀도이상의 조건을 갖는 도로표지 후보영역를 탐지하고 결정하며, 도로표지 위치를 결정하는 단계로 진행된다.

MMS의 이동 동선을 따라 진행하면서 점군기반 도로표지 후보를 검출하는 과정은 [그림 2-53]과 같다.

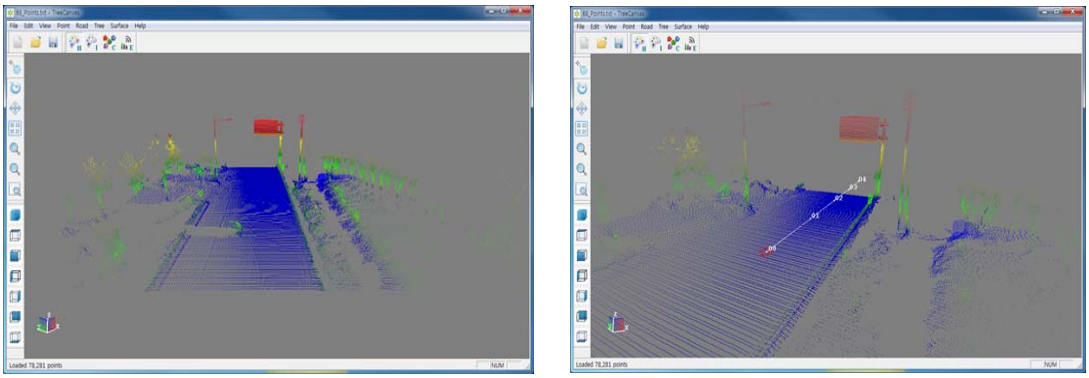


그림 2-53 동선 기반 이동(점군 기반 동선 이동)

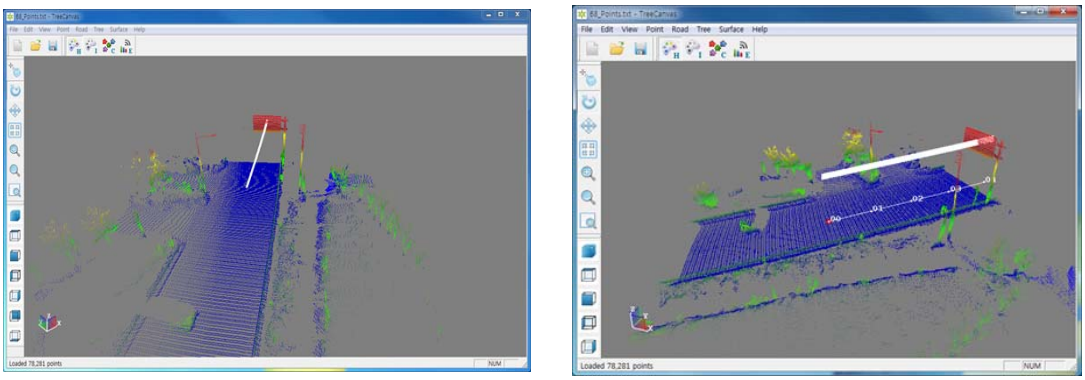


그림 2-54 점군 기반 도로표지 추적

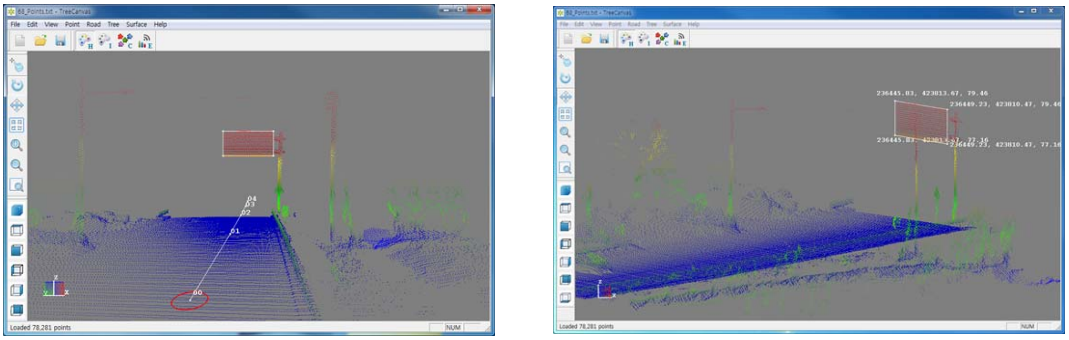


그림 2-55 도로표지 후보영역 검출

④ 점군기반 도로표지 지주 자동검출

도로표지 지주는 점군기반 도로표지 검출과정을 통해 추출된 도로표지 후보 영역 내 점군의 밀도를 이용하여 검출한다. 즉, 도로표지 지주는 X, Y 평면상에서 보면 가장 좁은 공간에 가장 많은 점이 몰려있는 것을 알 수 있다. 이러한 특성을 이용하여 도로표지의 지주를 점군을 기반으로 자동검출하는 기술을 개발하였다. 도로표지 기반의 지주 자동검출 기술을 통해 도로표지 자동검출 시 검출된 도로표지의 위치를 결정한다.

점군정보를 기반으로 도로표지 지주를 검출하는 단계는 다음과 같다.

○ 점군기반 도로표지 지주 검출 단계



그림 2-56 점군기반 도로표지 지주 검출 흐름도

- 점밀도 지도는 X, Y 평면상에 0.5m×0.5m 격자를 구성하고 각 격자내 Z축 방향으로 점의 수를 더하여 생성함
- 도로표지 주변탐색은 검출된 도로표지의 방향성을 기반으로 최대 점밀도 지역을 검출함

점군기반 도로표지 지주 검출 기술은 X, Y 평면을 기준으로 점군을 중첩시키면 지주와

같은 기둥이 면적당 점밀도가 높다는 점을 이용하여 개발한 것으로 검출하는 과정은 [그림 2-57]과 같다.

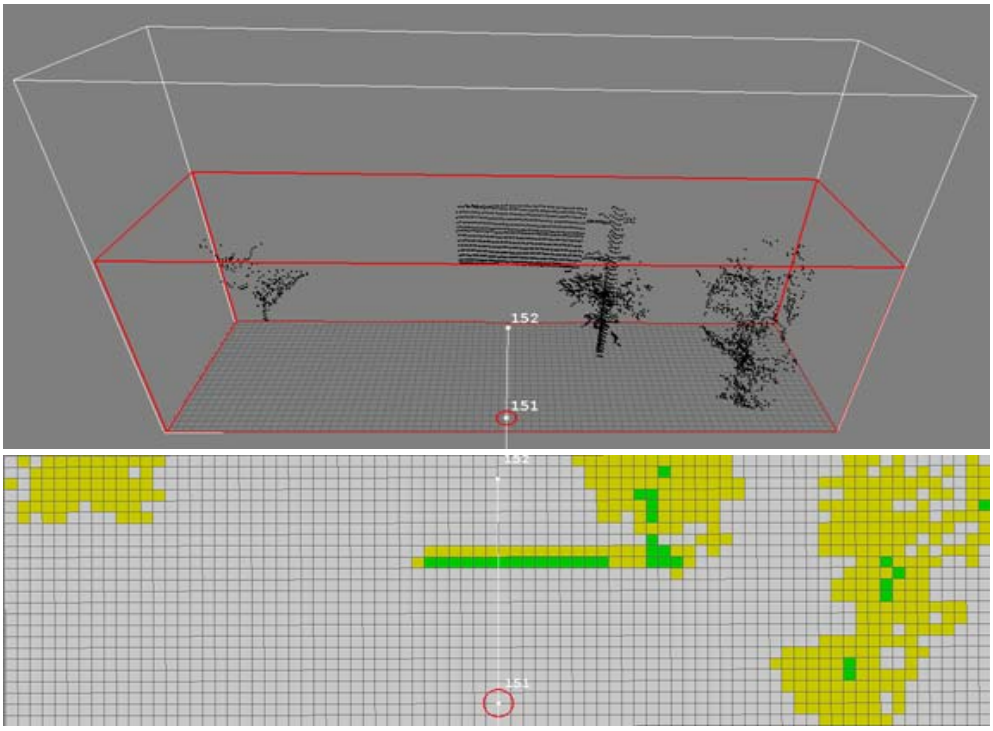


그림 2-57 도로표지 검색 영역 내 점밀도 지도 생성

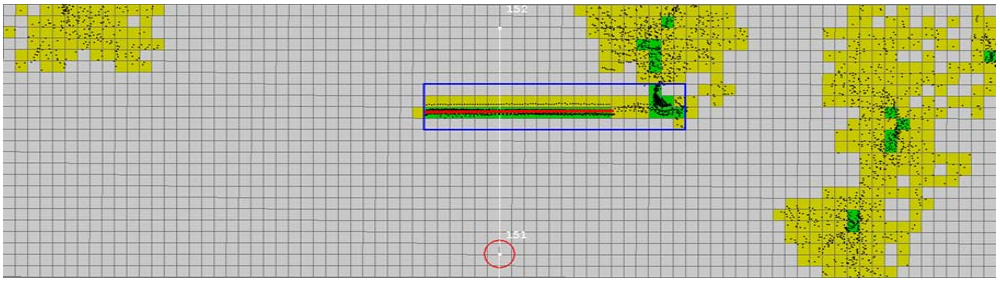


그림 2-58 검출 도로표지의 수평방향 기준 고점밀도 지역 검색

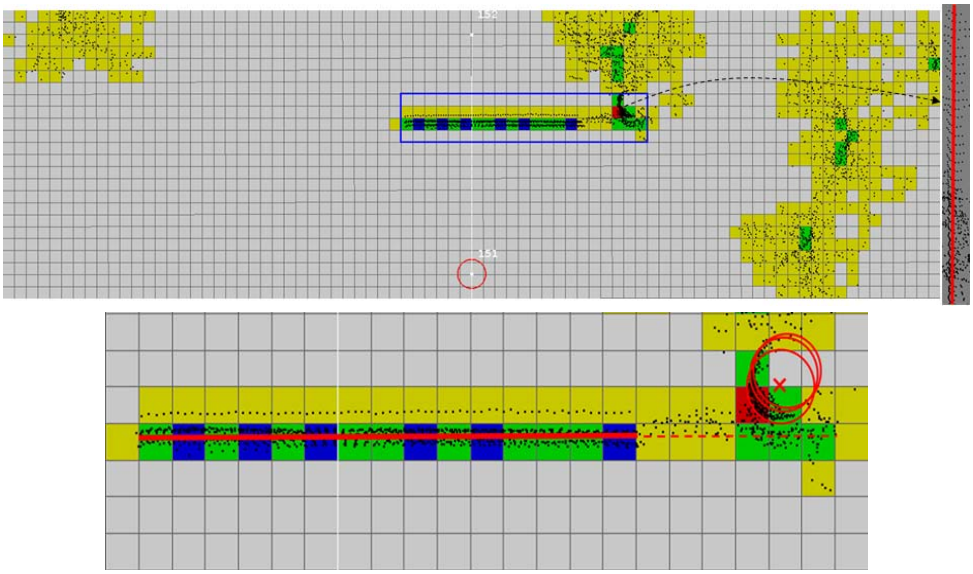


그림 2-59 고점밀도 지역 검출 및 Circle Fitting을 통한 중심점 검출, 지주 위치 결정

(나) 도로표지 경계 자동추출 기술

① 영상기반 도로표지 경계 자동 추출

도로표지 조사차량의 비전센서 및 측위센서를 통해 수집되는 영상정보 및 측위정보를 기반으로 도로표지의 경계를 자동으로 추출하는 기술을 개발하였으며, 해당 기술은 점군정보를 기반으로 도로표지를 자동 검출하여 이와 매칭되는 영상 내 도로표지 후보영역을 추출한 이후, 이를 기반으로 영상정보와 측위정보를 동시 활용하여 도로표지 경계를 추출하는 것을 말한다. 또한, 도로표지 자동 경계 추출 시 배경 분리 실패, 역광, 장애물, 파손 등으로 인한 추출 실패 시에 대한 보완작업을 효율적으로 수행할 수 있는 방안 모색을 포함하여 개발을 진행한다.

도로표지의 자동검출 및 도로표지 경계 추출 후 추출된 도로표지 정보를 기반으로 부가정보를 추출하는 작업을 수행하며, 이 때 부가정보는 도로표지 종류 및 도로표지 정사영상, 도로표지 관리기관 정보, 도로표지 노선정보, 도로표지 방면정보 등이며, 도로표지 종류와 정사영상은 속성정보 추출 모듈 부문으로 입력되어 문자인식을 통한 세부정보를 재 추출하게 된다. 그리고, 재 추출된 세부정보와 각종 부가정보는 도로표지 분석 부문으로 입력되어 검출된 도로표지 및 이미 데이터베이스화 된 도로표지에 대한 일치성, 적합성, 연계성 분석을 수행하게 된다.

도로표지 경계 자동추출 알고리즘 개발은 수집 영상정보 내 도로표지 경계를 영상처리 기법을 통해 자동 추출하는 알고리즘을 개발하는 것으로 이를 통해 추출된 영상 내 도로표지 영역을 기반으로 측위정보 및 점군정보와 융합하여 도로표지의 종류 및 위치, 정사영상 등에 대한 정보를 추출할 수 있다.

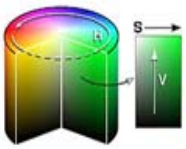
검출된 도로표지 후보 영역의 영상정보 내 도로표지 경계의 자동추출 알고리즘 개발 세부

내용은 아래와 같다.

○ 도로표지 경계 자동추출 알고리즘 개발

- 첫 번째 단계로써 도로표지의 색상이 가장 잘 구분되는 색공간을 결정함

표 2-13 색공간 별 개념도 (좌부터 RGB, HSV, CMYK 색공간)

종류	개념도	특 성
RGB		색을 혼합하면 명도가 올라가는 가산 혼합 방식으로 색을 표현하며, 삼원색(빨강색, 녹색, 파랑색)에 해당하는 세 가지 채널의 밝기를 기준으로 색을 지정한다.
HSV		색상(Hue), 채도(Saturation), 명도(Value)를 기준으로 색을 구성하는 방식으로 감산혼합이나 가산혼합보다 색상의 지정이 직관적이기 때문에 검출을 위한 색 공간으로 적합함
CMYK		감산혼합을 기본으로 만든 색공간으로, 그림을 그릴 때나 인쇄를 할 때 쓰이며, 대부분의 염료가 Cyan, Magenta, Yellow를 섞으면 제대로 된 Black이 나오지 않기 때문에 Black을 추가한 색공간임. 이 4가지 종류의 색을 혼합하면 점점 어두워지기 때문에 감산혼합이라고 불리며 RGB나 HSV 보다 표현 가능한 색이 적음

· 수집 영상정보 내 도로표지 경계와 배경영역을 구분하기 위해 색의 변화에 민감하게 반응할 수 있는 색공간이 필요하므로 HSV 색공간을 선택

: CMYK 색공간의 경우는 RGB, HSV 색공간에 비해 표현 가능한 색이 적어 적당하지 않음

: RGB 색공간의 경우 표현가능한 색 범위가 0~255의 값을 가지는 반면, HSV 색공간은 0~360의 값의 표현이 가능하여 RGB 색공간에 비해 색상의 표현을 더 세분화하여 표현이 가능함



그림 2-60 HSV 색공간을 이용해 표현한 도로표지 대표색상 영역

- 두 번째 단계로써 수집된 영상정보를 HSV 색공간 내에서 도로표지의 색상영역을 기반으로 구분하여 추출함

  • 녹색, 청색, 갈색을 갖는 도로표지를 수집 영상정보 내에서 구분하기 위해 색상(hue)과 채도(saturation)를 이용하여 구분함

  : 색상을 이용하여 도로표지를 표현하는 색(갈색, 청색, 녹색)을 해당 채널 별로 구분하고, 채도를 이용하여 같은 색상 채널 내의 도로표지와 배경을 구분해 냄

  : 채도를 이용하여 배경을 구분 시 맑은 날씨를 기준으로 결정된 고정 임계값(Threshold)을 이용할 경우 맑은 날씨에 수집된 영상정보를 제외한 역광(Backlight)이나 안개, 흐린 날씨 등에 수집된 영상정보에서 매우 취약한 결과를 보이며, 이를 해결하기 위해 채도 채널 상에서 히스토그램 평균값을 활용하여 동적으로 임계값을 결정함

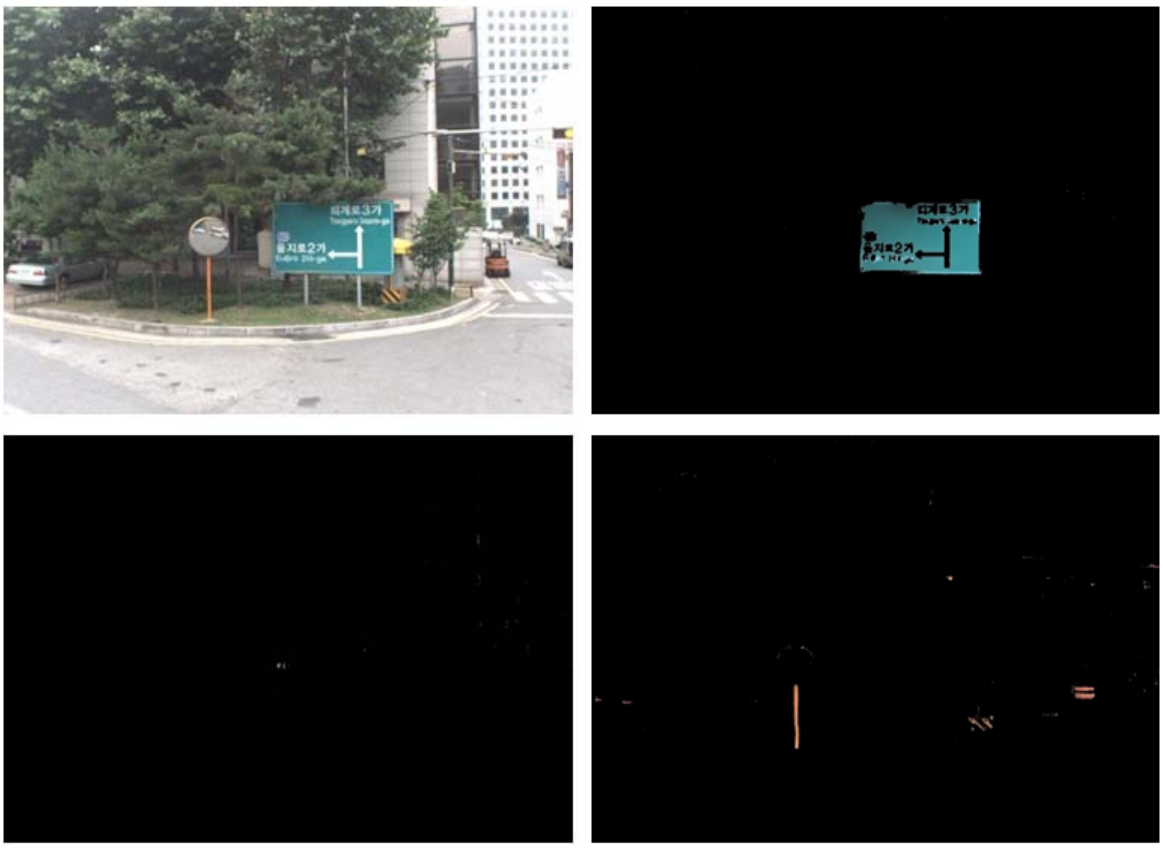


그림 2-61 맑은 날씨에 수집된 영상정보에 대한 고정임계값 적용 결과
(좌상단부터 시계방향으로 원본영상, 청색, 갈색, 녹색 채널)

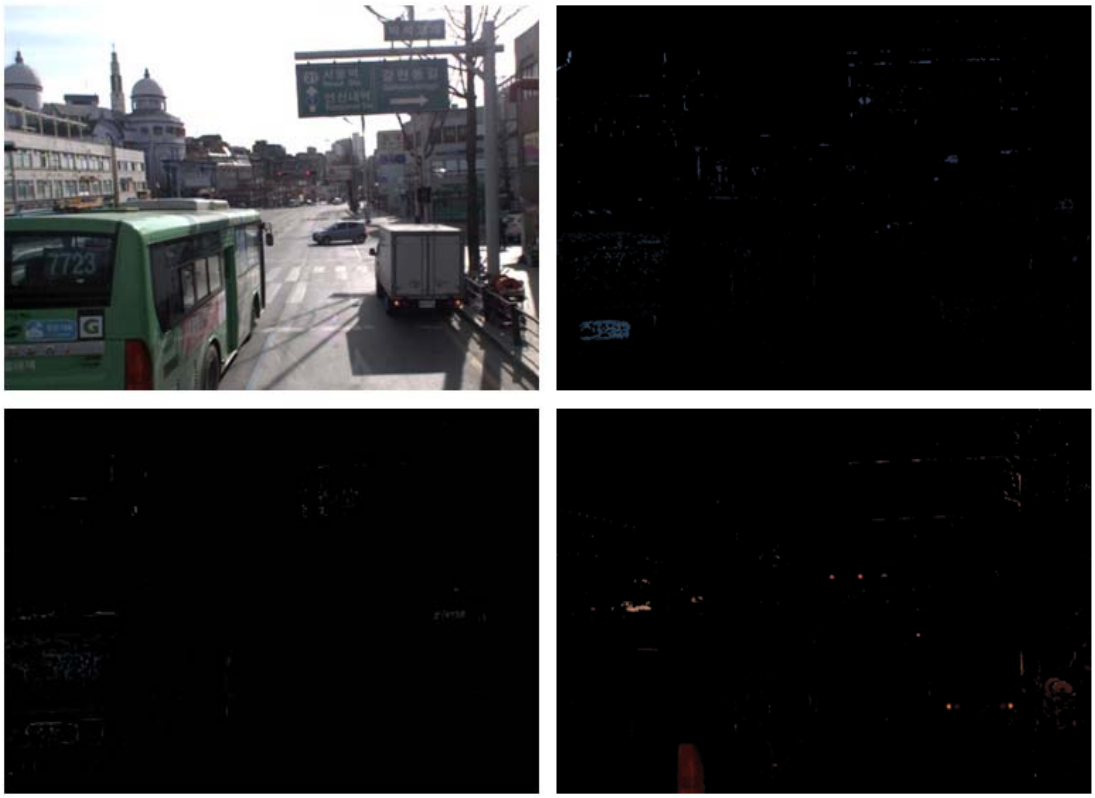


그림 2-62 역광에서 수집된 영상정보에 대한 고정임계값 적용 결과
(좌상단부터 시계방향으로 원본영상, 청색, 갈색, 녹색 채널)



그림 2-63 역광에서 수집된 영상정보에 대한 동적임계값 적용 결과
(좌상단부터 시계방향으로 원본영상, 청색, 갈색, 녹색 채널)



그림 2-64 흐린 날씨에 수집된 영상정보에 대한 동적임계값 적용 결과
(좌상단부터 시계방향으로 원본영상, 청색, 갈색, 녹색 채널)

- 마지막 단계로써 추출된 영상 내 도로표지 경계에 대한 재분류를 수행하여 도로표지와 노이즈를 최종적으로 구분하여 추출함

  · 도로표지 후보영역에 대한 크기 범위를 정의하고 이를 기반으로 1차 재분류를 수행하여 노이즈를 제거함

  · 1차 재분류 결과 중 도로표지의 형태학적 특성, 즉, 기본적으로 직사각형 형태를 보이는 점을 활용하여 도로표지의 가로와 세로 비율 범위와 후보영역의 면적을 이용하여 2차 재분류를 수행하고 이를 통해 최종적으로 도로표지만을 구분해냄



그림 2-65 수집된 영상정보 내 도로표지 경계 추출 결과

(다) 검출 도로표지 DB 구축 방안 연구

검출 도로표지 기반 도로표지 및 관련 도로의 부가정보를 추출하여 기본적인 도로표지 DB를 구축하는 기술을 연구하며, 이를 통해 첫 번째 단계로 도로표지에 대한 원경사진, 근경사진, 정사영상, 표지모서리좌표 정보 등의 추출 및 DB 구축을 수행한다.

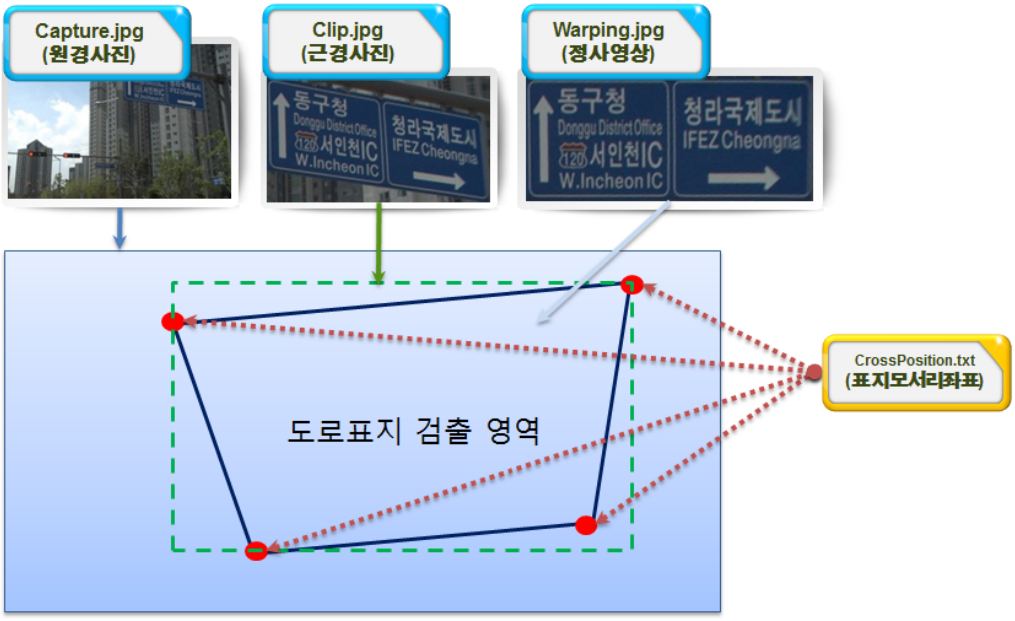


그림 2-66 영상정보기반 도로표지 검출

두 번째로 도로표지 관련 부가적인 속성정보(PanelInfo.txt)를 추출하고 이를 DB로 구축 한다. 부가적인 속성정보는 아래와 같다.

표 2-14 PanelInfo.txt 필드 구조(',' 구분자 사용)

표지판 ID	도로 종별	관리기관	노선 번호	도로명	상하행 선방향	표지코드	지주 형식	지주위치X	지주위치Y	각도
0001	UR	28260, 인천서구청	0	청중로	U	403-10 ¦ 410-2(B)	99	447890. 08544	168648. 24996	90

도로표지 속성정보 각각에 대한 세부적 사항은 다음과 같다.

① 표지판 ID

표 2-15 표지판ID 필드 : 도로표지판 검출작업 시 임의 배정

도로표지판 검출작업 시 임의 배정	RRAP
-	표지판ID
	0001

② 도로종별

표 2-16 도로종별 필드 : 지능형교통체계관리시스템 표준노드정보 기반 추출

지능형교통체계관리시스템 표준노드			RRAP
필드명	필드값	코드정보	도로종별
ROAD_RANK (도로등급)	101	고속국도	ER(고속도로)
	102	도시고속국도	
	103	일반국도	NR(일반국도)
	105	국가지원지방도	RR(지방도)
	106	지방도	
	104	특별/광역시도	UR(시도)
	107	시/군도	WR/GR(구도/군도)

③ 관리기관

표 2-17 관리기관 필드 : 도로명주소 DB(새주소 DB) 기반 추출

도로명주소 DB		RRAP
구분	행정동코드	행정동코드, 관리기관명
시도(2)	ex) 인천광역시(28)	28260, 인천서구청
시군구(3)	ex) 서구(260)	
읍면동(3)	ex) 가정1동(542)	
리(2)	ex) 리(00)	

④ 노선번호

표 2-18 노선번호 필드 : 지능형교통체계관리시스템 표준노드정보 기반 추출

지능형교통체계관리시스템 표준노드		RRAP
필드명	필드값	노선번호
ROAD_NO(도로번호)	ex) 20	20

⑤ 도로명

표 2-19 도로명 필드 : 도로명주소 DB(새주소 DB) 기반 추출

도로명주소 DB		RRAP
필드명	필드값	도로명
도로명	ex) 가경주로10번길	가경주로10번길

⑥ 상하행선방향

표 2-20 상하행선방향 필드 : 도로명주소 DB(새주소 DB)의 도로 시종점 좌표 기반 추출

도로명주소 DB		RRAP
필드명	추출방법	상하행선방향
도로의 시종점 좌표	도로 시점 --> 종점	U(상행)
	도로 종점 --> 시점	D(하행)

⑦ 표지코드

표 2-21 표지코드 필드 : 도로표지판 검출작업 시 표지크기 기반 결정

도로표지판 검출작업 시 표지크기 기반 결정			RRAP
구분	가로	세로	표지코드
사이즈	ex) 4450	ex) 2200	403-10 ¦ 410-2(B)

표 2-22 표지 크기 별 도로표지 종류 맵핑 테이블

사이즈		표지번호
X	Y	
12210	2800	422-1(C), 422-1(D), 422-2(C), 422-2(D)
12200	2800	433-3
10100	2800	403-15
9900	2800	422-1(B), 422-2(B), 423-1, 423-2, 423-4
8900	2800	403-16
7300	1750	409
6600	2800	403-14, 422-1(A), 422-2(A), 425-4
5550	1350	410-1(C), 403-10, 410-2(B)

5500	2950	424-1, 424-2
5000	2500	403-1(A)
4800	3550	423-3
4450	2200	410-1(B), 410-1(C), 410-1(D), 410-1(E), 410-2(A), 403-1(B), 403-1(C), 410-1(A)
4350	3600	421-3
4350	2900	421-2, 435
4350	1450	421-1
4200	3550	422-7
4050	2950	424-3, 424-4
4000	3600	428-4, 428-5
4000	2800	428-3, 428-6
4000	2500	403-3(A),403-3(B),403-3(C),403-4
3800	1000	425-2
3700	1350	410-4, 410-5(C), 403-11
3650	1500	420
3600	2200	410-3, 401-3, 403-5, 403-6, 430-3, 430-4
3400	2550	427-7
3400	2250	427-3
3300	2800	422-4, 425-3
3300	2700	422-6
3100	900	410-5(B)
3000	2400	413-1, 413-2, 413-3, 402-3
3000	2250	433-1, 433-2
3000	2200	401-2
3000	2000	410-5(A), 402-2
3000	1200	423-5
2600	1450	422-3, 422-5
2500	1800	402-4
2500	1650	427-1, 427-2
2500	1000	402-1
2420	1700	428-7, 428-8
2420	1500	428-1, 428-2
2420	1200	427-5
2400	950	434-1, 434-2, 434-3
2100	2200	403-2
2000	1300	405-2
1900	1000	406
1850	1000	425-1
1800	1800	403-12
1800	1300	405-1, 403-13
1700	800	408
1600	1200	427-6(A), 427-6(B), 403-8(A), 403-8(B), 403-9
1600	850	432
1600	600	403-7(A), 403-7(B)
1500	1700	410-5(D)
1500	600	415
1400	1400	431-1, 431-2
1400	1000	410-6
1400	700	401-1
1400	500	407-1, 407-2, 407-4, 407-5
1300	2000	414-1, 426-1
1300	1200	414-2
1250	500	407-3, 407-6
1200	2000	404-2(B)
1200	1600	404-2(A)

1200	1300	426-2(A), 426-2(B)
1200	1200	404-1(B)
1200	1100	404-1(A)
1100	1700	404-3, 435
950	300	411
765	900	430-1, 430-2
760	900	429
700	1100	427-4
700	900	412-1
700	700	412-2
650	1500	426-3

⑧ 지주형식

표 2-23 지주형식 필드 : 도로표지판 검출작업 시 지주(도로표지 설치지침서 참조) 기반 결정

도로표지판 검출작업 시 지주형태 기반 결정		RRAP
구분	형식	표지코드
설치방법	단주식	01
	복주식	02
	편지식	03
	현수식	04
	문형식	05
	부착식	06
	복합설치	99

⑨ 지주위치 X,Y

표 2-24 지주위치X, Y 필드 : 도로표지판 검출작업 시 지주위치 기반 결정

도로표지판 검출작업 시 지주위치 기반 결정	RRAP
ex) (X, Y) = (447890.085, 168648.249)	지주위치X, Y
	447890.085, 168648.249

⑩ 각도

표 2-25 각도 필드 : 도로표지 영상수집 위치에서의 MMS의 방위값 기반 결정

MMS의 방위값 기반 결정	RRAP
ex) (Roll, Pitch, Yaw) = (120, 30, 90)	각도
	90

(2) 프로토타입 개발

전방위 영상정보와 점군정보의 정합영상 표시창을 통해 도로표지판 분석결과를 표출하며, 메인 맵창을 통해 이동 경로와 도로표지판 분석결과, 현재 프레임 위치 등의 정보를 표출하고, 전체 윈도우에서 우측에 조사데이터의 일반사항 정보표출, 분석결과목록 및 자동분석 실시버튼과 신규등록, 수정, 삭제, 저장 기능버튼 등을 배치하였다. 그리고, 전방위 영상과

점군 정합영상 정보와 메인 맵, 분석결과 목록은 상호 연동할 수 있도록 개발하였다.

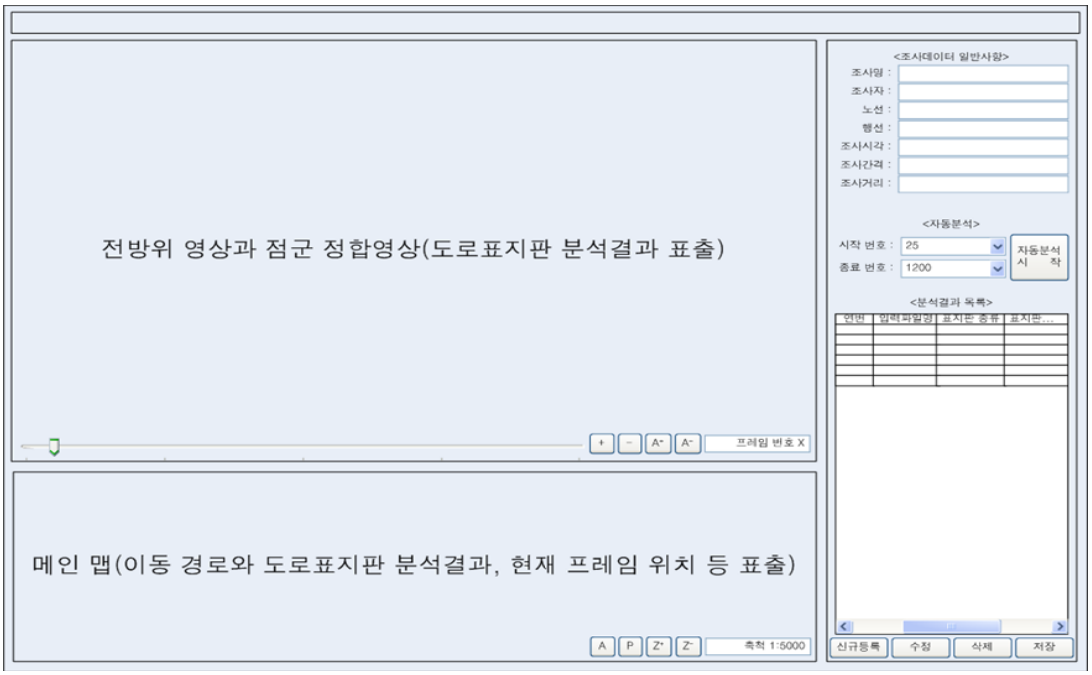


그림 2-67 도로표지 검출 SW 프로토타입 GUI



그림 2-68 도로표지 검출 SW 프로토타입

프로토타입의 SW는 다음의 순서에 의해 도로표지 DB를 갱신한다.

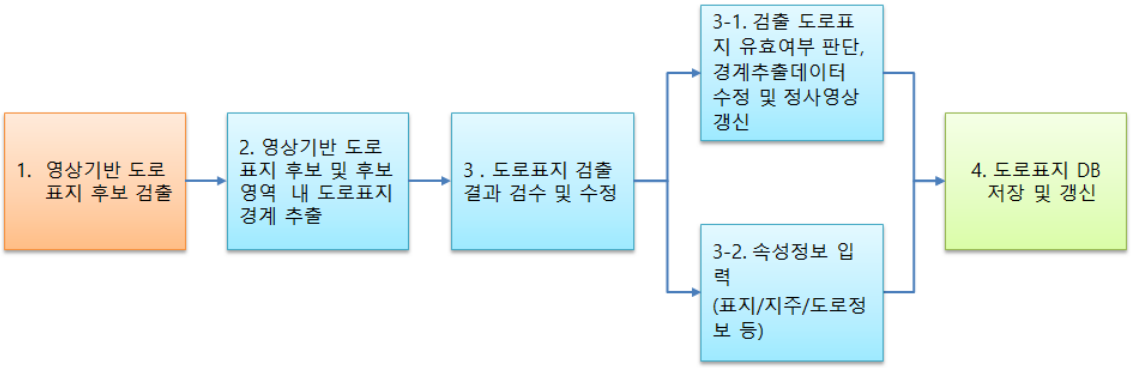


그림 2-69 도로표지 검출 SW 프로토타입을 이용한 도로표지 DB 생성 흐름도

(3) 시제품 개발

점군정보 및 영상정보, 측위정보기반 도로표지의 자동, 수동 검출을 수행 할 수 있는 도로표지 검출 SW시제품을 개발하였다.

도로표지 검출SW 시제품은 점군기반 도로표지 자동검출 및 지주 자동검출, 검출영역 내 영상기반 도로표지 경계추출 기능을 제공하며, 이를 통해 원경사진, 근경사진, 정사영상 등을 1차적으로 추출한다.

위 기능 중 도로표지 자동 경계 추출은 배경분리 실패, 역광, 장애물, 파손 등의 사유로 정상적인 결과가 출력되지 않을 수 있으며, 이에 대해 검출 결과 검수 및 수정 과정에서 추출 경계를 효율적으로 조정할 수 있는 사용자 편의 기능을 제공한다. 즉, 검출된 도로표지에 대하여 검수와 수정을 진행하여 도로표지 검출 결과의 보정 및 도로표지 경계 추출결과의 수정 등을 수행하며, 2차적으로 도로표지에 대한 속성 및 관련 도로의 속성정보 등 부가적인 속정정보의 입력 등을 추가 수행하여 최종 도로표지 DB를 구축한다.

도로표지 검출SW 시제품은 다음과 같이 구현되었다.

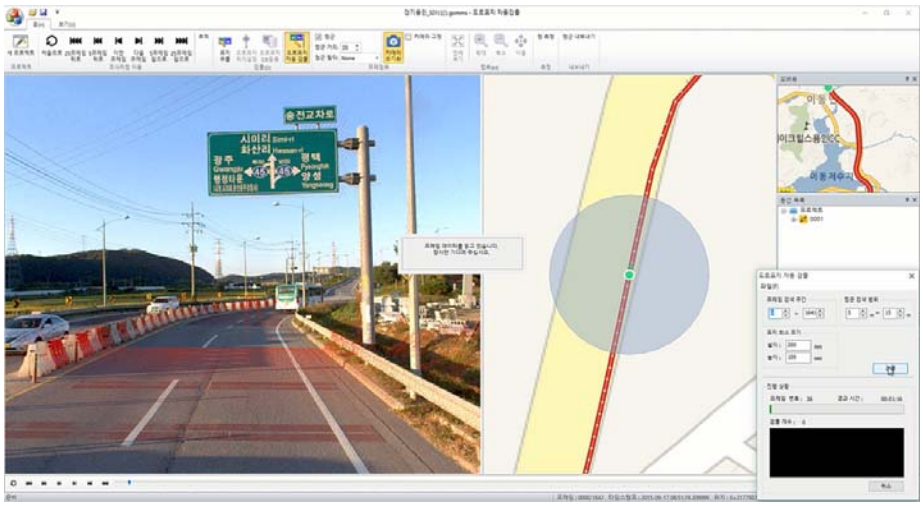


그림 2-70 도로표지 검출 SW 시제품 구동 화면

도로표지 검출SW 시제품은 다음 순서에 의해 도로표지 DB를 구축 및 갱신한다.

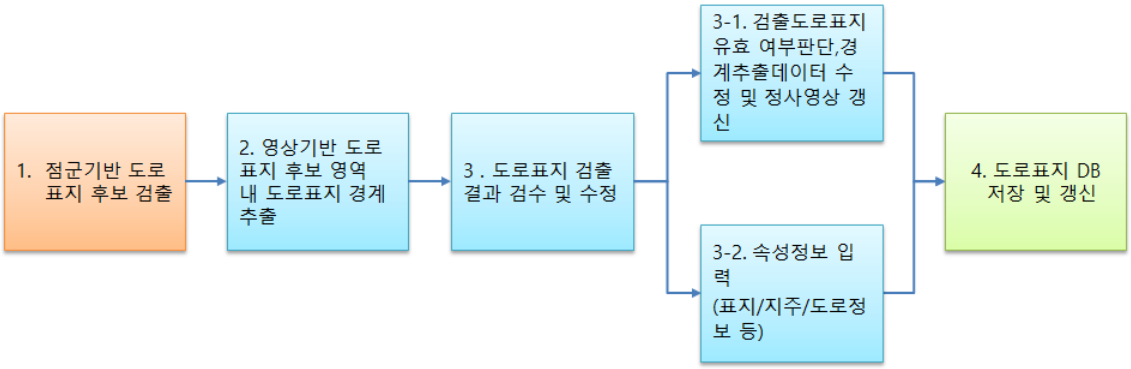
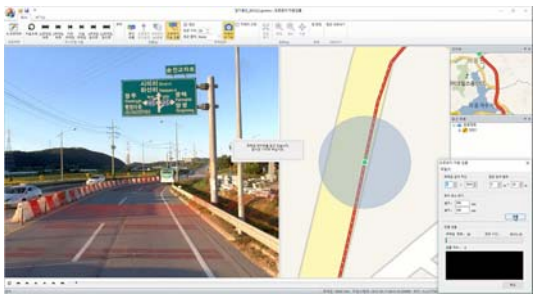
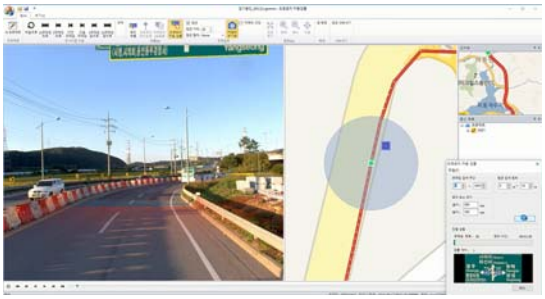


그림 2-71 도로표지 검출 SW 시제품을 이용한 도로표지 DB 구축 흐름도



도로표지 후보 검출 전



도로표지 후보 검출 후

그림 2-72 점군기반 도로표지 후보 검출 전후

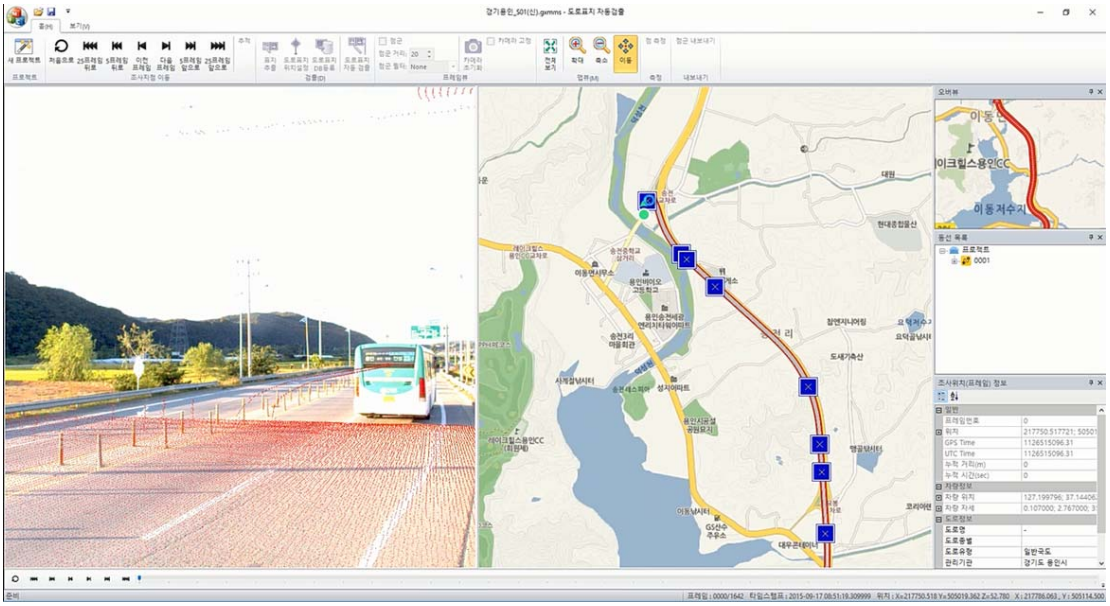


그림 2-73 점군기반 도로표지 후보 검출

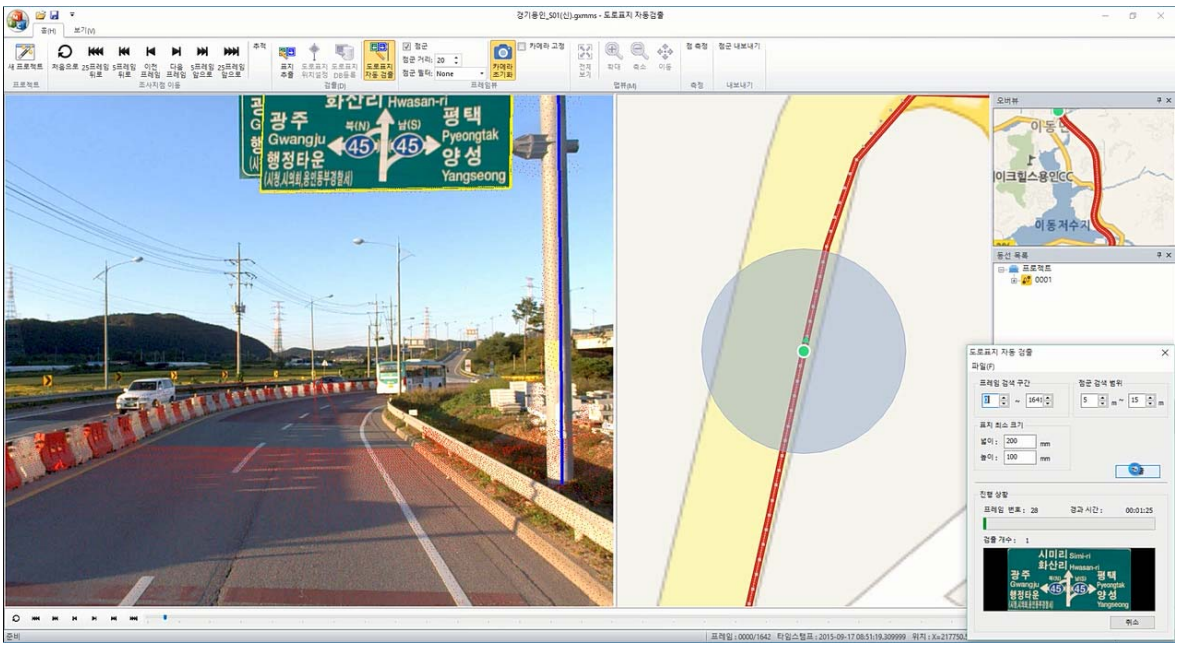


그림 2-74 영상기반 도로표지 경계 검출

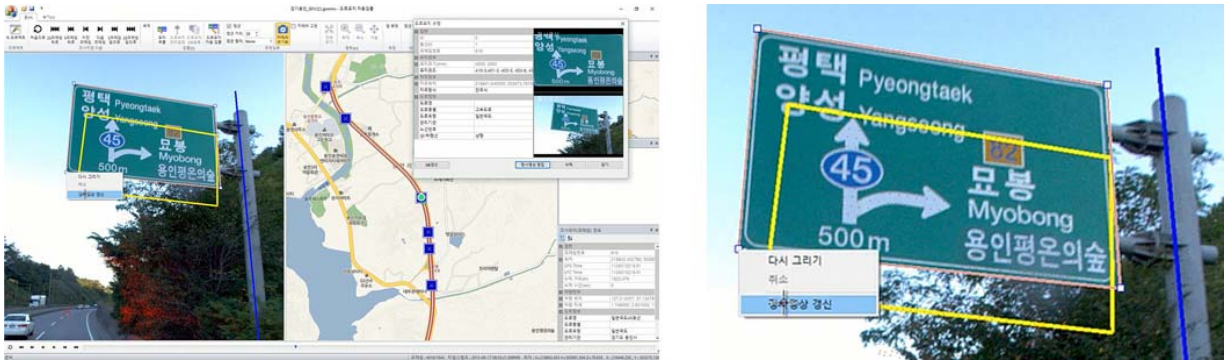


그림 2-75 도로표지 정사영상 검수 및 수정, 갱신 과정



그림 2-76 도로표지 속성 정보 구축 과정



그림 2-77 도로표지 검수 전 자동 검출 자료와 도로표지 검수 후 DB 갱신 자료

(4) 도로표지 검출 SW 검증

(가) 프로토타입 검증

도로표지 검출 SW 프로토타입에 대한 성능 검증을 진행하였으며, 성능 검증을 위한 데이터 수집은 대전 내 일부지역을 선정하여 진행하였다.

성능 검증을 위해 수집한 데이터를 기반으로 도로표지 검출 SW 프로토타입에 대한 검출률 측정 테스트를 진행하였으며, 해당 테스트의 검출률 판별 조건과 방법 및 결과, 최종 검출률은 다음과 같다.

○ 정상 검출조건

- 도로표지 영역 내 속성정보 추가 추출이 가능한 크기 이상 검출 시 정상검출로 인정 (150 X 100 Pixels 이상의 크기로 검출시 인정)
- 수집 영상정보 내 동일 도로표지가 반복적으로 나타날 경우 그 중 한 개 이상의 도로표지가 검출되었을 때 정상 검출 1개로 인정

○ 도로표지 검출률(%) 산출방법은 다음 수식과 같음

$$\text{도로표지 검출률(\%)} = \frac{\text{자동검출 도로표지 후보 중 유효 도로표지 수}}{\text{수집 대상지 내 실제 도로표지 수}} \times 100$$

○ 도로표지 자동검출 SW 프로토타입 검증 결과

표 2-26 도로표지 검출 SW 프로토타입 성능 검증

항목	수량
총 도로표지 수	145
검출 실패 수	19
검출 성공 수	126
검출률(%)	86.9

○ 도로표지 자동검출 SW 프로토타입의 도로표지 검출률 86.9%

(나) 시제품 검증

도로표지 검출 SW 시제품의 경우 점군정보를 기반으로 도로표지 후보영역을 검출 후 영상정보기반 도로표지 경계의 추출을 수행한다.

도로표지 검출 SW 프로토타입은 영상기반의 도로표지 후보 검출방법을 사용하기 때문에 영상 및 주변 환경의 상태에 영향을 많이 받게 되며, 특히 영상 안의 장애물, 역광, 파손 등이 있을 경우 도로표지 검출률이 저하되는 경향이 발생하였다. 이런 도로표지 검출 SW 프로토타입의 문제점을 해결하고자 도로표지 검출 SW 시제품은 점군을 기반으로 도로표지 검출을 수행하였으며, 대상지 내 사각판 형태의 모든 시설물을 검출 할 수 있었고, 해당 검출 시설물에는 검출 대상 도로표지가 100% 포함 되어 있음을 확인할 수 있었다.

검출된 도로표지 후보는 검수 및 수정 과정을 수행하면서 유효 도로표지 여부와 도로표지 경계에 대한 자동 추출 결과의 수정작업을 수행하며, 도로표지의 부가적인 속성정보를 DB에 입력하는 작업도 병행하게 된다.

점군기반 도로표지 검출률 테스트를 통해 도로표지 검출 SW 시제품의 성능검증을 진행하였으며, 해당 테스트는 서울 강남구 일원에 대한 수집데이터를 기반으로 도로표지 검출률 측정실험을 수행하였다. 검출률 측정실험 결과 검출 대상지 내 모든 도로표지가 자동검출 기능을 통해 검출된 도로표지 후보에 모두 포함되어 있어 연구목표인 검출률 100%가 나옴을 알 수 있다.

다음은 검출률 측정 테스트를 통한 검출률 측정 절차와 방법 및 결과를 보여주고 있다.

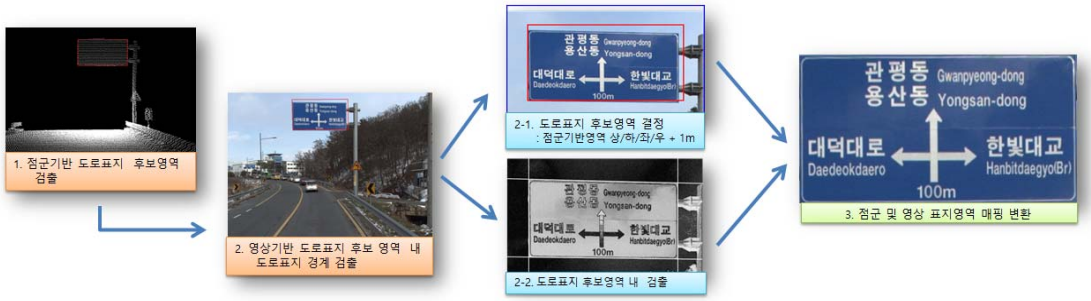


그림 2-78 도로표지 검출 과정 흐름도

○ 도로표지 검출률(%) 산출방법은 다음 수식과 같음

$$\text{검출률} = \frac{\text{자동검출 도로표지 후보 중 유효 도로표지수}}{\text{수집 대상지 내 실제 도로표지 수}} \times 100$$

○ 도로표지 검출 SW 시제품 검증 결과는 다음과 같음

표 2-27 도로표지 검출 SW 프로토타입 성능 검증

항목	수량
총 도로표지 수	266
자동검출 실패 수	0
자동검출 성공 수	266
검출률(%)	100

○ 도로표지 검출 SW 시제품의 도로표지 검출률 100%

2. 속성정보 추출 모듈

가. 연구수행과정

속성정보 추출 모듈의 개발은 영상의 전처리, 영상 내에서의 문자영역 추출, OCR을 이용한 문자의 인식, 기호영역 추출 및 기호의 인식으로 크게 나눌 수 있다. 연계모듈의 경우 각 모듈 및 도로표지시스템의 특성을 고려한 설계와 개발로 나눌 수 있다.

연구개발 과정의 위의 세분화된 내용에 대해 기존의 방법론을 분석한 후 도로표지에 최적화된 방법론을 정리하였으며 그 적용성을 분석 하였다. 그에 따른 전처리 알고리즘의 개발을 수행하였고 이를 기반으로 한 문자 추출을 시도하였다. 문자영역의 추출 알고리즘의 개발 이후 다양한 테스트를 통해 영역 추출율 제고 기법을 개발하였으며 최종 성능개선을 수행하였다. 또한 문자 인식을 위한 OCR 조사 분석을 통해 최적 오픈 소스인 Tesseract를 적용하였다. Tesseract를 이용한 학습 및 내부 코드를 분석, 수정하여 인식률을 제고하였다. 최종 인식된 문자는 GIS기반의 안내지명 사전 구축을 통해 100%에 가까운 성과를 도출하였다.

기호 부분은 1차 알고리즘의 개발로 대다수의 정보를 도출하였으며, 인식률 제고를 위한 기법을 추가 개발하였다. 추출된 기호와 문자간의 매칭 기법을 개발하여 적용하였으며, 이후 특이사항에 대한 보완 기법을 개발 및 적용하였다.

연계모듈은 영상의 수집, 속성정보의 추출 및 분석 모듈간 아키텍쳐 개발을 통해 정확한 데이터 흐름 모듈을 설계하여 적용하였다. 최종 RRAP의 테스트를 통해 개선점을 적용하였다.

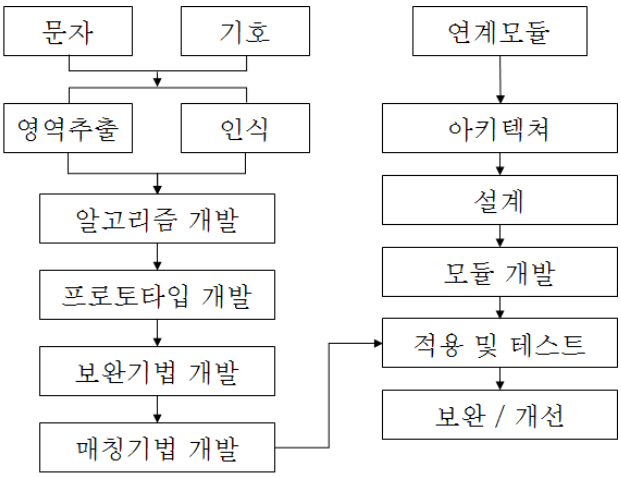


그림 2-79 속성정보 추출모듈의 연구수행 과정

나. 도로표지 특화 방법론 분석

(1) 개요

도로표지의 속성정보(방향정보, 문자정보)를 추출하기 위해서는 다양한 컴퓨터 비전 알고리즘과 사진측량 알고리즘이 사용된다. 본 장의 목적은 첫째, 다양한 컴퓨터 비전 및 사진측량 알고리즘을 이론적으로 고찰해 보고 그 특징(장단점)을 분석하고, 둘째, 상용SW들을 도로표지 영상에 적용가능성을 분석함으로써, MMS에서 촬영된 영상으로부터 도로표지의 속성정보를 추출하기 위한 알고리즘들의 적용성을 분석하는 것이다.

사진측량과 컴퓨터 비전에서 사용되는 모든 알고리즘을 분석하는 것은 불가능하며, 본 장에서는 “처리의 단계 별 방법론”이란 기준 하에 각 단계 별 대표적인 알고리즘들을 분석하였다. 전처리(preprocessing), 영상구분(segmentation), 대상물 인식(Object Recognition)으로 정의하고, 각 단계의 알고리즘은 원칙적으로 순차적으로 사용되지 만은 않는다. 즉, Object Recognition 단계에서도 영상분할의 알고리즘을 차용할 수 있다. 전처리 과정은 취득된 영상을 본격적으로 해석하기 전에 최소한의 불필요한 정보들을 제거하고 최대한의 필요한 정보들을 강조하기 위한 첫 번째 과정으로 정의한다. 분석대상 알고리즘은 기하보정(Geometric Correction), 방사보정(Radiometric Correction), 대기보정(Atmospheric Correction), 정사보정(Ortho Rectification), 영상강조(Image Enhancement)와 같다. 영상구분 과정은 대상물을 인식하기 전, 대상물을 목적 별로 구분하는 과정으로 정의한다. 분석대상 알고리즘은 영상분할(image splitting), 영역성장(Region Growing), 영상이진화(Image Binarization), 밝기값 기반 특징점 추출과 같다. 대상물 인식 과정은 영상구분을 통해 해석에 용이하도록 구분된 영상을 대상으로 그 대상물이 어떤 것이라는 판단을 내리기 위한 과정으로 정의하며 분석대상 알고리즘은 영상정합(Image Matching), ANN(Artificial Neural Network), SVM(Support Vector Machine), Stroke Width Transform(SWT)과 같다.

관련 소프트에어를 분석하여 활용 가능성 및 추가개발 등의 개발 타당성 분석을 하였다.

명함 인식용 상용 소프트웨어로 도로표지 영상의 인식 결과를 분석하기 위해 사용된 소프트웨어는 CamCard, Biz Reader, World Card, Wescan이다.

도로표지 영상은 실내에서, 혹은 실험실에서처럼 이상적(Ideal)인 상황에서 촬영된 영상이 아님. 날씨에 따라, 혹은 태양의 고도에 따라 같은 도로표지라 하더라도 같게 촬영되지 않는 특징을 가지고 있음. 이를 자연영상(Natural Scene)이라 명하였다. 따라서 본 연구의 적용 알고리즘은 책을 스캔한 이미지로부터 문자를 추출 한다거나 명함을 스캔하여 문자를 추출하는 등의 알고리즘과 명확히 다르다. 또한 추출하고자 하는 도로표지의 속성정보는 화살표 형태로 되어있는 방향정보와 문자 정보로써, 그 고유의 특성을 지니고 있다. 예를들어 도로표지의 방향정보는 대체로 8방향을 나타내는 것, 도로표지의 문자는 font가 일정함 등이 그것이다. 따라서 본 절에서는 위와 같은 특성을 고려하여, 도로표지 속성정보 추출에서 예상되는 상황을 예상하여 위 분석 대상 알고리즘의 적용성을 분석하였다.

(2) 단계 별 방법론

(가) 전처리(Preprocessing)

센서로부터 취득된 영상으로부터 대상물을 인식하기 위하여 일반적으로 기하보정, 방사보정, 대기보정, 정사보정, 그리고 영상강조(image enhancement)등의 전처리 과정을 거침. 영상 전처리의 목적은 영상으로부터 불필요한 정보를 제거하는데 있으며, 중요한 부분은 대상물의 중요한 특징이 상실되지 않도록 하는데 있다. 기하보정(Geometric Correction)이란 영상 취득 시, 대상물과 탑재체, 센서의 상대적인 운동차이 및 센서의 특징, 기기의 한계 등으로 인하여 생긴 기하학적 왜곡을 보정하는 것을 의미한다. [그림 2-80]은 지상기준점을 이용한 기하보정의 사례를 보여주고 있다.

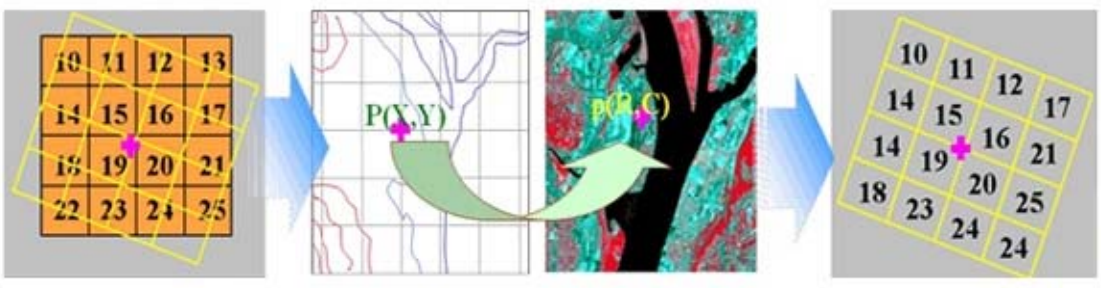


그림 2-80 지상기준점을 이용한 기하보정 사례(출처: 해양수산부, 2013)

방사보정(Radiometric Correction)이란 센서에 의해 관측되는 전자기파가 센서와 지표면물체간의 기하학적 관계, 지형의 영향, 대기효과, 그림자 효과 등에 의해 생기는 왜곡을 보정하는 것을 의미한다(해양수산부, 2013). 대기보정(Atmospheric Correction)이란 반사, 산란, 흡수, 투과 등에 의한 전자파의 상호작용에 의해 센서와 관측 대상물 사이에서 오가는 전자기

파가 대기의 영향을 받아 발생하는 왜곡을 보정하는 것을 의미한다. 정사보정이란 영상에서 촬영된 지형지물을 바로 수직방향에서 본 것과 같은 형태를 갖도록 재 투영하는 것을 의미한다(해양수산부, 2013). [그림 2-81]은 수치적 편위수정을 통한 정사보정의 사례를 보여주고 있다. 다음 그림은 미국 Purdue campus 내에 있는 한 건물을 항공영상과 Lidar로부터 도출된 DSM을 이용하여 만들어진 엄밀 정사영상이다. 영상강조(Image Enhancement)란 원영상의 밝기값 영역을 컴퓨터가 나타낼 수 있는 DN 값의 최대 영역으로 확장하여 재배열시킴으로써 영상의 Contrast를 높이는 것을 의미한다.



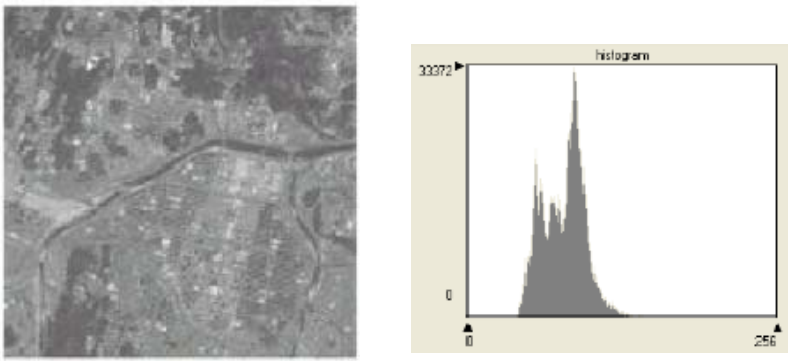
(a) 원영상 (b) 엄밀 정사영상

그림 2-81 수치적 편위수정에 의한 정사보정 사례

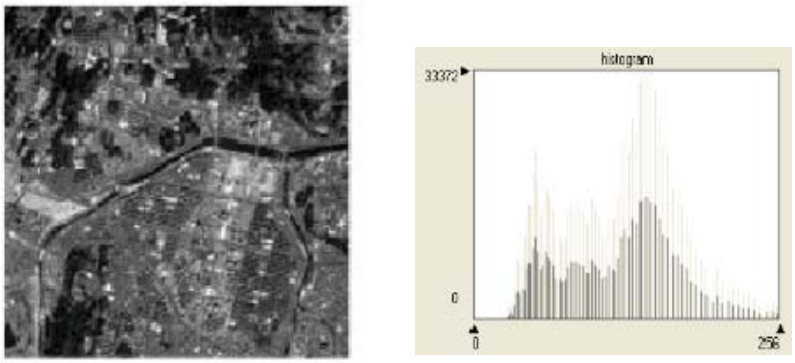
이와 같은 다양한 영상 전처리 과정 중, 기하보정, 방사보정, 대기보정, 정사보정 부분은 앞 절의 단계(MMS로부터 영상의 취득 및 처리)에서 다루어지고 있으므로 본 절에서는 영상강조 부분의 방법론을 소개하고 그 특징을 분석하였다. 영상강조 기법은 영상의 분석과 판독을 용이하게 하기 위해 원영상을 강조하는 기법을 의미한다. 강조된 영상은 올바른 시각적 해석이 가능하도록 수행되어야 한다. 또한 영상을 강조하는 목적은 판독성 제고, 특징추출 자동화 지원, 그리고 센서 영향의 감소 또는 제거에 있다. 일반적으로 영상강조는 원영상의 각 밝기 단계에 일정한 형태의 함수를 적용하여 새로운 밝기값을 계산하는 과정을 통해 이루어지는데, 적용하는 함수의 종류에 따라 선형 Stretch와 비선형 Stretch의 두 가지가 있으며, 비선형 Stretch는 다시 Piecewisw-Linear Stretch, Logarithmic Stretch, Histogram Equalization 등의 다양한 방법이 있다. Linear Stretch 방법은 원영상의 밝기 단계에 선형방정식을 적용하여 새로운 밝기 단계를 추출하는 방법이다. 이때, 사용하는 선형 관계식은 아래와 같다. DNmin, DNmax는 영상 밝기의 최소값과 최대값, DNrange는 컴퓨터가 나타낼 수 있는 분광해상도의 범위를 말하며, 8bit 영상의 경우 256의 값을 갖게 된다.

$$DN_{output} = DN \times \frac{DN_{input} - DN_{\min}}{DN_{\max} - DN_{\min}}$$

아래의 [그림 2-82]는 위의 식에 의한 영상강조의 결과를 히스토그램으로 표현하였다. [그림2-82]의 (a)는 원영상과 화소값의 히스토그램이며 (b)는 linear stretch 된 영상과 화소값의 히스토그램이다. Grayscale의 영상이며 밝기값의 분포는 0에서 255이다.



(a)원영상과 히스토그램



(b) 강조된 영상과 히스토그램

그림 2-82 Linear stretch에 의한 영상강조 결과

Piecewise-Linear Stretch는 원영상의 밝기 단계를 일정 구간 단위로 구분하여 구간 별로 서로 다른 계수를 가진 선형 방정식으로 변환을 하는 Contrast 조절 방법이다. 이 방법의 결과로 출력되는 영상은 Linear Stretch 방법에 비해 보다 좋은 영상의 Contrast를 가질 수 있고, 특히 입력되는 영상의 Histogram이 가우스 분포의 중복된 형태를 나타내는 경우 매우 유용하게 사용할 수 있다. 그러나 이 방법의 경우 구간 별로 서로 다른 선형방정식의 계수를 구해야 하는 어려움이 존재한다.

Logarithmic Stretch는 비선형 Contrast 강조 방법의 하나로, 원영상의 밝기값에 대하여 Log 함수를 적용하여 새로운 출력값을 얻어내는 방법으로, 일반적으로 어떤 대상 지역을 촬영할 때 생기는 필름의 색도를 보정하기 위해 많이 사용된다.

Histogram Equalization은 원영상의 Histogram 분포를 조절하여 출력되는 영상의

Histogram이 일정한 분포 형태를 이루도록 해주는 방법이다. 이 경우 일정한 모양의 Histogram 분포를 만들기 위해 누적 분포를 이용하며, 전체 Histogram 영역을 일정 간격으로 잘게 나눈 각각의 구역에 같은 수의 화소를 배치하게 된다. 만약 가우스 분포와 같이 많은 화소들이 Histogram의 중간에 밀집하여 분포하는 경우에는 많은 수의 화소가 포함되어 있는 구역에 인접한 구역들을 빈 채로 남겨둠으로써 Histogram 전체 영역에 대한 화소의 평균 숫자를 일정하게 유지하게 된다. 이와 같은 현상은 가우스 분포를 가진 Histogram의 경우 중앙부에서의 화소 분포 간격을 넓혀줌으로써 결국 중앙부의 Contrast를 크게 증가시키고, 주변부의 Contrast는 적게 증가시키는 효과가 있다. Histogram Equalization은 아래의 수식을 사용한다. A는 평균 화소의 수, H_i 는 i 값의 화소수, int 는 정수값, B_i는 변환된 i 값의 화소수를 의미한다.

$$B_i = \int \frac{\sum_{k=1}^{i-1} H_k + \frac{H_i}{2}}{A}$$

(나) 영상구분(Image Segmentation)

① 영상분할(Image Splitting)

영상분할은 전체 영상을 개시점으로 하여 특징이 균일하지 않은 영역을 세분화하고 최종적으로는 모든 영역이 균일하게 된 영역에서 분할을 멈추는 기법이다. [그림 2-83]은 Quadtree에 의한 영상분할의 개념을 설명하고 있으며, 그림 좌측은 Quadtree 이며 이에 따라 분할된 영상은 우측이다. 그림에서 전체 영상은 R로 가정한다. R 영상을 전체적으로 분석하고, 그 내용이 균일하지 않을 경우, R1, R2, R3, R4로 Quad 하게 분할한다. 각 R1, R2, R3, R4 영역을 분석하여 각 영역이 균일한 특성을 가진다면 분할을 멈추고, 균일하지 않다면 R1은 다시 R11, R12, R13, R14로 분할하게 된다. 상기와 같은 분할은 영역의 면적이 규정한 최소단위에 이르거나 모든 분할된 면적의 특성이 각각 균일한 특성을 가질 때 멈춘다.

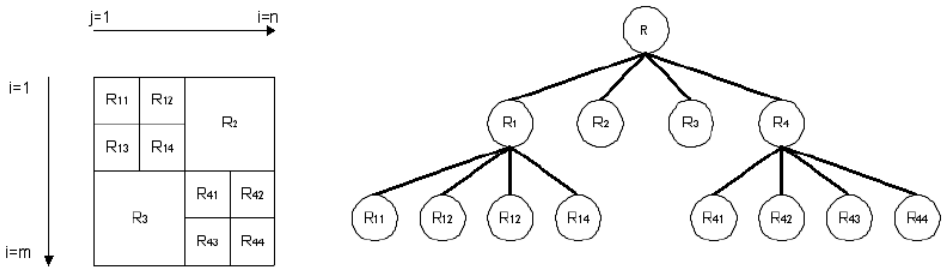


그림 2-83 Quadtree 에 의한 영상분할의 개념(출처: Youn et al., 2008)

[그림 2-84]는 Quadtree에 의한 영상분할의 실 사례를 보여준다. Youn and Bethel(2004)의 영상분할 사례로써, 컴퓨터 비전 기법을 이용하여 추출된 도로의 방향을 영상분할의 기준으

로 삼았다. 일반적인 도심지역의 도로는 격자형을 이루며, 다른 방향의 격자와 격자가 혼합되어 있다는 특성을 이용하여 도로선 추출을 위해 이 알고리즘을 적용하였다. 전체 영상의 도로방향을 분석하여 두 개 이상의 도로방향을 가진다면 영상은 분할되며 블록 최소크기 단위까지 분할을 수행한다.



그림 2-84 도로의 주 방향 기준에 의한 영상분할 사례 (출처: Youn and Bethel, 2004)

② 영역 성장(Region Growing)

영역 성장법은 인접한 소 영역으로부터, 특징이 같은 영역을 조금씩 통합하면서 성장시켜 최종적으로 영상전체를 분할하는 방법을 의미한다. Gonzalez and Woods(1992)는 영역 성장법을 '화소 또는 작은 영역을 큰 역역으로 그룹화 하는 과정'이라 정의하고, 영역 성장의 개시 점에서 인접 영역과의 유사도를 구한 후, 유사도가 임계치보다 크면 동일 영역으로 간주하여 통합시킨다. 영역 성장법의 문제점은 인접한 화소의 값들이 매우 적게 지속적으로 변화하는 영상의 경우 잘못된 분할이 이루어 질 수 있다. 즉, 주변 화소와 일정 크기 이상으로 다를 경우에 다른 영역으로 간주되는데, 매우 적게 지속적으로 변화 한다면 매우 큰 영역이 하나의 영역으로 간주될 수 있기 때문이다. 이러한 단점을 극복하기 위하여 현재까지 통합된 영역 전체의 평균 특징을 이용하여, 다음 통합 대상인 픽셀의 정보와 비교하는 방법이 사용되기도 한다.

③ 영상 이진화(Image Binarization)

영상의 이진화는 R, G, B 값으로 다양하게 분포되어 있는 색상값을 0과 1만의 값으로 표현하는 것이다. 보통 컬러 영상을 Gray scale로 변환한 후, 특정 임계값(Threshold)을 기준으로 임계값 이하의 밝기값을 갖는 픽셀은 0으로, 임계값 이상의 밝기값을 갖는 픽셀은 255로 표현한다. 이진화의 기법은 크게 전역적 임계방법(Global Thresholding)과 지역적 임계방법(Local Thresholding)이 있다. 전역적 임계방법은 전 영상에 대해 획일적인 임계값을 사용하는 방법으로 이 결과는 임계값을 어떻게 결정하느냐에 달렸다. 이 임계값을 정하는 방법은 히스토그램 분석, 영상의 복잡도 분석, 에지 정보 등을 이용하는 방법이 있고, 극단적인 경우에는 사용자가 미리 정하여 고정된 임계값을 사용하는 방법이 있다(전병태, 1993). 대표적인 방법은 Otsu 방법이 있다. 이 방법은 영상의 히스토그램이 일반적으로 두 개의 산과 하나의 계곡을 갖고 있음에 착안한 것이다. 일반적으로 물체와 배경은 각각 유사한 밝기값과

분포를 가지고 있으므로 두 개의 산이 나타나고, 그 가운데의 계곡에 임계값을 두어 물체와 배경을 0 또는 1로 나타낼 수 있다. Otsu 방법은 각 영역(배경과 물체)사이에 분산을 최대로 하여 임계값을 정하는 방법이다(정아, 2013). 지역적 임계방법은 화소마다 다른 임계값을 사용하므로 조정 임계방법(Adaptive Thresholding)이라고도 불린다. 대표적인 방법인 가중치 탐색 평균법에서 임계값은 각 화소 주변에 미리 결정된 일정 블록 사이즈에서구한 가중치 평균값에서 지정된 상수값을 뺀 값이 임계값으로 결정된다. 가중치는 모두 동일하게 하는 방법과 가우시안 함수의 형태로 지정되어 중심 쪽 화소에 가중치를 크게 부여하는 방법이 있다. 이외 명암차 측정방법, 경계에 근거한 방법 등이 있다(전병태, 1993).

④ 밝기값 기반 특징점 추출

경계선 검출은 영상처리에서 가장 흔하게 사용되는 연산 중 하나이고 영상에서 경계를 강화하거나 추출하는 알고리즘이다. 일반적으로 영상에서 색이나 농도의 급격한 변화가 있는 부분을 경계라고 정의하는데, 기술적으로 경계검출이란 경계를 구성하는 화소를 찾는 과정이며, 이 과정을 거치면 경계와 경계가 아닌 부분의 대비가 증가되어 경계가 더 뚜렷이 나타난 영상을 얻게 된다. 경계검출기법은 특정 관심대상을 추출하고, 그 면적이나 주위의 길이를 관측하며, 두 영상의 대응점을 구하는 데 응용되기도 하며, 더 나아가서는 영상을 이해하는 데에도 이용할 수 있다. 경계란 밝기값이 급격하게 변화하는 부분을 말하므로 함수의 변화량을 조사하는 미분연산을 주로 이용함 경계검출방법에 대해서는 지금까지 많은 연구가 있었으며 그 종류도 다양한데, 크게는 1차 미분 연산자와 2차 미분연산자로 나뉘며 근래에는 이 둘을 함께 적용하는 방법도 제시되고 있다. 디지털 영상에서는 밝기값이 연속적인 것이 아니라 영상소 간격으로 불연속으로 나열되어 있으므로 사실적인 의미의 미분 연산은 할 수 없다. 따라서 이웃한 영상소들의 밝기값의 차를 취하는 연산으로 미분을 근사하는데, 이를 차분이라 하고, 이러한 원리를 이용한 경계추출 연산자를 1차 미분연산자라 한다. 1차 미분연산자는 여러 경계추출 알고리즘의 가장 기본적인 개념을 담고 있는 알고리즘이다. 이러한 계산과정을 이미지에 적용하기 쉽게 만들어 놓은 것이 실행영역(Mask) 혹은 연산자라고 하는 행렬이며 각각의 연산자들은 같은 1차 미분연산자일지라도 경계선을 추출하는 정도나 방향 등에 있어 약간씩 차이가 난다. 대표적인 3×3 1차 미분 연산자 중 하나인 sobel 연산자는 [그림 2-85]와 같은 마스크를 이용한다.

1	0	-1
2	0	-2
1	0	-1

x 방향

-1	-2	-1
0	0	0
1	2	1

y 방향

그림 2-85 Sobel 연산자

Sobel 연산자는 잡영(noise)에는 강하나 경계선을 너무 두껍게 잡는 단점이 있다. [그림

2-86]는 Sobel 연산자에 의해 추출된 경계선을 나타낸다(출처: 용군, 2013).

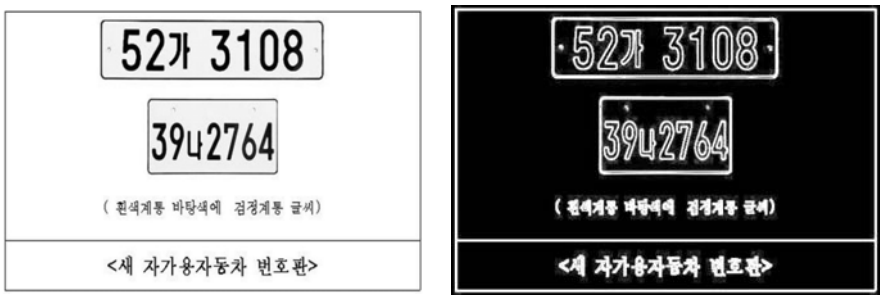


그림 2-86 Sobel 연산자에 의해 검출된 경계선

[그림 2-87]은 Prewitt 연산자의 마스크를 나타낸다. 소벨 연산자와 결과가 거의 같은 값을 나타내는데 응답시간은 약간 빠르며, 마스크의 형태는 비슷하나 밝기의 경계에 대한 비중을 약간 다르게 주어서 윤곽선 검출 시 윤곽선이 덜 부각되어 나타난다. 잡영에 약하며 수직과 수평을 강조한다.

1	0	-1
1	0	-1
1	0	-1

x 방향

-1	-1	-1
0	0	0
1	1	1

y 방향

그림 2-87 Prewitt 연산자

[그림 2-88]은 Prewitt 연산자의 적용 결과를 나타낸다.



그림 2-88 Prewitt 연산자에 의해 검출된 경계선

[그림 2-89]는 Roberts 연산자와 적용결과를 나타낸다. 이 연산자는 다른 마스크보다 크기는 작지만 효과적으로 사용이 가능하며 잡영(noise)에 민감하다.

0	0	-1
0	1	0
0	0	0

x 방향

-1	0	0
0	1	0
0	0	0

y 방향

그림 2-89 Robert 연산자



그림 2-90 Robert 연산자에 의해 검출된 경계선

2차 미분은 윤곽의 강도만을 검출하는데 사용된다. 1차 미분연산자는 경계를 두껍게 추출하는 경향이 있는데, 이 현상은 특히 밝기값이 완만한 경사를 이루는 경계일 경우에 두드러진다. 이상적인 연산자는 경계의 중심에 위치한 임의의 경계만을 검출할 수 있어야 한다. 또한 2차 미분은 밝기값이 점차적으로 변화되는 영역에 대해서는 반응을 보이지 않게 된다. 2차 미분연산자의 대표적인 예는 [그림 2-91]과 같은 라플라시안(Laplacian) 연산자가 있다. 라플라시안 연산자는 다른 연산자들 보다 더욱 뚜렷한 경계를 검출한다.

-1	-1	-1
-1	8	-1
-1	-1	-1

0	-1	0
-1	4	-1
0	-1	0

그림 2-91 Laplacian 연산자

경계검출 연산자로서 라플라시안 연산자가 가진 한 가지 문제점은 잡영에 민감하다는 것이다. 따라서 경계가 뚜렷한 정도를 비교하여 임계값 이상일 경우에만 경계로 정의하는 방법을 이용하는 방법을 주로 사용한다. LoG(Laplacian of Gaussian) 연산자는 라플라시안 연산자와 달리 잡영에 덜 민감하다. LoG 연산자는 라플라시안을 적용하기 전에 가우시안 평활화(smoothing)를 수행하는 것이다. 가우시안 평활화 함수에 기반한 경계검출을 수행함으로써 잡영에 덜 민감하다. 즉 잘못 검출되는 경계의 수를 줄이면서 경계의 굵기는 더 넓게 만들게 된다. LoG 연산자의 장점은 검출된 경계의 윤곽선들이 폐곡선을 이룬다는 것이다. LoG 연산자의 실행영역 크기는 σ값에 따라 그 크기가 달라지며, σ값이 클수록 함수의 폭

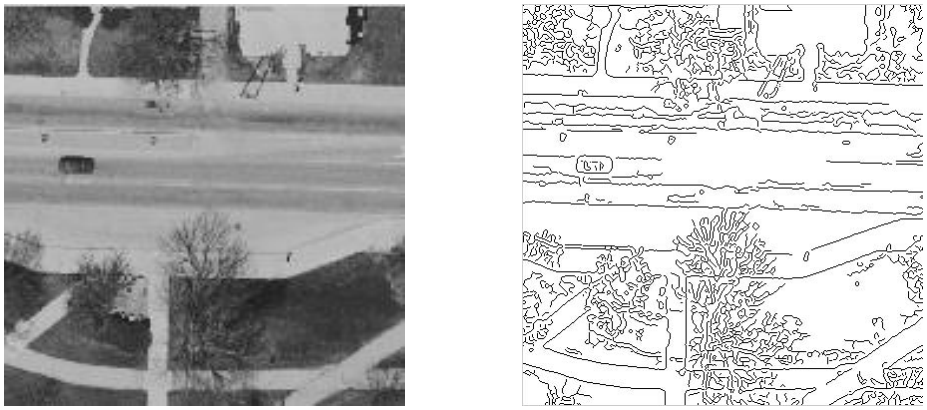
이 넓을수록 경계가 더 넓게 검출되고, 작으면 좀 더 정확한 경계만 검출된다. [그림 2-92]는 Laplacian 연산자와 LoG 연산자의 결과를 비교한 그림이다.



(a)원 영상 (b) Laplacian 결과 (c)LoG 결과

그림 2-92 Laplacian 연산자와 LoG 연산자의 결과비교
(출처: Maini and Aggarwal(2009))

Canny 경계검출자는 이전 검출자들의 단점을 보완하기 위해 1차 미분연산자와 2차 미분연산자를 함께 이용한다. 2차 미분연산자를 이용하여 영교차 지점을 찾은 다음, 1차 미분연산자를 돌린 결과와 비교하여 임계값 이하의 영상소는 버리는 프로세스를 거친다(윤준희, 2013). Laplacian 적용한 결과에 적당한 임계값을 써서 보완하면 정확도가 좋은 결과를 얻을 수 있으나, 그 임계값이 영상마다 차이가 크며 적당한 임계값을 찾아낸다 하여도 Canny 연산자를 이용한 것보다 약간 결과가 나쁘다. LoG 연산자는 폐곡선을 이루려 하는 성질 때문에 경계를 정확히 찾아내는 것보다 영역을 찾아내는데 더 적합하다. [그림 2-93]은 Canny 연산자를 이용한 경계선 추출의 결과를 보여주고 있다.



(a)원 영상 (b)Canny 연산자를 통해 추출된 경계선

그림 2-93 Canny 연산자를 이용한 경계선 추출(출처: Youn, 2006)

사진측량분야에서 많이 사용되어온 밝기값 기반 특징점 추출 연산자로는 Moravec,

Förstner 연산자가 있으며, 컴퓨터비전 분야에서는 Harris, KLT 등이 많이 활용된다. Moravec 연산자는 특징점을 인접 영상소와의 밝기값의 변화가 아주 큰 영상소로 정의하였으며 영상소 주변의 분산값을 이용하여 특징점을 추출하는 알고리즘이다. Förstner 연산자는 분산-공분산 행렬을 이용하여 특징점을 추출하였으며 Moravec 연산자에 비해 좀 더 향상된 연산자이다. Kanade-Lucas-Thomasi (KLT) 연산자는 Harris가 제안한 이론을 다른 관점에서 해석한 것으로 국부구조행렬(local structure matrix)을 이용한다는 점에서는 서로 관련이 있다. Harris 특징점 추출연산자도 C_{str}을 이용하며 어떤 점에서 행렬 C_{str}의 고유값이 크다면 임의의 방향에 대한 작은 움직임은 밝기값을 변화시키며 이것은 영상에서 특징점을 나타낸다. Förstner 연산자는 영상의 회전에 관계없이 특징점을 추출할 수 있으며 수행과정은 특징점 추출을 위한 최적 탐색영역의 선택과정, 선택된 탐색영역의 분류 및 특징점 위치의 결정 등으로 분류할 수 있다. 영상의 x, y방향의 영상소값의 변화량(gradient)을 g_x, g_y라 할 때 이것은 Robert 연산자나 Sobel 연산자를 이용하여 구할 수 있다. 대표적인 corner detection 알고리즘으로는 Good Feature to Track 알고리즘이 있다. Good features to track 알고리즘은 영상의 상사변환을 기반으로 Newton-Rhapson 방법을 확장한 객체 추적 알고리즘으로 가장 확률 높은 corner point를 추출하는데 적용되는 특징점 추출 알고리즘이다(Shi and Tomasi, 1994).

(다) 대상물 인식(Object Recognition)

① 영상 정합(Image Matching)

영상정합이란 영상면의 한 위치에 해당하는 대상물이 다른 영상면의 어느 위치에 형성되어 있는가를 발견하는 작업으로서, 상응하는 위치를 발견하기 위해 유사성 관측을 이용한다(유복모, 2012). 영상을 정합하는 방법에는 영상에 존재하는 점, 모서리, 선 등과 같은 부분을 추출하여 정합하는 특징적 영상정합(feature-based image matching)과 정합점 부근의 일정면적에 대하여 두 영상의 밝기값을 비교하여 정합하는 영역적 영상정합(area-based image matching)이 있다. 특징적 영상정합은 특징점과 유사한 영상소에 대해서만 정합을 시도하므로 처리시간이 빠르며 정합의 정확도가 높다는 장점이 있으나 뚜렷한 특징이 없는 일반적인 영상에서는 정합이 용이하지 않은 단점이 있음. 주로 영상의 경계정보를 이용한다. 영역적 영상정합은 일반적인 영상에도 적용이 가능하다는 장점이 있으나 처리시간이 길며 촬영당시의 조명 등 입력환경에 따라 민감하게 반응한다는 단점이 있음 영상상관기법은 좌우 디지털 영상의 동일점으로 예상되는 u점과 v점의 유사성을 통계학적으로 관측하는 것으로서 공분산(cov_{uv}) 및 상관계수(cor_{uv})를 통해 해석한다. 영역적 영상정합은 영상상관 기법을 이용하여 정합하는 방법이다. 영상정합을 위해서는 기준이 되는 template - 사진측량에서 두 영상으로 영상정합을 시도할 경우, 기준이 되는 영상안의 특징점을 포함한 영역 - 을 우선 선정한다. 그리고 정합하고자 하는 영상에 정합점이 존재한다고 가정이 되는 영역 즉, 탐색창(search window)를 설정한다. 그리고 [그림 2-94]와 같이 탐색창 내의 임의의 한 점(n,

m)에 대하여 그 점을 중심으로 template 과 같은 크기의 비교창이 있다고 가정하여 상관계수를 계산한다.

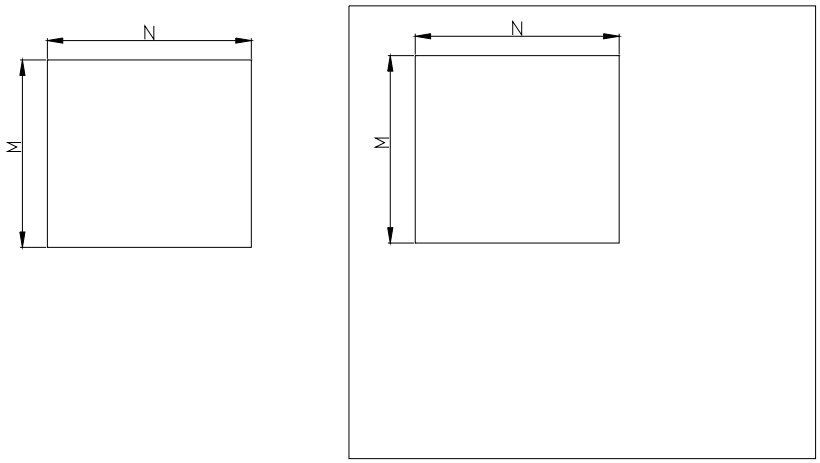


그림 2-94 Canny 연산자를 이용한 경계선 추출(출처: Youn, 2006)

영역기준 영상정합의 발전된 방법으로 최소제곱 영상정합이 있다. 최소제곱 영상정합은 template의 형상(일반적으로 사각형)이 정합대상 영상에서는 비틀어질 수 도 있다는 가정 하에, 이 형상의 affine 변환 계수를 포함한 최소제곱 식을 만들어서 탐색하는 방법임. 최소제곱 영상정합은 위치 정밀도는 가장 높으나 초기 근사치가 틀릴 경우 잘못된 결과를 도출할 수 있으므로, 일반적으로 상관계수 영상정합의 방법과 최소제곱 영상정합을 순차적으로 이용한다(윤준희, 2010). [그림 2-95]는 최소제곱 영상정합의 원리를 보여주고 있다.

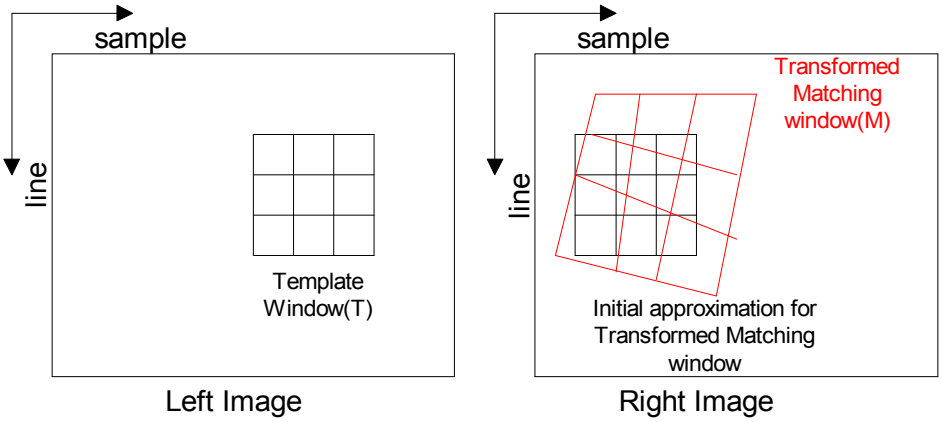
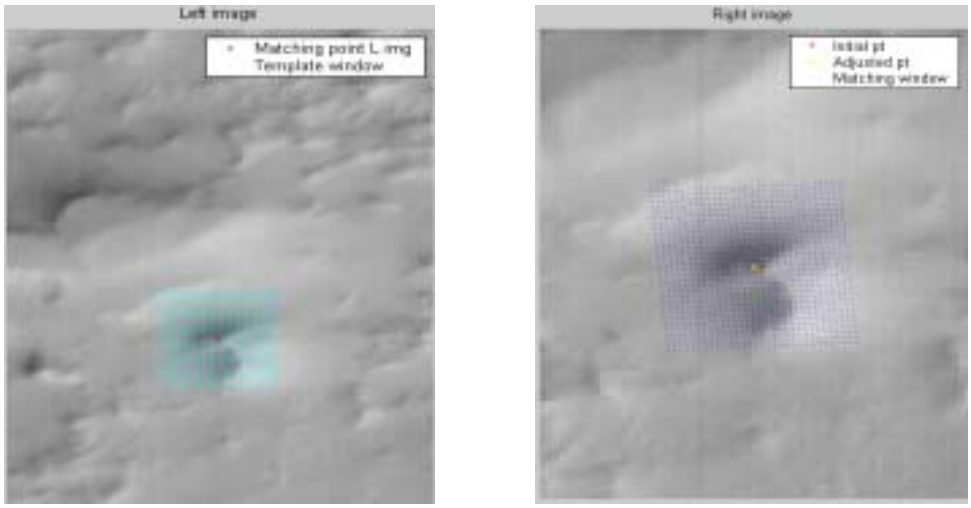


그림 2-95 최소제곱 영상정합의 원리

[그림 2-96]은 화성의 DEM을 만들기 위한 최소제곱 영상정합의 사례를 보여주고 있다. 사용된 영상은 화성궤도 영상인 MOC-NA 영상이다. 좌측의 영상은 기준 영상이고 우측의 영

상은 Target 영상으로 사용된다. 좌측 영상의 붉은색 점이 정합하고자 하는 대상점이며, 이를 기준으로 만들어진 template 이 표현되어 있다. 우측 영상은 정합되어진 template 과 매칭 점을 표현하고 있다. 그림에서 보듯이, template의 형상은 비틀어져(skew) 있으며 + 점은 초기 conjugate 점이며, O로 표현된 점은 실제 정합된 점을 의미한다.



(a)기준영상 (b)타겟 영상

그림 2-96 화성 DEM 제작을 위한 최소제곱 영상정합의 사례

② ANN(Artificial Neural Network)

ANN은 인간처럼 판단하는 컴퓨터를 만들기 위해서 인간의 구뇌 구조를 모방하여 만들어진 대표적인 Black Box 모델이다(유재훈, 1999). 특히 패턴 인식과 분류에 강한 성능을 보이는 모델로써, 글씨의 인식이나 사물의 형태인식, 제품 분류 등에서 많이 쓰이고 있다(유재훈, 1999). ANN에서 가장 기본이 되는 개념은 Learning과 Recall이라 할 수 있다. Learning은 말 그대로 교육을 시키는 것을 의미하며 training data를 가지고 교육시키는 것을 의미한다. Recall은 Learning된 개념을 가지고 문제를 해결하는 것을 의미한다. [그림 2-97]은 ANN의 구조를 보여주고 있다. 가로 방향으로 있는 neuron을 모두 Layer라 부르고 input layer와 output layer를 제외하고는 모두 hidden layer라 한다. Layer와 neuron의 개수는 모두 임의 조정이 가능하며 이것이 복잡할수록 계산은 복잡해진다. [그림 2-97]의 원은 모두 neuron이라고 하며, 들어온 값을 정해진 특정함수를 이용하여 결과를 계산해서 다음 layer의 neuron으로 전달한다. 이때 쓰이는 함수는 매우 여러 가지가 있는데, 보통 sigmoidal 함수를 사용함. W는 weight를 의미한다.

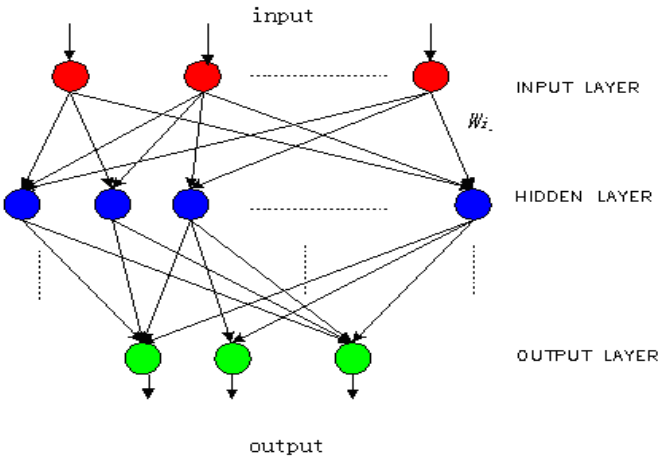


그림 2-97 Artificial Neural Network의 구조(출처: Youn and Song (2005))

ANN의 결과는 몇 개의 layer를 몇 개의 neuron으로 구성하며 각 neuron은 어떤 함수를 사용하느냐, weight는 어떻게 주느냐에 의존한다. 이 구성이 복잡할수록 계산시간이 늘어나게 되며 이때 다른 분류방법과 trade-off 개념으로 선택하게 된다. [그림2-98]은 Youn and Song(2005)이 ANN과 Maximum Likelyhood 알고리즘 사용하여 Classification을 수행함으로써, 각 분류 방법의 차이를 비교한 그림이다. 사용된 영상은 12개의 밴드를 가진 multispectral 영상이다. ANN을 사용한 classification 에서는 각각 12개, 24개, 8개의 neuron이 input layer, hidden layer, output layer에 사용되고 사용된 함수는 tangent sigmoidal 함수이다. 그림에서 보듯이 두 개의 분류방법은 그 결과가 크게 다르지 않음을 알 수 있다. 정확도를 비교한 결과, 상용 SW의 경우는 82.6%, ANN의 경우는 81.0%의 정확도를 보일 정도로 유사한 정확도를 보인다.



그림 2-98 ANN과 Maximum Likelyhood 알고리즘의 분류결과 비교
(출처: Youn and Song, 2005)

하지만, 위의 결과를 가지고 ‘ANN이 매우 간단한 구조를 가지고 복잡한 구조와 계산이 필요한 다른 방법과 유사한 정확도를 가지고 있으므로 우수한 방법이다’ 는 결론을 내리는

것은 성급한 것이다. ANN의 경우, 구조변경이 어렵다는 단점이 있다. ANN의 learning은 구조적으로 볼 때, neuron과 neuron사이의 weight factor를 구하는 것이다. 따라서 새로운 neuron이나 node가 추가되거나 삭제 될 때 전체 output에 어떤 영향을 줄지 알 수가 없는 것이다(유재훈, 1999). 결국 구조가 바뀌면 새로 learning을 해야 하고 그 영향도 쉽게 예상할 수 없다.

③ SVM(Support Vector Machine)

SVM은 데이터를 두 개의 클래스로 분류하는 문제를 해결하기 위해 사용되는 기법으로써, 이미 분류되어 있는 샘플 데이터로부터 분류의 원칙을 정하고 이를 통해 미지의 데이터를 두 개의 클래스로 분류하는 기법이다. SVM은 통계적 학습이론에 기반하여 Structural Risk Minimization 원리를 충실히 구현함으로써, 경험적 위험을 최소화하는 원리인 NN과 구별된다. [그림 2-99]에서 점군 데이터들은 두 개의 클래스로 분류될 수 있으며, 이의 분리를 위한 기준이 되는 최적의 Hyperplane은 인접해 있는 점군들과 최대로 떨어져 있는 하나의 Hyperplane이다. SVM은 이들 점군을 training data로 사용하여 Hyperplane을 찾음으로써, 다른 sample data 들을 분류하는 기법이다.

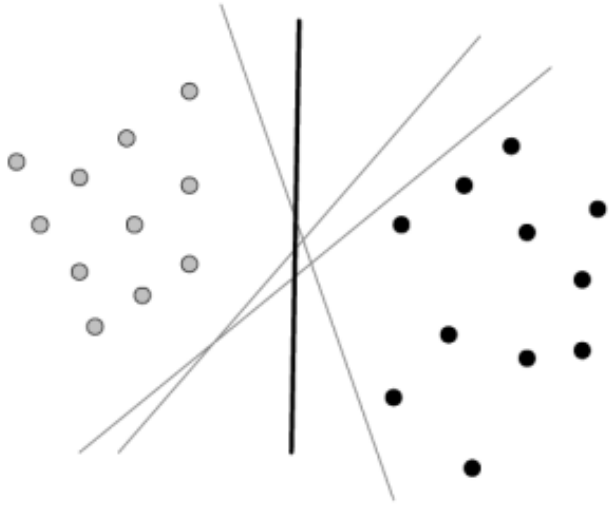


그림 2-99 최적의 Hyperplane 선정(출처: 최영진, 2004)

하지만 실제 자연현상에서 두 점군 사이에 명확하게 나누어지지 않는 점들은 항상 존재하게 마련이며, 어느 정도의 training 데이터가 이 hyperplane 사이에, 혹은 반대편에 존재하더라도 이 들을 무시하며 hyperplane을 찾는 soft margin 방법을 추가하여 사용하여야 한다. 이러한 soft margin을 적용하더라도 실제 자연현상에서는 [그림 2-99]처럼 선형 분류되지 않는 경우가 대다수이다. 따라서 비선형 분류를 위해 kernel이란 함수를 사용한다. 이 kernel은 위의 경우는 직선이나, polynomial kernel, radial basis function kernel 등 비선형 식을 이용할 수도 있다.

④ SWT(Stroke Width Transform)

SWT는 문자영역 인식에 많이 쓰이는 알고리즘이다. 기본 원리는 “문자는 일정한 두께를 갖는다“라는 가정 하에, 일정한 두께를 갖는 대상물들의 영역을 문자 영역이라 인식(Recognition)하는 것이다. 그 과정을 간략히 설명하면, 에지 (x,y)에서 gradient를 구하고, gradient 방향으로 화살표([그림 2-100]의 굵은 화살표)를 증가시키다가 맞은편 에지 (x’,y’)를 만나면 두 좌표 (x,y)와 (x’,y’)의 거리 d1을 계산하고, (x,y) 픽셀의 SWT 값으로 정함 이와 같은 방식으로 모든 에지 픽셀에서 SWT 값을 계산한 후, 지정한 SWT 값의 범위, 즉 텍스트의 두께에 해당하는 범위의 SWT 값을 기준으로 그룹핑함으로써 입력 영상에 존재하는 텍스트를 추출하는 방법이다.

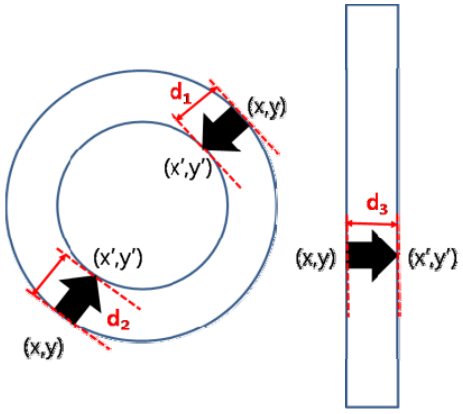


그림 2-100 SWT의 기본 원리

기존 방법에 비해 SWT는 텍스트의 방향(orientation)에 무관하게 검출 가능하고, 한글, 영문, 숫자마다 다른 기준 적용 없이 모두 동일하게 검출 가능하며, 도로번호처럼, 화살표 심벌에 둘러싸여 있는 텍스트의 검출도 가능, 도로표지의 레이아웃 사전 정보(텍스트 위치 등)를 필요로 하지 않는 등의 여러 장점이 있다.

(3) 적용성 분석

(가) 전처리 과정

전처리 과정에서는 기하보정, 방사보정, 대기보정, 정사보정, 영상강조 알고리즘을 살펴보았다. 이 중 기하보정, 방사보정, 대기보정, 정사보정 부분은 앞 절의 단계(MMS로부터 영상의 취득 및 처리)에서 다루어지고 있으므로 본 절에서는 영상강조 부분만을 분석하였다. 도로표지 영상을 강조하는 데 있어서 도로표지의 배경색과 심벌 및 글자를 나타내는 하얀색을 구별해야하기 때문에 두 가지 색의 밝기값의 차이가 커지도록 하는 것이 유리하다. Histogram Equalization은 밝기값이 골고루 퍼지는 현상만 발생하기 때문에 두 가지를 구분하기 위한 영상 강조는 거의 효과가 없다. 선형 Contrast 강조 방법에서 Piecewise-Linear

Stretch는 구간을 나누고 선형식 계수를 따로 설정하여야 하는데 이때 작업자의 판단이 들어가야 하며, 도로 표지영상에서의 강조의 목적은 밝기값 분포가 집중하는 지역을 stretch하여 명암을 높이고자 하는 목적이 아니기 때문에 효율성이 없는 것으로 판단된다. Logarithmic Stretch도 Linear Stretch에 비해 장점을 가지지 않는다. 따라서 본 연구에서는 Linear Stretch를 수행하는 것이 가장 좋다고 판단된다.

(나) 영상구분 과정

영상분할은 전체 영상을 균일하지 않은 영역으로 세분화하여 최종적으로 모든 영역이 균일하게 된 영역에서 분할을 멈추는 기법으로써, 문자 등이 포함된 복잡한 본 연구 대상 영상에서는 그 효용성이 크지 않을 것으로 분석된다. 그러나 문자영역, 화살표 영역 등으로 영상을 분할하기 위한 그 기본 원리는 사용이 가능할 것으로 보인다. 문자영역은 문자픽셀 그룹의 수가 매우 많은 반면, 화살표는 문자픽셀 그룹의 수가 상대적으로 적다. 따라서 방향 정보 추출 시, 화살표를 구성하는 픽셀의 clue가 주어진다면, 영역성장 알고리즘을 통해 전체 화살표 모양을 재현할 수 있을 것으로 보인다. 도로표지판의 경우 표지판 영역이 한 장의 영상에 나타나게 되는데, 한 장의 영상에서 명암이 점진적으로 변하는 경우는 발생하지 않으며, 일부 영역에 다른 시설물에 반사된 빛 때문에 역광 현상이 발생할 수 있다. 그러나 이 경우 도형이나 글자에 해당하는 하얀색과 역광이 비친 배경의 밝기값이 거의 같기 때문에 adaptive threshold value로도 구분하는 것의 불가능하다. 따라서 단순 임계값을 적용이 효과적으로 판단된다. 하지만, 단순 임계값으로는 도로표지 영상의 끝에서부터 점차적으로 빛이 다르게 비치는 상황 등에서는 적용이 어려우므로 개선된 local threshold를 적용하는 방법도 고려해 볼 수 있다. 밝기값 기반 특징점 추출 알고리즘에는 다양한 알고리즘 중, Canny 알고리즘이 그 경계선 검출의 품질이 가장 좋다고 알려져 있다. 또한 Canny 기반의 BW 경계선은 그 형태를 단순화 하기에 좋기 때문에 object recognition 단계에서도 그 활용성이 높다고 판단된다.

(다) 대상물 인식 과정

영상정합 알고리즘은 방향정보 추출에 그 적용성이 높을 것으로 판단됨. 전술한 대로 도로표지판은 그 규격이 일정하므로 화살표의 크기도 대체로 일정하다. 또한 화살표가 지시하는 방향도 8방향(E-W-N-S-EW-EN-SN-SW)밖에 되지 않으므로 8가지의 화살표 머리 템플릿을 제작하여 기준영상으로 삼는다면, 대상 영상의 화살표 영역을 추출하는데 그 적용성이 높다고 판단된다. 영상정합 알고리즘 중에서 최소제곱 영상정합 방법을 사용할 필요는 없을 것으로 판단되며 그 이유는, 첫째로, 최소제곱 영상정합 알고리즘은 초기 공액점이 정확하지 않으면 정합이 잘 이루어지지가 않기 때문이다. 도로표지 영상에서의 화살표 추출은 사진측량에서의 영상정합처럼 기본적으로 기준점과 타겟점의 영역을 유추할 아무런 정보가 없기 때문에 최소제곱 영상정합의 적용성이 높지 않다. 둘째로, 불필요한 연산을 늘리기 때

문이다. 최소제곱 영상정합은 template의 skew를 가정하고 반복적인 최소제곱 연산을 수행하는 것으로 그 계산 시간이 많이 걸리는데, 본 연구에서 쓰이는 영상은 이미 정사보정이 이루어진 영상으로써 skew의 정도가 매우 낮기 때문이다. 문자를 인식하기 위한 기존의 연구를 살펴보면, Thining을 통해 대상물을 단순화 시키는 방법이 많이 쓰인다. 그러나 본 도로표지 영상은 그 두께가 상대적으로 두꺼운 화살표를 포함하고 있다. 두께의 차이가 크게 나기 때문에 Thining 알고리즘은 그 적용성이 낮을 것으로 보인다.

SVM이나 ANN 알고리즘은 모두 training data를 가지고 test data를 판단하는 알고리즘이다. 도로표지판은 그 규격이 일정하므로 문자의 크기 또한 일정하다. 또한 한글의 사용 font도 일정하게 제작된다. 따라서 '학습을 통한 대상물 인식' 알고리즘은 그 적용성이 높을 것으로 판단된다. 문자영역 인식을 위해서는 SWT의 적용성이 매우 높을 것으로 판단된다. 도로표지의 텍스트가, 공간 제약으로 문자의 폭, 간격이 다소 다르기도 하지만, 대부분의 경우 텍스트의 크기와 두께가 일정하기 때문에, '일정한 두께를 가진 픽셀 그룹이 모여있는 위치를 detect 하는' SWT 알고리즘은 그 적용성이 높다고 판단된다.

다. 도로표지 영상정보 전처리 알고리즘 개발

(1) 개요

외부 노출된 환경에서 별도의 처리 없이 취득한 자연영상은 햇빛의 반사에 의한 그라데이션 현상과, 역광의 카메라 렌즈 반사에 의한 노이즈, 가로수나 타 시설물에 의한 그림자 등 다양한 변수가 발생한다. 이러한 다양한 영향에 의한 영상은 속성정보의 정확한 인식이 어려워, 최대한 인식률을 높이기 위한 전처리가 필요하다.

(2) 영상 전처리 범위 및 대상

도로표지 안내지명, 방향정보, 노선정보 등의 속성정보를 추출하기 위해 그 추출률을 높이기 위한 전처리는 사람이 보고 읽을 수 있는 경우에만 해당토록 하며, 그렇지 않은 경우는 제외한다. [그림 2-101]과 같이 자연영상은 조도의 밝기에 따라 색상값의 범위가 다양하다.



녹색	R	G	B	흰색	R	G	B	파랑	R	G	B
1	33	74	80	1	134	132	133	1	16	44	109
2	26	66	68	2	120	126	124	2	15	42	113
3	30	73	79	3	123	123	125	3			
4	26	67	73	4	125	125	125	4			
5	24	63	70	5	133	133	133	5			
6	27	57	65	6	119	119	119	6			
7	21	50	56	7	138	124	115	7			
8	18	53	57	8	111	112	114	8			
9	17	50	55	9	116	116	114	9			
10	18	49	54	10	115	120	113	10			
11	21	45	47	11	125	119	123	11			
12				12	123	122	127	12			
범위	33	74	80		138	133	133		16	44	113
	17	45	47		111	112	113		15	42	109
평균	24	59	64		124	123	122		16	43	111





녹색	R	G	B	흰색	R	G	B	파랑	R	G	B	빨강	R	G	B
1	3	109	95	1	104	139	158	1	2	67	157	1	113	31	45
2	5	106	92	2	108	155	161	2	0	79	152	2	114	32	46
3	0	102	82	3	109	142	151	3	0	70	168	3			
4	13	110	93	4	124	158	170	4				4			
5	7	121	96	5	155	199	212	5				5			
6	0	97	77	6	183	240	251	6				6			
7	5	109	86	7	182	232	241	7				7			
8	2	124	99	8	188	241	255	8				8			
9	14	143	112	9	120	149	155	9				9			
10	0	124	89	10	133	152	167	10				10			
11	20	137	111	11	131	167	191	11				11			
12				12	123	154	174	12				12			
범위	20	143	112		188	241	255		2	79	168		114	32	46
	0	97	77		104	139	151		0	67	152		113	31	45
평균	6	117	94		138	177	191		0.7	72	159		114	32	46





녹색	R	G	B	흰색	R	G	B	파랑	R	G	B	노랑	R	G	B
1	13	115	101	1	173	190	198	1	17	77	131	1	176	120	27
2	11	123	101	2	164	180	177	2	2	83	146	2	167	111	36
3	0	113	90	3	170	186	199	3	9	82	125	3	186	120	0
4	2	124	99	4	178	169	174	4	0	80	149	4	181	113	28
5	0	118	95	5	180	180	190	5				5			
6	1	115	89	6	179	181	180	6				6			
7	3	122	94	7	165	165	167	7				7			
8	3	115	91	8	161	174	167	8				8			
9	0	120	85	9	174	176	173	9				9			
10				10	164	179	176	10				10			
11				11	170	201	204	11				11			
12				12	176	191	198	12				12			
범위	13	124	101		180	201	204		17	83	149		186	120	36
	0	113	85		161	165	167		0	77	125		167	111	0
평균	4	118	94		171	181	184		7	81	138		178	116	23





녹색	R	G	B	흰색	R	G	B	파랑	R	G	B	빨강	R	G	B	노랑	R	G	B	갈색	R	G	B
1	15	95	82	1	155	157	154	1	33	65	126	1	104	36	35	1	150	100	3	1	53	40	34
2	12	92	79	2	153	159	157	2	25	57	118	2	105	34	38	2	140	95	14	2	61	42	35
3				3	161	162	157	3	20	52	109	3				3				3	52	32	25
4				4	116	128	128	4	24	59	127	4				4				4			
5				5	165	174	171	5	20	59	126	5				5				5			
6				6	185	184	180	6	21	58	128	6				6				6			
7				7	164	163	159	7	14	45	109	7				7				7			
8				8	163	163	163	8	14	46	103	8				8				8			
9				9	157	158	160	9				9				9				9			
10				10	149	154	160	10				10				10				10			
11				11	146	154	157	11				11				11				11			
12				12	152	158	158	12				12				12				12			
범위	15	95	82		185	184	180		33	65	128		105	36	38		150	100	14		61	42	35
	12	92	79		116	128	128		14	45	103		104	34	35		140	95	3		52	32	25
평균	14	94	81		156	160	159		21	55	118		105	35	37		145	98	8.5		55	38	31

그림 2-101 도로표지판의 RGB값

문자 및 기호 인식을 위해 이진화된 영상을 사용하는데, 이 때 RGB색상 값 중 바탕과 문자의 intensity값의 차이가 가장 큰 R값을 적용토록 한다.

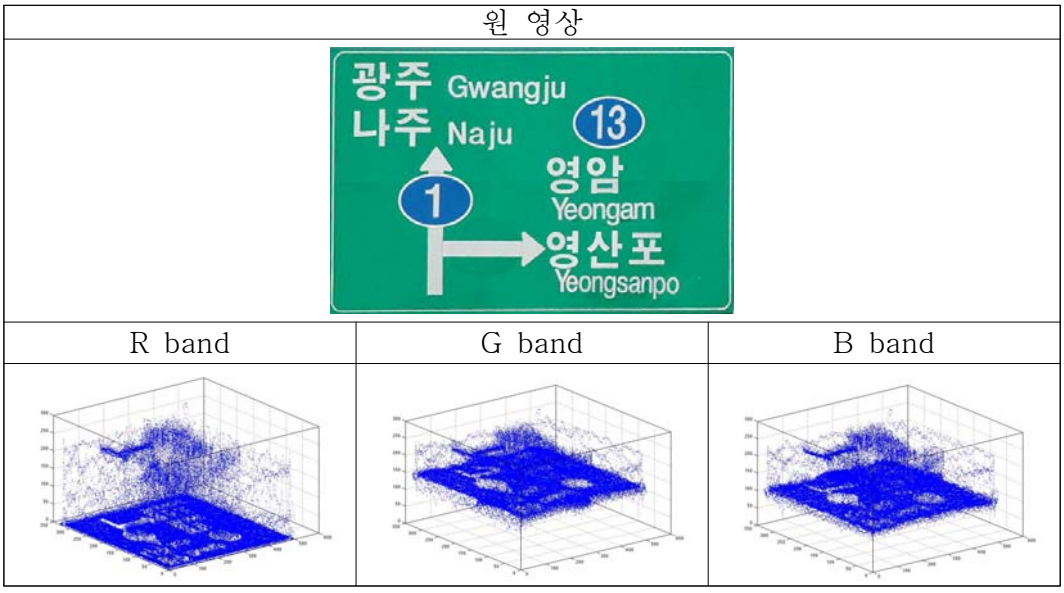
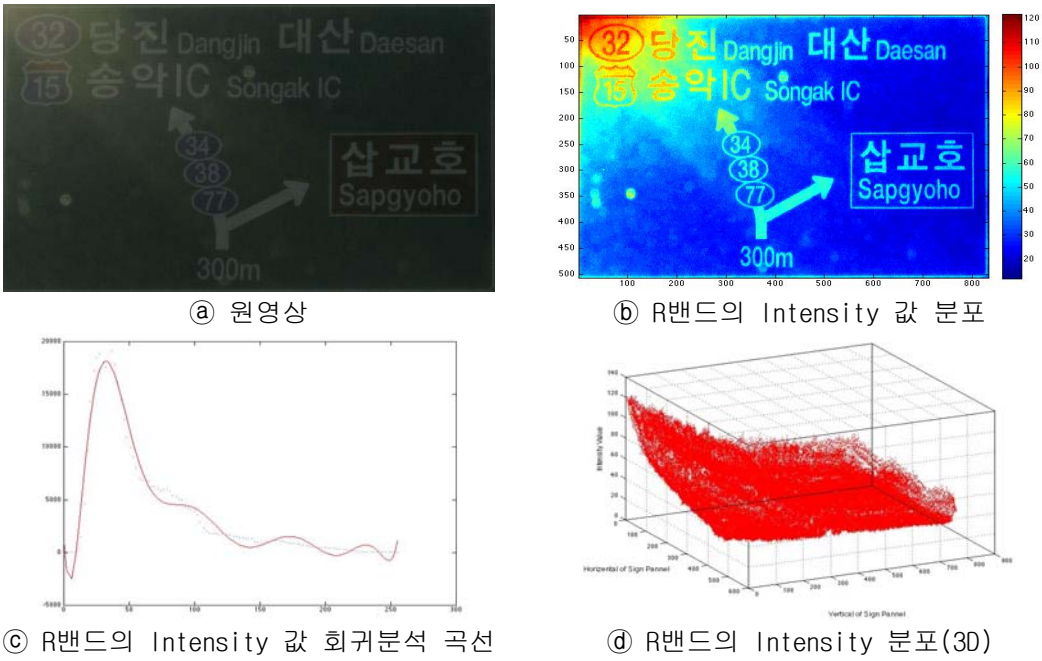


그림 2-102 지방지역 도로표지의 RGB별 Intensity 값

자연영상에서 역광 등에 의한 전체적 조도 감소, 표지판 내 gradation의 생성 현상과, 카메라 렌즈의 이물질 등으로 인해 노이즈가 발생한다

[그림 2-103] ⓐ와 같이 좌측상단이 상대적으로 밝고, 부분적으로 흰색점으로 나타나는 노이즈 등 일반적 이진화로 인해 문자를 인식할 수 없는 경우의 영상이 다소 발생하고 있으

며, ⓑ와 ⓓ는 RGB 값 중 R밴드만을 이용하여 intensity 값의 분포를 나타내다. 이때 하나의 한계값만으로는 문자영역을 모두 검출할 수 없다.



ⓐ 원영상 ⓑ R밴드의 Intensity 값 분포

ⓒ R밴드의 Intensity 값 회귀분석 곡선 ⓓ R밴드의 Intensity 분포(3D)

그림 2-103 역광에 의한 Gradation과 렌즈 노이즈가 발생된 영상

(3) 영상 전처리 알고리즘

(가) 영상분할

영상의 RGB 값 중 Red의 Intensity 분포도를 표현 했을 때, 2개의 최대점을 가지는 경우는 가장 이상적인 경우로, 영상 전처리를 필요로 하지 않다. 다만, 3개 이상의 최대점을 가지는 경우, 영상을 2개 이상으로 분할하고 이 경우 Intensity 값을 연결한 곡선을 이용해 변곡점을 구해야 하는데, [그림 2-103] ⓒ와 같이 회귀분석을 통해 최소점을 구할 수 있다. 즉, a를 회귀분석을 통한 곡선의 차수, b를 분할 개수라고 하면, if a=<4 then average intensity value, else b=(a-2)/2

(나) 영상분할의 방향

영상 분할의 방향의 결정은 그라대이션의 방향에 따라 분할하여야 그 효과가 크기 때문에 중요하다. 영상의 가로를 d, 세로를 h라 하고, 4개의 영상으로 분할한 각각의 조각을 A1(좌상), A2(우상), A3(좌하), A4(우하)라 하면, 각 조각의 intensity 평균값을 비교할 때 if A1>A2>A3>A4 then h를 b개로 분할, else if A1>A3>A2>A4 then d를 b개로 분할한다.

이를 적용한 영상 전처리는 Matlab을 이용해 코딩 하였으며, 알고리즘은 아래와 같다.

```
roadsign1 = imread('1.jpg');
RS_r = roadsign1(:,:,1);
Nr = hist(double(RS_r(:)),256);
x = [0:255];
y = Nr;
tmpx = [];
tmpy = [];
for i=1:256
    if Nr(i) ~= 0
        tmpx = [tmpx x(i)];
        tmpy = [tmpy y(i)];
    end
end
x = tmpx;
y = tmpy;
mu = mean(y);
for k = 1:4
    coeff = polyfit(x,y,2*k+2);
    J(k) = sum( (polyval(coeff,x)-y).^2);
    S(k) = sum( (y-mu).^2);
    r2(k) = 1 - J(k)/S(k);
    y_bar = polyval(coeff,x);
    figure
    plot(x,y,'b.',x,y_bar,'r-')
end
S
r2
%splinetool(x,y)
figure, imagesc(RS_r)
```

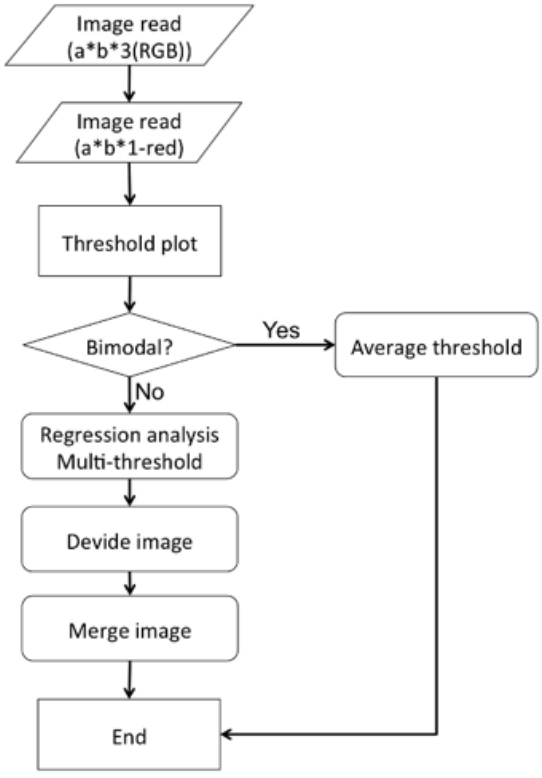


그림 2-104 영상 전처리 알고리즘

라. 문자영역 추출 알고리즘 개발

(1) 개요

도로표지 텍스트의 검출/인식에, 국내외의 문서 및 명함 인식의 상용 소프트웨어의 적용이 가능할 것으로 인식되지만, 실제로는 도로표지의 텍스트와 심벌의 레이아웃이 일반 문서나 명함과 상이하기 때문에, [그림 2-105]의 예시처럼, 왼편의 도로표지에 대한 네이버 optical character recognition (OCR) 솔루션의 인식 결과는 영문자를 제외하고는 많은 텍스트들이 제대로 인식되지 않는 결과를 보인다.

이와 같은 이유로, 도로표지 문자 인식을 위한 맞춤형 문자인식 소프트웨어의 개발이 필요하다. [그림 2-106]은 도로표지 영상의 문자와 심벌로부터 인식/추출하여야 하는 최종 정보의 예로써, 방향지시 심벌, 도로번호, 국문지명을 정확히 검출하고 인식한 이후, 각 정보의 배치 정보와 연관시켜서, 최종적으로 “직진방향: 7번, 동해, 강릉”, “우방향: 7번, 서울, 옥계, 고속도로 50”, “300m 지점” 등의 정보를 완성하여야 함



양v
O탈e
angyang
###1
T쭬 c lu & Jumu더 in
서울믈
Seoul
가릴 궐l
강릉분기점
<><>
oangneung
Gangneung Jot
2k
밥 5괘

그림 2-105 Naver OCR의 인식 결과 예

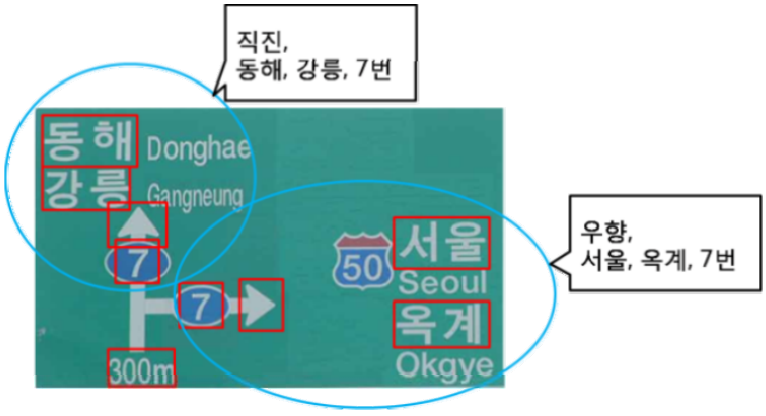


그림 2-106 도로표지 영상의 검출/인식 결과(요구 사항)

(2) 문자 인식의 세부 요소 기술

도로표지의 텍스트 인식을 위한 세부 요소 기술은, 크게 도로표지의 영상 처리 기술, 텍스트 검출 기술, 일반적인 문자인식 기술의 3가지로 분류할 수 있다.

(가) 영상 처리 기술

도로표지 영상이 조도 변동, 건물이나 가로수 그림자에 의해 밝기 정보가 일정하지 않은 경우가 흔히 발생하며 이를 위해 이미지 색상 보정, 명암 보정, 필터링, 에지 검출 등의 영상처리 기법이 사용. 또한, 영상 취득과정에서 정면으로 취득하지 못하는 경우에, 뷰(view)나 프로젝션(projection) 변환 기법이 적용한다. 이러한 영상처리와 변환 기술은 각종 이미지 처리 툴에서 내장 함수로 구현되어 있음

(나) 텍스트 검출 기술

도로표지로부터 국문지명이나 도로번호 등의 텍스트를 검출하기 위해서는, 일반적인 문서 인식의 전처리 경우와 동일하게, 연결 요소 해석(connected component analysis), 윤곽 해석(shape analysis), 텍스트 라인 추정, 단어 구성 등의 세부 기술이 사용되며 기존의 문서나 명함 인식의 경우와 다르게, [그림 2-107]의 예에서 볼 수 있듯이, 텍스트가 아닌 정보들, 즉 방향지시 화살표, 도로번호 프레임 심벌, 프레임 및 화살표 내의 텍스트 정보, 강조를 위한 박스 등이 혼재되어 있다.

또한 국문 영문의 텍스트가 각기 서로 다른 텍스트라인 상에 배치되어 있으므로, 이러한 심벌의 검출 및 텍스트 레이아웃 검출 과정이 없이는 효과적으로 텍스트 정보를 추출하고 인식하기는 불가능하므로 이 텍스트 검출 기술이 가장 중요하고 핵심적인 요소 기술이라 할 수 있다.

(다) 문자 인식 기술

검출한 텍스트의 인식을 위해서는 전통적인 문자 인식 기술의 세부 요소 기술인, 특징 추출과 학습을 통한 분류기 모델 구축, 기계 학습 등이 요구된다. 문자인식 기술은 기성숙된 분야이므로, 도로표지용 한글문자 맞춤형 분류기 학습, 그리고 지명 등의 단어사전 매칭 방법 등에 포커스를 맞출 필요가 있다.



그림 2-107 3방향 도로표지 예

(3) 도로표지의 문자영역 검출 방식

도로표지 영상을 텍스트 영역 검출 없이 OCR하는 경우에 의미 없는 엉뚱한 출력이 발생한다. 대표적인 OCR 솔루션인 ABBYY사의 FindReader[1]를 사용한 연구에서도 동일한 결과 보였다. 따라서, 도로표지의 텍스트를 인식하기 위해서는, [그림 2-108]에 도시한 것처럼 텍스트 및 심벌 검출/제거를 위한 단계와 문자 인식의 두 단계로 접근하였으며, 필요시, 인식 단계에서 텍스트 검출 단계로의 피드백을 통해서 검출 단계의 오류, 예를 들면, 심벌이나 영문자를 한글로 오검출하는 경우나 단어 묶음 오류 등을 회피하거나 감소할 수 있을 것이다.

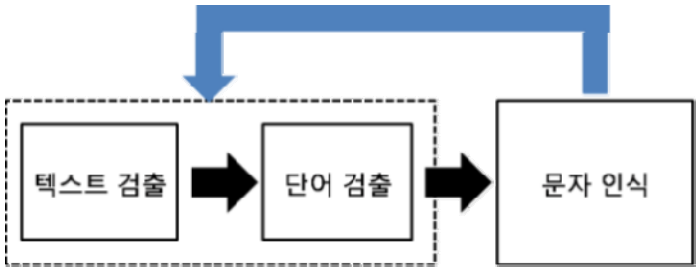


그림 2-108 도로표지 텍스트 인식을 위한 2단계 접근 방식

(가) 텍스트 검출 단계

도로표지 상의 연결 요소 해석을 통해서 파악된 뭉치(blob)들에서 심벌 뭉치를 제거한 이후, 텍스트 뭉치로부터 텍스트 영역의 위치 검출(localization)을 수행한다. 텍스트의 사전(prior) 정보, 예를 들면, 국문/영문 텍스트의 높이, 너비 정보를 이용하여 영문과 국문으로 구분하고, 국문 단어 후보 영역만을 분할 추출(segmentation) 하며, 필요 시 문자 인식 단계의 결과를 근거로 하여 현재 추출된 텍스트의 한글문자, 영문자, 비문자의 여부를 판단한다.

1) Abbyy, http://www.abbyy.com/

(나) 인식 단계

검출 단계에서 부분 검출된 분할 영상내의 국문단어 혹은 숫자를 인식하고, 필요한 경우 그 인식 결과 및 결과의 신뢰도 점수를 텍스트 검출 단계로 피드백하는 단계를 포함한다.

(4) 문자영역 검출 방법론(Stroke width transform ;SWT)

컬러 정보[2]에 기반한 이분화(binarization) 방법과는 다르게, 텍스트가 갖는 특징을 지닌다. 즉, 텍스트의 폭이 일정한 특징을 활용하여 영상에 존재하는 텍스트를 검출하는 몇 가지 기법이 제시[3]하였다. 그 중에 도로표지의 텍스트를 효과적으로 추출하기 위한 기법으로 판단되는 SWT[4]을 사용하였다.

도로표지의 텍스트가, 공간 제약으로 문자의 폭, 간격이 다소 다르기도 하지만, 대부분의 경우 텍스트의 크기와 두께가 일정하기 때문에, SWT 방법이 컬러 정보를 이용한 이분화 방법에 비해 텍스트 검출에 매우 효과적이다.

SWT는 에지 검출된 영상에 대해 적용하였다. 에지 (x,y)에서 gradient를 구하고, gradient 방향으로 화살표를 증가시키다가 맞은편 에지 (x',y')를 만나면 두 좌표 (x,y)와 (x',y')의 거리 d1을 계산하고, (x,y) 픽셀의 SWT 값으로 정한다. 이와 같은 방식으로 모든 에지 픽셀에서 SWT 값을 계산한 후, 지정한 SWT 값의 범위, 즉 텍스트의 두께에 해당하는 범위의 SWT 값을 기준으로 그룹핑함으로써 입력 영상에 존재하는 텍스트를 추출하는 방법이다.

기존 방법에 비해 SWT는 여러 장점이 있다. 텍스트의 방향(orientation)에 무관하게 검출 가능이다. 그 이유는 [그림 2-109]의 예시처럼, 문자 검출 시, 수평/수직 프로젝션을 사용하여 텍스트 라인을 검출하지 않기 때문이다. 또한 수평/수직 프로젝션 등, 한글, 영문자의 특징을 사용하지 않기 때문에 한글, 영문, 숫자마다 다른 기준 적용 없이 모두 동일하게 검출 가능하다. 도로번호처럼, 화살표 심벌에 둘러싸여 있는 텍스트의 검출도 가능하며, 도로표지의 레이아웃 사전 정보(텍스트 위치 등)를 필요로 하지 않다.

SWT가 에지 정보를 기반으로 하기 때문에, 특히 텍스트 정보가 확연히 드러나지 않는 포커스가 되지 않은 영상이거나, 해상도가 낮아 인접 텍스트 뭉치가 구분되지 않는 경우에 텍스트 검출 성능이 다소 낮아질 수 있다.

2) 국내 도로표지는 녹색 혹은 청색의 바탕색에 흰색의 텍스트로 구성되어 있다.
3) X. Chen and A. L. Yuille, "Detecting and reading text in natural scenes," IEEE Conf. on Computer Vision and Pattern Recognition, pp. 366-373, 2004.
4) B. Epshtein, E. Ofek, and Y. Wexler, "Detecting text in natural scenes with stroke width transform," IEEE Conf. on Computer Vision and Pattern Recognition, pp. 2963-2970, 2010.



그림 2-109 수평/수직 히스토그램 기반 문자 검출
(임희철, "교정된 도로표지판에서 음절구분 및 지역의 계층적 분석에 기반한 효과적인 지명인식," 울산대학교 석사학위논문, 2009)

(5) 한글 문자 검출

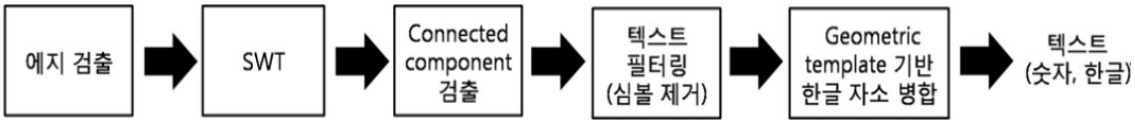


그림 2-110 텍스트 검출 절차

(가) 연결 요소 분석(connected component analysis)

컴퓨터 비전에서 기본적으로 사용되는 알고리즘으로서, 여기서는 SWT 변환 이미지 상의 각 픽셀의 4방향 인근 픽셀들과의 "연결 여부"를 결정한다. SWT 값의 차가 일정 경계치 이하인 경우에 두 인근 픽셀이 "연결되어 있음"으로 간주하고 동일 구성 요소로 묶는다.

"강"의 경우를 예로 들면, 초성 자모 "ㄱ"을 구성하는 픽셀들, 중성 자모 "ㅏ"을 구성하는 픽셀들, 중성 자모 "ㅇ"을 구성하는 픽셀들을 3개의 다른 요소("ㄱ", "ㅏ", "ㅇ")로 검출하게 된다.

(나) 비텍스트 필터링 (심벌 제거)

파악된 연결 요소 중에서 텍스트 후보의 가능성이 낮은 연결 요소를 제거하는 과정이다. 높이가 일정 범위를 벗어나는 경우, 너비가 일정 값 범위를 벗어나는 경우, 너비 대비 높이 비율, 높이 대비 너비 비율이 일정 값 이상인 경우 등, 간단한 규칙을 이용하여 비텍스트를 제거한다.

(다) Geometric 템플릿(template) 기반 한글 자모 병합

연결 요소 분석 과정에서 검출된 연결 요소를, [그림 2-111]의 한글 기하하적 템플릿과의 매칭 과정을 통해서 한글 구성 요소 여부인지를 판단하고, 이를 근거로 연결 요소(예를 들면, ㄱ, ㅏ, ㅜ, ㅎ 등) 각각을 병합하여 하나의 한글 문자로 구성하는 과정이다.

실제 검출 양상을 보면, [그림 2-111]의 템플릿과 정확히 일치하지 않는 경우, 예를 들면, 종성 자모과 중성 자모가 서로 붙어 있는 경우, 초성 자모와 중성 자모가 서로 붙어 있는 경우가 적지 않게 발생하므로, 이를 보완하여 실제 한글 자모이지만 병합과정에서 실패하는 경우를 방지하게끔 여러 휴리스틱을 추가하여 알고리즘을 구성한다.



그림 2-111 한글문자의 geometric template

(6) 한글 텍스트 검출 구현 및 실험 결과

텍스트 검출 절차를 MATLAB 코드로 구현하여 그 가능성을 타진하였다. 도로표지 샘플 이미지에 대한 각 단계별 검출 결과를 도시. 한글 에지가 깔끔하게 검출된 경우에는 숫자나 한글문자의 영역이 성공적으로 검출됨을 알 수 있다. 에지 검출이 용이하게끔 도로표지를 충분한 해상도로 획득하는 것이 중요하다.

(가) SWT 변환

SWT 변환 영상은 SWT 값, 즉 텍스트의 폭을 나타내기 때문에 폭이 클수록 밝은 색으로 표시한다. [그림 2-113](c)에서 보듯이, 심벌과 문자의 stroke 두께가 잘 나타나 있음을 알 수 있다. “동”의 중성 자모 “ㅗ” 부분처럼 SWT 값이 동일 텍스트 내에서 균일하지 않은 부분이 군데군데 있지만, 연결 요소 분석에서 그 차이를 감안함으로써 문제없이 동일 연결 요소로 추출된다.

(나) 연결 요소 분석

[그림 2-113](d), [그림 2-114](b), [그림 2-115](b)는 SWT 값을 기준으로 연결 요소 분석한

후, 방향지시 화살표와 테두리 등의 비텍스트를 필터링한 결과(붉은색 박스로 표시)를 나타낸다. [그림 2-113](d)에서 보듯이, 기존의 도로표지 정보 추출 기법으로는 검출하기 용이하지 않은 방향지시 화살표 내에 포함된 텍스트 “7”과 테두리 프레임으로 둘러싸인 텍스트 도로번호 “50” 텍스트가 추출됨을 볼 수 있다.

[그림 2-114](b)의 “고속도로”의 “도로”와 “대학교”의 “학” 문자가 자소단위로 검출되지 않고 하나의 연결 요소로 검출되는 문제와, [그림 2-114](b)와 [그림 2-115](b)에서의 “Gangneung”의 영문이 제대로 추출되지 않는 문제 모두 영상에서 해당 인접 뭉치간의 간격이 협소하여 에지 추출과정에서 인근 두세 뭉치의 에지가 연결됨으로 해서 최종 SWT 값이 문자 범위를 벗어났기 때문에 발생되었다.

(다) 한글 자소 병합

[그림 2-113](e), [그림 2-114](c), [그림 2-115](c)는 연결 요소 분석 결과로부터 한글 자소 병합을 수행한 결과이다. 몇몇 영문자의 조합이 한글 후보로 검출되는 경우, 예를 들면, [그림 2-13](e)의 “gh”와 “ul” 경우, [그림 2-14](c)의 “ng”와 “ct” 경우가 발생하였다. 이는 규칙기반 후처리 과정이나 문자 인식 단계의 인식 결과 피드백 과정을 통해서 제거할 수 있다.

[그림 2-114](c)의 “강릉대학교”의 “릉”과 “강릉분기점”의 “기” 등이 검출되지 않는 경우도 정확히 에지가 검출되지 않으므로 해서 SWT값이 정상 범위에 포함되지 않았기 때문이다. 이와 같이 국문 단어 중 1-2 문자의 미검출이 드물지 않게 발생할 것으로 예상되는데, 이를 극복하기 위해 텍스트 검출 후, 단어 묶음 과정에서 수평방향의 단어 존재 추정(estimation) 단계를 포함한다.

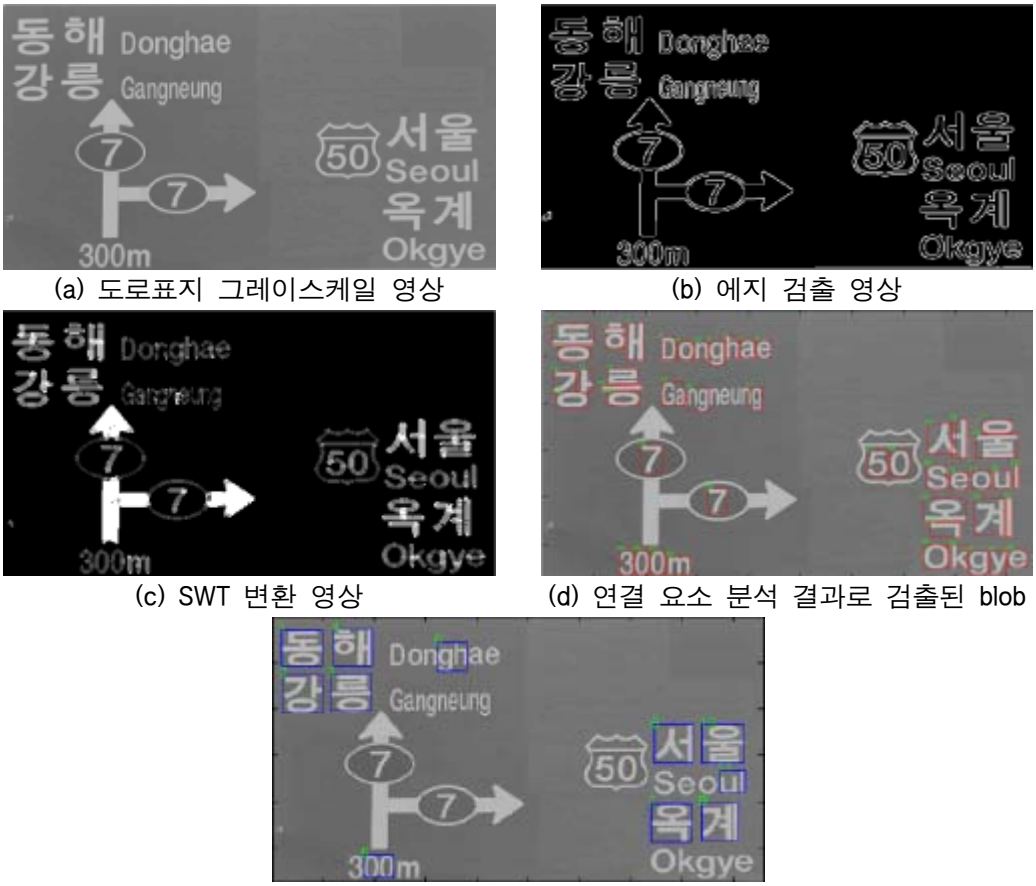
(a) 도로표지 영상

(b) 연결 요소 분석 결과

(c) 한글 자소 병합 결과



그림 2-112 한글텍스트 검출 실험결과



(a) 도로표지 그레이스케일 영상 (b) 에지 검출 영상

(c) SWT 변환 영상 (d) 연결 요소 분석 결과로 검출된 blob

(e) 한글 자소 병합 과정을 통해 검출된 한글 문자 후보

그림 2-113 한글텍스트 검출 실험결과

(7) 한글단어 검출 및 실험 결과

인식단계에서 “단어단위”로 분할(segmentation)된 부분 이미지를 필요로 하므로, 텍스트 검출단계에서 추출한 “한글 문자“([그림 2-114]의 푸른색 박스로 표시)들을 적절하게 그룹핑하여, 붉은색으로 표시한 한글단어로 묶어서 검출하고, 이에 해당하는 영역의 영상을 취득하여야 한다.

[그림 2-115](a)의 예시처럼, 동일한 텍스트 라인에 위치한 문자들을 가장 왼편에 위치한 문자에서부터 한 문자씩 병합하는 방식으로 한글 단어를 검출하는 방식을 채택하였다.



그림 2-114 한글 단어 검출의 예시



(a) 문자 병합을 통한 단어 검출 과정

(b) 병합 과정에서 고려해야 하는 높이와 폭이 다른 텍스트의 예

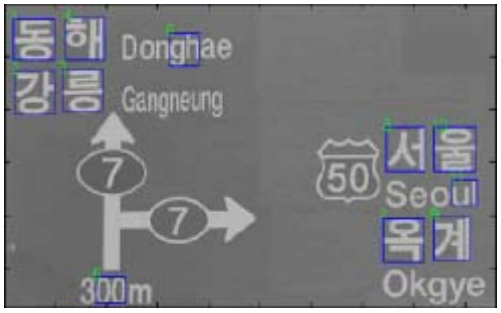
그림 2-115 한글단어 검출 과정 예시

문자의 병합과정에서는, 두 문자간의 거리를 기준으로 일정 범위 이내일 경우에 병합 대상으로 결정하였다. 하지만, [그림 2-116](b)에서처럼 동일 텍스트 라인에 있고 거리가 일정 값 이내이어도, 두 텍스트의 높이, 폭이 상이한 경우는 배제할 필요가 있다. 검출된 단어의 병합 과정에서 텍스트의 높이와 폭이 현재 그룹핑 중인 단어에 속한 문자들의 높이와 폭의 평균값을 계산하고, 이 평균값과의 차이가 일정 값 이내일 경우에만 동일 단어로 판단하여 그룹핑한다.

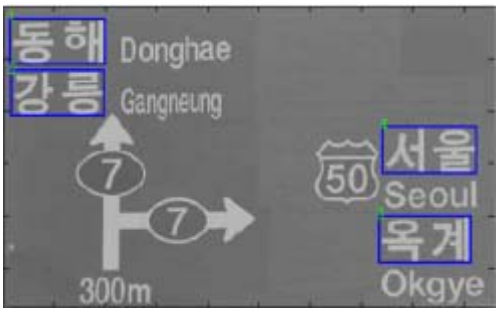
한글단어 검출 알고리즘은 MATLAB으로 구현하였다. 검출된 모든 한글문자를 도로표지상의 (x,y) 좌표 중 x 좌표값을 기준으로 정렬한 집합 P를 구성하였다. P의 원소 p에 대해서, 동일 텍스트 라인을 갖는 문자들을 찾고 이들을 x 좌표값 기준으로 정렬한 집합 Q를 구성하도록 한다. 두 문자의 바닥 라인의 차이가 문자 p의 높이의 20% 이내이면 동일 텍스트 라인으로 간주한다. 집합 Q 원소인 문자 q에 대해서, 문자 사이의 간격, 즉 피치(pitch)를 계산하고, 피치가 문자 폭의 60% 이내이면서 두 문자의 폭과 높이 차이가 허용 범위(문자 폭과 높이의 20%)일 경우에, 해당 문자 q를 현재 그룹핑 중인 단어에 포함하고 이 과정을 Q의 모든 원소에 대해 적용한다. P의 원소가 남아있으면 ②의 과정으로 돌아가고, 모두 적용하였으면 단어 검출 과정을 종료한다.

[그림 2-11]은 두 종류의 도로표지(A,B)에 대해 구현된 한글단어 검출 과정의 결과로 도로표지 A의 경우는, 두 문자로 이루어진 단어들이어서 용이하게 “동해”, “강릉”, “서울”, “옥계”의 단어 영역을 검출하였다. 문자검출 과정에서 검출된, [그림 2-116](a)의 5번, 6번, 11번 문자 후보들은 인접한 문자 후보가 없기 때문에, 단어 병합 과정에서 배제였으며, 도로표지 B의 경우에는, “버스터미널”, “고속도로”의 단어는 성공적으로 검출되었지만, “강릉문화원”, “강릉대학교”의 단어는 부분적으로만 검출하였다. 이는, 문자검출 과정에서 [그림 2-116](c)에서 보듯이, 2개의 ‘릉’ 문자가 검출되지 못했기 때문이며, 원인은 [그림 2-116](e)에서 보듯이, SWT 적용과정에서 ‘릉’을 구성하는 뭉치가 검출되지 못했기 때문이다.

도로표지 영상에 대해서 실험해 본 결과, 위의 경우처럼 연속된 문자들 중에서 앞, 중간, 혹은 맨 뒤의 문자가 텍스트 검출과정에서 검출되지 못하는 경우가 적지 않음을 확인하였다. 이 경우는, 도로표지 영상의 해상도가 낮아서, 초성, 중성, 종성 자소 간 픽셀간격이 적어서 발생하는 것으로 확인되었다.



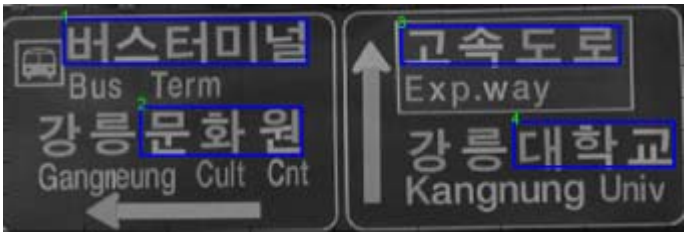
(a) 문자 검출 결과(도로표지 A)



(b) 단어 검출 결과(도로표지 A)



(c) 문자 검출 결과(도로표지 B)



(d) 단어 검출 결과(도로표지 B)



(e) 텍스트 blob 검출 결과(도로표지 B)

그림 2-116 문자 병합을 통한 한글 단어 검출 결과

[그림 2-117]과 같이 다른 형태의 단어 검출 실패 사례를 살펴보면 텍스트 검출 과정에서, “신촌로터리”, “서울역”, “아현교차로” 등의 텍스트 뭉치들이 검출되었으나, 한글문자 검출 과정에서 “신촌로터리”의 “촌로터”, “서울역”의 “울역”이 검출되지 못해서, 최종 단어레벨에서 배제하였다. 이 경우는, 사전에 셋팅한 단어의 피치, 문자 폭 파라미터 값과 상이한 한글문자의 경우이어서(“신촌로터리 “ 문자폭이 타 단어의 문자폭보다 작음), 한글문자 형성과정에서 에러가 발생한 경우이다. 한글문자 검출 과정의 튜닝을 통해서 해결하기가 용이하지 않으므로, 다른 형태의 해결 방법을 구현하여 검증하였다.

중간/뒤에 위치한 문자의 미검출 혹은 유실로 인해서 발생하는 단어검출 실패를 해결하기 위하여, 이미지 처리에 기반한 hypothesis- and-verification 과정을 수행하였다. 현재 그룹핑

중인 단어의 특정 위치(두 문자의 중간, 혹은 단어의 맨 뒤 자리 등)에 문자가 있다고 가정(hypothesis)하고, 해당 영역에 문자가 있을 경우에 검출될 특징의 존재 여부를 계산하고, 이를 통해서 해당 영역에 문자가 존재하는지의 여부를 검증(verification)하는 방식이다.



(a) 단어 검출 결과



(b) 한글 문자 검출 결과



(c) 텍스트 blob 검출 결과

그림 2-117 한글 단어 실패 경우의 예

[그림 2-118]은 문자 존재 여부를 확인하기 위한 방법으로 해당 영역의 이미지에 대해 median filtering, Otsu 이진화 처리한 후, 수평 방향과 수직 방향으로 투영(projection)시킨다. 두 방향의 투영 프로파일(profile)로부터 문자 여부를 체크하는 간단한 휴리스틱을 적용한다. 정확히 한글 문자 여부(영문과 숫자를 구분할 필요가 있는 경우 등)를 판단하기 위해서는 자체 분류기를 사용하여야 하지만, 실험을 통해서 휴리스틱만으로도 많은 경우 성공적으로 문자 여부를 검증할 수 있음을 확인하였다.

- 사용한 휴리스틱은

· 수평 투영에서, 양쪽의 가장 자리 (폭의 10%)의 합은 일정 값 이하이어야 함

- 수평 투영에서, 0이 아닌 비율이 일정 값(폭의 50%) 이상이어야 함
- 수평 투영의 총 합은 해당 영역의 면적의 일정 비율(20%)보다 커야함
- 수직 투영에서, 0이 아닌 비율이 일정 값(높이의 70%) 이상이어야 함
- 수직 투영의 총 합은 해당 영역의 면적의 일정 비율(18%)보다 커야함
- 연결 요소의 개수가 4개 미만이어야 함

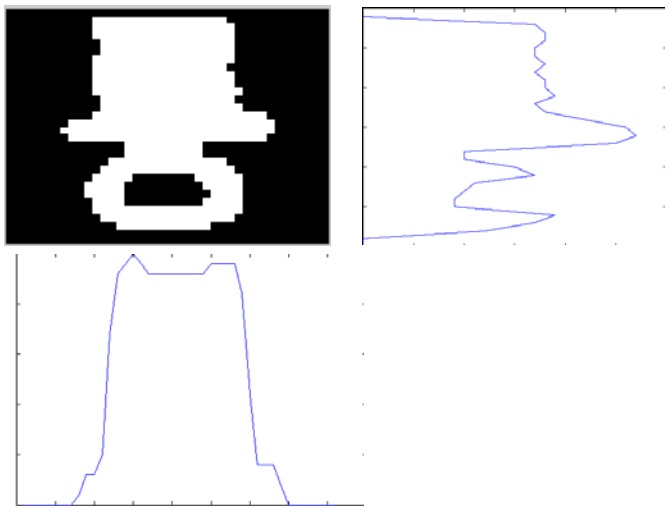


그림 2-118 문자검출 과정에서 미검출된 문자의 수평/수직 프로젝션 예
(그림 2-116(c)의 "강릉문화원"의 '릉')

[그림 2-119]는 hypothesis-and-verification 방식의 개선된 한글단어 검출 방법의 실험 결과이다. 도로표지 C의 경우, 문자 검출 과정에서 유실된 '릉' 문자 여부를 확인함으로써, "강릉문화원", "강릉대학교"의 완성된 두 단어를 검출하였다. 도로표지 D의 경우에도, "병무청", "첨단", "강릉" 등의 부분적 한글 단어까지 검출되었으며, 도로표지 E의 경우에도, "신촌로터리", "서울역" 등의 단어 검출이 가능하다.

hypothesis-and-verification 방식으로 단어 검출률이 향상되었으나, 적극적 문자 검출 방식으로 인해 한글문자만을 사용한 경우에는 배제되었던, 영문자로 구성된 단어 후보들이 검출되는 경우가 발생하였다. 이와 같은 오검출 단어를 사후삭제하거나 인식단계의 피드백을 통해서 제거할 필요가 있다.



(a) 단어 검출 결과 (도로표지 C)



(b) 개선 후 단어 검출 결과(도로표지 C)



(c) 단어 검출 결과 (도로표지 D)



(d) 개선 후의 단어 검출 결과(도로표지 D)

그림 2-119 hypothesis-and-verification 방식

마. 문자영역 추출 및 인식률 제고를 위한 기법개발

(1) 국문지명 영역 검출율 개선

도로표지 영상으로부터의 한글 텍스트, 즉 국문지명 검출 절차는 한글문자의 템플릿을 사용하여 한글 자소 blob들을 병합하는 과정에서, 주변의 비텍스트 blob에 의해 영향을 받는 경우가 많이 관찰되었다.

[그림 2-120]은 한글문자 템플릿에 기반하여 한글문자를 검출하는 방식이 갖는 단어 검출 실패 사례이다. 그림 (a)와 (c)는 SWT 이미지로부터 텍스트 후보로 분류된 blob들의 영상이고, (b)와 (d)는 텍스트 blob으로부터 한글문자 템플릿과의 매칭을 통해서 검출한 한글 문자들의 영상이다. 아래 그림에서 알 수 있듯이, “목포”의 ‘목’, “무안”의 ‘ㅁ’이 한글문자 템플릿의 유형 5로 간주되어 하나의 문자(아래그림 (b)의 2번 박스)로 간주되어, 결국 “목포”와 “무안”의 두 단어가 검출되지 않는다. 또한, 아래그림 (c)와 (d)의 “청주IC“의 경우는 하단의 영문 알파벳 blob 탓에, “대전”의 경우는 박스 심벌의 blob 탓에 ‘대’ 문자가 검출되지 않게 된다.

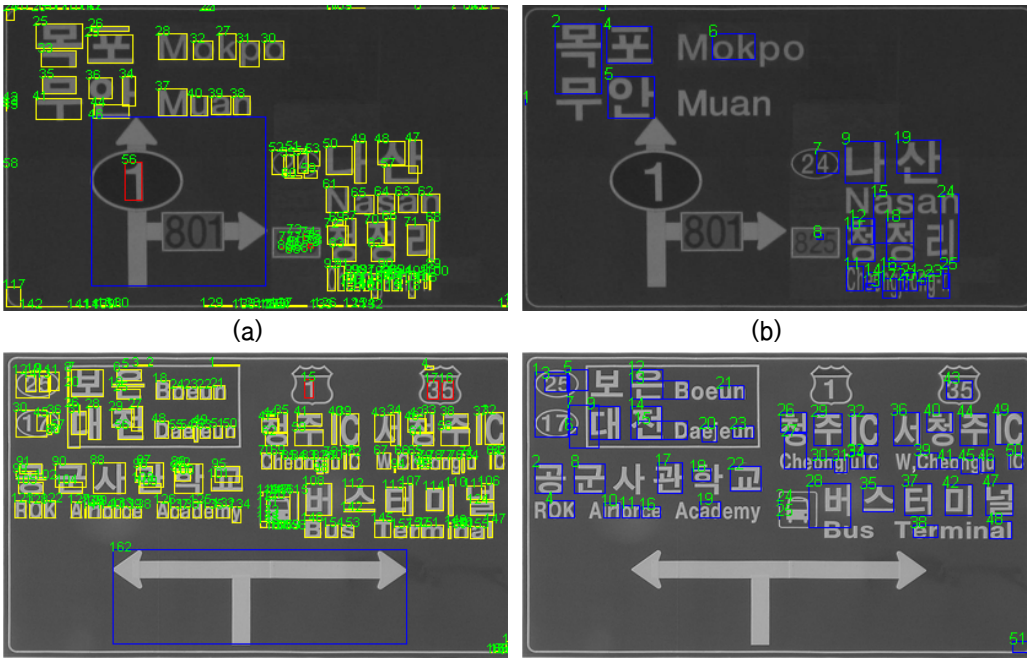


그림 2-120 한글문자 템플릿 기반 방법의 검출 실패 사례

이처럼 한글 템플릿을 기준으로 하게 되면, 한글 문자 크기와 폭 등의 사전에 설정한 매개변수 값을 사용할 수밖에 없기 때문에, [그림 2-120](a)와 (c)의 경우처럼 텍스트와 주변 심벌의 배치가 복잡하거나, 텍스트 주변의 박스 심벌의 blob가 존재하는 경우에는, 예외 없이 해당 문자의 검출이 실패하게 되는 문제가 있다. 그러므로, 다양한 크기의 한글 문자가 있거나, 한글문자 주변에 심벌이 위치한 도로표지에 대해서도 국문지명을 성공적으로 검출하기 위해서는, 한글문자 템플릿에 의존하지 않는 새로운 국문지명 검출 방법이 필요하다. 그 새로운 한 방법으로서, 점진적 좌측방향으로의 blob 투사(incremental right-to-left blob projection, IRBP)를 제시하고, 그 가능성과 개선 정도를 평가하였다.

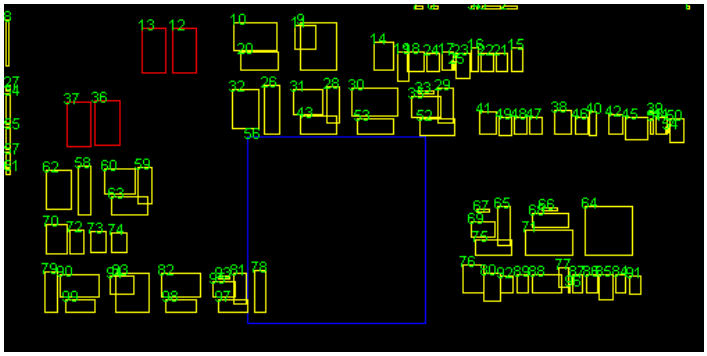
(2) IRBP에 기반한 텍스트 영역 검출

일반적인 도로표지의 텍스트 blob들은, 국문과 영문 포함해서, 동일한 텍스트 라인을 공유하고 있다. 즉, 동일 선상에 위치해 있다. 이 점을 활용하여 텍스트 blob들을 하나씩 가상의 왼편 축으로 투사시키면서 텍스트 영역 (이하 텍스트 세그먼트)을 찾아가는 방식의 알고리즘을 구현하였다.

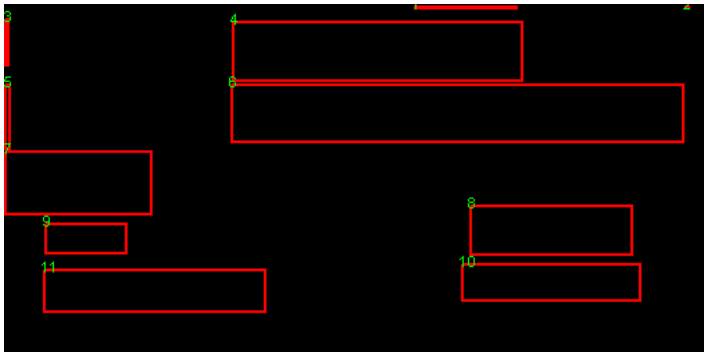
텍스트 blob을 표시한 [그림 2-121]을 예시로 설명하면, 다음과 같다. 아래 그림 (b)의 붉은색과 푸른색 박스로 표시한 영역은 각각 도로번호 심벌과 방향지시 심벌로 분류된 blob을 나타내며, 이후 처리과정에서 비텍스트 blob으로 간주됨. 비텍스트 blob은 IRBP의 대상에서 제외하므로, 텍스트 세그먼트 검출에 영향을 주지 않는다.



(a)



(b)



(c)

그림 2-121 IRBP에 의한 텍스트 세그먼트 검출 과정의 예

[그림 2-121](b)에서 노란색으로 표시된, 텍스트 blob들을 하나씩 가상의 좌측 축으로 투사하면서 (c)와 같은 텍스트 세그먼트를 찾아낸다. 실제로 텍스트를 포함한 세그먼트는 4, 6, 7, 8, 9, 10번이다. 텍스트 라인 공유 여부를 기준으로 하기 때문에, 9번과 10번의 영문 텍스트 세그먼트 (“Asan“, “Hyeonchungsa“), 7번, 8번, 11번의 국문 텍스트 세그먼트 (“아산”, “현충사”, “온양온천”), 4번과 5번의 국문과 영문 혼재 텍스트 세그먼트 (“평택” 과 “Pyeongtaek“, “아산온천 “과 “Asan Hot Spring“), 그리고 기타 노이즈 blob에 의한 세그먼트 등의 4가지 형태의 텍스트 세그먼트가 검출된다. 이 중에서 국문지명 텍스트 세그먼트만을 추출하거나, 국영문 혼재 세그먼트에서 국문만을 추출하기 위해서는, 검출한 텍스트 세그먼트의 후처리 및 필터링 과정이 필요하다.

[그림 2-122]는 IRBP에 기반한 텍스트 검출 알고리즘의 전체적인 흐름도 이다. 텍스트 blob들을 기존 텍스트 세그먼트에 추가할 지, 아니면 새로운 텍스트 세그먼트를 생성하고

이에 추가할 지를 결정하고, 이 과정을 반복해서 수행하며, 단계별로 설명하면 다음과 같다.

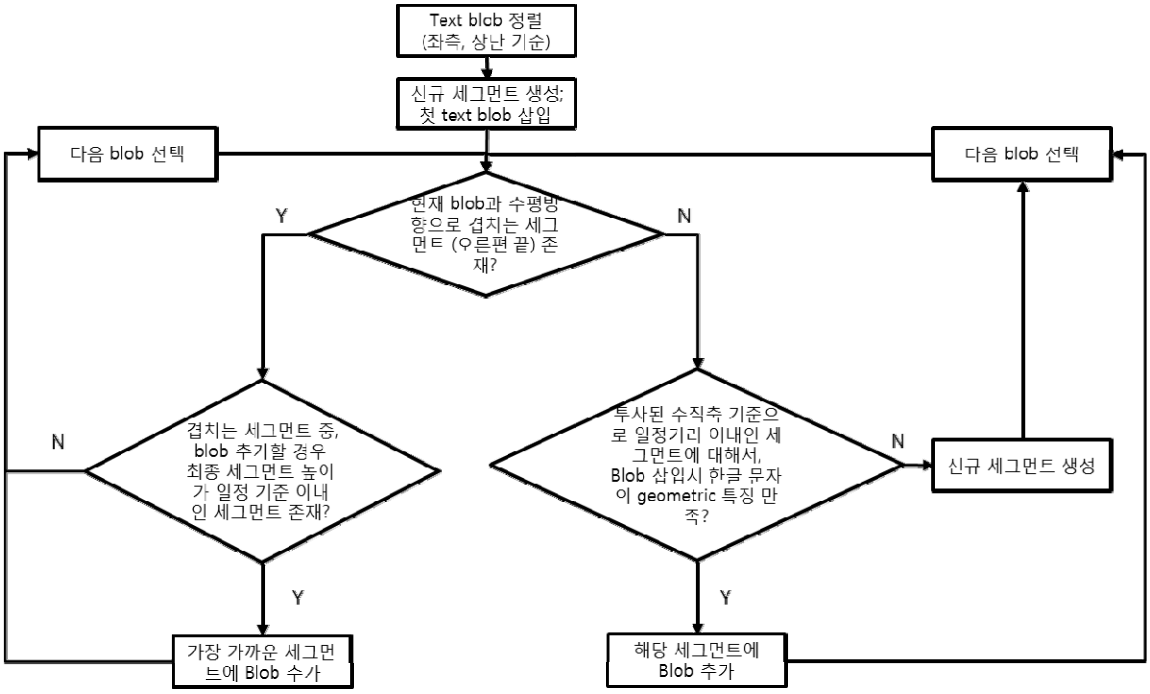


그림 2-122 IRBP 알고리즘의 간략 흐름도

① SWT(stroke width transform)와 연결 요소 분석(connected component analysis), 그리고 blob 필터링을 통해 확인된, 텍스트 blob이 주어지면 좌측과 상단 우선 내림정렬을 수행한다.

② 첫 blob에 대해서 신규 텍스트 세그먼트(이하 세그먼트)를 생성하고, 생성된 세그먼트에 blob을 추가한다.

③ 다음 blob에 대해서, 기 생성된 세그먼트 중에서 수평방향으로는 겹치는, 세그먼트가 있는지 체크한다.

④ 겹치는 세그먼트가 존재하는 경우에는, blob을 해당 세그먼트에 추가한다면 발생하는 해당 세그먼트의 높이 변동이 일정 값 이내인지를 확인한다. 만약 기 설정된 문턱치를 벗어나는 경우에는 현재 blob을 추가하지 않고 ③의 과정으로 돌아간다. 텍스트 높이 기준을 만족하는 경우라면, 겹치는 세그먼트 중 가장 인접한 세그먼트에 현재 blob을 추가한다.

⑤ ③의 과정에서 겹치는 세그먼트가 없는 경우, 투사한 좌측 축 상에서 현재 blob과 일정 거리내의 세그먼트를 찾고, 해당 세그먼트 각각에 대해서, 현재 blob을 추가할 경우에 한글문자의 기하학적 형태를 만족하는지 여부를 체크한다. 만족하는 경우라면 해당 세그먼트에 현재 blob을 추가하고, 아닌 경우에는 신규 세그먼트를 생성하고, 생성된 세그먼트에 현재 blob을 추가한다.

⑥ 모든 blob에 대해 ③ ~ ⑤의 과정을 반복 수행한다.

흐름도의 ④와 ⑤의 과정에서, 실제 한글문자의 기하학적 형태의 만족 여부를 확인하여야 하는 이유는, 현재 구성된 텍스트 세그먼트와의 수직방향으로 인접한 텍스트 blob의 포함 여부를 체크해야 하기 때문이다. 예를 들면, [그림 2-123]의 "아 "의 62번 blob과 "Asan"의 70번 blob이 동일한 텍스트 세그먼트에 포함되는지의 여부를 판단하기 위해서는 텍스트 높이에 따른 기준을 적용하여야 한다.

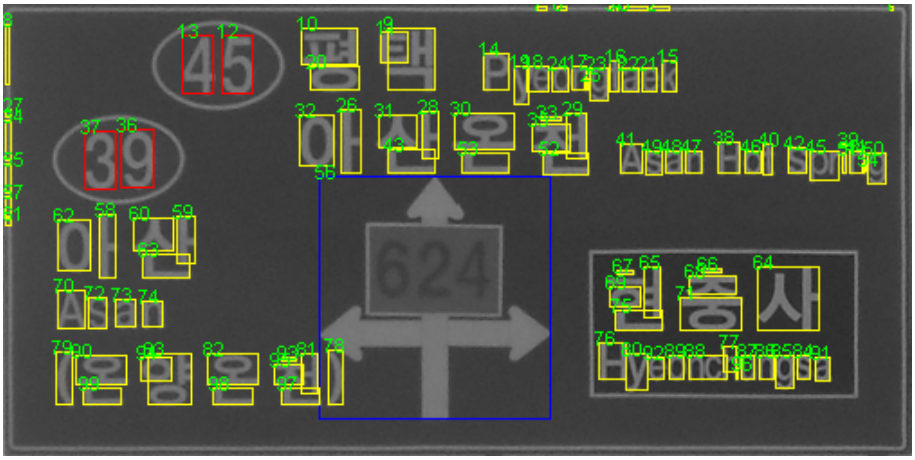


그림 2-123 추출한 blob 예시

IRBP에 의해 세그먼트를 찾는 과정을 [그림2-124]에 나타내었다. 새롭게 세그먼트가 생성되기도 하고, 기존에 생성된 세그먼트에 blob들이 추가되는 과정을 볼 수 있다.

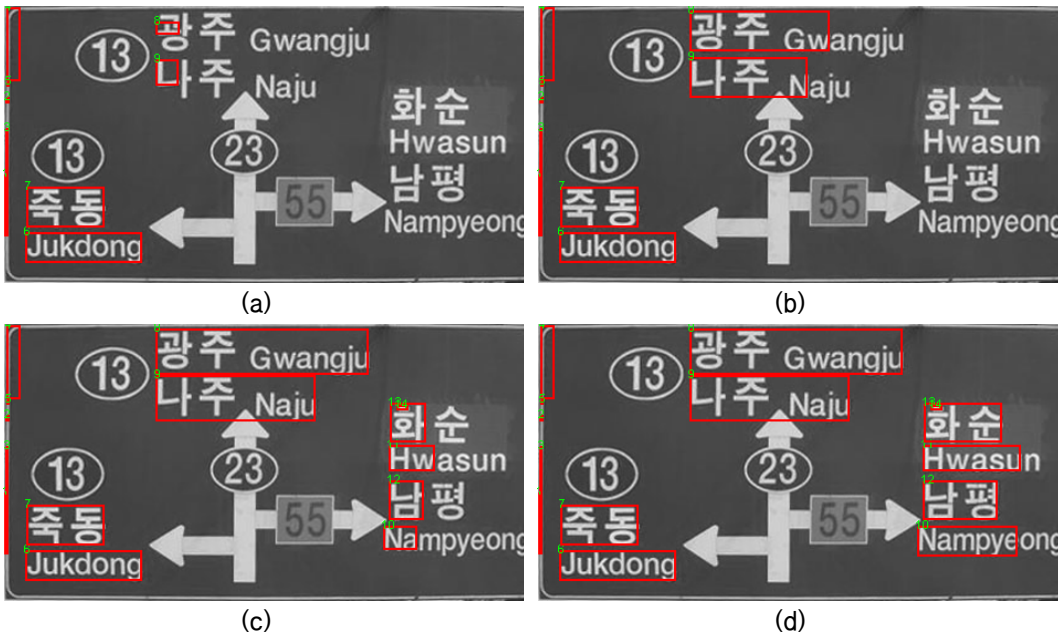


그림 2-124 IRBP에 의한 텍스트 세그먼트 검출 진행 예시

IRBP는, 도로번호 심벌 등이 국문지명 앞에 존재하거나 표시된 텍스트가 많아서 텍스트 라인이 인접한 경우의 도로표지가 아닌 경우에는, 텍스트 세그먼트의 검출 성공률이 매우 높다.

한글 문자 템플릿을 사용하지 않으므로, 1차 년도의 구현 방법에 비해 사전에 설정하여야 하는 매개변수의 개수가 적을뿐더러, 더 중요한 것은 그 영향이 크지 않다는 점이다. 하지만, 좌측에 투사하여 텍스트 세그먼트를 검출하는 방법이기 때문에, 텍스트 좌측에 심벌, 주로 도로번호 심벌이나 기호 심벌이 존재하고, 그 심벌의 blob들이 SWT 과정에서 일부가 제거되지 않게 되면, 제거되지 않은 일부 blob이 포함된 텍스트 세그먼트가 검출되는 문제가 발생한다. 이러한 단점을 해결하기 위해서는, IRBP를 적용하기 전에 심벌 blob을 효과적으로 미리 제거하거나, 혹은 검출한 텍스트 세그먼트의 후처리 과정을 통해서 해결하여야 한다. 복구 과정을 고려하여, 후자의 방식을 구현하고 평가하였다.

(3) 검출 텍스트 세그먼트의 후처리

[그림 2-125]은 IRBP에 의해 검출된 텍스트 세그먼트들 중 후처리가 필요한 사례를 보여준다. 그림 (a)에서 보듯이 IRBP는 영문 텍스트 세그먼트, 국문 테스트 세그먼트, 국문/영문 혼재 텍스트 세그먼트의 구분 없이 모두 검출한다. 왜냐하면, 한글문자 템플릿 기반 방법에서는 텍스트 blob 집합에서 한글 자소 blob을 솎아내는 과정이 있지만, IRBP에서는 한글과 영문 blob의 구분 없이 텍스트 라인을 공유하는 텍스트 blob를 모두 그룹핑하여 텍스트 영역을 찾기 때문이다. 따라서, 국문지명만을 인식하기 위해서는 검출한 텍스트 세그먼트의 영문 여부를 판단하고, 영문 텍스트인 경우에는 이를 인식 대상에서 제외시켜야 한다.

또한, 국영문 혼재 텍스트 세그먼트에 대해서는, 우선 국영문 혼재 텍스트 세그먼트 여부를 확인하고, 혼재 텍스트 세그먼트인 경우에는 일반적으로 영문이 국문의 오른편에 위치하므로, 후미에 위치한 영문 텍스트 영역을 제거하여 왼편에 위치한 국문 텍스트를 추출하여야 한다.

그림 (b)는, “풍무중학교”와 “Yuheon P. school”과 “Pungmu M. School“의 영문 텍스트가 서로 겹쳐진 두 텍스트 세그먼트로 검출된 사례를 나타냄. 이러한 경우는 국문지명과 위/아래의 영문 텍스트와 인접하게 위치한 경우에 발생하는데, 이는 IRBP에서 신규 텍스트 세그먼트 생성 과정에서 위/아래에 인접하게 위치한 영문 blob이 추가되기 때문임. 이러한 겹쳐진 텍스트 세그먼트는 사후 처리 과정에서 서로 병합하고 분리함으로써, 별도의 텍스트 세그먼트로 분리해야 한다.

그림 (c)는 국문지명 앞에 도로번호 심벌이 위치하여, 도로번호 심벌 전부 혹은 일부가 텍스트 세그먼트에 포함되어 검출되는 경우를 나타낸다. 이 경우가 Tesseract OCR의 인식 실패를 유발시키는 대표적인 경우로서, 별도의 텍스트 세그먼트 후처리 과정에서 제거시켜야 한다.

그림(d)는, 서로 수평으로 위치한 두 세 개의 텍스트가 하나의 텍스트 세그먼트로 검출되는 경우를 나타낸다. 즉, “남공주IC“의 텍스트, “부여” 텍스트, “공주보” 텍스트가 아주 큰

하나의 텍스트 세그먼트로 검출된 경우이다. 이러한 경우는 국문, 영문 지명이 인접한 위치에 유사한 텍스트 라인을 갖게 배치된 경우에 발생한다.



(a) 국영문 혼영 및 영문 텍스트 세그먼트



(b) 수직으로 병합된 텍스트 세그먼트



(c) 심벌에 의해 부정확하게 검출된 텍스트 세그먼트



d) 근접하게 위치하여 묶여진 상태로 검출된 텍스트 세그먼트

그림 2-125 IRBP에 검출된 텍스트 세그먼트 예

IRBP 과정을 통해서 검출된 텍스트 세그먼트로부터 국문지명 세그먼트만을 성공적으로 선별하기 위해서 텍스트 세그먼트 후처리 및 필터링 알고리즘을 Matlab으로 구현하였으며, 플로우차트는 [그림 2-126]과 같다.

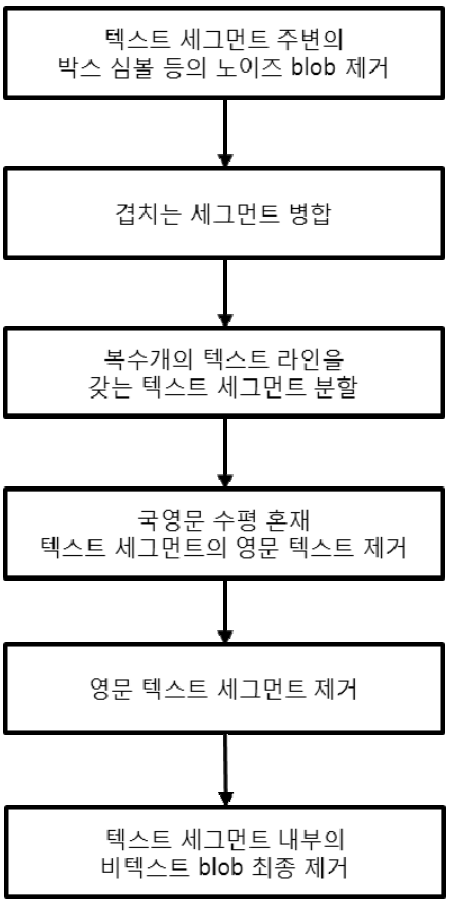


그림 2-126 텍스트 세그먼트 사후처리 알고리즘의 플로우차트

(4) 텍스트 세그먼트의 노이즈 blob 필터링

[그림 2-127]에서 볼 수 있듯이, 주변의 박스 혹은 테두리의 blob이 텍스트 세그먼트에 포함되는 경우가 발생한다. 이 경우는, “Seoul“, “김포시청” 의 두 텍스트간의 텍스트 라인을 사용하여 두 텍스트 세그먼트를 분리하는 과정을 종종 훼손시킨다. 따라서, 텍스트 세그먼트 가장자리 주위에 위치한 blob 중에서 특정 조건 (좁은 폭을 갖는 긴 높이를 갖거나, 작은 높이를 갖는 폭이 크거나, 혹은 박스 모서리 부근에 위치하여 바운딩 박스 대비 픽셀 갯수가 일정 값 이하인 경우)을 만족하는 blob을 필터링하는 휴리스틱을 사용하여 해당 blob들을 제거한다.



그림 2-127 텍스트 세그먼트 사후처리 알고리즘의 플로우차트

(5) 겹치는 텍스트 세그먼트의 병합 및 분리

IRBP에 의해, 상하 간에 인접한 텍스트 세그먼트가 겹쳐진 형태로 검출되기도 한다. 특히 [그림 2-128] (a)처럼, 위 아래로 인접한 국문과 영문 텍스트의 경우에 적지 않게 발생한다. 겹쳐진 텍스트 세그먼트로부터 정상적인 텍스트 세그먼트를 추출하기 위한 방법으로서, 선(先)병합 후(後)분리 방식을 사용한다. 일반적으로 겹쳐진 텍스트 세그먼트는 동일 단어에 속하는 blob들이 두 텍스트 세그먼트로 나눠진 형태이므로, 이를 하나의 텍스트 세그먼트의 blob으로 만들기 위해서는 그림(b)에서 보는 형태로, 먼저 겹쳐진 두 세그먼트를 병합하여야 한다.

병합한 텍스트 세그먼트에 대해서, 2개 이상의 텍스트 세그먼트로 분리하여야 하는데, 이때 텍스트 세그먼트 간의 간격(spacing), 그림(b)의 “Yuheon P. School”과 “풍무중학교”, “풍무중학교”와 “Pungmu M. School” 사이의 간격 유무를 활용한다. 텍스트 간 수직 간격 유무를 활용한 텍스트 세그먼트의 분리 과정은 다음과 같다.

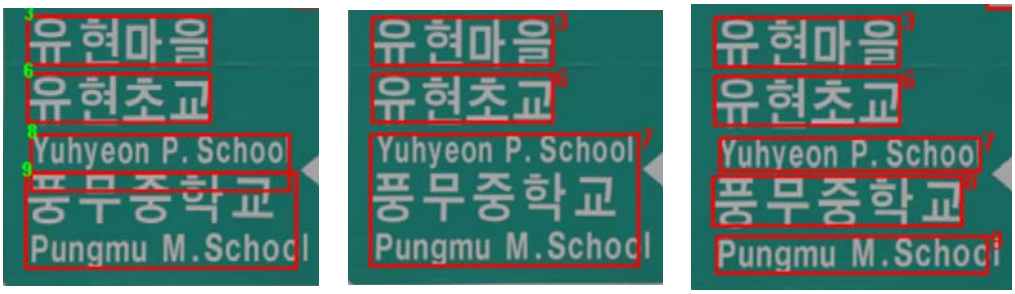
① 텍스트 세그먼트에 포함된 blob을 좌측 축으로 프로젝션하여 blob 개수의 히스토그램을 계산한다.

② blob 개수 히스토그램에서 연결요소 분석 기법을 사용하여 0인 구간, 즉 텍스트간의 수직 간격의 개수를 카운트 한다. (그림에서 두 구간이 존재함을 알 수 있음)

③ 해당 구간을 기준으로 텍스트 세그먼트를 분할한다.

④ 소속 blob을 분할된 텍스트 세그먼트로의 소속 여부를 결정하고, 분할된 텍스트 세그먼트의 정보, 즉 높이와 폭 등을 재설정 한다.

⑤ 모든 텍스트 세그먼트에 대해서, 국영문 혼재 여부를 확인하고 혼재로 분류된 경우에는 국문 텍스트만을 추출한다.



(a) (b) (c)

그림 2-128 겹친 텍스트 세그먼트의 병합과 분할

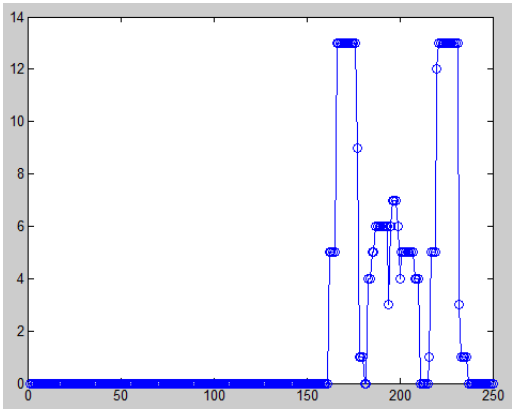


그림 2-129 blob 개수의 히스토그램
(x축은 그림 3-11의 높이방향(255 픽셀), y축은 blob의 개수 히스토그램)



그림 2-130 국문/영문 혼재 세그먼트 예시

[그림 2-130]에서 볼 수 있듯이, 도로표지의 국문/영문 표기법, 즉 국문 “매봉길” 이 영문 “Maebong-gil“ 보다 좌측에 먼저 등장하고, 영문 텍스트의 크기가 작고, 또한 알파벳 간의 간격이 한글의 문자간의 간격에 비해 작다는 특징을 활용하여 국영문 혼재 여부를 판단한다. 아래 두 가지 다른 휴리스틱으로 구현해서 비교 실험해 보았다.

첫 번째는, 수직 프로젝션으로 blob간의 간격, 소위 피치(pitch)를 검출하고, 급격한 pitch의 변동이 있는 경우, 그 변동이 적은 구간을 영문 텍스트로 간주하고 이를 제거하는 방법

두 번째는, 텍스트 라인을 공유하는 국문과 영문 텍스트의 경우에는, 영문 텍스트 높이가 국문 텍스트 높이에 비해 상대적으로 낮다. 이 점을 활용하여 텍스트 세그먼트의 우측 끝부터 대상 blob에 대해서, 영문 blob인지를 확인하고, 영문 blob 개수가 일정 개수 (4개) 이상인 경우, 해당 텍스트 세그먼트를 국영문 혼재 텍스트 세그먼트로 분류하고 해당 영문 부분을 제외시킨다. 텍스트 라인으로부터 blob의 바닥 높이가 세그먼트 높이의 60% 이내이고, 세그먼트 천정과 blob 천정과의 차이가 세그먼트 높이의 20% 이상인 경우에, 해당 blob을 영문 blob으로 간주한다.

(6) 영문 텍스트 세그먼트의 제거

최종적으로, 국문 텍스트 세그먼트만을 선별하기 위해서는, 국문과 영문 텍스트 세그먼트를 구분하여야 한다. 이를 위해서 다음 2가지 휴리스틱을 구현하여 테스트 하였다.

첫 번째는 영문 알파벳의 배치와 한글 문자의 초/중/종성 자소의 배치 차이를 활용하는 방법. [그림 2-131]에서 보듯이, “용곡공원”, “연화마을” 처럼 국문 blob은 초/중/종성 자소 중 하나이므로 blob이 상하로 위치해 있지만, 즉, ’ㅇ‘ 자소는 ’ㅛ’ 자소 위에 위치하지만, “Yonggok Park“, “Yeonhwamaeul“처럼 영문 blob들은 서로 수평으로 배치되어 있음. 이 점을 활용하여, 텍스트 세그먼트에 포함된 blob간의 상호 배치 정보를 확인하고 상하 배치가 존재하지 않는 경우에 영문 텍스트 세그먼트로 구분하고, 인식 대상에서 제외하였다. 만약 존재하는 경우에는 국영문 혼재여부로 분류하였다.

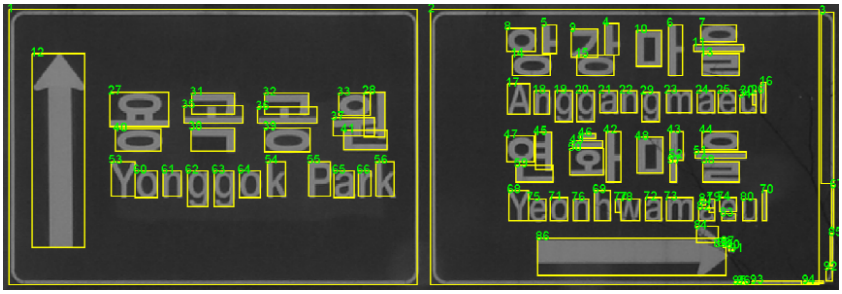


그림 2-131 한글문자 구성 blob과 영문 구성 blob의 배치 차이

두 번째는 텍스트 세그먼트에 소속된 blob의 개수 정보를 활용함. 상세히는 수평축으로 blob들을 프로젝션하고 연결요소분석을 통해서 연결요소 개수를 구하고, 텍스트 세그먼트의 폭에 비해 연결 요소 개수의 비율이 일정 값 이상인 경우에 영문 텍스트 세그먼트로 분류하고 제거하였다. “용곡공원” 의 경우, 수평축으로 프로젝션된 연결요소 개수는 4개인데 반해, “Yonggok Park“는 연결요소 개수가 11개이므로, 적절한 문턱치 값을 설정하면 영문 세그먼트의 제거가 가능하였다. 실제로 ” 가리시리 “의 국문 텍스트의 경우에는, 초성과 중성이 서로 상하 배치되지 않은 형태이므로 첫 번째 방법에서는 영문으로 간주되곤 하였다.

(7) 텍스트 세그먼트의 처리 요약

이상 살펴본 텍스트 세그먼트의 후처리 및 필터링의 단계별 결과를 [그림 2-132]에 나타냈다. 그림(c)에서 한글 텍스트인 “아산방조제” 가 아래에 위치한 영문 텍스트와 분리가 된 모습을 볼 수 있다. 또한, 그림 (d)에서 “성환”, “둔포” 의 한글 텍스트 우측의 영문 텍스트가 제거되었으며, “Anjung”, “Cheonam” 등의 영문 텍스트가 제외되었다. 하지만, “Asan”, “W. Phyeongtaek IC” 등의 영문 텍스트는 제거되지 않았다. 사후 처리 과정에서 제거되지 않은

영문 텍스트는 Tesseract OCR의 인식 결과를 활용하여 제거토록 하였다.



(a) 텍스트 blob (b) 텍스트 세그먼트 병합

(c) 텍스트 세그먼트 분할 (d) 국영문 혼재 및 영문 세그먼트 처리

그림 2-132 텍스트 세그먼트 후처리의 단계별 결과 영상

(8) IRBP의 성능 평가 (템플릿 기반 방법과 비교)

IRBP의 성능 개선 정도를 평가하기 위하여, 1차 년도에 사용한 60개의 도로표지 영상 데이터로 기존의 한글 템플릿을 사용하는 경우와 비교하여 성능을 평가하였다. 전반적으로, IRBP 방법 (일부 텍스트 세그먼트 후처리 미적용)으로 국문지명 검출 성능을 개선할 수 있음을 확인하였다. 총 60개의 도로표지 영상 중에서, 한글문자 템플릿 방법과의 검출 차이가 발생한 영상들을 선별하여 [표 2-29]에 도시하였다.

각 경우 별로 살펴보면, 아래 표 (c), (f) 경우처럼 동일 도로표지 영상 내에 텍스트의 크기가 서로 다른 경우, 예를 들면, (c)의 “천안종합운동장” 과 “평택” 텍스트의 크기가 매우 다르므로, 한글문자 크기의 매개변수를 사용하는 경우에는 두 텍스트 세그먼트의 검출이 용이하지 않음에 반해, IRBP 방법은 용이하게 검출하였다.

또한, (a)의 “서울세관“의 ’관’, (d)의 “청정리“의 ’리’, (i)의 “청주IC“의 ’청’, (k)의 “자양사거리“의 “사거리“ 경우처럼 국문지명의 좌우측 끝단에 위치한 한글문자를 검출하지 못하는 경우를 개선할 수 있음을 알 수 있었다. 기존 방법이 한글문자를 찾고, 검출한 문자를 단어로 병합하는 방식이었기 때문에, 한글문자 검출 단계에서 문자 검출이 실패한 경우에 복구가 어려운 점에 반해, IRBP는 blob을 텍스트 세그먼트에 점진적으로 추가하는 방식인 덕분에 우측 끝단의 문자 검출에 용이한 측면이 있다.

(m)과 (n)의 영상의 경우, 해상도가 낮기 때문에 “오창과학단지” 와 “천안”, “병천” 의 텍스트가 온전한 blob으로 추출되지 못함으로 인해 한글문자검출 단계에서 실패하게 되지만,

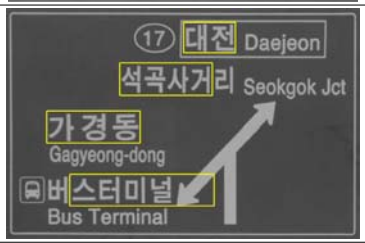
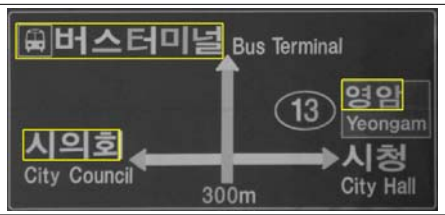
IRBP는 일부분이지만, 해당 국문 텍스트를 구성하는 blob이 존재하므로 용이하게 텍스트 세그먼트를 검출하였다.

(b), (g), (i), (n)의 영상에서 영문 텍스트 세그먼트가 제거되지 못한 이유는, 해상도가 낮음으로 인해서 영문 알파벳이 2-3개의 상하로 배치된 blob으로 검출되어서, 영문 세그먼트 제거 휴리스틱에 의해 제거되지 못했기 때문이다. (c), (d), (h), (i)의 영상에서, 예상했던 것처럼 좌측 심벌의 전부 혹은 일부가 국문 텍스트 세그먼트로 검출됨을 볼 수 있다. SWT 영상에서 심벌을 제거하기 위한 단순 휴리스틱을 적용하였으나 완벽히 제거되지 않았기 때문이다.

한편으로, 국문/영문 텍스트 세그먼트에서 영문 세그먼트를 검출/제거하는 두 가지 방법에 대해 실험한 결과, 국문/영문 텍스트의 높이 차이에 기반한 방법이, 수평 간격 즉 피치 차이를 사용한 방법보다 blob의 변동에 대해서 강건한 검출 성능을 보임을 확인하였다. 그 이유는, 도로표지의 공간 부족으로 인해 국문과 영문 텍스트가 인접하게 위치한 경우도 있고, 또한 텍스트 좌측과 우측에 박스 심벌의 일부분 blob이 존재하는 경우가 적지 않아서, 이런 경우에는 피치 검출의 오류를 유발시키기 때문이다.

표 2-29 IRBP 방법과 템플릿 기반 방법의 국문지명 영역 검출 성능 비교

	템플릿 기반 방법	IRBP 방법
(a)		
(b)		
(c)		
(d)		
(e)		

(f)	 강변북로 70 Gangbyeon Expressway (천호대교)	 강변북로 70 Gangbyeon Expressway (천호대교)
(g)	 목천 Mokcheon 천안 Cheonan 남S 북N 21 21 진천 Jincheon 병천 Byongcheon 독립기념관 Independence Hall	 목천 Mokcheon 천안 Cheonan 남S 북N 21 21 진천 Jincheon 병천 Byongcheon 독립기념관 Independence Hall
(h)	 17 대전 Daejeon 석곡사거리 Seokgok Jct 가경동 Gagyeong-dong 버스터미널 Bus Terminal	 17 대전 Daejeon 석곡사거리 Seokgok Jct 가경동 Gagyeong-dong 버스터미널 Bus Terminal
(i)	 36 조치원 Jochiwon 청주IC Cheongju IC 서현초등학교 Seohyeon Elementary School	 36 조치원 Jochiwon 청주IC Cheongju IC 서현초등학교 Seohyeon Elementary Schoo
(j)	 버스터미널 Bus Terminal 13 영암 Yeongam 시의회 City Council 300m 시청 City Hall	 버스터미널 Bus Terminal 13 영암 Yeongam 시의회 City Council 300m 시청 City Hall
(k)	 71 동서울터미널 Dongseoul Bus Terminal 자양사거리 Jayang Junction 한강공원 Hangang Park	 71 동서울터미널 Dongseoul Bus Terminal 자양사거리 Jayang Junction 한강공원 Hangang Park
(l)	 남영삼거리 Namyeong Jct 21 효창공원 Hyochang Park 서울역 Seoul Stn 21	 남영삼거리 Namyeong Jct 21 효창공원 Hyochang Park 서울역 Seoul Stn 21
(m)	 17 596 청주 Cheongju 오창 Ochang 508 508 오창과학단지 Ochang Science Complx	 17 596 청주 Cheongju 오창 Ochang 508 508 오창과학단지 Ochang Science Complx
(n)	 가락리 Garak-ri 21 천안 Cheonan 병천 Byeongcheon 596 508 596 오창과학단지 Ochang Science Complx 청주 Cheongju	 가락리 Garak-ri 21 천안 Cheonan 병천 Byeongcheon 596 508 596 오창과학단지 Ochang Science Complx 청주 Cheongju

(o)		

바. 문자영역 추출 기법의 성능 개선

국문지명 영역 검출 및 후처리 기법이 만족할만한 성능을 보였으나, 부분적으로 복잡한 레이아웃을 갖는 도로표지에 대해서는 국문지명 영역을 검출하지 못하거나 정확한 검출이 실패하는 경우가 발생하였다. 본 절에서는 이러한 부정확한 검출 사례를 분석하고, 이를 토대로 수행한, 검출률 개선 작업에 대해 설명한다.

(1) blob 구분/분류 과정의 개선

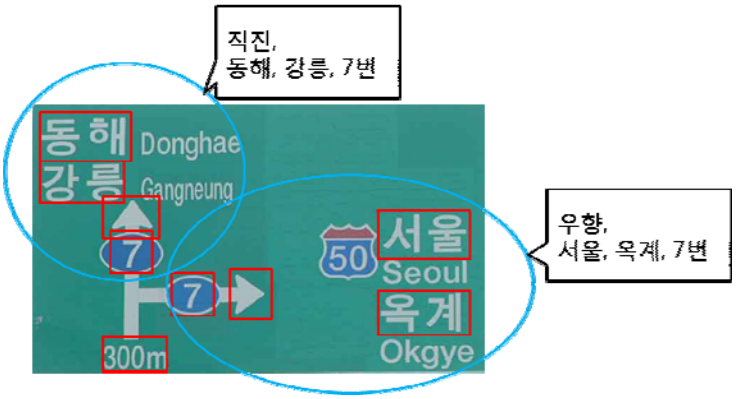


그림 2-133 추출 후 구분해야하는 정보

[그림 2-133]에 도로표지 영상에서 추출, 구분되어야 하는 항목을 도시하였다. 추출하여야 할 정보는 국문지명, 방향지시 심벌 (방향지시 화살표의 방향을 추출), 도로번호, 거리정보 등이다. 따라서 blob 추출 후 blob들을 구분 분류하여야 한다. 추출/구분하는 과정을 상세히 설명하면, 우선 SWT와 CCA(connected component analysis)를 사용하여 도로표지 영상으로부터 blob을 추출하고, 다음에 SWT 값과 폭/높이 등의 크기를 이용하여 방향지시 심벌 blob을 구분한다. 이후 방향지시 심벌과의 상대적 위치(방향지시 심벌 하단)와 간격을 토대로, 거리정보 blob을 분류한다. 도로번호 정보는, [그림 2-133]에서 보듯이, 방향지시 심벌에 포함되어 존재하는 도로번호 ('7')나 도로번호 심벌내의 도로번호('50 ')는, 텍스트 정보이지만, 텍스트 blob으로 구분하지 않고 별도의 도로번호 blob으로 구분 분류한다. 이후에 미분류되고 남은 blob 중에서 비텍스트 blob (박스 프레임 blob 나 노이즈 등)을 제거하고 남은 blob을 최종 텍스트 blob으로 분류한다. 텍스트 blob들에 한해서 IRBP를 적용하여 텍스트 세그

먼트를 추출하게 된다.

위에서 설명한 blob의 분류 과정 중에서, 도로번호 blob과 프레임 심벌 blob을 성공적으로 구분/분류하는 것이 국문지명 영역 검출에 중요하다. IRBP 기법 (좌측 가상의 y축을 기준으로 blob을 투사하는 방식)으로 국문지명 영역을 검출하는 과정에, 주로 국문지명의 좌측에 위치한 프레임 심벌 blob이나 도로번호 blob의 전부 혹은 일부로 인해 국문지명 영역이 부정확하게 검출되는 사례가 발생하고, 최종적으로 국문지명의 Tesseract OCR의 인식률이 저하되기 때문이다.

모든 도로번호 정보는, [그림 2-135](a) (“송악IC” 좌측의 도로번호 심벌)에서 볼 수 있듯이, 외부의 프레임 심벌과 내부의 도로번호 숫자로 구성되어 있으므로, 도로번호 blob과 프레임 blob을 판별하는 휴리스틱을 간단히 다음과 같이 구현하였다. blob 간의 포함 여부를 체크하고 내부의 blob을 감싸서 포함하는 blob은 프레임 심벌 blob으로, 포함되는 blob은 도로번호 blob으로 구분하여 텍스트 blob 집합에서 미리 제거한다. 포함 여부는 blob의 바운딩 박스 (상하좌우 끝단의 픽셀 위치에 기반)를 기준으로 판단토록 하였다.

하지만, [그림 2-135]에서 볼 수 있듯이, 텍스트 blob이 도로번호 blob으로 오분류(붉은색으로 표시)되는 경우 발생하였다. (a)는, 국문지명의 텍스트 blob들이 유실되는 경우로서, “엑스포과학공원”의 글자 ‘과’의 ‘ㄱ’이 각각 프레임 심벌 blob과 도로번호 blob으로, 글자 ‘원’의 ‘ㅇ’이 각각 프레임 심벌 blob과 도로번호 blob으로 오분류 되었다. 이는 도로표지 영상 자체의 낮은 해상도로 인해서 ‘과’ (‘궈’)의 모음자소가 하나의 blob으로 검출되어 ‘과’ (‘궈’)의 바운딩 박스에 ‘ㄱ’ (‘ㅇ’)이 포함되기 때문에 발생하였다.

유사한 사례의 오분류를 해결하기 위해서, 낮은 해상도에 의해 도로번호 프레임 심벌 blob로 분류되는 텍스트 blob 그룹을 구분하기 위해서 다음과 같은 휴리스틱을 사용하였다. 바운딩 박스 면적 대비 blob의 구성 픽셀 개수의 비율을 계산하고, 그 비율이 일정 문턱치 이하인 경우에만 프레임 심벌로 구분토록 하였다. 테두리 형태의 프레임 심벌은 그 비율이 텍스트 그룹 blob에 비해 현저히 작은 값을 가지기 때문에, 간단하지만 효과적인 구분 성능을 보였다.

한편, (b)는 방향지시 심벌 내부에 포함된 도로번호 blob을 구분하기 위해서 사용한 휴리스틱에 의해, 도로번호 blob으로 오분류 된 텍스트 blob을 나타낸다. 방향지시 심벌의 바운딩 박스에 포함되는 “대전역”의 ‘역’과 “청주”의 ‘청’ 글자, 그리고 “송악IC”의 ‘C’가 모두 도로번호 blob으로 분류되어, 국문지명 영역 검출의 오류를 초래하는 경우이다. 위의 오분류 문제는, 단순히 바운딩 박스를 기준으로 포함여부를 확인하기 때문에 발생하는 문제이다. 이를 개선하기 위하여 방향지시 심벌에 한해서, 실제로 도로번호 심벌의 형태처럼 폐곡선 형태로 둘러싸고 있는지 여부를 확인토록 휴리스틱을 구현하였다. 두 blob (A와 B)에 대해서, 내부에 위치한 blob A를 상하(좌우) 방향으로 이동하고, 이동된 blob과 blob B와의 교집합 여부를 확인하고, 상향과 하향 방향 모두 교집합이 존재하거나 좌우 방향 모두 교집합이 존재하는 경우에 한하여 blob A를 도로번호 blob으로 분류한다. 상하좌우 4 방향 모두에 대

해 교집합을 체크하지 않는 이유는, 낮은 해상도로 인해 도로번호를 둘러싼 방향지시 심벌의 폐곡선 부분이 끊어져 검출되는 경우가 적지 않기 때문에 이를 감안하기 위함이다.

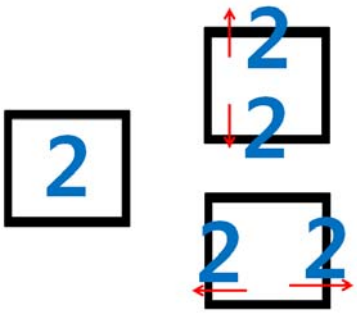
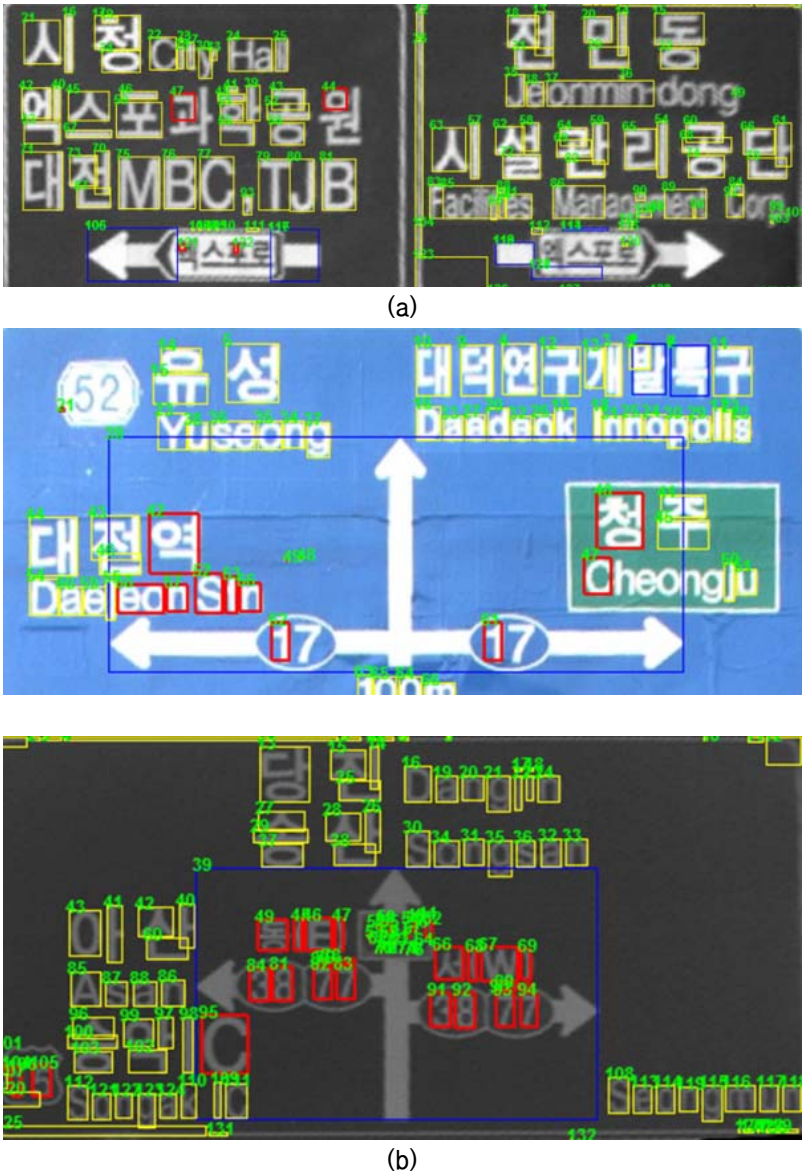


그림 2-134 blob의 포함여부 확인



(a)

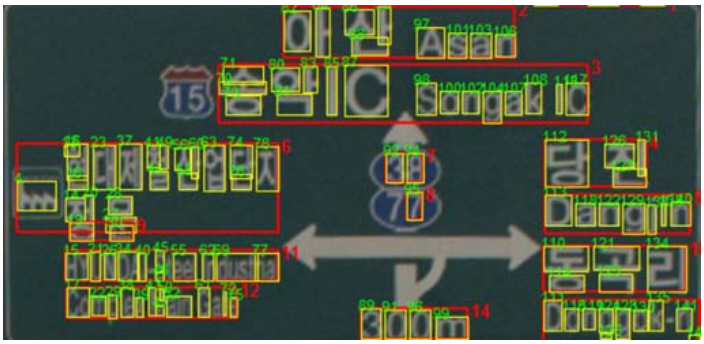
(b)

그림 2-135 바운딩 박스를 사용하여 발생하는 blob 분류 실패 사례

(2) 좌측 심벌에 의한 검출 왜곡 사례의 개선

[그림 2-136]은 국문지명 좌측에 위치한 도로번호 심벌 혹은 지역 심벌 전부 혹은 일부가 텍스트 세그먼트에 포함되어 검출되는 경우를 나타낸다. 이러한 형태가 국문지명 영역의 부정확한 검출 사례의 대략 60% 정도를 차지한다.

[그림 2-136](a)의 경우는, “현대제철산업단지” 좌측에 위치한 공단 심벌이 비텍스트 blob 제거 과정에서 제거되지 않으면서, IRBP의 처리 과정에서 텍스트 세그먼트 (아래 “정문” 텍스트와 한 묶음으로 처리됨)로 포함된 경우이다. 이렇게 텍스트 세그먼트가 검출되면, Tesseract OCR의 한글 문자의 인식 과정을 방해하여 엉뚱한 단어로 인식된다. 또 다른 사례로서, (b)의 경우에는, “유성온천”의 국문지명을 둘러싸고 있는 박스 심벌 blob의 일부분이 필터링 과정에서 제거되지 못해서, 왜곡된 영역 (“유성온천” 국문지명 아래의 영문 텍스트가 포함됨)이 검출된 경우이다. 얼핏 보기에 Tesseract OCR의 인식 과정에 큰 영향을 미치지 않게 보이기도 하나, Tesseract OCR은 비텍스트 blob이 존재하는 경우에 성능이 매우 취약하므로, 이러한 사례를 줄이기 위하여 텍스트 세그먼트 후처리 방법을 추가 개선하였다. 다음 두 가지의 방법을 추가하였다.



(a)



(b)

그림 2-136 좌측 심벌 blob 제거 실패에 의한 국문지명 영역 검출의 실패 사례

(3) 프레임(frame) blob의 사전 구분(pre-labeling)

IRBP는 텍스트 blob만을 대상으로 텍스트 세그먼트 영역을 검출하므로, 도로번호나 지역

심벌을 둘러싼 프레임 blob을 별도로 “프레임 심벌 blob”으로 분류하여, IRBP 과정에서 텍스트 blob으로 포함되지 않도록 미리 제거하였다.

프레임 심벌 blob으로 분류되는 조건은 내부(interior) 영역에 blob을 포함하고 있으며, blob을 둘러싼 bounding 박스의 면적 (=가로*세로) 대비 blob의 픽셀 개수의 비율이 일정 값 이하이어야 한다는 것이다. 프레임 심벌 blob은 얇은 띠 형태를 갖고 있으므로 바운딩 박스의 면적대비 픽셀 개수 비가, 다른 텍스트 blob에 비해서 상대적으로 작다. 해당 비율은 실험적으로 0.29로 설정하였다. SWT 값이 텍스트 blob에 비해 작지만, 상대적으로 글자수가 많은 국문지명의 경우에도 SWT가 작은 값을 갖는 경우도 있어서, SWT를 기준으로 분류하는 방법의 성능은 좋지 않았다.

(4) 텍스트 세그먼트의 후처리 과정에서의 구분 제거

[그림 2-137]의 경우(“유성온천”과 “현대제철산업단지”의 검출된 두 국문지명 영역)에서처럼, 좌측의 비텍스트 blob으로 인해 두 텍스트라인의 텍스트가 하나의 텍스트 세그먼트로 간주되는 경우가 발생한다. 해당 텍스트가 두 텍스트 세그먼트로 분리되기 위해서는, 텍스트 세그먼트 사후처리 알고리즘의 플로우차트의 과정 중, “복수개의 텍스트 라인을 갖는 텍스트 세그먼트의 분할” 과정에서 좌측의 심벌 여부를 미리 확인하고, 확인된 경우에 이를 제거하는 단계를 추가하였다. 상세한 좌측 심벌 및 심벌 잔재 여부 확인 방법은 다음과 같다.

모든 텍스트 세그먼트에 대해 맨 좌측 blob에 대해, 비한글 텍스트 blob 여부를 확인하고 존재하는 경우 제거한다. [그림 2-137]에서 보듯이, “유성온천” 텍스트 세그먼트 내에 프레임 심벌의 잔재 blob는, 대부분 폭이 좁고 큰 높이를 가진다. 이를 국문 텍스트 blob과 구분하기 위해서, 가장 좌측에 위치한 blob의 폭이 일정 두께 이하인 경우에 이를 제거한다. 문턱치 값은 국문지명의 평균 높이의 30%로 설정하였다. 여기서 국문지명의 높이의 평균은, 검출된 텍스트 세그먼트 (도로표지 영상의 폭의 25% 이상의 너비를 갖는 텍스트 세그먼트만을 대상으로 한정)의 높이의 평균값으로 추정하여 사용한다. 초성 문자 blob의 폭이 좁고 길지 않은 한글 문자의 기하학적 특징을 활용하여 관광지 박스 프레임의 부분 blob이 효과적으로 제거된다.

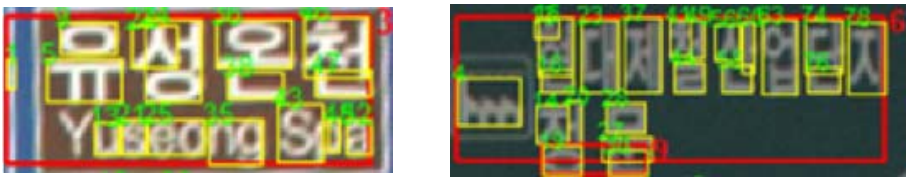


그림 2-137 좌측에 잔재하는 비텍스트 blob의 예

다음에는, 도로번호 blob ([그림 2-138](a)), 도로번호 프레임 박스 blob, 각종 상징 ([그림 2-138](b), 공항, 공단, 지하철, 명승지 등) blob의 포함 여부를 체크하고, 존재하는 경우 이를 제거한다. 일반적으로 도로표지 영상의 해상도가 충분한 경우에는 3.2.1절에서 설명한 과정에 의해서 도로번호 blob과 상징 blob은 IRBP 적용 전에 성공적으로 미리 분류된다. 하지만, 해상도가 낮은 경우에는, 테두리 blob이 두 개 이상의 끊어진 채로 blob 레이블링 되고, 이로 인해서 테두리 안의 상징이 텍스트 blob으로 분류되는 문제가 발생한다. 또한, 지방도와 시도 도로번호 심벌의 경우에는 SWT 과정에서 테두리 안의 도로번호가 하나의 연결된 blob으로 검출되지 않아서 자주 도로번호 blob으로의 선분류에 실패한다. 이렇게 텍스트 blob으로 분류되는 지방 도로번호와 상징 blob의 존재 여부를 확인하기 위해서 텍스트 세그먼트의 가장 좌측에 위치한 blob에 대해서, 바운딩 박스 면적 대비 픽셀 개수 비율, 즉 바운딩 박스내의 blob이 차지하는 면적 비를 계산하고, 해당 비율값이 큰 경우에 상징이나 지방도로 번호 심벌로 간주하고 제거하는 휴리스틱을 적용하였다. 휴리스틱의 근거는, [그림 2-138]에서 보듯이, 지방도와 시도의 경우는 옅은 바탕에 짙은 텍스트로 구성되어 있어서 SWT 적용 시에 바탕색을 차지하는 blob이 추출되게 되기 때문에, 그리고 상징 blob도 국문 텍스트에 비해 높은 면적 비율값을 갖기 때문이다. 그 비율값은 실험을 통해서 0.6으로 결정하였다. 실제로, ‘박’, ‘막’, ‘버’ 등의 국문지명의 초성 자소인 ‘ㅂ’와 ‘ㅁ’도 해당 면적 비율이 높으므로, blob의 높이가 텍스트 세그먼트 높이의 2/3이상 여부를 확인하는 과정을 추가하였다.



(a)고속도로, 일반국도, 지방도, 시도(일반)의 도로번호와 시도(자동차전용)



(b)공항, 공단, 지하철, 기차역, 온천, 명승지

그림 2-138 도로번호, 시도와 각종 상징

이상 설명한 면적 비율의 휴리스틱이 좌측의 심벌 blob의 제거에 실패하는 경우도 간혹 발생한다. 좌측 심벌 blob의 제거 성공률을 높이기 위한 다른 방법으로서, 선제거되지 않은 상징이나 도로번호 패턴 (도로유형 별)에 기반한 템플릿 매칭이 가능하다고 판단된다. 하지

만 패턴 매칭 방법은 검출하기 위한 심벌의 패턴을 모두 저장하고 있어야 하며 그 과정 또한 시간이 소요되는 단점이 있다. 또 다른 새로운 방법으로서 2차년도에 구현한 Tesseract OCR의 인식 결과의 신뢰도를 활용하여 국문/영문 텍스트 세그먼트를 구분하는 방법과 유사한 방식으로서, 모든 텍스트 세그먼트에 대해서 첫 blob 포함/불포함하여 Tesseract OCR로 인식하고 두 결과를 비교하여 좌측 심벌 blob 존재 여부를 확인하는 방식이다. 5절에서 그 가능성에 대해 검증하였다.

(5) 국문지명의 비정상적인 글자 간격의 처리

지방도로표지의 경우, [그림 2-139]의 경우처럼 국문지명 내의 글자 간 간격이, 같은 도로표지 상의 다른 국문지명의 글자 간 간격과 상이한 경우가 존재한다. [그림 2-139](a)는, 관광지명 등의 박스 프레임내의 지명, “월드컵경기장”과 “수원성지”가 프레임의 간격과 일치하게끔 작성되어 있어서 타 국문지명의 글자 간격보다 상대적으로 넓은 경우이다. (b)는, 위아래 위치한 국문지명인 “화랑유원지”, “안산글로벌다문화센터”, “단원구청”의 세 국문지명의 폭이 일치하도록 작성되어 각 국문지명내의 글자 간격이 서로 상이한 경우이다. 이러한 경우에, 허용치를 고려하더라도, 일정한 글자 간격을 파라미터 값으로 설정하여 IRBP를 적용하게 되면, “단원구청”의 국문지명은 ‘단’, ‘원’, ‘구’, ‘청’의 분리된 한글문자만을 얻게 되는 문제가 발생한다. (c)는 매우 비정상적인 지방도로표지의 예를 나타낸다. 도로표지 제작시에 “웅동”, “시청”, “여수세관”의 세 국문지명 내의 글자 간격의 제각각인 경우이다. 이처럼 지방도로표지의 경우에, 도로표지 규칙을 따르지 않아서이거나 도로표지의 레이아웃의 특이성으로 인해서 비 균일한 글자 간격을 갖는 도로표지의 경우에, IRBP 과정에서 국문지명 영역을 온전히 포함하는 텍스트 세그먼트를 검출하지 못하고, 글자별 혹은 글자 그룹별로 분리된 텍스트 세그먼트가 검출되는 문제가 발생한다.

위의 문제를 해결하기 위해서, IRBP의 blob 투사 시의 병합 조건을 수정/보완하는 방식보다, 검출된 텍스트 세그먼트 차원에서, 텍스트 세그먼트간의 병합 여부를 판단하게끔 텍스트 세그먼트 후처리 과정을 수정/보완하였다. [그림 2-140]은 추가한 과정의 흐름도이다.



(a)

(b)

(c)

그림 2-139 문자간 간격이 균일하지 않은 도로표지 예

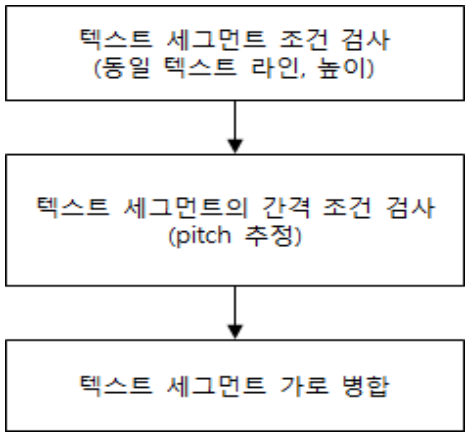


그림 2-140 텍스트 세그먼트 병합 알고리즘의 플로우차트

상세히는, 우측에 위치하고 텍스트 라인 (일정 범위까지 포함)이 일치하는 텍스트 세그먼트를 우선 검색한다. 조건이 맞는 텍스트 세그먼트에 대해서, 텍스트 세그먼트 간의 허용 간격 이내인지를 판별하고, 만족하는 경우에 하나의 텍스트 세그먼트로 병합한다. 많은 경우에는 텍스트 세그먼트의 높이 대비 120% 이내의 허용 문턱치를 사용하면 무리 없이 병합되는 것을 확인하였다.

또한, 한 글자로 분리되는 경우이외에도, [그림 2-141]의 경우처럼, “서부경”, “찰서”로 그룹별로 분리 검출되는 경우도 고려하여야 하는데, 이때는 단순히 글자 높이 정보를 사용하는 것보다, 각 텍스트 세그먼트내의 글자 간격, 즉 피치(pitch) 정보를 추정할 수 있으므로,

이를 활용하여 두 세그먼트의 병합 여부를 확인토록 구현하였다. 실제로는 정확한 피치 값을 필요로 하지 않으므로, 텍스트 세그먼트 내의 최대 글자 간격으로 피치를 추정하였다. 추정 피치 값이 노이즈로 인해서 왜곡될 수도 있으므로, 해당 세그먼트 높이의 120%와 추정 피치 값 중 최댓값을 문턱치로 사용하였다. [그림 2-142]는 피치 정보를 활용한 병합 과정의 예시이다. 즉, 텍스트 세그먼트의 높이의 120%를 벗어나는 글자 간격인 경우, 두 세그먼트 내의 피치 정보를 추가적으로 사용하여 병합의 가능성을 높일 수 있음을 나타낸다.



그림 2-141 글자간 간격이 일정치 않은 예

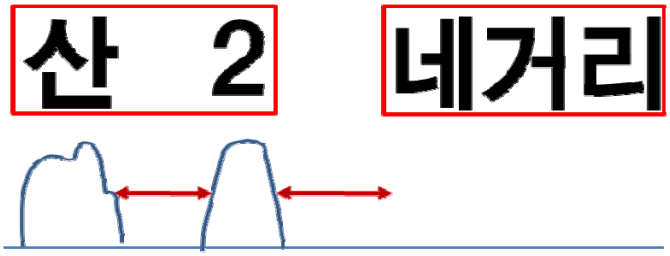


그림 2-142 텍스트 세그먼트내의 피치를 이용한 병합 예시

(6) IRBP의 텍스트 세그먼트 검출 개선

IRBP에서의 blob 투사 과정에서, 한글 문자의 기하학적 특성 (초성자음, 중성모음, 종성자음의 상대적 위치)을 사용하여 매 blob마다 현재 프로젝션중인 텍스트 세그먼트로의 포함여부를 결정한다. [그림 2-143] (IRBP의 세부적인 플로우차트 일부)에서 볼 수 있듯이, 현재 blob을 하나의 텍스트 세그먼트에 포함할지의 여부를 판단할 때에, 포함 시 텍스트 세그먼트의 ” 높이 “그리고 포함할 경우의 텍스트 세그먼트에 기포함된 blob(들)과의 ” 한글 문자의 기하학적 특징 일치 “ 여부를 판단한다. 상세히는, 일반적인 ” 높이 “ 문턱치 기준을 설정하여 상하로 위치한 복수 개의 텍스트 세그먼트들이 하나의 텍스트 세그먼트로 검출되지 않도록 하다. 또한, 현재 blob과 수평 방향으로 겹치지 않는 텍스트 세그먼트에 대해서는, 새로운 신규 텍스트 세그먼트를 생성하여야 할지 아니면 기존의 텍스트 세그먼트에 추가하여야 하는지를 체크하여야 하는데, 추가 시 기존의 blob들 (대부분 텍스트 세그먼트 최 우측에 위치한 blob들을 대상)과의 배

치가, [그림 2-143의 한글 문자의 기하학적 배치 특징에 부합되는지를 확인하여야 한다. 그렇지 않으면, 특히 프레임 blob 등이 포함되어서 텍스트 세그먼트의 영역이 정확히 검출되지 않는 경우가 발생한다. 또한, 한글 문자의 기하하적 특징 부합 여부를 확인하는 과정에 여러 파라미터가 필요하다. 그림 36에 IRBP에서 사용되는 파라미터의 일부를 도시하였다.

한글 문자 blob의 높이의 최소/최대와 폭의 최소/최대 허용치를 THRESHOLD_HEIGHT_RANGE와 THRESHOLD_WIDTH_RANGE로 지정하여 사용한다. 이처럼 초기 설정한 파라미터를 사용하게 되면, 도로표지에 다양한 크기의 혹은 규정에 맞지 않게 작성된 국문지명들이 존재하는 경우에 지정한 허용치 이상의 크기를 갖는 국문지명이 검출되지 않게 된다. 이와 같은 초기 파라미터 허용치에 따른 문제를 줄이기 위해서, 텍스트 세그먼트를 검출한 이후에 검출된 텍스트 세그먼트의 높이의 정보, 예를 들면, 평균 및 최대 높이를 사용하여 초기에 설정한 문자 크기 등의 파라미터 값을 재설정하고 IRBP 과정을 재수행하는 방식을 채택하였다. 실험 결과, 상대적으로 세로 높이가 큰 국문지명의 미검출 경우를 어느 정도 감소시킴을 확인하였다.

```
% general parameters
param.THRESHOLD_HEIGHT_RANGE    = [20, 64];
param.THRESHOLD_WIDTH_RANGE     = [18, 64];
param.THRESHOLD_AREA = param.THRESHOLD_HEIGHT_RANGE(1) *
param.THRESHOLD_WIDTH_RANGE(1);
param.THRESHOLD_HANGEUL_HW_RATIO  = [0.80, 2.10];
param.THRESHOLD_COLUMN_HW_RATIO   = 1.18;     % the ratio of height to
width
param.THRESHOLD_ROW_HW_RATIO        = 0.75;      % the ratio of height to
width
% parameters used in function of removeNonTextBlobs
param.CHAR_ADJACENT_WIDTH_DISTANCE_RATIO = 1.00;
param.MARGIN_TEXT_LINE = 0.50;   % Text line is determined by examining
if either bottoms or tops of all components lie within 5% of the text height
param.ROAD_SYMBOL_AREA_THRESHOLD =
param.THRESHOLD_HEIGHT_RANGE(2)*param.THRESHOLD_WIDTH_RANGE(2);
param.ARROW_SWT_VALUE_THRESHOLD = 10;
% parameters used in functions of classifyTextBlobs_detectSegments_new2
param.DIST_HORIZONTAL_BTW_CHARACTER_PIXELS =  24;
param.DIST_VERTICAL_BTW_COMPONENT_PIXELS  = 10;
param.DIST_HORIZONTAL_BTW_COMPONENT_PIXELS = 10;
param.NUM_BLOBS_TESTED_IF_CLOSEST = 5;
param.THRESHOLD_RATIO_OVERLAPPING_BTW_BLOB_SEGMENT = 0.3;
% parameters used in function of  classifySegments_new
param.upperbound_ratio_space_above_textline = 0.60;
param.lowerbound_ratio_space_under_topline = 0.17;
param.upperbound_ratio_height_Englishblob_to_textsegment  = 0.75;
param.lowerbound_dot_size  = 33;   % to eliminate of the dot blob of "i", and
"j" except '흉' .
...
```

그림 2-143 IRBP에서 사용되는 파라미터
(도로표지 영상의 세로를 250픽셀로 정규화한 경우)

(7) 국문지명 영역 검출 성능 평가

총 368개의 도로표지 영상 데이터를 사용하여, 3차년도에 수정/보완한 국문지명 검출 알고리즘 (IRBP 기법과 텍스트 세그먼트 후처리 기법 포함)의 검출 성능을 정량적으로 평가하였다. 최종 검출 성능 결과는 [표 2-30]과 같다.

표 2-30 국문지명 영역의 검출 결과.

사용된 도로표지 (개)	368	
좌측 심벌로 인한 부정확한 검출 (개)	35	
검출 실패 (개)	22	
검출 성공 도로표지 (개)	311	
도로표지당 검출 성공률 (%)	84.5	73.6, 2차년도 성능
총 대상 국문지명 (개)	1,744	
검출 성공한 국문지명 (개)	1,673	
국문지명당 검출 성공률 (%)	96.0	92.1, 2차년도 성능

총 368개의 도로표지 영상에서 도로표지에 포함된 국문지명 모두가 성공적으로 검출된 영상은 311개로서, 도로표지 당 검출 성공률은 84.5%이었다. 테스트 영상에 포함된 모든 국문지명에 대한 검출 성공률, 즉 국문지명 당 검출률은 96.0%이었다. 도로표지 영상의 복잡도와 포함된 국문지명의 수에 따라서 달라지겠지만, 테스트 영상은 평균적으로 4.6개의 국문지명을 갖고 있으므로, 도로표지 당 검출 성공률은 $0.96^{4.6} \approx 0.829$로서 실험 결과와 거의 일치함을 알 수 있다. 2차년도 결과와 비교해보면, 도로표지 당 검출 성공률은 73.6%에서 84.5%로, 국문지명 당 검출 성공률은 92.1%에서 96.0%로 개선되었다. 특히 모든 도로표지 당 1~2개 존재하는 좌측 도로번호/심벌을 갖는 국문지명의 검출성능이 개선됨으로 인해서, 도로표지 당 검출 성공률이 두드러지게 향상된 것으로 판단된다.

좌측 심벌을 효과적으로 제거하기 위한 휴리스틱으로 해당 경우의 검출이 예전에 비해 높아졌으나, 여전히 도로표지 당 검출 실패의 60%를 차지하고 있다. [그림 2-144]의 좌측의 심벌 (기차역, 관광지)로 인해 국문지명 영역이 부정확하게 검출된 사례를 나타낸다. 실제로는 국문지명을 검출하였다고 간주할 수도 있으나, 앞이나 뒤에 비문자가 포함된 경우에, 타 문자인식 솔루션에 비해 Tesseract OCR은 매우 민감하여 해당 국문지명의 오인식을 유발하므로, 이와 같은 경우는 모두 검출 실패로 간주하였다.

[그림 2-144]의 심벌은, 휴리스틱에서 사용한 바운딩 박스 대비 픽셀 수의 비율이, 한글 초성 자소, 예를 들면, “서울”의 ‘ㅅ’, “버스터미널”의 ‘ㅂ’ 등의 비율이 유사하므로, 제시한 휴리스틱으로 제거가 불가능하였다. 해당 경우의 심벌을 확인/제거하기 위해서는, 앞에서 언급했듯이, 도로표지에서 사용하는 심벌과의 패턴 매칭을 수행하거나, Tesseract OCR의 인식 결과를 사용하여 비문자를 확인 후 제거하는 과정을 수행해야 한다.





그림 2-144 전반부에 위치한 심벌이 함께 검출된 사례

성공적으로 검출된 영상, 부분 검출 혹은 미검출된 영상의 예는 [표 2-31]에 나타냈다. 지면 관계상 대표적인 총 28개의 사례만을 나타냈다. 국문지명 영역 이외에도 영문지명 영역이 함께 검출된 이유는, 국문지명 텍스트 세그먼트와 영문지명 텍스트 세그먼트를 협소한 조건의 휴리스틱을 사용할 경우에 국문지명 텍스트의 5% 정도가 유실되는 경우가 발생하여, 해당 휴리스틱의 조건을 완화(relaxation)하여 전단계에서 검출한 국문지명 텍스트 세그먼트가 온전히 유지되도록 설정하였기 때문이다. 함께 검출된 영문지명 텍스트는 Tesseract OCR의 인식 단계에서, 해당 텍스트의 영문과 한글 템플릿 기반 인식 결과의 각각의 확신도를 비교하여 영문지명으로 분류할 수 있으므로, 최종 출력 결과에 문제가 되지 않는다. 각 도로표지에 대한 검출 결과는 [표 2-31]에 주로 부정확한 검출 사례를 중심으로 나타냈다.

상세히 살펴보면, 심벌이 전혀 없이 국문지명만을 포함하고 있는 이정표지 (a)와 (b)의 국문지명은 용이하게 검출되었다. (b)의 경우, “신평면”과 “당진시”의 글자 크기가 상이함에도 불구하고 두 지명 모두 검출되었다. 이 형태의 도로표지에 도로번호와 방향지시 심벌이 추가된 형태의 도로표지인 (c)-(f) 경우에 대해서도 성공적으로 국문지명 영역이 검출되었다. 특히 (d)의 “서공주IC”와 (f)의 “송악IC” 좌측의 도로번호 심벌 (‘150’, ‘15’) 및 프레임이 제대로 구분되고 제거되어 국문지명 영역 검출에 지장을 초래하지 않았다. 중앙에 큰 2방향지시 심벌과 방향별 도로번호 심벌이 존재하는 형태의 (g)-(j)의 경우에도 국문지명 영역의 검출이 성공적이었다. (j)의 “동학사”의 국문지명 영역은, 이는 앞서 설명한 것처럼 면적 기반 휴리스틱의 한계로 인해, 심벌 부분이 제거되지 못했다. (n), (k), (y)의 도로표지도 같은 이유로 일부분이 부정확하게 검출되었다. 국문지명 및 각종 심벌이 많아서 상대적으로 레이아웃이 복잡한, 3방향 도로표지 (k)-(r)의 경우에는 일부 부정확한 검출 사례가 나타났다. (m)과 (q)의 경우는, 정방향 두 국문지명이 수평으로 영문과 나란히 작성되어 있으므로, 두 국문지명 (“시흥”과 “부천”, “도고”와 “대술”) 사이의 영문 (“Siheung”, “Dogo”)가 텍스트 세그먼트 후처리 과정에서 제거가 불가능하였다. 이런 경우의 처리도, Tesseract OCR의 인식 결과의 피드백을 활용하여 재확인하는 과정을 채택해야만 해결이 가능하다고 판단된다. 도시지역 3방향 도로표지인 (s)-(x)의 경우는 상대적으로 레이아웃이 정형화되어 있으므로, 국문지명 영역의 검출 성공률이 매우 높은 편이다. 좌측에 존재하는 도로번호나 심벌도 배치 형태가 일률적이므로, 도로표지의 해상도가 낮지 않으면, 제시한 휴리스틱에 의해 성공적으로

선제거되었다. (w)의 “화랑유원지”와 “단원구청”, (x)의 “대전”과 “논산”의 국문지명이 글자 간 간격이 타 국문지명보다 넓은 경우도, 2.3절의 휴리스틱으로 유실되거나 분리되지 않고 온전히 검출됨을 볼 수 있다. 도로표지 (y)-(aa)는, 시외곽/관광지용 프레임 박스 내에 있는 국문지명의 검출 사례로서, 상대적으로 검출 정확도가 낮은 편이다. 이는 박스 프레임의 일부분이 잔재해서, blob 처리 및 IBRP 적용 단계에서 국문지명 영역 검출을 왜곡시키기 때문이다. 이러한 문제를 해결하기 위해서 박스 프레임만을 우선 검출하여 해당영역을 선제거하는 방법이 필요하다고 판단된다.

표 2-31 도로표지 영상의 국문 지명 검출 사례

구분	사례	구분	사례
(a)		(b)	
	검출 성공		검출 성공
(c)		(d)	
	검출 성공		검출 성공
(e)		(f)	
	검출 성공		검출 성공
(g)		(h)	
	검출 성공		검출 성공

(i)	 검출 성공	(j)	 일부분 부정확 검출 (좌측 심벌 포함)
(k)	 일부분 부정확 검출 (좌측 심벌 포함)	(l)	 검출 성공
(m)	 일부분 부정확 검출 (영문지명 포함)	(n)	 일부분 부정확 검출 (도로번호 포함)
(o)	 검출 성공	(p)	 일부분 부정확 검출 (영문지명 미분리)
(q)	 검출 성공	(r)	 일부분 부정확 검출 (영문지명 포함)

(s)	 검출 성공	(t)	 검출 성공
(u)	 검출 성공	(v)	 검출 성공
(w)	 검출 성공	(x)	 검출 성공
(y)	 일부분 부정확 검출 (국문지명 일부 유실)	(z)	 일부분 부정확 검출 (좌측 심벌 포함)
(aa)	 검출 성공	(bb)	 검출 실패 (국문지명 영역 검출 실패)

사. 도로표지의 문자 인식

텍스트 추출 단계에서 도로표지 영상으로부터 분할 추출된 한글단어 영상의 인식을 위하여, 대표적인 오픈소스인 Tesseract[5]를 도로표지용 문자인식 솔루션으로 맞춤 튜닝 하였다.

문자인식 기술은 문서 인식, 명함 인식 등의 여러 상용화 제품이 있고, 또한 한글문자의 특징 추출 등의 디테일 알고리즘이 오픈된 기성숙(mature)된 기술이다. 따라서, 문자 인식 모듈을 자체 개발하는 방식보다는, 기존의 한글문자 인식을 지원하는 검증된 오픈소스 솔루

5) Tesseract, http://code.google.com/p/tesseract-ocr

션을 도로표지 맞춤형으로 보완/개선하고, 성능 개선 사항의 대두 시에 신규 특징 및 알고리즘을 추가 개발하는 방식으로 진행하였다.

(1) OCR 솔루션 조사

대표적인 OCR 솔루션[표 2-32]을 참고로, 무엇보다도 한글 인식과 학습 기능이 지원되어야 하는데, 이는 도로표지의 텍스트 폰트는 일반 문서에서 사용되는 텍스트 폰트와는 상이하고 무엇보다도 높은 인식률을 얻기 위해서는 학습 기능이 필수적이기 때문이다. FindReader는 현재 가장 뛰어난 인식률을 보이는 ABBYY사[13]의 상용 제품으로 한글 인식과 학습 기능을 함께 제공하는 유일한 오픈소스인 Tesseract를 채택하고, 성능 튜닝을 수행하였다.

표 2-32 OCR 솔루션

종류	한글 인식	학습 기능	비 고
Tesseract	O	O	-
OCRopus	X	X	Linux 플랫폼
GOCR	X	X	-
FindReader	O	X	ABBYY사 상용제품, 최고 인식률

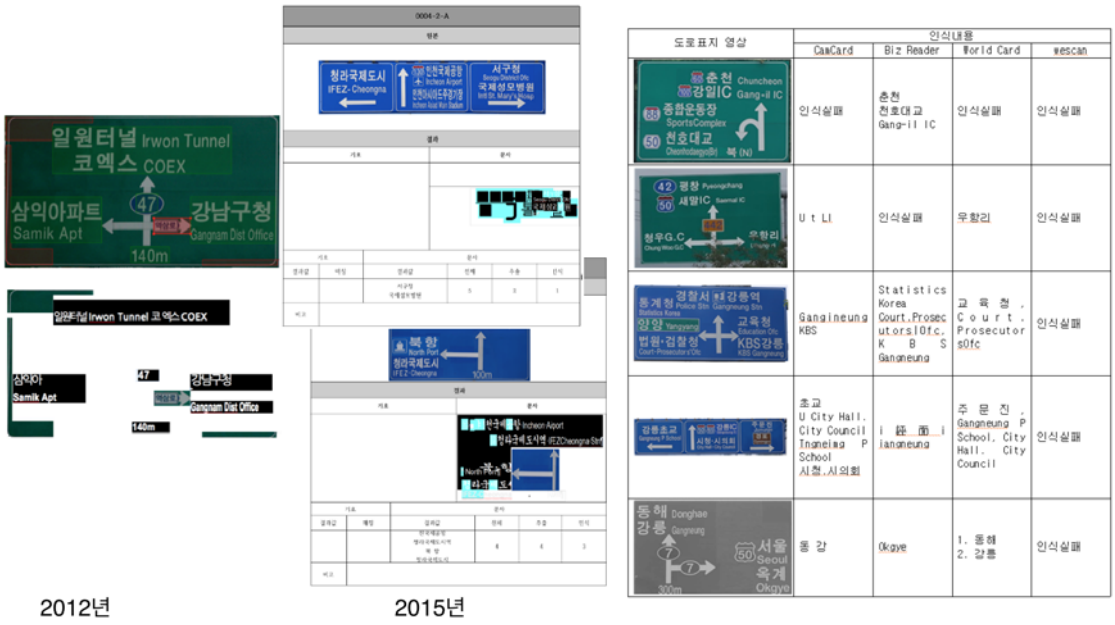


그림 2-145 FineReader(좌) 및 기타 OCR(우) 도로표지 문자인식 테스트

(가) Tesseract 개요

1985년부터 1995년까지 HP에서 개발을 진행하였으며, 현재 Google에서 호스팅 중인 Tesseract OCR은, 오랜 역사를 가진, 오픈소스 코드를 제공하는 문자인식 엔진으로

Tesseract 알고리즘은 1995년 UNLV 정확도 테스트에서 상위 3위 내에 드는 엔진이었으며 2006년 9월 Google은 OCR엔진의 디버깅을 지원하고 오픈소스로 공개하였다.

Windows, Ubuntu, Linux, Mac 등의 OS 플랫폼을 지원하며 C언어로 개발되고 있으며, 현재 VS2008버전의 코드를 다운받을 수 있고 영상처리를 위해 'Leptonica Image Processing Library'가 필요하다. 영어가 기본이며 타 언어 인식을 위해서는 학습 데이터를 자체 제작하여야 한다. [그림 2-1461은 Tesseract의 내부 블록도로써 타 OCR 엔진과의 가장 큰 차이는 문자의 윤곽선(shape)을 기준으로 유사도를 계산한다.

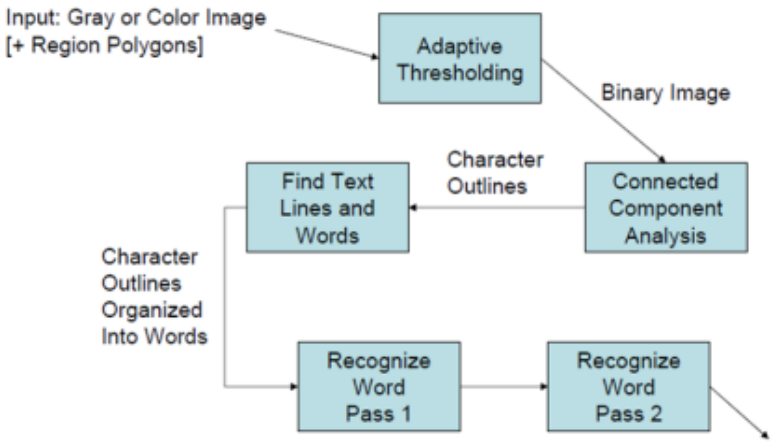


그림 2-146 Tesseract 내부 블록도

(나) Tesseract 인식률 검증

Tesseract를 본 연구의 OCR 솔루션으로의 사용 타당성을 검증하기 위해서, Tesseract (제공되는 default 학습 데이터 이용)의 한글 인식 성능을 검증하기 위한 작은 규모의 비교 실험을 수행하였다. 총 97개의 도로표지 영상에서, 수작업으로 한글단어를 세그멘테이션한 후, 해당 한글단어에 포함된 총 417개의 한글 문자에 대한 인식률을 조사하였으며, 실험에 사용한 한글단어 영상 샘플을 [그림 2-147], 인식률 결과는 [표 2-33]과 같다.



그림 2-147 테스트 샘플 한글단어 영상

표 2-33 문자 인식률 (FindReader와의 비교)

종류	검출 성공 문자수 /총 문자수	인식률(%)
Tesseract	172 / 417	41.2
FindReader	359 / 417	86.0

실험 결과 Tesseract의 경우, 문자의 방향(orientation)에 민감한 특성을 보이며 전반적으로 FindReader에 비해 인식률이 상당히 낮다. FindReader는 현재 최고의 문자인식 솔루션답게 상당히 높은 인식률을 보일뿐만 아니라 한글, 숫자, 영문이 혼재된 경우에도 적용 가능하고, 무엇보다도 인식 결과의 신뢰도 점수를 제공한다.

결론적으로, Tesseract를 채택하기 위해서는, (a) 도로표지 한글문자 폰트로 학습데이터를 구축하고 이를 토대로 Tesseract 엔진을 튜닝하여 성능을 현재보다 20-30% 이상 개선하여야 하며, (b) 텍스트 검출 단계로의 피드백 기능을 구현하기 위해서도, 인식 결과의 신뢰도 점수를 확보하도록 소스수정이 필요함

(다) Tesseract 학습 데이터 생성 및 학습 절차

Tesseract의 학습 데이터를 구축하기 위한 절차는 다소 복잡하다. 학습할 폰트의 문자들을 TIF 파일 포맷의 이미지로 변환하여 학습이미지 파일을 구성. 파일 이름 형식은 <lang>.<font>.exp<num>.tif인데, <lang>은 학습 시 사용할 문자열, <font>는 폰트 이름, <num>은 여러 이미지 파일로 학습 데이터를 구성할 경우 그 파일의 인덱스를 나타낸다. 이미지 파일에 여러 폰트를 혼용하지 않아야 한다.

구성한 학습 이미지 파일로부터 BOX 파일을 생성. Tesseract 모듈이 한글문자를 인식하게 하기 위해서는, 인식 단위를 정확히 지정하여야 한다. 예를 들면, “나”란 문자에서 “ㄴ”, “ㅏ”를 각각 인식 단위로 취급하는 것이 아니라 “나”를 하나의 인식 단위로 지정하여야 한다.

BOX 파일은 인식 단위의 문자들의 바운딩 박스 정보(좌측 하단이 (0,0) 좌표)를 갖고 있는 텍스트 파일로써 [그림 2-148]에서 푸른색 BOX가 Tesseract가 인식하는 단위가 된다. 학습 이미지 파일을 입력하면 자동으로 BOX 파일을 생성하지만, 한글이 조합 문자이기 때문에, 초성과 모음 자소가 서로 다른 BOX로 처리되거나, 두 문자가 한 BOX로 처리되는 경우가 적지 않게 발생하므로, 육안으로 한 글자씩 확인하고 BOX 파일을 수정하는 과정을 거쳐야 한다. “jTessBoxEditor”란 유틸리티를 이용하면 상대적으로 편리하게 수정 작업을 할 수 있다.

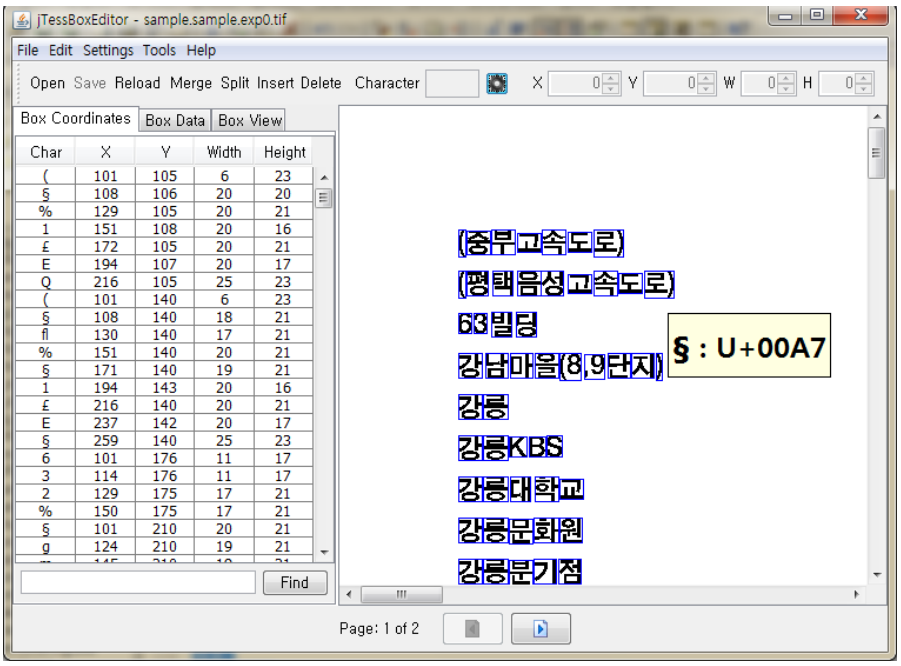


그림 2-148 BOX 파일 예시

① 수정한 BOX파일을 이용하여 Tesseract 엔진을 학습한다. 아래 명령으로 custoKOR.font.exp0.tr 파일과 custoKOR.font.exp0.text 파일이 생성된다. : tesseract.ext custoKOR.font.exp0.tif custoKOR.font.exp0 nobatch box.train

② unicharset 파일을 생성하며 Tesseract가 출력하는 가능한 모든 문자들의 집합을 생성하는 과정이다. : unicharset_extract.exe custoKOR.font.exp0.box

③ font_properties 파일을 생성. 이 파일은 Tesseract가 해당 폰트를 인식하였을 때, 출력할 폰트 스타일 정보를 포함한다.

④ 클러스터링을 수행. 모든 학습 이미지 파일로부터 모든 문자의 윤곽 특징을 추출한 후, 프로토타입(prototype)을 생성하기 위하여 클러스터링이 필요하다. Mftraining을 실행하면 inttemp 파일 (윤곽 특징의 프로토타입)과 pffmtable (문자별 기대되는 특징의 개수정보)가 생성 된다. Cntraining을 실행하여 normproto파일 (문자별 normalization sensitivity prototype)을 생성한다. : mftraining.exe -F font_properties -U unicharset -O custoKOR.unicharset custoKOR.font.exp0.tr : cntraining.exe custoKOR.font.exp0.tr

⑤ 생성된 파일명을 변경한다. unicharset, normproto, pffmtable, inttemp, shapetable 파일들을 “custoKOR.unicharset”, “custoKOR.normproto”, “custoKOR.pffmtable”, “custoKOR.inttemp”, “custoKOR.shapetable” 으로 각각 변경한다.

⑥ 단어 사전을 사용하기 위해서, 등록할 단어 리스트 파일 words_list(한 라인에 한 단어씩 저장)를 만들고, 아래 명령을 통해서 DAWG(directed acyclic word graph)파일 “custoKOR.word-dawg“을 생성한다. : wordlist2dawg words_list custoKOR.word-dawg custoKOR.unicharset

⑦ 위에서 생성한 파일을 병합해서 최종 학습 파일 “custoKOR.traindata” 를 생성하며

아래 명령어 마지막에 “.” 을 입력한다. : combine_tessdata.exe custoKOR.

이상의 학습 데이터 생성 절차는 상당히 번거롭기 때문에, Perl 스크립트 작성, 사용하여 일련의 작업을 batch형태로 수행할 수 있게 하였다. [그림 2-149]는 해당 Perl 스크립트이다.

```
while ($_ = readdir(DH)) {
    next if $_ eq "." or $_ eq "..";

    if (&getFileExtension($_) eq "tif"){
        #print "tesseract.exe ", $_, " " ,substr($_, 0, length($_)-4), "\n";
        $command = "tesseract.exe " . $_ . " " . substr($_, 0, length($_) - 4) . " nobatch box.train";
        !system($command) or die $_ . " box train error";
    }
    if (&getFileExtension($_) eq "tiff") {
        #print "tesseract.exe ", $_, " " ,substr($_, 0, length($_)-4), "\n";
        $command = "tesseract.exe " . $_ . " " . substr($_, 0, length($_) - 5) . " nobatch box.train";
        !system($command) or die $_ . " box train error";
    }


}
closedir DH;

my $box_ary="";
my $tr_ary="";
my $tmp = "";

opendir DH, "." or die "!!!\n";

while ($_ = readdir(DH)) {
    next if $_ eq "." or $_ eq "..";

    $tmp = substr($_, length($_) - 4, length($_));
    if ($tmp eq ".box") {
        #print $tmp . "\n";
        $box_ary = $box_ary . "$_ ";
    }
    if (&getFileExtension($_) eq "tr") {
        $tr_ary = $tr_ary . "$_ ";
    }
}
closedir DH;

$command = "unicharset_extractor.exe " . $box_ary;
!system($command) or die "unicharset error";

my @dataArray = split( /\./, $box_ary );
my $lang = $dataArray[0];

$command = "mftraining.exe -F font_properties -U unicharset -O " . $lang . ".unicharset " . $tr_ary;

!system($command) or die "mftraining error";
$command = "cntraining.exe " . $tr_ary;
!system($command) or die "cntraining error";
#$command = "wordlist2dawg.exe words_list " . $lang . ".word-dawg " . $lang . ".unicharset";
#!system($command) or die "dawg error";

system("ren inttemp " . $lang . ".inttemp");
system("ren normproto " . $lang . ".normproto");
system("ren pffmtable " . $lang . ".pffmtable");
system("ren shapetable " . $lang . ".shapetable");

$command = "combine_tessdata.exe " . $lang . ".";
!system($command) or die "combine error";

```

그림 2-149 Perl 스크립트 (과정 ③-⑨)

(2) Tesseract 성능개선 - 맞춤형 학습 및 단어사전

Default 학습 데이터의 Tesseract는 400여개의 도로표지 한글문자에 대해서 약 40%의 저조한 인식률을 보였는데, 이 정도의 인식률로는 실제 적용하기가 불가능하다. 따라서, 추후

Tesseract의 코드 수정이나 보완 없이 현재 Tesseract의 학습 기능과 옵션 기능을 사용하여 인식률 제고가 가능한지 실험하였다.

- 도로표지에서 사용되는 “산돌B” 폰트체로 학습 데이터를 생성하여 학습
- 학습 데이터 구축 과정에서 단어사전을 포함시켜 학습

KS 완성형 한글모음 2,350개 문자 중에서 지명에 등장하지 않을 것으로 추정되는 문자, 예를 들면, “뙈”, “웨” 등의 문자를 제외하고 남은 약 1,300개의 문자로 한글 학습 데이터를 구성하였다. [그림 2-150]에 산돌B 폰트체의 한글문자 학습 데이터를 표시하고, 이후에 2010년부터 고속도로의 도로표지에 사용되고 있는 “한길체”를 추가하여 학습 데이터를 구성하고자 한다.

한글문자의 학습 데이터를 구축하는 과정에서 주의하여야 할 사항은 다음과 같다.

① 문자를 하나씩 입력하여 수정하기는 많은 시간과 노력이 필요하고, box값을 잘못 입력 할 수 있으므로, jTessBoxEditor에서 제공하는 툴(Generatr Tiff/Box)을 이용하여 학습 이미지파일과 Box파일을 만드는 것이 바람직하다.

② 학습 이미지에서 문자사이의 간격이 좁을 경우 같은 Box로 설정되는 경우가 많이 발생하므로 스페이스바 한 번의 간격 (24pt 기준)을 두어야 한다.

③ 폰트가 너무 작거나 클 경우, 두 문자가 하나의 Box로 되거나 Box로 설정되지 않는 경우가 발생하므로 한글 문자의 적당한 크기에 따라 다르므로 사전 테스트 결과 폰트 크기를 24pt 설정하는 것이 Box 설정 성공률이 높았다.

④ 도로표지에 등장하지 않는 특수 문자와 영문 소문자는 제외하였으며, 예를 들면, “강릉IC“, “청송APT”, “남산3터널”처럼 영문 대문자와 숫자는 국문지명에 등장하므로 이는 학습 데이터에 포함하였다.

⑤ 학습 문자의 개수, 즉 인식대상 클래수의 개수가 많아질수록, 서로 유사한 형태의 문자가 많아지기 때문에 인식률이 낮아질 가능성이 높으므로 가능한 한 실제 등장할 문자만으로 학습 데이터를 구성하는 것이 바람직하다.

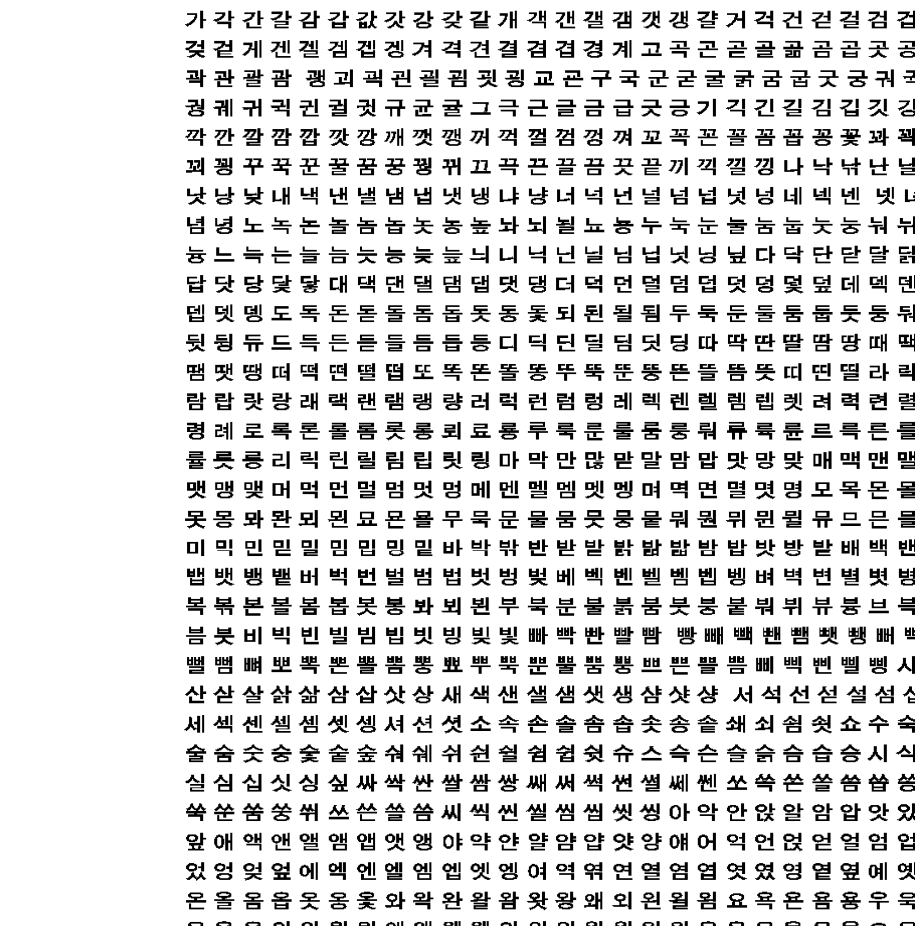


그림 2-150 한글 학습 데이터에 포함된 한글 문자 (산돌B 폰트)

Tesseract는 인식한 단어의 정확도를 높이기 위하여 단어사전 등록 기능을 제공한다. 수천~수만개의 단어 리스트를 사용자가 직접 등록함으로써, 한두 문자의 오인식에 의한 단어 오인식률을 낮출 수 있다. 상세히 설명하면, N개의 문자로 구성된 단어에 대해서 1~2개 정도 문자에 대해 오인식이 발생한 경우, 기등록된 단어사전을 검색/참조하여 오인식된 문자를 정정하는 후처리 과정을 통해서 단어 인식률을 높일 수 있다.

수천, 수만개의 등록된 단어를 빠른 시간내에 검색하기 위해서 단어를 DAWG(directed acyclic word graphs)의 자료 형태로 저장. [그림 2-151]은 CITIES, CITY, PITIES, PITY의 4개의 단어가 저장된 DAWG의 예이다. 그림에서 보듯이, DAWG 형태로 저장된 단어들은 트리 구조를 활용한 검색이 가능하다.

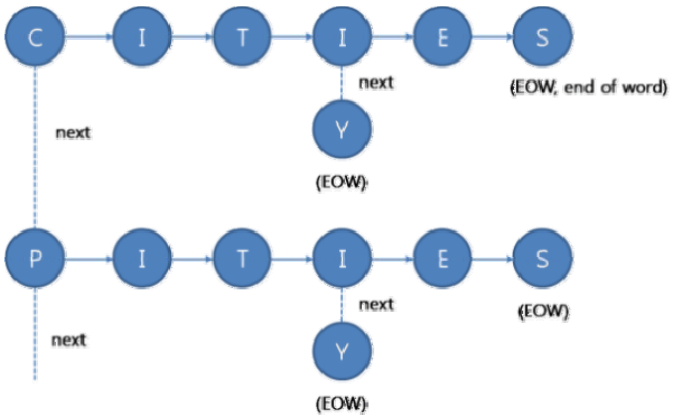


그림 2-151 DAWG의 예(cities, city, pities, pity)

인식 결과의 후처리과정에서 단어 사전이 사용되는 방식을, “강남구” 인 단어가 “강낭구” 로 오인식된 경우를 예로 설명하면 다음과 같다.

① 단어사전에서 “강낭구” 를 검색한다.

② 존재하지 않으면, 각 문자, 즉 “강”, “낭”, “구” 의 인식과정에서 높은 점수를 갖는 타 후보문자들 중에서 두 번째 랭킹의 문자인 “남” 로 대체한다.

③ 단어사전에서 “강남구” 를 검색하고, 존재함을 확인한다.

④ 해당 단어의 일치도 (문턱값 기준)가 만족될 때까지 다른 위치의 문자를 시도한다.

⑤ 도로표지의 특성상, 건물명, 도로명, 지역명 등의 단어로 구성된 단어 사전을 활용하는 경우, 단어의 일부분이 오인식되는 경우에 대해서는 매우 효과적인 인식률 향상 기법이라 판단된다. 다만, 유사한 단어가 많이 포함될수록 인식률 향상이 제한적이라는 보고가 있는데 이는 차후 사전 크기를 늘리면서 실험 분석할 필요하다.

성능 개선 정도를 파악하기 위해서, 아래의 2차 인식률 테스트를 실시하였으며. 1차 인식률 검증 실험과의 차이점은 아래와 같다.

① 최종 1,300여개의 한글문자로 학습데이터를 구성하였다. (1차 실험의 경우 약 400여개의 문자로 구성)

② 약 250개 한글 문자를 추가하여 테스트하였다.

③ 전국 소재 도로표지 중 무작위로 77개의 도로표지를 선택하고, 해당 도로표지에 등장하는 총 238개의 지명을 단어 사전에 등록하였다.

④ 선택된 77개의 도로표지 영상에서 한글단어를 세그멘테이션하여 테스트 영상을 구성. 인식률 테스트에 사용되는 한글 문자는 총 859개 이다.

⑤ 맞춤형 학습 데이터의 효과를 검증하기 위하여, (a) 기존 한글학습 데이터를 사용한 경우, (b) 1,300개의 학습 데이터(산돌B 폰트)를 사용한 경우를 비교 실험하였다.

⑥ 또한, 단어사전의 효능을 파악하기 위해서, (c) (b)+130개의 단어사전을 사용한 경우, (d) (b)+238개의 단어사전을 사용한 경우를 비교 실험하였다.

⑦ 몇 가지 테스트 샘플 이미지에 대한 각각의 인식 사례는 [표 2-35]에, 최종 인식률 결과는 [표 2-34]에 나타냈다. 상세한 결과 분석은 다음과 같다.

⑧ [표 2-22]에서 보듯이, 맞춤형 폰트를 사용함으로써 인식률이 높아지는 경우가 있지만, 전반적으로는 맞춤형 학습데이터를 사용한 경우의 문자당 인식률이 55%로서, 기존 학습 데이터 경우의 54%와 거의 동일한 결과를 보였다.

⑨ 단어 사전은 인식률 향상에 기여함을 확인하였다.

⑩ 단어사전 크기가 테스트 단어의 60%인 경우에는 60%의 인식률(약 5%의 인식률 향상)을, 테스트 단어의 100%를 등록한 경우는 67%의 인식률(약 12% 인식률 향상)을 보였다.

⑪ 대략적으로 한글 단어 인식의 경우, 단어사전에 의해 약 10% 내외의 인식률 향상이 가능함을 확인하였다.

표 2-34 한글 문자 인식률 비교

종류	인식성공 문자수 /총문자수	인식률(%)
기존 학습데이터	469 / 859	54.6
맞춤형 학습 데이터	477 / 859	55.5
맞춤형 학습 데이터+단어 사전 사용(60%)	519 / 859	60.4
맞춤형 학습 데이터+단어 사전 사용(100%)	575 / 859	66.9
맞춤형 학습 데이터+단어 사전 사용(100%) + “입력영상 정규화 적용”	619 / 859	72.0

오인식 사례를 분석함으로써, 인식률 향상을 위한 일환으로서, 영상 처리, 학습 데이터 구성 및 더 중요한 것으로 판단되는, Tesseract 내부 동작 매개변수 파악이 가능하다. 오인식되는 단어의 사례들을 분석하였으며, 그 예는 [표 2-35]에 나타내었다. 오인식 경우를 구분하면 크게 다음 3가지로 분류 할 수 있다.

① 2개의 텍스트라인으로 인해 오인식되는 경우 ([표 2-35]의 “야탑고등학교”, “양산농협”, “언양“)

② 한글 자소부분이 영문으로 오인식되는 경우 ([표 2-35]의 “광혜원”, “백수읍대전리”)

③ 유사한 문자로 오인식되는 경우 ([표 2-35]의 “서팽택”, “양정교차로”, “신설동역”)

위의 첫 번째 오인식 사례는, 주로 입력 영상의 크기가 큰 경우에 Tesseract의 페이지 레이아웃 과정에서 텍스트 라인을 복수개로 파악함으로 인해서 발생하는 것으로 확인되었다. 이 경우는 Tesseract 내부의 텍스트라인을 강제로 1로 설정함으로써 해결할 수 있을 것으로 판단된다. 따라서, 입력 영상을 적절한 크기로 정규화한다면 위와 유사한 오인식 사례를 줄일 수 있을 것으로 판단되어, 입력 영상 정규화(normalization)의 영향을 파악하기 위한 추가 실험을 수행하였다. 그 결과는 [표 2-34]의 마지막 행에 나타냈으며 단순히 이미지 정규화를 통해서도 추가적으로 5%의 인식률 향상이 가능함을 확인하였다.

결론적으로, 도로표지 글씨체로 재학습하고 단어사전 기능을 사용하고, 입력 이미지를 정규화하여 사용함으로써, 기존의 Tesseract의 한글단어 인식률을 약 17% 개선하여 최종적으로 72%까지 향상할 수 있었다.

표 2-35 한글 단어 인식 예

샘플 이미지	기존 학습데이터	맞춤형 학습데이터	맞춤형 학습데이터 +단어사전 (60%)	맞춤형 학습데이터 +단어사전 (100%)
	감릉찐믄횰	강룡KBS	강룡KBS	강룡KBS
	후앙샵거리	후암삼거리	후암삼거리	후암삼거리
	등서튤	몽서둘	몽서둘	몽서둘
	안얌오거리	안암오거리	안암오거리	안암오거리
	야헌교콧썰	아현교차로	아현교차로	아현교차로
	한국도예고교	한국드여I고교	한국드여I고교	한국드여I고교
	천마교차로	찬뎅I교눙I로	찬마교눙I로	천마교차로
	을지로줌흠갸	올지로S가	을지로3가	을지로3가
	앙샨!짭	앙산IC	양산IC	양산IC
	숑 폐문	숭 레문	숭 레문	숭 레문
	문앙교차모	쿤엉교자토	쿤엉교자토	쿤엉교자토
	돋국대학교 엎	등국대학교 엎	등국대학교 엎	등국대학교 엎
	대전샵기리	대전심기리	대전심기므I	대전삼거리
	광혜원	굉킁그II원	굉혜I원	굉혜I원
	광화문	광학문	광화문	광화문

표 2-36 한글 단어의 오인식 사례

샘플 이미지	인식 결과	샘플 이미지	인식 결과
	야EL돛I 납밖L등럭교		어O노 I희희틀
	빼또뎁눈트놀즐후묵벨룩홋울똘 적H늦밟I청I		얌정교차로
	혜읫2리		서펑댁
	굉혀I원		산설등역
	E A		땍수봅대잔티

(3) Tesseract OCR의 개선점 파악

Tesseract OCR은, 현존 상용 OCR 솔루션과는 다르게, “다항체 근사화(polygon approximation) 기법”을 사용하여 문자의 윤곽(shape)을 정규화 및 특징화하고, 기구축된 템플릿 데이터의 특징과 입력 문자의 특징의 매칭에 기반하여 유사도를 계산한다. 다항체 근사화 특징을 사용하기 때문에, [표 2-37]와 같은 형태의 인식 오류가 빈번히 발생한다. 즉, ‘ㅏ’, ‘ㅣ’, ‘ㅓ’, ‘ㅕ’, ‘ㅑ’, ‘ㅡ’, ‘ㅗ’, ‘ㅜ’, ‘ㅠ’, ‘ㅛ’ 등의 모음의 작은 획의 유무를 구분하기가 용이하지 않으며, ‘ㅎ’과 ‘ㅇ’, ‘ㄷ’과 ‘ㄹ’처럼 두 자음간의 오인식도 자주 발생한다. 이러한 오인식은 입력 영상의 해상도가 낮을 경우보다 빈번히 발생하게 된다.

표 2-37 Tesseract OCR의 오인식 패턴(작은 획 부분의 오인식)

분류	오인식 패턴
모음	‘ㅏ’, ‘ㅣ’, ‘ㅓ’, ‘ㅕ’, ‘ㅑ’
초성/종성	‘ㅡ’, ‘ㅗ’, ‘ㅜ’, ‘ㅠ’, ‘ㅛ’
	‘ㅁ’, ‘ㅇ’, ‘ㅂ’
	‘ㅎ’, ‘ㅇ’,
	‘ㄷ’, ‘ㄹ’, ‘ㅌ’

또한, [표 2-38]과 같은 오인식 사례도 자주 발생한다. “대전” → “DH전”, “나주역” → “L웨추역” 처럼 한글 문자가 영문 알파벳의 조합으로 인식되는 경우가 있다. 이는, Tesseract OCR이 “대”를 “ㄷ“와 ”ㅐ“의 2개의 다른 blob 대상으로 간주하여, 각 대상을 템플릿과 매칭 점수 측면에서 영문 알파벳과 유사하기 때문에 발생하는 경우이다. 이러한 오류 행태는 Tesseract OCR이 영문 알파벳 문자 인식용으로 개발되었기 때문이다. 즉, 영문은 ‘This is a

sample'의 문장에서 보듯이 알파벳이 상호 수평으로만 위치하며, '닭', '용'의 국문 단어에서처럼 알파벳이 상호 수직으로 배치되지 않는다. 따라서 [그림 2-152]의 예시에서 보듯이, Tesseract OCR은 국문 단어에 대해서, 수평으로 분리되는 단위를 기준으로 blob으로 간주하고, 해당 blob마다 인식 절차를 수행한다. 국문, 중문, 일문(Chinese, Japanese, Korean, CJK)의 문자를 인식하기 위해서, 기존에 있던 특정 Tesseract OCR의 내부 동작을 활용하여 영문 전용 Tesseract OCR을 확장하도록 수정 보완하였다[16]. 예를 들어 설명하면, '미사리'와 같은 국문의 경우에는 'ㅁ', 'ㅣ', 'ㅅ', 'ㅏ', 'ㄹ', 'ㅣ'의 blob들로 분리하고, 각각을 인식한 후, 각 blob의 묶음 단위를 새로운 blob으로, 즉, '미', '미ㅅ', '미시' 방식으로 재인식을 수행하고, 각 단계별 인식 결과를 비교하여 최종 인식 결과를 확정하는 방식을 채택한다. 글자 '닭'의 경우는 수평으로 분리되지 않으므로 첫 인식과정에서 하나의 blob으로 인식된다. 이하, [표 2-37, 38]의 오인식 패턴을 해결하기 위해 수행한 연구 내용에 대해 상세히 기술한다.

표 2-38 Tesseract OCR의 오인식 패턴(한글과 영문의 혼합)

오인식 패턴
'외발산' → '오l발산'
'대전' → 'DH전 '
'미' → 'DI'
'리' → '7l', 'El', ' 타 '
'시' → 'Al'



그림 2-152 Tesseract OCR의 한글 단어의 blob 구분 예

(4) Tesseract OCR의 인식 과정의 보완

국문 자소 blob 간주로 인한 한글과 영문 혼합 검출 문제의 해결 내용에 대해 기술한다. 이를 위해서는 Tesseract OCR의 내부적인 blob 인식 과정의 분석이 필요하였다. 2차년도에 수행했던 Tessearct OCR의 내부 동작 과정 중에서 blob당 인식 결과 및 이의 조합에 해당되는 C 소스 코드를 추가 분석하고 체계적으로 정리하였다.

(가) Tesseract OCR 단어 검출 과정 분석(C 코드 레벨에서)

[그림 2-153]은, Tesseract OCR의 인식과정에서 호출되는 C 함수의 호출 체인을 도시하였

다. Threshold(), SegmentPage() 등의 영상 처리 함수를 제외한, 단어 인식 과정에서 “주요한” 함수들의 기능에 대해서 아래에 간략히 기술하였다.

① chop_word_main() 함수

단어에 포함된 blob을 분류하고, 분류 결과에 대해 permute 과정(이하 permute_characters() 함수에서 상세히 설명)을 수행한다. 가장 거리 등급(distance rating, 이하 등급)이 나쁜 blob을 찾고 쪼개는(chopping) 과정을 수행한다. 높은 결과가 나올 때까지 모든 blob을 쪼개고 인식하는 과정을 반복한다.

여기서, 인식 대상 blob은 [그림 2-154]의 “만년네거리” 단어를 가정하면, 실제로는 5개 글자로 구성되어 있지만, 영문자를 토대로 개발된 Tesseract OCR은, ‘만’, ‘년’, ‘너’, ‘ㅣ’, ‘ㄱ’, ‘ㅓ’, ‘ㄹ’, ‘ㅣ’ 의 8개의 blob으로 간주하고, 각각을 대상으로 인식 과정을 수행한다.

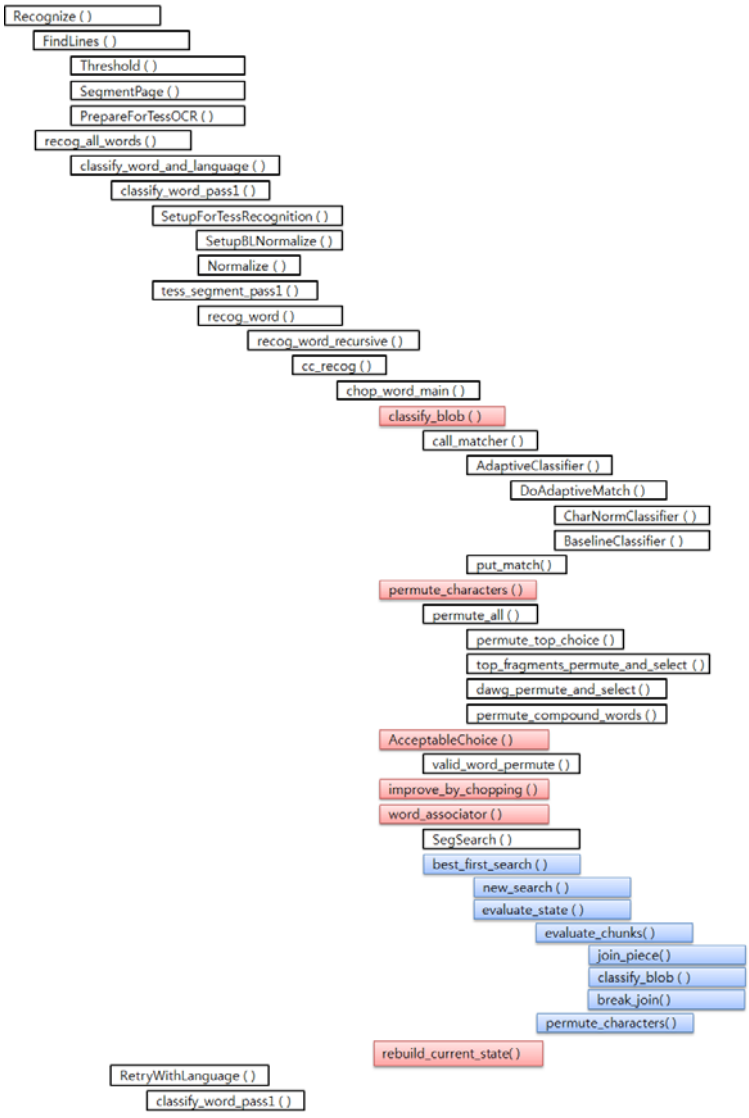


그림 2-153 Tesseract OCR의 C 함수 호출 체인



그림 2-154 단어 인식과정의 blob 예

② classify_blob() 함수

chop_word_main() 함수에서, 각 blob의 인식을 위해서 호출되는 함수이다. call_matcher() 함수를 이용하여 입력 blob을 한 문자(a character)로서 인식(recognition)을 시도하고, put_match() 함수를 사용하여 그 인식 결과의 등급을 blob 정보의 일부분으로 저장하고 반환한다.

③ call_matcher() 함수

필요시 blob의 방향(orientation)을 적절히 수행한 후, adaptiveClassifier() 함수를 이용하여 blob과 가장 잘 매칭 되는 결과를 반환한다. 도로표지 국문지명 영상에 적용하는 현 과제에서는, 인식 전 단계에서 방향 및 크기 정규화 과정을 수행하므로, 방향 보정 함수는 호출하지 않도록 설정하였다.

④ AdaptiveClassifier() 함수

doAdaptiveMatch() 함수를 사용하여 적응적 매칭(“적응적 매칭”은 Tesseract OCR에서 사용하는 용어로서, 여러 레벨에서의 특징의 정규화 과정을 이용한 매칭)을 수행한다. 반환 결과에는 매칭된 클래스의 개수, 클래스 ID, 및 등급 정보를 갖고 있다.

RemoveBadMatches() 함수를 사용하여, 매칭 클래스 리스트에서 일정 등급 문턱치(BestRating+pad)이하인 클래스는 제거하고, 등급 순서로 정렬한다. RemoveExtraPuncs() 함수를 사용하여, 작은 크기의 노이즈(speckle)로 인한 인식 결과를 제거한다. 주로 연속적인 2회 이상의 숫자나 punctuations이 그 대상이다.

⑤ CharNormClassifier() 함수

doAdaptiveMatch() 함수에서 호출되는 함수로서, Tesseract OCR의 인식 과정의 핵심인 “적응적 매칭”을 수행한다. 우선, 입력 blob을 대상으로 GetCharNormFeatures() 함수를 사용하여 다각형 근사화를 이용하여 특징(character normalized feature)을 추출한다.

PruneClasses() 함수와 MasterMatcher() 함수를 호출하여, 추출한 특징과 기존의 학습 데이터 템플릿(template)과의 매칭을 수행하고 그 결과로서 문자 후보 리스트를 저장 반환한다. 문자 후보 리스트의 크기는 MasterMatcher() 함수 내에서 결정한다.

⑥ permute_characters() 함수

chop_word_main() 함수에서 호출하는 함수이다. permute_all() 함수를 사용하여 blob 별로 인식 결과 후보들 (후보 개수는 Tesseract OCR 내부에서 설정 가능)을 다양한 조합

(permute)으로 테스트하면서 가장 등급이 좋은 결과를 반환한다.

⑦ permute_all() 함수

인식 결과 후보들의 조합을 평가하고 최고 등급의 결과를 반환하는 함수이다. 이 과정의 이해를 돕기 위해 [그림 2-155]의 예로 조합 과정을 설명한다. “만년네거리”의 blob #2~#4인 ‘년’, ‘너’, ‘ㅣ’ 의 10개씩의 인식 결과이다. Tesseract OCR의 내부 등급 (그림에서 r로 표시, r10.2는 등급 10.2를 의미, 등급이 낮을수록 적합도가 높음) 순서로 정렬된다. 아래처럼 각 글자의 후보들의 조합을 바꾸어가면서 각 조합에 해당하는 단어의 등급을 계산한다.

단어(word)의 등급 점수는, 각 문자의 등급의 합에 일정 계수를 곱한 값이다. 계수 값은, 단어 리스트에의 템플릿 존재 여부, 매칭 퀄리티, 영상에서의 세그먼테이션 퀄리티에 따라서 1.0~1.5 사이의 값을 갖는다. 단어 리스트 기능을 사용하지 않는 경우에는, 세그먼테이션 퀄리티에 따라 1.25와 1.5값이 사용된다. 인식 결과의 일관된 출력을 위해서, segment_penalty_dict_nonword 외부 설정 여부 확인해서 동일하게 1.5로 설정하였다. 단어 등급 점수는 permute_top_choice() 함수에서 계산된다.

permute_top_choice() 함수를 호출하여 각각의 문자 당 등급이 가장 좋은 후보만으로 구성된 단어를 확정하고 이를 반환한다. 만약 permute_only_top 변수가 0이면, permute_chartype_word() 함수, dawg_permute_and_select() 함수, permute_compound_ words () 함수를 차례로 호출하고, 각 함수에 의해 최고로 선택된 후보, 즉 인식 결과 단어가 바뀐 경우에, 업데이트 후 이를 반환한다. permute_chartype_word() 함수: 이웃 문자와의 유형이 일관적인(consistent) 선택을 선호하게끔 조합을 수행하는 함수이다. 각 문자의 유형은 아스키코드, punctuation, 숫자, 일반 코드로 구분된다. dawg_permute_and_select() 함수: 문자 당 모든 후보들의 모든 가능한 조합을 시도해서 Tesseract OCR의 단어리스트 기능(등록되어 있는 경우에 한해서)에 등록된 단어 집합에서 가장 등급이 좋은 단어를 반환한다.

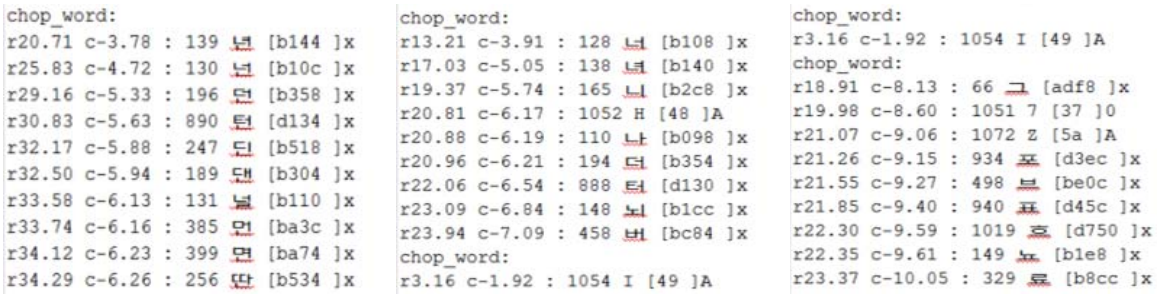


그림 2-155 “만년네거리”에서, [그림 2-154]의 blob #2,#3,#4 (‘년’, ‘네’, ‘ㅣ’) 각각의 인식 결과 후보들. 등급(좌측r로 표시) 기준으로 정렬

⑧ AcceptableChoice() 함수

stopper_certainty_per_char 문턱치와 stopper_nondict_certainty_base 문턱치를 사용하여 해

당 blob 조합의 단어를 수용/거절 여부를 결정한다.

⑨ improve_by_chopping() 함수

chop_word_main() 함수에서, chop_enable 변수가 1인 경우에 호출되는 함수이다. 인식한 blob에서 가장 등급 점수가 나쁜 blob을 쪼개(split)고, 주변 blob들과의 병합을 반복적으로 수행하면서 더 나은 인식 결과를 찾는다. Tesseract OCR에서 blob을 쪼개고 붙이는 과정(chop-then-associate scheme)을 구현한 이유는, 문서의 스캔 과정에서, 여타 이유로 퀄리티가 낮은 영역의 영문자가, [그림 2-156]에서처럼 문자의 일부분이 끊어진 채로 입력되는 경우가 존재하는데, 이러한 상황에서의 문자 인식률을 개선하기 위해서이다.



그림 2-156 문자가 여러 blob으로 끊어진 채 입력된 예시(reforms 단어)

⑩ word_associator() 함수

chop_word_main() 함수에서, wordrec_enable_assoc 변수가 1이거나 force_word_assoc 변수가 1인 경우에 호출된다. 목적은 [그림 2-156]과 같이, 한 문자이지만 2개 이상으로 분리된 blob으로 간주되는 경우에, 이를 서로 연관(re-association) 지어서 “하나의” blob으로 분류하고 인식하는 절차를 수행하는 함수이다.

enable_new_segsearch 변수가 1인 경우에는, SegSearch() 함수를 호출하고, 아닌 경우에는 best_first_search() 함수를 호출한다.

⑪ best_first_search() 함수

[그림 2-156]에서 예시한 것처럼, 각 blob의 묶음에 대해서, 하나의 blob으로 분류/인식하는 과정을 반복적으로 수행함으로써 등급이 가장 좋은 단어를 찾는 함수이다. 앞에서 언급하였듯이, Tesseract OCR에서, 한글글자 하나가 여러 이웃한 blob으로 파싱되므로, 어떤 식으로든지 이웃한 blob들을 묶고 이를 인식하도록 하여야 하므로 항상 호출하도록 설정하였다.

blob의 묶음을 체계적으로 테스트하기 위해서 A*[17]이라는 best first 탐색 알고리즘을 채택하고 있다. A* 알고리즘을 사용하여야 하는 이유는, 만약 blob의 개수가 N개라면, 이웃한 2개씩만 탐색하는 경우에는 총 탐색해야 하는 경우의 수가 적지만, 3개 이상의 묶음까지 탐색 공간을 확대하면 그 경우의 수가 급격히 증가하기 때문이다. Best search 탐색 기법은, 트리나 그래프 자료구조에서 최적의 해를 찾기 위한 탐색 속도를 향상하기 위해서, priority 큐와 휴리스틱 함수를 사용하여 탐색할 필요가 없는 경우의 수를 사전에 배제함으로써, 최

적의 해를 빨리 찾기 위한 탐색 방법이다. 현재 탐색 경로에서, 현재 추정되는 문턱치보다 일정 범위 값 이상인 경우는 더 깊이 탐색하지 않는다. blob 묶음을 탐색하는 순서와 절차의 이해를 돕기 위해서 탐색 트리(tree)를 [그림 2-157]에 도시하였다.

best first 탐색 과정을 구현하기 위해서 evaluate_state() 함수, prioritize_state() 함수, expand_node() 함수, hash_add() 함수, pop_queue() 함수를 사용한다.

best first 탐색에서 사용하는, 단어의 등급을 평가하는 휴리스틱으로서, 문자들의 등급 점수의 합(즉, 윤곽의 일치 정도에 해당), 문자간의 폭의 일관성 점수 등의 가중치 합을 사용한다. 디폴트(default)로는 문자 등급 점수만을 사용한다. 각각의 점수를 계산하는 함수는 rating_priority() 함수, width_priority() 함수, seamcut_priority() 함수이다.

⑫ evaluate_state() 함수

find_best_search() 함수에서 호출되는 함수로서, evaluate_chunks() 함수를 사용해서, 특정 blob의 묶음, 예를 들면, 첫 번째와 두 번째 blob의 묶음([그림 2-158]의 (2 1 1 1)로 표시)에 대해서 해당 blob 묶음에 해당하는 문자 후보를 찾아내고, 찾아낼 때마다 매번 다른 문자와의 permute를 수행 (permute_characters() 함수 호출)한다. 새로운 단어가 더 좋은 등급 점수를 갖는 경우에 최고 인식 단어를 업데이트한다.

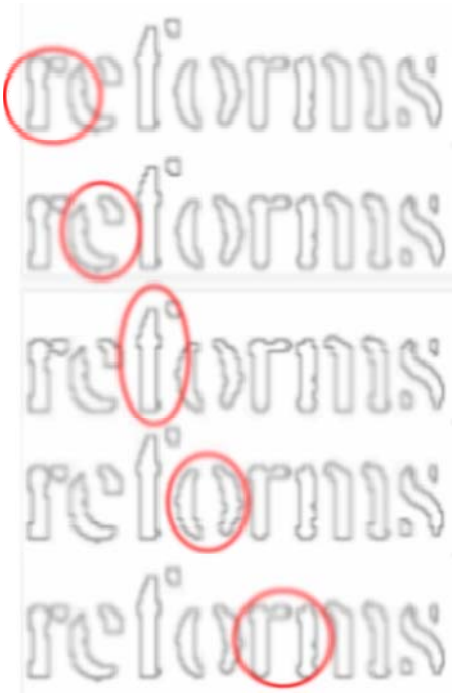


그림 2-157 blob의 묶음 예

⑬ classify_piece() 함수

evaluate_chunks() 함수에서 호출되는 함수로서, 지정한 blob 묶음을 새로운 blob으로 간주해서 문자 인식을 수행하고, 인식 결과를 반환한다(계산된 등급 점수 포함). 이웃 blob들을

묶어 테스트하는 과정에서 join_piece(), classify_blob(), break_piece() 함수들을 사용한다.

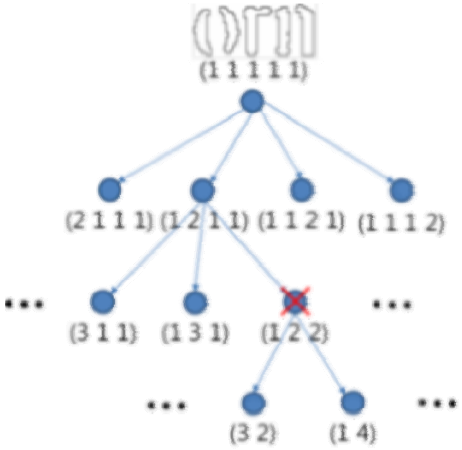


그림 2-158 5개의 blob

[그림 2-158]은 [그림 2-157]의 예에서 일부 blob에 대해서 blob 묶음을 탐색하는 예시이다. (2 1 1 1)은 첫 번째와 두 번째 blob을 묶어 하나의 blob으로 간주하고 인식을 시도하는 경우를 나타낸다. X 표시된, (1 2 2) 노드는 휴리스틱 값이 일정 경계치 (탐색 과정에서 지속적으로 줄어듦)보다 높은 경우이어서, 해당 노드 이하, 즉 (3 2)와 (1 4)로 표시된 조합에 대해서는 탐색을 수행하지 않는다.

⑭ rebuild_current_state() 함수

앞서 살펴본 바와 같이, word_associator() 함수는, 원래 improve_by_chopping() 함수를 사용하여 쪼개어진 blob들을 재조합하면서, 인식 성공률을 높이는 함수(이후 CJK(Chinese, Japanese, Korean) 문자 인식 버전에서는 이 기능을 활용하도록 수정 사용)로서, 이 재조합 과정을 한글 문자 인식을 위해 활용한 것에 반해서, rebuild_current_state() 함수는 지금까지 찾은 단어의 각 문자들의 blob을 새롭게 빌드(rebuild)해서 더 나은 인식 결과를 찾는 함수이다. 즉, 기능적으로는 word_associator() 함수와 유사한 인식 향상 작업을 수행한다.

상세히는, fragment가 존재하는 단어에 대해서, 해당 fragment에 속하는 blob들을 재조합하고 분류해서 그 문자 후보들을 rebuild_word 변수에 별도로 저장하는 작업을 수행한다. rebuild_fragments() 함수, join_blobs_and_classify() 함수(join_piece(), classify_blob(), break_piece() 함수로 구성되며, 기능은 classify_piece() 함수와 동일함)를 사용한다.

⑮ RetryWithLangnuage() 함수

classify_word_and_language() 함수에서 호출되는 함수로서, 여러 개의 학습 데이터 템플릿이 제공된 경우, 전(前) 과정에서 사용하지 않은 새로운 학습 템플릿을 사용하여 classify_word _pass1() 함수부터 rebuild_current_state() 함수까지의 인식 과정을 한 번 더 수행한다. 전 인식과정의 결과보다 단어 등급 점수가 좋은 경우(NewWordBetter() 함수이용)에 한해서 최종 인식 단어를 업데이트한다.

(나) Tesseract OCR 단어 인식 과정의 개선

앞서 Tesseract OCR의 단어 인식 과정에 대해서 C 함수 차원에서의 기능을 상세히 파악하여 보았다. rebuild_current_state() 함수에서 CJK 문자 인식을 위한 과정을 사용하여 어느 정도 수준의 한글 단어 인식률 성능을 보였다. 하지만, rebuild_current_state() 함수에서의, fragment에 기반한 blob 재조합 과정을 수정/보완하기 위해서는, fragment를 확인하기 위하여 낮은 레벨의 blob 파싱 과정에서부터의 분석, 수정 및 보완 작업이 요구되는 어려움이 따른다.

따라서 [표 2-26]의 오인식 문제 (“외발산” → “오l발산”, “대전” → “DH전” 등)를 줄이기 위하여, rebuild_current_state() 함수 사용보다 확실하게 blob 재조합 및 재분류 과정을 구현하기로 하였다. 이를 위해, blob을 분리하고, 조합하고, 이를 분류하는 과정을 수행하는 best_first_search() 함수를 이용하였다. 예를 들어 설명하면, “대전”에서 ‘D’와 ‘H’로 각기 인식되는 ‘ㄷ’과 ‘ㅐ’의 두 blob을 하나의 blob으로 묶어서 인식을 시도하게 구현하는 방식을 채택하였다. 이하, 관련한 수정/보완 사항을 기술한다.

① Tessearct OCR 매개변수 설정

force_word_assoc=1:chop_word_main()함수에서, best_first_search() 함수의 caller 함수인 word_associator() 함수를 항상 호출하게끔 1로 설정한다.

enable_new_segsearch=0:word_associator() 함수에서 SegSearch() 함수 대신에 best_first_search() 함수가 호출되도록 설정한다.

wordrec_num_seg_states=120: 탐색 과정에서 사용되는 Heap 데이터 구조 (priority 큐를 구현하기 위한 자료 구조임)의 최대 크기를 결정한다. 또한, best_first_search() 함수 내에서, 탐색 시도 횟수가 지정한 횟수 이상인 경우 탐색을 종료하므로, 보다 많은 재조합 경우의 탐색을 허용하기 위해서 기본값 30을 120으로 설정한다.

② best_first_search() 함수의 탐색을 효율적으로 설정

효율적인 best first 탐색을 위해서, 각 blob의 조합의 등급 점수를 휴리스틱 값으로 사용하는데, 현재 점수의 일정 비율보다 좋지 못한 조합 ([그림 2-158]의 ‘X’ 표시된 조합)은 그 조합에 기반한 조합들 ([그림 2-158]에서의 ‘X’ 표시 아래의 조합들)은 탐색 공간에서 미리 제외된다. 해당 등급 점수의 문턱값을 너무 낮추면, 더 좋은 조합을 탐색하지 못할 가능성이 커지고, 문턱값을 너무 높이면 모든 가능한 조합을 탐색하게 되어 Tesseract OCR의 인식 속도가 늦어지게 된다. 실험을 통하여 문턱값을 대략 현재 최저 등급 점수의 2배로 설정하였다.



그림 2-159 blob 조합의 탐색 시도 예

[그림 2-159]에서 보듯이, 각 blob의 조합 과정에서 3~4개 이상의 묶음에 대해 분류를 시도하는 것은 한글 문자의 특성상 의미 없는 탐색이므로, 이를 탐색 공간에서 배제토록 설정하였다. 상세히는, 탐색 과정에서 허용하는 blob 재조합의 최대 폭, 즉 blob 조합의 upperbound를 설정하였다. 일반적으로 도로표지 국문의 경우, 문자 높이와 폭의 비율이 일정하므로, 검출된 도로표지 국문 영역의 높이 정보를 기준으로 하고, 해당 기준값 대비 일정 비율 이상의 폭을 갖는 재조합의 경우는 높은 등급을 부가하여 이후 추가적인 탐색 과정에서 조기 배제토록 하였다. 각 조합의 등급의 요소 중 문자 폭의 등급을 계산하는 width_priority() 함수에 [그림 2-160]의 코드를 수정/추가하였다. text_info.char_width는 검출한 국문지명 영역으로부터 유추한 한글 문자의 대략적인 폭을 나타내며, Tesseract OCR 호출 시에 입력 argument로 전달되는 값이며, width_rec->widths[]는 Tesseract OCR의 내부 변수로서 하나의 blob으로 묶인 조합 내의 각각의 문자폭의 값을 갖는다.

```
#define       PERCENT_UPPERLIMIT_CHAR_WIDTH       1.15
#define       BAD_ASSOC_BLOBS                     100000.0
....
int upper_limit_char_width
    = text_info.char_width * 5 * PERCENT_UPPERLIMIT_CHAR_WIDTH;
  // 5 is multiplied because 40 in pixels is converted into 200
  // in Tesseract operation.
  for(int x=0;x < width_rec->num_chars;x++)
        if(width_rec->widths[2*x] >= upper_limit_char_width)
              penalty += BAD_ASSOC_BLOBS;
```

그림 2-160 C 소스 코드: 비정상적인 문자 폭을 갖는 조합에 대해 penalty 부가

③ 영문자 포함 오류 방지를 위한 수정 사항

이상 기술한 과정을 통해서, best_first_search() 함수를 활용하여 “대”, “외”, “거”, “리” 등처럼 세로로 분리된 blob으로 구성된 글자의 인식을 강제토록 설정하여, 해당 한글 문자의 인식률을 상당히 개선하였다. 하지만, “평화의 댐”이 “평화으I댐”으로 인식되는 경우처럼 영문자나 숫자가 포함된 인식 결과가 가끔 나타났다. 유사 사례에 대해 분석한 결과, blob 재조합의 탐색 과정에서 “평화의 댐”이 탐색 되었음에도 불구하고, “평화으I댐”보다 등급 점수가 나빠서 인식 결과로 업데이트되지 않기 때문인 것으로 확인되었다. [그림 2-161]에, “평화의 댐” 국문지명의 blob 재조합의 탐색 과정의 일부를 도시하였다.

```
a)  평, 화, 으, | , 댐 ( 1 1 1 1 1 ) : rating 82.19
  → 평화, 으, | , 댐   ( 2 1 1 1) : ignore
  → 평, 화으, | ,댐     (1 2 1 1 ) : queue push (priority 6903)
  → 평, 화, 의, 댐      (1 1 2 1) : queue push (priority 2)
  → 평, 화, 으, | 댐    (1 1 1 2) : queue push (priority 5057)

b) Priority 큐로부터 pop
평, 화, 의, 댐 (1 1 2 1) : rating 84.08
  → 평화, 의, 댐 (2 2 1) : ignore
  → 평, 화의, 댐 (1 3 1) : ignore
  → 평, 화, 의댐 (1 1 3) : queue push  (push 할때는  priority만 계산)

c) Priority 큐로부터 pop
평, 화, 의댐 (1 1 3) : rating 201.82
  → 평화, 의댐 (2 3) : ignore
  → 평, 화의댐 (1 4) : ignore

d) Priority 큐로부터 pop
평, 화, 으, | 댐 ( 1 1 1 2) : rating 109.04
  → 평화, 으, | 댐 (2 1 2) : ignore
  → 평, 화의, | 댐 (1 2 2) : ignore
  → 평, 화, 의 | 댐 (1 1 3) : ignore
```

그림 2-161 “평화의댐”의 최적 blob 조합의 탐색 과정 예시

상세히 설명하면, a) 단계에서, “평,화,으,I,댐”에 대해서 새로운 4가지 조합 (두 blob의 묶음)의 상태를 생성한다. 그 중 “평화,으,I,댐”은 “평화”의 폭이 지정한 문턱치 이상이므로 큐에 삽입되지 않고 무시(ignore)된다. 나머지 세 조합은 등급 점수를 반영한 priority 값 (여기서 priority가 낮을수록 우선순위가 높음)에 따라 priority 큐에 삽입된다. 다음 b) 단계에서는 가장 priority가 높은 “평,화,의,댐” 조합에 대해 등급 점수를 계산하고, 이하 동일한 조합 탐색을 수행한다. 이때, “평,화,의,댐”의 등급 점수(rating) 값이 84.08로서 “평,화,으,I,댐”의 등급 점수인 82.19보다 좋지 않기 때문에, 최적 탐색 조합이 “평,화,의,댐”으로 업데이트되지 않는다. Tesseract OCR 내부에서 사용되는 등급 점수(rating)는 확신도(certainty)와 blob 폭의 곱의 값이므로, ‘의’보다 ‘으’와 ‘I’의 문자 폭이 상대적으로 적기 때문에, 이와 같은 등급 점수 계산 방식을 사용하면, 동일한 문제는 항상 발생하게 된다. Tesseract OCR의 내부 등

급 점수 계산 방식을 수정/보완하는 접근 방식은, 내부 코드의 분석과 수정/평가에 많은 시간을 필요로 한다.

```
/*** The function is to check if the best includes a single isolated English char that
the Tesseract often mis-recognize.  */
bool  Dict::include_single_English_char(const  WERD_CHOICE  *word,  const  UNICHARSET
&unicharset)
{
        int English_char_pos[50];
        int num_English_chars = 0;

        //tprintf("\t\t\t\t in include_single_English_char:  ");
        for(int x=0;x < word->length();x++)
        {
                UNICHAR_ID ch_id = word->unichar_id(x);
                if (unicharset.get_isupper(ch_id))
                //    refer    to    the    codes    in    the    function    of    STRING
UNICHARSET::debug_str(UNICHAR_ID id) ()
                {
                        English_char_pos[num_English_chars++] = x;
                        //tprintf(" pos = %d (id = %d) ", x, ch_id);
                }
        }
        //tprintf("\n");
        switch(num_English_chars)
        {
                case 0: return false;
                case 1: return true;
                default: // if there are more than two English chars, a check is made
if they are consecutive or not
                        for(int x=num_English_chars-2;x >=0;x--)
                                if((English_char_pos[x+1] - English_char_pos[x]) != 1)
                                        return true;
                        return false;
        }
}
```

그림 2-162 C 소스 코드: 영문 알파벳 포함 여부 체크 함수

따라서 상기 문제를 해결하기 위한 간단한 방법으로, 인식 결과 단어에, 서로 인접하지 않게 위치한 영문자가 포함되는 경우에는 최적 인식 단어로 업데이트하지 않도록 하였다. 즉, “평,화,으,I,댐” 이나 “오,I,발,산,동” 처럼, 인식 결과 단어에 특정 영문 알파벳의 포함 여부를 조사하여 이러한 인식 결과를 방지하게끔 수정하였다. 이를 위해, permute.cpp 파일에 [그림 2-162]의 코드를 추가/수정하였다.

(5) Tesseract OCR의 인식결과 후처리

앞서 언급한 바와 같이, Tesseract OCR은 다항체 근사화에 기반한 특징을 사용하기 때문에, ‘ㅏ’와 ‘ㅣ’, ‘ㅁ’과 ‘ㅂ’ 과 같은 작은 획의 유무만 다른 자소간의 오인식 사례가 빈번하다. 이를 줄이기 위한 방법으로서, 최종적으로 인식한 한글단어의 각 문자별 후보 리스트를 활용하고자 한다. Tesseract OCR 내부 인식 과정에서 각 문자별로 매칭을 수행하는데, 그 과정에서 각 문자별 낮은 등급 점수를 갖는 문자 후보(일정 개수 지정)가 생성된다. [그림 2-163]은, “난월역”으로 인식된 “반월역”의 입력에 대해 Tesseract OCR에서 내부적으로 정렬된, 문자별 문자 후보(candidate)를 보여준다. ‘월’과 ‘역’은 제대로 인식되었으나, ‘반’은 어떤 이유에서인지 ‘난’으로 인식되어 “난월역”으로 최종 인식되어 출력되지만, ‘반’이란 문자가 후보 리스트에 포함되어 있음을 알 수 있다. 최종 단어만을 출력하지 않고 문자 후보를 제공하게끔 Tesseract OCR의 소스를 수정/보완하였다.



그림 2-163 “반월역”의 문자별 인식 문자 후보의 예시
(등급 점수가 좋은 문자가 좌측에 위치함)

실제로 국문지명 자체를 인식하지 않고, 각 문자의 후보 리스트를 이용하여 국문지명을 확정하기 위해서는 국문 지명 사전(dictionary)을 활용한 후처리 과정이 필요하다. 실제로, 도로표지의 국문지명 정보 이외에 국문지명 및 지도에서 제공되는 단어의 데이터베이스를 함께 사용하면, 최종 인식되는 국문지명의 오인식의 많은 부분을 수정할 수 있다. 가장 간단하게는, 각 문자 후보들을 조합하면서, [그림 2-163]의 예를 들면, “난월역”, “닌월역”, “넌월역”, “반월역”과 같이 모든 조합에 대해 지명 사전을 참조하는 방식이다. 실제로, 최종적으로 개발할 “통합형 도로표지 관리시스템”에서는 국문 지명 사전을 활용할 계획이므로, Tesseract OCR의 다항체 근사화 특징을 대체하고 새로운 특징을 구현하는 방법보다, 지명 사전을 활용한 후처리 방법이 훨씬 효율적이고 효과적인 방법이다.

국문 지명 사전을 활용하여 인식 결과를 매칭할 때에, GPS 좌표 (도로표지 영상의 획득 장치에 장착된 GPS 장치의 지오태깅(Geotagging))를 활용한 위치 정보를 사용하게 되면, 시간과 정확도 측면에서, 지명 검색을 보다 효과적으로 수행할 수 있다. 국문 지명 사전 활용 방법은 타 세부과제에서 개발 중에 있다.

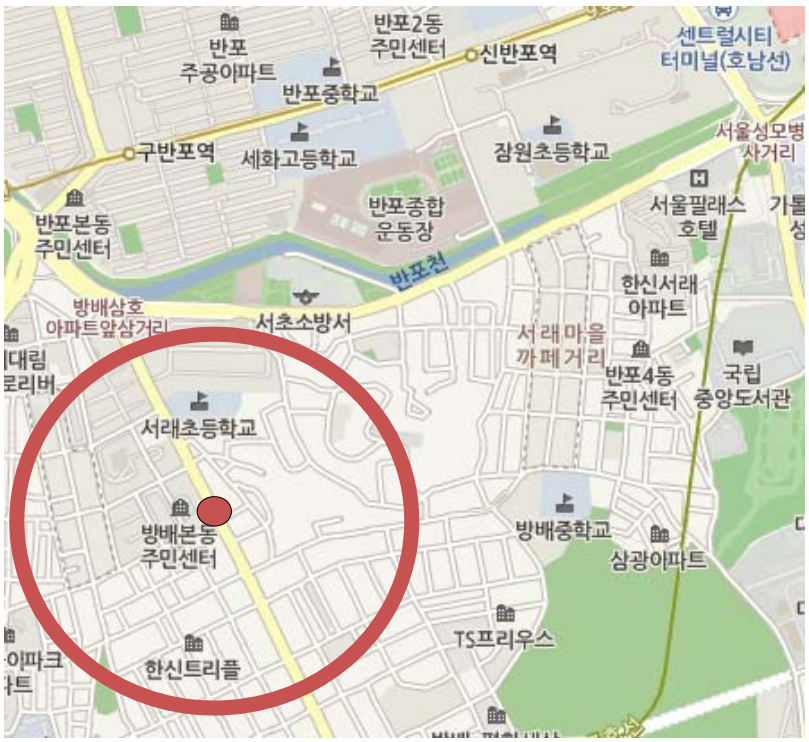


그림 2-164 GPS 위치 정보를 활용한 지명 사전의 제한적 검색의 예시

(가) Tesseract OCR의 문자별 후보 생성

각 문자별 문자 후보 리스트를 생성/출력하기 위해 Tesseract OCR의 C 소스를 수정/보완한 내용을 아래에 기술하였다.

Tesseract OCR 내부 동작 과정에서, 각 문자별로 매칭하며, 그 결과(등급 점수가 낮은 문자 후보들)를 생성하고, 최적의 단어를 업데이트하는 단계들을 파악하였다. [그림 2-156]은 이와 관련한 함수의 호출 순서이다. 과정의 상세한 설명은 다음과 같다.

chop_word_main() 함수에서, 각 blob 별로 classify_blob() 함수를 호출 (인식 문자 후보를 저장하고 있는 BLOB_CHOICE_LIST의 포인터 형태를 반환)하여, 인식 대상 단어를 구성하는 모든 blob의 문자 후보들을 char_choices (BLOB_CHOICE_LIST_VECTOR 형태)로 저장한다. 이때 저장된 문자 후보들은, "가"의 'ㄱ'과 'ㅏ'처럼 세로로 분리된 형태의 blob에 대해 매칭을 수행하게 된다.

```
for (blob = word->chopped_word->blobs, index = 0; blob != NULL; blob =
blob->next, index++)
{
    match_result = classify_blob(blob, word->denorm, "chop_word:", color,
word->blamer_bundle);
    *char_choices += match_result;
}
```

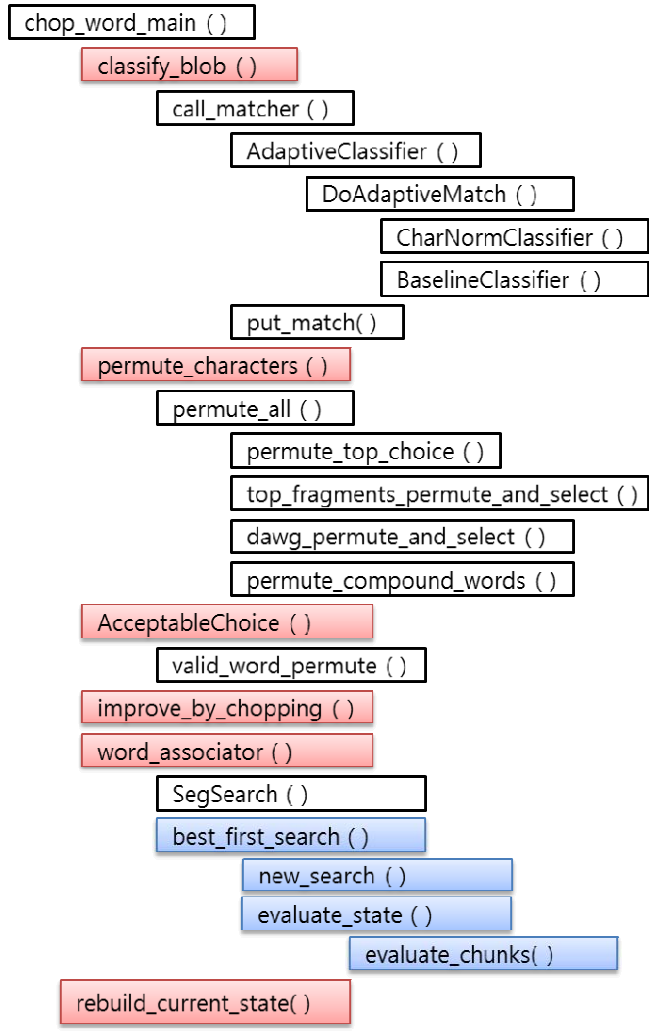


그림 2-165 chop_word_main() 함수 내에서의 함수 호출 순서

permute_characters() 함수를 호출하여 char_choices에 저장된, 각 blob의 문자 후보들의 조합(permutation)을 찾는 과정을 수행한다. permutation 과정에서 새로운 조합이 더 낮은 등급 점수를 갖는 경우, 그 결과를 word->best_choice에 저장한다. 이후 단계에서, CopyCharChoices() 함수가 최적의 조합 결과를 best_char_choices (BLOB_CHOICE_LIST_VECTOR 형태)에 저장한다. 이후 모든 작업은 best_char_choices 변수를 사용한다. 하지만 각 문자의 후보 정보를 외부로 제공하기 위해서, best_char_choices를 이용하지 못한다. 왜냐하면, "가"의 'ㄱ'과 'ㅏ'의 경우처럼, 한글 문자 단위의 후보가 아니기 때문이다. 그러므로 word_associator() 함수에 의해 수행되는 best first search의 재조합 탐색 과정 중에 새롭게 매칭되는 "문자 후보"들을 사용하여야 한다.

```
SEARCH_RECORD *the_search = new_search(chunks_record, num_joints,
best_char_choices, word->best_choice, word->raw_choice, state);

the_search->best_choice->set_rating(WERD_CHOICE::kBadRating);
evaluate_state(chunks_record, the_search, fixpt, word->blamer_bundle);

...
do
{
   STATE orig_state = *the_search->this_state;
   if (!hash_lookup (the_search->closed_states, the_search->this_state))
   {
      guided_state = *(the_search->this_state);
      keep_going    =    evaluate_state(chunks_record,    the_search,    fixpt,
word->blamer_bundle);

      // record the state into the set of states visited already
      hash_add (the_search->closed_states, the_search->this_state);
     if (!keep_going || (the_search->num_states > wordrec_num_seg_states))
     {
          free_state (the_search->this_state);
          break;
     }
     FLOAT32   new_worst_priority   =   2.0f   *   prioritize_state(chunks_record,
the_search);
     if (new_worst_priority < worst_priority)  // Tighten the threshold
       worst_priority = new_worst_priority;
     expand_node(worst_priority, chunks_record, the_search);
   }
   free_state (the_search->this_state);
   num_popped++;

   // Test a new state by dequeing one from the priority queue
   the_search->this_state = pop_queue (the_search->open_states);

} while (the_search->this_state);
```

그림 2-166 best_first_search() 함수

best_first_search() 함수 (word_associator() 함수에서 호출)에서, 2개 이상의 blob 묶음에 대해서 새롭게 매칭을 수행하므로, 각 매칭 과정 중에 매번 문자 후보들이 생성된다. [그림 2-166]에 best_first_search() 함수의 주요 코드를 나타냈다. 상세히 설명하면, 새로운 조합 상태(hash_lookup() 함수를 호출하여 기방문한 상태가 아님을 확인)에 대해서 매칭을 통해 평가(evaluate_state() 함수 호출)하고, 현재 상태(단어를 구성하는 각 blob의 묶음 상태)로부터 새로운 조합 상태를 생성(expand_node() 함수 호출)하여 큐에 삽입한다. 이후에 pop_queue() 함수를 호출하여 새로운 상태를 평가한다. 이상의 탐색 과정을

wordrec_num_seg_states 회수를 초과하지 않을 때까지 수행한다.

```
/* char choices in the word recognized finally are copied to
** 'list_char_candidates' that will be outputted to the Tesseract caller
** before delete_search erase all info. contained in the_search variable
*/

for(index = 0;index < the_search->best_char_choices->length(); index++)
{
       memset(&list_char_candidates[entrance_per_language][index][0],0,
NUM_MATCHES*6);  // initialize null chars

       BLOB_CHOICE_IT c_it;
       c_it.set_to_list(the_search->best_char_choices->get(index));
       int pos = 0;
       for (c_it.mark_cycle_pt(); !c_it.cycled_list(); c_it.forward())
       {
         strcpy(&list_char_candidates[entrance_per_language][index][pos],
unicharset.id_to_unichar(c_it.data()->unichar_id()));
               pos += strlen(unicharset.id_to_unichar(c_it.data()->unichar_id()));
       }
       list_char_candidates[entrance_per_language][index][pos] = '\0';
  }
```

그림 2-167 탐색 과정 중에 매칭된 문자 후보를 저장하기 위한 코드

이상의 과정에서 각 상태의 정보는 the_search 변수(SEARCH_RECORD 구조체 포인터)에 저장된다. '가', '외' 등의 한글 문자에 대해 올바른 한글 문자 후보를 저장하기 위해서, the_search 변수의 멤버the_search->best_char_choices (evaluate_state() 함수 내에서 최고의 인식 결과 단어 및 각 문자 후보 정보를 저장하는 곳)를, the_search 변수의 메모리 해제 전에 별도로 전역 변수에 저장토록 하였다. [그림 2-167]은 best_first_search() 함수의 후반에 추가 작성한 코드의 일부분이다. list_char_candidates[][]의 전역 배열을 사용하여, 학습 템플릿 데이터 (Tessearct OCR의 학습 템플릿을 복수개로 지정할 수 있음)별로 생성되는 인식 단어의 문자 후보들을 저장토록 하였다.

[그림 2-168]은 국문지명 "외발산사거리"에 대한, 수정/보완 과정 전후의 출력 결과를 나타낸다. 수정 전의 "외"와 "거"에 대한 잘못된 문자 후보들, 즉, "IDU...." , "7챗고..." 과 "1궤...." 등이 출력되지 않고, 각각 "외뫼의..." 와 "거기겨커..." 로 원하는대로 출력됨을 알 수 있다.

수정 전	수정 후
오으요도모므크뜨코소	
IDU민묘잔쎈모신진	외뫼의왜봐솨되뢰인와
발빌말알밥벌밤밭밀탈	발빌말밥벌랄밭받탈밤
산신선잔삽션삼진샵십	산신선잔삽삼샵션상섭
사시서자지싸차저짜씨	사시서자지싸짜차저새
7챗고Z찻텃피엿첫표	거기겨커가저키캬처지
1궤귀레l래낸랜권배	리러라랴려티괴터타막
리러라랴려터티믹괴타	

그림 2-168 국문지명 “외발산사거리”에 대한 수정 전후의 출력 결과 비교

(나) Tesseract OCR의 문자별 후보 신뢰도 활용

Tesseract OCR의 각 문자 인식 결과 후보로부터 최종 국문지명을 결정할 때에 국문지명 사전을 활용하여야 하는데, 국문사전 검색 시간이 많이 소요되는 문제점이 발생한다. 예를 들면, 국문지명의 문자수가 N이고 문자당 후보 개수가 10이면 총 10N 개의 국문지명 후보의 검색이 요구되어, 특히 검색이 외부 인터넷 접속을 이용하는 경우에는 상당히 많은 시간이 소요되게 된다.

지명사전으로 검색할 “국문지명 후보” 개수를 줄이기 위해서, 각 문자당 후보를 일률적으로 같은 개수, 예를 들면, 10으로 설정하지 않고, 인식 문자의 신뢰도(certainty)를 활용하여 효율적으로 검색할 조합의 개수를 줄일 수 있다. 이를 위해서, 우선 각 문자 후보의 신뢰도까지 함께 출력되도록 Tesseract OCR을 수정하였다. [그림 2-169]는 “하기중학교” 국문지명 영역에 대한, 문자후보별 신뢰도 수치를 포함한 Tesseract OCR의 출력 결과이다.

```
하 히 혀 허 화 척 칙 학 회
-4.82  -5.87  -6.00  -6.06  -6.33  -6.85  -7.05  -7.16  -7.35  -7.42

기 가 거 키 화
-2.12  -2.64  -3.43  -4.53  -4.56

종 총 층 줄 준 중 줌 좀 증
-4.75  -5.21  -5.24  -5.28  -5.31  -5.43  -5.47  -5.54  -5.54  -5.54

학 힉 헉 확 합 럭 락 탁 할
-4.36  -5.65  -5.75  -5.92  -5.95  -5.96  -5.98  -6.01  -6.09  -6.23

교 고 헉
 -4.32  -6.32  -6.58
```

그림 2-169 문자 후보별 신뢰도 값 출력

문자별 신뢰도를 활용하기 위한 단순한 방법으로는, 일정 문턱값 이하인 경우, 예를 들면, -6.0 이하의 신뢰도를 갖는 문자후보는 제외하는 것이다. [그림 2-169]의 예에 적용하면, “하

히혀”, “기가거키화”, “종총층줄준중줌좀증”, “학힉헉확합럭”, “교”의 문자들의 후보만을 지명사전에서 검색하게 된다. 단순히 일률적으로 문턱값을 적용하는 방법 이외에, 국문지명의 자리별 첫 후보문자(가장 높은 신뢰도를 갖는)의 신뢰도를 기준으로 상대적인 차이나 비율을 사용하는 방법도 가능하다. [그림 2-169]의 예에서, “기가거키화”의 문자후보의 신뢰도는 꽤 많은 차이를 보인다. 이런 경우에, “기”의 신뢰도 -2.12를 기준으로 일정 범위 이내의 후보만을 고려하게 되면, 예를 들어, -1.5이내의 후보를 고려하면, “키”와 “화”는 조합과정에서 제외된다. 실험 결과, 후자의 방법이 전자 방법보다, 인식률의 저하 없이 조합 개수를 효과적으로 줄이는 것으로 확인되었다.

(6) Tesseract OCR의 인식률 성능 평가

3차년도에 수정/보완 사항을 적용하여 Tesseract OCR의 국문지명 인식률의 개선 정도를 평가하였다. 2차년도에 사용했던 368개의 도로표지 영상에 대해 국문지명 영역 검출 과정 - IRBP를 사용한 텍스트 세그먼트 검출 및 텍스트 세그먼트의 후처리 - 을 적용하여 국문지명 후보영역을 잘라낸(cropping) 후, Tesseract OCR 인식을 위해 이진화(binarization)하여 최종 테스트 데이터를 구축하였다. 검출한 국문지명 영역 영상 중에서, 국문지명이 “정확히” 추출된 영상만을 솎아냈다. 또한, 368개의 도로표지 영상에 중복되어 등장하는 국문지명이 많지만, 각각 다른 도로표지 영상에서 획득하였으므로 글자 크기가 동일하지 않으면 모두 테스트 데이터에 포함하였다. 총 1,130개의 데이터로 테스트하였으며 [그림 2-170]에 일부 영상을 나타냈다.

Tesseract OCR의 인식률 결과는 [표 2-39]과 같다. 3차년도에 제시한, Best search 기능을 활용한 강제 자소 조합 기능과 지명사전을 가정한 문자별 후보군 활용 방법을 객관적으로 평가하기 위하여, Tesseract OCR의 단어 리스트 기능 (테스트할 국문지명을 내부 단어리스트에 추가)을 사용하지 않았다. 자소 조합 기능을 사용한 경우에 약 53%의 국문지명 인식률을 나타냈으며, 추가적으로 문자 후보군을 가정한 후처리 기능을 사용한 경우에[6], 약 88%의 인식률 성능을 보였다. 문자후보군을 활용함으로써 대략 35% 정도의 인식률 이 개선되었다. Tesseract OCR이 다항체 근사화 특징을 사용하기 때문에 발생하는, “시청” → “시칭”, “풍경공원” → “풍윈공윈”, “법원경찰청” → “법원경잘정”, “종합의료시설” → “중함의료시설”, “종합운동장” → “중함운봉장”, “경기도화성오산교육지원청” → “경기도화넝으선교율지원정” 등과 같은 패턴으로 오인식되는 사례를, 단어후보군을 사용함으로써 해당 국문지명을 인식할 가능성이 매우 높아진다. 실제로 [그림 2-170] 에서처럼, 원본 영상에서 blob으로 추출된 정보를 사용하여 국문지명의 이진 영상을 만들어서, Tesseract OCR로 인식하였기 때문에 전반적으로 인식률이 낮아진 측면이 있다. 한편, 테스트한 단어가 일반적은 한글단어가 아니라 국문지명에 자주 등장하는 단어, 예를 들면, “~학교”, “~리”, “~동”, “~도로”, “~센

6) 각 문자별로 10개의 후보리스트를 생성하고, 생성된 후보리스트의 조합에 해당 국문지명이 존재하는 경우에 인식 성공으로 간주하였다.

터” 등 이고, 또한 테스트에 사용한 도로표지가 한정된 장소에서 확보하였기 때문에, 현재의 인식률 성능을 일반화하기는 무리가 있는 편이다.

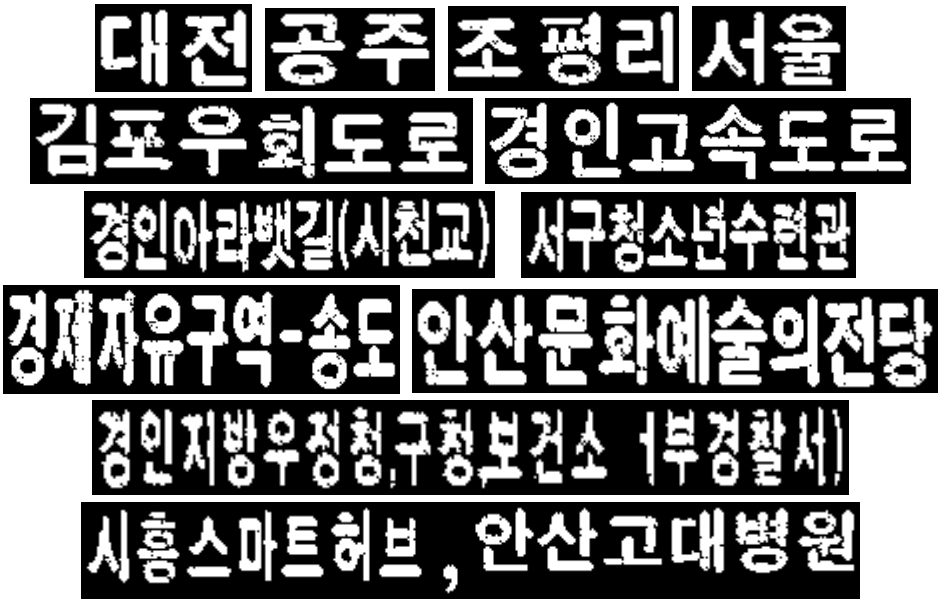


그림 2-170 Tesseract OCR 인식 실험을 위한 국문지명 영상

표 2-39 국문지명 영역의 검출 결과

구분	인식률 (%)
Tesseract OCR (강제 자소 조합 기능)	52.8
Tesseract OCR (강제 자소 조합 + 지명사전을 활용한 문자후보군 사용)	87.9

(7) Tesseract OCR 인식결과의 활용

IRBP에 의해 검출한 텍스트 세그먼트의 분류 (국문지명, 영문지명 여부)의 정확도를 높이기 위해서, Tesseract OCR의 인식 단계의 결과를 피드백하여 활용하는 방법을 제시하였다. 텍스트 세그먼트의 후처리 및 필터링만을 사용하여 국문지명 텍스트만을 선별하는 방식보다 인식 결과의 확신도를 기준으로 국문/영문 텍스트를 판별하기는 것이 훨씬 정확하기 때문이다.

본 장에서는, 같은 접근 방식으로서, 정확한 국문지명 영역의 검출을 위해서 Tesseract OCR의 인식 결과를 활용하는 방법과 그 가능성에 대해서 수행한 내용을 기술한다.

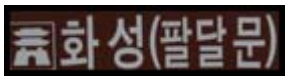
(가) 국문지명 영역의 정확도 개선

국문지명 영역이 부정확하게 검출되는 경우의 대부분은 좌측 심벌에 의해 발생하며, 그 결과로서 [표 2-40]에서 보듯이 검출 영역의 좌측에 심벌 전체 혹은 일부가 포함된다. 이와 같은 형태로 검출된 텍스트 세그먼트는, 온전히 국문지명 영역을 포함하고 있지만, 좌측의 심벌로 인해서 주위 노이즈 정보에 민감한 특성을 갖는 Tesseract OCR의 인식을 방해하여 결국 국문지명 실패를 초래한다.

이러한 텍스트 세그먼트의 Tesseract OCR의 인식결과는, 매우 낮은 인식 확신도(certainty)로 인해 출력이 없거나 엉뚱한 출력을 갖는다. 이러한 낮은 인식 확신도 값을, 좌측의 심벌 존재 여부를 판단하는 정보로의 사용 가능성을 검증하는 실험을 수행하였다. 즉, 검출한 국문지명 텍스트 세그먼트의 인식결과의 확신도가 일정 값 이하인 경우, 해당 국문지명 영역의 좌측단의 심벌 존재로 가정하고, 좌측의 1개 이상의 blob을 제외한, 최종 국문지명 영역에 대해 문자 인식을 재시도하는 방식을 테스트하였다.

제시한 방식의 가능성을 검증하기 위해서, 좌측 심벌로 인해 오검출된 국문지명 20개 [표 2-40]에 대해 Tesseract OCR의 인식 결과의 첫 번째와 두 번째 문자의 확신도를 조사하였으며, 그 결과는 [그림 2-171]에 도시하였다. 실선은 첫 번째 문자의 확신도 값이며, 점선은 두 번째 문자의 확신도 값이다. 첫 번째 문자의 인식 확신도는 매우 낮은 값을 가질 것이라는 예상과 달리, -6.0∼-19.0 사이의 다양한 값을 가짐을 알 수 있다. -6.0 정도의 높은 확신도를 갖는 경우는, 대부분 ‘—’ 나 ‘그’로 인식되는 경우였는데, 좌측 심벌의 테두리와의 유사하기 때문으로 추정된다. 이 경우 이외에는 대부분 -10.0 이하의 낮은 확신도를 보였다. 따라서 첫 문자의 확신도 값과 인식결과 (‘—’ 나 ‘그’ 여부)를 활용하여 해당 국문지명 영역 좌측에 심벌이 존재하는지를 높은 확률로서 판단 가능한 것으로 생각된다.

표 2-40 좌측 심벌이 포함된 채 검출된 국문지명 영역

검출한 국문지명 영역	
	
	
	
	
	
	
	
	
	
	

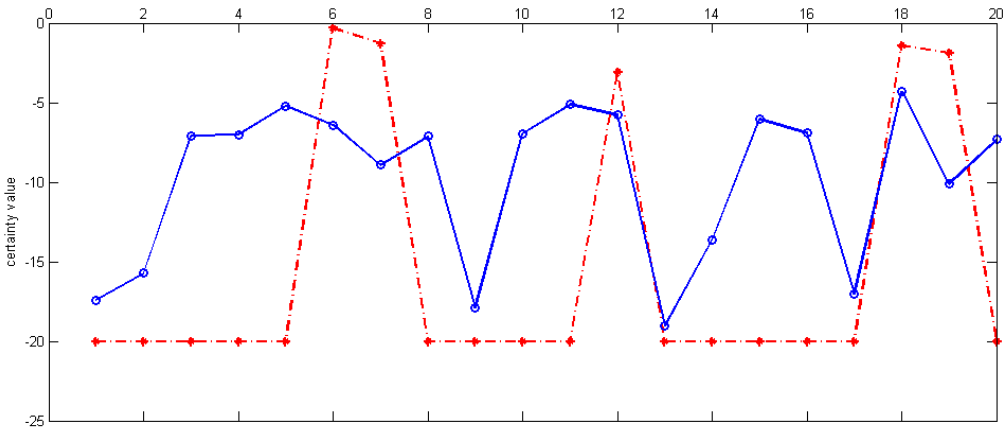


그림 2-171 표 2-28의 국문지명에 대한 Tesseract OCR의 확신도
(실선은 첫문자에 대한 확신도, 점선은 두 번째 문자에 대한 확신도, 표 9의 순서와 동일)

추가적으로 두 번째 인식 결과의 확신도를 활용하면 심벌 포함 여부를 보다 확실히 추정 가능할 것으로 판단된다. 15개의 국문지명에 대해서 두 번째 인식 결과는, Tesseract OCR 내부 동작 과정에서 확신도가 너무 낮아서 출력조차 되지 않았는데, 미출력된 경우의 확신도를 -20.0으로 설정하였다. 5개 국문지명 ([표 2-40]에서, “마곡사”, “화성(팔달문)”, “용인서울”, “아산온천”, “세종”)에 대해서만 두 번째 인식결과의 확신도가 -5.0보다 높은 값을 가졌다. 이 경우는, 좌측 심벌을 구성하는 blob과 묶음 과정에서 좋은 인식 결과가 도출되지 않고, 이후 한글 문자들에 대해서 인식 과정이 정상적으로 수행되었기 때문으로 추정된다.

최종적으로 다음의 조건을 만족하면 심벌을 포함하고 있는 영역임을 간주한다.

① 첫 문자의 인식 결과의 확신도가 -10.0 이하

② 첫 문자의 인식 결과가 ‘—’, ‘그’와 일치

③ 두 번째 문자의 인식 결과가 미출력이거나 확신도가 -10.0 이하

④ 두 번째 문자의 인식 결과의 확신도가 -3.5 이상이고, 첫 문자의 인식 결과 확신도의 차이가 4.0 이상

Tesseract OCR의 인식결과와 위의 간단한 휴리스틱을 사용하여, 좌측 심벌이 포함되어 인식이 실패한 국문지명 영역을 대략적이나마 파악할 수 있다. 이렇게 파악된 국문지명 영역에 대해서, 가장 좌측에 위치한 blob을 제거하고, 해당 국문지명 영역을 Tesseract OCR로 문자 인식하는 방식이나, 혹은 다소 복잡하지만, 좌측에 위치한 blob을 하나씩 점진적으로 제거해 나가면서, 해당 국문지명 영역을 Tesseract OCR로 문자 인식을 시도하여, 최적의 확신도를 갖는 결과를 최종 인식결과로 채택하는 방식으로 인식을 시도할 수 있다.

자. 안내지명 인식률 개선을 위한 GIS 기반 안내지명 사전

(1) 개요

영상에서 추출한 안내지명 정보의 정확도를 높이기 위해 먼저 GIS 기반 안내지명 사전을 구축하고, 안내지명 사전을 기반으로 레벤스타인 거리(Levenshtein Distance)를 활용한 한글 유사도 판단 알고리즘을 사용하였다.

도로표지의 안내지명에 사용되는 단어는 사전적인 단어보다 지도상의 행정명, 관광지, 주요 관공서 및 시설인 경우가 많다. 이에 별도의 표지 안내지명 분석에 적합한 사전 구축이 필요하며, 공간 분석을 수행할 수 있도록 안내지명의 공간 정보도 병행하여 구축할 필요가 있다.

또한, 표지의 위치정보를 통한 공간분석으로 처리 효율을 높이고, 한글의 특성을 고려하여 초성, 중성, 종성을 구분한 음소단위 레벤스타인 거리 알고리즘을 통해 안내지명 인식률을 높이는 방안을 사용하였다.

(2) 안내지명 후보 구축

도로표지에 사용되는 안내지명은 국토해양부에서 정의한 예규 제 99호에 의거하여 선정된다. 안내지명 선정 방식은 크게 지방지역과 도시지역으로 구분되며, 도로의 종별(고속국도, 일반국도, 지방도 등)에 따라 결정된다. 지침을 기반으로 자주 사용되는 안내지명을 연구한 결과 [표2-41]와 같은 원칙을 적용하여 GIS 정보를 안내지명으로 구축하였다.

표 2-41 지역별 안내지명 분류 및 공간검색 방안

<table>
<tr><th colspan="2">구분</th><th>1단계</th><th>2단계</th><th>3단계</th></tr>
<tr><td rowspan="3">지방
지역</td><td>일반
국도</td><td>모든
도시</td><td colspan="2">◦시·읍·면</td><td>◦특별시·광역시·도청·시청
◦읍이상 도시
◦도로의 시종점</td></tr>
<tr><td>지방도</td><td>모든
도시</td><td colspan="2">◦시·읍·면
◦국·도·군립공원·주요관광지·댐·호수 및 승지 등
◦고속국도IC명</td><td>◦시
◦시・군청 소재지, 주요 도로 연결 도시</td></tr>
<tr><td>군도</td><td>모든
도시</td><td>모든 도시</td><td colspan="2">◦시·군·읍·면 및 리
◦생활중심권 도시 또는 주요교통의 교차점
◦국·도·군립공원·주요관광지·댐·호수 및 명승지 등</td></tr>
<tr><td>도시
지역</td><td colspan="4">◦시청등 주요 행정 관청·경찰서·국회의사당·공항·역·대학·대규모병원·운동장·주요교량·대규모주택단지·대규모 문화시설
◦주요 도로시설(중요한 교차로명·고속국도 IC명·도로명 등)</td></tr>
</table>

이 밖에 도시지역에서 사용가능한 누구나 들어 알 수 있는 잘 알려져 있는 지명 또는 시설명, 도착교통량이 많은 지점, 교차되는 교통량이 많은 지점, 생활중심권(시장, 단지 등)을 사전으로 구축하였다. [표2-42]는 POI 분류에 대한 데이터베이스 구조이다.

표 2-42 T_POI_CATE - POI 분류 정보

	필드명	데이터형	설명
1	CLASS_A	NUMBER(4,0)	분류 A
2	CLASS_B	NUMBER(4,0)	분류 B
3	CLASS_C	NUMBER(4,0)	분류 C
4	CLASS_D	NUMBER(4,0)	분류 D
5	CA_NAME	VARCHAR2(60 BYTE)	분류이름 A
6	CB_NAME	VARCHAR2(60 BYTE)	분류이름 B
7	CC_NAME	VARCHAR2(60 BYTE)	분류이름 C
8	CD_NAME	VARCHAR2(60 BYTE)	분류이름 D
9	TAG	NUMBER(2,0)	안내지명 사용 여부

CLASS_A는 POI 의 대분류에 해당하며, 교통편의, 공공편의, 생활편의, 여행/레저, 의료편의, 금융편의, 기업/단체, 배경 8개 대분류로 구분하였다. 이중 주요행정기관, 고속도로 IC, 공항/기차역, 관광 명소 POI를 안내지명으로 사용하도록 설정하였다.

① 안내지명에 사용할 주요 행정 기관 POI : 동읍면리사무소

공공편의	행정기관	동/읍/면/리사무소	주민센터
공공편의	행정기관	동/읍/면/리사무소	읍사무소
공공편의	행정기관	동/읍/면/리사무소	면사무소
공공편의	행정기관	동/읍/면/리사무소	리사무소
공공편의	행정기관	동/읍/면/리사무소	기타

② 안내지명에 사용할 고속도로 IC

교통편의	교통시설	고속도로 IC	

⑤ 안내지명에 사용할 공항, 기차역 POI

교통편의	교통시설	공항	기타
교통편의	교통시설	기차역	

⑥ 안내지명에 사용할 관광 명소 POI

여행/레저	관광명소	관광단지	기타
여행/레저	관광명소	국/도립공원	국립공원
여행/레저	관광명소	국/도립공원	군립공원
여행/레저	관광명소	국/도립공원	기타
여행/레저	관광명소	국/도립공원	도립공원
여행/레저	관광명소	해수욕장	유명해수욕장

POI 분류에 따라 안내지명 추천 알고리즘을 구현하기 위해, 실제 POI가 저장된 T_POI 테이블을 다음과 같이 확장하였다. POI의 분류 정보를 저장하기 위한 CLASS_A, CLASS_B, CLASS_C, CLASS_D 필드를 추가하고, 안내지명에 사용되는 POI와 사용되지 않는 POI 구분을 위해 RANK 필드를 추가하였다. RANK필드 값이 0보다 큰 경우가 해당 POI가 안내 지명으로 사용됨을 의미한다.

표 2-43 T_POI - POI 정보

	필드명	데이터형	설명
1	FID	NUMBER(14,0)	POI 의 유니크 아이디
2	NAME	VARCHAR2(90 BYTE)	POI 의 이름
3	ADMIN_NAME	VARCHAR2(90 BYTE)	POI 주소
4	ADMCODE	CHAR(10 BYTE)	POI 행정코드
5	SVC_CD	VARCHAR2(4 BYTE)	POI 종류 코드
6	X_COORD	NUMBER(20,8)	POI X좌표
7	Y_COORD	NUMBER(20,8)	POI Y좌표
8	CLASS_A	NUMBER(3,0)	POI 종류 클래스 A
9	CLASS_B	NUMBER(3,0)	POI 종류 클래스 B
10	CLASS_C	NUMBER(3,0)	POI 종류 클래스 C
11	CLASS_D	NUMBER(3,0)	POI 종류 클래스 D
12	POI_NAME1	VARCHAR2(90 BYTE)	POI 메인 이름
13	POI_NAME2	VARCHAR2(90 BYTE)	POI 서브 이름
14	RANK	NUMBER(2,0)	동로표지안내지명 사용등급

(3) 음소 단위 한글 유사도 분석

안내지명 유사도 비교를 위해 레벤스타인 거리 알고리즘을 적용하였다. 레벤스타인 거리는 두 개의 문자열이 주어질 때, 한 문자열을 다른 문자열로 변환하는데 필요한 비용을 산출된다. 비용에 산정되는 연산은 삽입(Insert), 삭제(Delete), 교체(Substitution) 세 가지로 정의하며, 다음과 같은 식을 통해 산출된다.

$$\mathrm{lev}_{a,b}(i,j) = \begin{cases} \max(i,j) & \text{if } \min(i,j) = 0, \\ \min \begin{cases} \mathrm{lev}_{a,b}(i-1,j) + 1 \\ \mathrm{lev}_{a,b}(i,j-1) + 1 \\ \mathrm{lev}_{a,b}(i-1,j-1) + 1_{(a_i \neq b_j)} \end{cases} & \text{otherwise.} \end{cases}$$

레벤스타인 거리는 음성 인식, 철자법 검사, 검색 엔진 등 다양한 분야에서 널리 사용되는 방법으로 가장 일반적으로 사용되고 있는 연산에 대한 모든 비용을 동일하게 설정하는 방법을 사용하였다. 한글의 경우 영문과 다르게 단어 단위로 유사도 판정을 하는 경우보다 음소단위로 구분하여 레벤스타인 거리를 산출하는 것이 더 나은 인식률을 보장한다.

영상에서 추출한 안내지명과 사전 지명을 자음과 모음을 분리하여 음소단위로 거리를 산출하는 방안을 구현하였다. 예를 들어, 사전의 ‘의정부’와 영상에서 추출한 ‘외장보’의 비교 시 ‘의정부는 ‘ㅇㅢㅣㅈㅓㅇㅂㅜ’로 ‘와장보’는 ‘ㅇㅗㅣㅈㅏㅇㅂㅗ’ 로 음소 단위 비교 작업을 수행하여 효과적인 유사도 비교 작업을 수행하게 된다. 레벤스타인 알고리즘은 다음과 같다.

```
int LevenshteinDistance(std::vector<CHAR> *pSrc, std::vector<CHAR> *pTarget)
{
    ASSERT(pSrc && pTarget);
    // for all i and j, d[i,j] will hold the Levenshtein distance between
    // the first i characters of s and the first j characters of t;
    // note that d has (m+1)*(n+1) values
    int m = pSrc->size()+1;
    int n = pTarget->size()+1;
    if(m*n < 1) return(999);

    BYTE *pMatrix = new BYTE[m*n];
    if(!pMatrix) return(999);
    memset(pMatrix, 0x00, sizeof(BYTE)*m*n);

    // source prefixes can be transformed into empty string by
    // dropping all characters
    int i, j;
    for(i = 0; i < m; i++ ) {
        pMatrix[i*n + 0] = i;
    }

    // target prefixes can be reached from empty source prefix
    // by inserting every characters
    for(j = 0; j < n; j++ ) {
        pMatrix[0*n + j] = j;
    }
     for(j = 1; j < n; j++ ) {
        for(i = 1; i < m; i++ ) {
            if((*pSrc)[i-1] == (*pTarget)[j-1]) {
                pMatrix[i*n + j] = pMatrix[(i-1)*n + j-1];      // no operation required
            }
            else {
                pMatrix[i*n + j] = min(pMatrix[(i-1)*n + j] + 1,  // a deletion
                                       pMatrix[i*n + j-1] + 1  // an insertion
                                      );
                pMatrix[i*n + j] = min(pMatrix[i*n + j],
                                       pMatrix[(i-1)*n + j-1] + 1 // a substitution
                                       );
            }
        }
    }

    int nRet = pMatrix[(m-1)*n + (n-1)];
    delete[] pMatrix;
    return nRet;
}
```

(4) 안내 지명 우선순위와 공간 분석을 통한 효율적인 안내지명 비교

구축된 안내지명 사전은 전국 표지에 사용되는 지명을 구축한 것으로 매우 방대한 양이다. 모든 후보 지명에 대해 유사도 비교 작업을 수행할 경우 과도한 처리 시간 비용으로 인해 효과적인 분석 작업을 지원할 수 없다. 따라서, 신속하고 효과적인 안내지명 분석 작업을 위해 우선순위에 따라 안내 지명을 구축하여 사용 빈도가 높은 안내지명에 대한 비교 작업을 먼저 수행하였다. [표2-44]는 본 연구에서 제안하는 안내지명 분류이다.

표 2-44 안내지명 분류 및 우선순위

분류	안내지명 종류
CLASS 1	대장안내지명
CLASS 2	주요행정기관
CLASS 3	고속도로 IC
CLASS 4	공항, 기차역
CLASS 5	관광명소
CLASS 6	기타

표 2-45 안내지명 인식 개선 사례

안내지명사전 적용 전	안내지명사전 적용 후
속추	속초
하님시청	하남시청
병진	병천
잔전	진천
주문잔	주문진

또한, 도로표지의 위치정보와 진행방향등의 공간 정보를 활용하여, 처리 속도를 향상시킬 수 있는 방법을 사용하였다. 도로표지의 위치와 안내지명과의 거리를 산출하고 방향성을 고려하여 안내지명 사전에서 후보군을 추출하여 효율적인 안내 지명 비교 작업을 수행하였다.

알고리즘은 기본적으로 2-Phase 개념으로 구현하였다. 동일한 지명이 있는 경우 유사도 검사를 해서 처리속도를 느리게 할 필요가 없기 때문에 전처리 개념으로 비교한 것이다.

(가) 1-Phase 동일 지명 비교 : 동일지명 비교 기능을 통해 유효한 지명이라고 판단. 다음 단계인 유사도 비교 횟수를 줄이기 위해 필요.

① 대장 안내지명과 동일한 지명이 있는지 비교

② 행정 지명 및 공공기관명과 동일한지 비교 (예- 북구청, 강남구청, 남양주, 남양주시, 남양주시청, 단양, 단양군, 단양군청, 조리읍, 조리 등)

(나) 2-Phase 유사 지명 비교 : 레벤스타인 거리 알고리즘을 통해 유사도 비교 작업 수행

① 대장 안내지명과 유사도 비교 : 데이터베이스에 구축된 대장 안내지명을 활용하여 유사도 비교 작업 수행

② 행정 지명 및 공공기관명과 유사도 비교 (시도, 시군구) : 사용자 입력 위치로 부터 거리제한을 두어 처리

③ 행정 지명 및 공공기관명과 유사도 비교 (읍면동, 리) : 사용자 입력 위치로 부터 거리제한을 두어 처리

④ 분류하여 추출한 POI 지명과 유사도 비교 : 사용자 입력 위치로 부터 거리제한을 두어 처리

(5) 안내 지명 및 POI 비교분석에 따른 오류 및 개선방향

지명인식 결과에 대해 위와 같은 POI 비교분석을 시행하였으나, 오히려 이로 인한 오인식이 발생하는 경우가 있었다. 원 안내지명이 '시청'의 경우 인식결과가 '시전'으로 나왔으며 이를 POI 비교분석 한 결과 '시천'으로 바뀐 결과가 발생하였다. '시천'은 국도안내지명으로, 경상남도 산청군 시천면으로써, 국도안내지명 비교 후 전혀 다른 지명으로 인식되므로 개선필요가 있다.

(가) 안내지명 보정 기능 문제점

음소단위 레벤스타인 거리를 구하여 보정 작업을 수행하는 알고리즘은 비교 대상이 많아질수록 처리속도가 매우 느려진다는 단점이 있다. 정확한 안내지명을 식별하기 위해 좀더 많은 POI를 안내지명 사전에 구축하고 비교해야 하지만, 비교 대상수가 많아질수록 보정 작업의 처리속도는 점점 더 느려졌다. 이러한 점을 개선하기 위해 비교 대상 수를 줄이거나 유사도 검사 횟수를 줄이는 방안을 개발하였다.

대장 지명은 별도의 좌표정보를 가지고 있지 않기 때문에, 현재 유사도 검사를 통해 타지역의 대장 지명을 추천하는 경우가 있다. 유사도 검사는 음소단위 기준 논리적인 거리를 산출하는 방법이기 때문에, 거리와 같은 물리적인 제한이 없다면 단순히 유사한 음소가 많은 결과를 추천하기 때문이다.

(나) 개선방안

자주 사용되는 주요 지명에 대한 지명 비교 작업을 먼저 수행할 수 있도록 사전 개편하였다. Tesseract-OCR 분석 결과를 바탕으로 최종 결과만을 사용하지 않고, 각 단어의 후보군에 대한 정보를 이용하여 지명 비교 작업 수행하였다. 또한, 2-Phase 안내지명 보정 알고리즘에서 위 단계를 포함한 3-Phase 안내지명 보정 알고리즘 개발하였다.

대장지명 비교 시 공간 연산을 활용한 방안으로써, 대장지명을 도로선형에 매핑하고 매핑된 도로선형과 공간 연산을 통해 타지역의 대장지명이 사용되는 문제를 개선하였다.

(6) 안내지명 보정 기능 개선

(가) 3-Phase 안내지명 보정 방안 연구 개발

기존의 2-Phase 안내지명 보정 알고리즘을 개선하여 [그림 2-172]와 같은 3-Phase 안내지명 보정 알고리즘을 연구하였다. 2-Phase 알고리즘은 동일지명 비교와 유사지명 비교 두 단계를 수행하여 보정 작업을 수행하였지만, 3-Phase 알고리즘은 일치성검사, 맞춤형 단어보정, 거리기반 안내지명 보정작업 3단계 보정 작업을 수행한다. 본 연구에서는 안내지명 일치성 검사 성능을 높이고, 맞춤형 단어 보정작업과 거리기반 대장안내지명 비교 기능을 통해 효과적인 안내지명 보정 작업을 수행하도록 하였다.



그림 2-172 3-Phase 안내지명 보정 작업 개념도

(나) 안내지명 일치성 검사 성능 개선

안내지명 일치성 검사단계는 이전 연구에서 수행했던 동일지명 비교작업과 동일하다. 하지만, 정확한 안내지명을 식별하기 위해 많은 POI 비교로 인한 처리 속도 저하를 개선하기 위해 Tesseract-OCR 후보군을 이용한 Tesseract-OCR 후보군 기반 일치성 검사 방법을 개발하였다. Tesseract-OCR 후보군 기반 일치성 검사 방법은 Tesserat-OCR 문자 인식 과정 중에 도출된 단어별 후보 목록을 이용하여 안내지명을 찾는 방법이다. Tesseratc-OCR 문자 인식 방법은 주어진 영상에서 여러 단어 후보군을 추출하고, 그 중 그래픽적으로 일치도가 가장 높은 후보를 결과로 출력하는 방법이다. 일반적인 해상도의 영상에서 안내지명을 인식할 때, 도출된 여러 후보군 중에 정확한 문자가 들어 있을 확률이 70%이상이었다. 이 점에 착안하여 Tesseract-OCR 인식 결과 후보군 목록을 조합하여 일치성 검사를 수행하는 방안을 통해 유사도 검사 이전에 정확한 안내지명을 도출하는 방안을 개발하였다. [그림 2-173]은 표지 영상에서 Tesseract- OCR을 통해 인식된 결과와 후보군을 보여준다. '문산' 에 대한

문자 인식 결과는 ‘문신’이 도출되었다. 이 경우 유사도 검사를 통해서 보정해야 하지만, 개선된 알고리즘에 따라 후보군 ‘문분둔룬믄운...’과 ‘신산선삽삼잔...’을 상호 조합하여 ‘문산’이라는 안내지명이 데이터베이스 사전에 존재함을 알 수 있다.



그림 2-173 Tesseract-OCR에서 반환한 단어별 후보군

처리 과정을 상세히 살펴보면, 먼저 ‘문’의 후보군과 ‘산’의 후보군을 조합하여 ‘문신’, ‘문산’, ‘문선’, ‘문삽’, ‘문삼’, ‘분신’, ‘분산’, ‘분선’ 순으로 단어를 구성하여 일치성 검사를 수행한다. 일치성 검사 수행 속도는 매우 빠르기 때문에, 여러 후보군 조합에 대한 검사 작업을 수행해도 전체 문자인식 처리속도에 큰 영향을 주지는 않는다. 하지만, 불필요한 연산을 굳이 수행할 이유는 없기 때문에, 후보 단어의 유사도가 일정 기준 값 이상인 경우에만 연산에 참여 시키도록 하였다. [그림 2-174]는 ‘철원’에 대한 문자인식 결과와 후보군 목록을 보여주고 있다. ‘철’자에 대한 결과를 살펴보면 가장 유사도가 높은 결과의 유사도 -1.3845737에서 1.20을 뺀 기준값 -2.6045737보다 유사도가 높은 결과 ‘칠’만을 연산에 참여시킨다.



그림 2-174 유사도를 활용한 효과적인 일치성 검사 방안

[그림 2-174]에서 ‘원’에 대한 문자 인식 결과는 ‘원윈왼됨완왈된관월월’이며, 산출된 기준값 -2.7451758보다 높은 유사도를 가지는 ‘원’, ‘윈’, ‘왼’만이 일치성 검사에 참여하게 된다. 따라서, ‘철’, ‘칠’과 ‘원’, ‘윈’, ‘왼’의 조합인 ‘철원’, ‘철위’, ‘철왼’, ‘칠원’, ‘칠윈’, ‘칠왼’ 여섯 개의 조합에 대한 일치선 검사만을 수행하여 효과적인 일치성 검사방안을 연구하였다. 다음은 후보군 조합을 위한 구현 함수 내용이다.

```
inline CString MakeCandTexts(float fLimit) {
    int nTextCount = TextCount();
    if(nTextCount <= 0) return(_T(""));
    CString strResult = _T("");

    CArray<int> aIdxArray, aLoopArray, aTextSize;
    aIdxArray.SetSize(nTextCount);
    aLoopArray.SetSize(nTextCount);
    aTextSize.SetSize(nTextCount);

    // 후보 유사도가 기준치보다 큰 경우에만 조합하기 위해
    // 미리 후보군중 유효한 후보군 리스트를 설정
    for(int ni = 0; ni < nTextCount; ni++) {
        aTextSize[ni] = (AlphaNumTag(ni)) ?1 :2;
        float fPivot = m_aCandSimilarities[ni][0] - fLimit;
        int nCount = 0;
        for(int nj = 0; nj < _MAX_NUM; nj++) {
            if(m_aCandSimilarities[ni][nj] < fPivot
                || m_aCandSimilarities[ni][nj] >= -0.01) break;
            nCount++;
            if(nCount >= 5) break;
        }
        aLoopArray[ni] = nCount;
        aIdxArray[ni] = 0;
    }
    CString strResultText = _T("");
    _MakeCandTexts(aIdxArray, aLoopArray,
                        aTextSize, 0, _T(""), strResultText);
    strResultText = strResultText.Right(strResultText.GetLength()-1);
    return(strResultText);
}
inline void _MakeCandTexts(CArray<int> &aIdxArray,
         CArray<int> &aLoopArray, CArray<int> &aTextSize,
         int nCurIdx, CString strText, CString &strResultText) {
    char szTemp[10];
    int nTextSize = aTextSize[nCurIdx];
    for(int ni = 0; ni < aLoopArray[nCurIdx]; ni++) {
        memset(szTemp, 0x00, sizeof(char)*10);
        for(int nj = 0; nj < nTextSize; nj++)
            szTemp[nj] = m_strCandidates[nCurIdx][nTextSize*ni+nj];
        CString strTemp = strText + szTemp;

        if(nCurIdx == TextCount()-1) {
            strResultText += _T("|");
            strResultText += strTemp;
        }
        else _MakeCandTexts(aIdxArray, aLoopArray,
                aTextSize, nCurIdx+1, strTemp, strResultText);
    }
    return;
}
```

일치성 검사를 위해서는 도로표지시스템에 접속하여 처리해야 한다. 앞서 예로 들은 '철원'의 경우 총 6번의 일치성 검사를 수행하게 되는데, 매번 도로표지시스템에 접속하여 처리하는 경우 많은 통신 부하가 발생한다. 이에, 한 번의 접속으로 다수의 일치성 검사를 수행하기 위한 API를 개발하여 지원하였다.

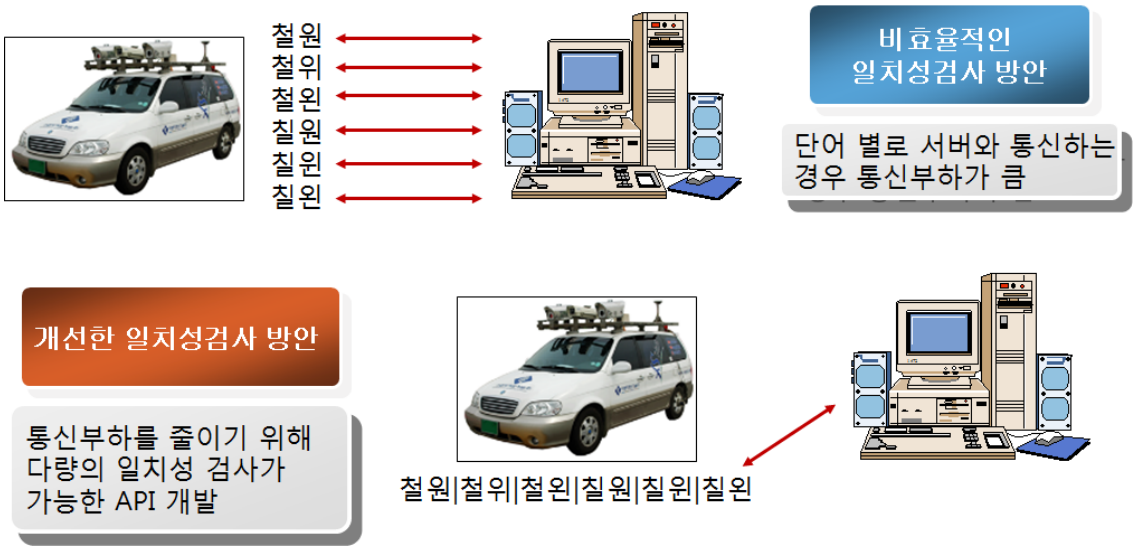


그림 2-175 효과적인 일치성 검사 API 연구

(다) 맞춤형 단어 보정 기능

맞춤형 단어 보정 기능이란 REAP가 수행하는 지역적, 시간적 특성을 고려한 맞춤형 단어 사전을 구성하여 안내지명을 보정하는 기능을 말한다. 기존 연구에서는 사용 가능한 모든 안내지명(공간적으로 인접)에 대한 유사도 비교작업을 수행하였다. 이러한 방법은 앞서 살펴보았듯이 많은 처리 시간이 소요되는 단점이 있다. 이와 같은 점을 개선하기 위해 REAP 수행 지역을 구분하여 자주 사용되는 안내지명을 먼저 비교하는 방안을 연구하였다. 먼저, 기존 GIS 기반 안내지명 사전과 별개로 행정구역단위로 별도의 맞춤형 안내지명 사전을 운영하여 안내지명 인식률을 높이는 방안을 적용하였다.

구분	설명
안내지명 건수	총 793건 (8552 번)

30	유성	326	30	공주	69
30	신탄진	269	30	청주	68
30	대전역	249	30	대덕산업단지	64
30	시청	227	30	한밭대로	63
30	금산	206	30	서대전	63
30	논산	203	30	서대전IC	63
30	대전IC	163	30	송강동	61
30	옥천	159	30	둔산동	61
30	서대전네거리	151	30	서대전(4)	60
30	북대전IC	128	30	유성ic	59
30	유성IC	128	30	신탄진IC	58
30	계룡로	125	30	서대전역	57
30	정부대전청사	114	30	유성온천	50
30	전민동	105	30	천안	48
30	대덕대로	94	30	서부터미널	47
30	대덕연구개발특구	87	30	충남대학교	46
30	조치원	81	30	태평동	43
30	계백로	80	30	판암IC	43
30	탑립동	79	30	대둔산	42
30	복합터미널	76	30	중앙로	41

그림 2-176 대전지역 안내지명 사용빈도 분석 결과

[그림 2-17]6은 대전 지역(코드 30)에서 자주 사용되는 안내지명을 분석한 결과이다. 결과에서 보듯이 자주 사용되는 안내지명의 개수가 많지 않으며, 해당 지명을 다시 사용할 확률이 높다. 이점을 활용하여 안내지명 비교 작업을 효과적으로 수행할 수 있으며, 자주 사용되거나 추천하는 안내지명을 맞춤형 안내지명 사전에 구축하고 이를 활용한 안내지명 보정 작업을 수행하였다.

맞춤형 안내지명 사전을 위한 테이블 구조는 [표2-46]와 같다. 광역시, 시도 단위로 자주 사용하는 안내지명을 구분하여 저장하는 방안을 구현하였다.

표 2-46 맞춤형 안내지명 사전 테이블 구조

	필드명	데이터형	설명
1	ID	NUMBER(12,0)	ID
2	SIDO_CD	VARCHAR2(2 CHAR)	행정구역코드
3	PLACENAME	VARCHAR2(200 BYTE)	안내지명
4	CNT	NUMBER(10,0)	사용빈도

(라) 거리기반 대장안내지명 비교 기능

도로표지제작설치관리지침에서 제시한 안내지명 선정지침에 따라 고속국도와 일반국도에 대한 안내지명을 지침에 명시하고 있으며 이를 대장안내지명이라고 한다. 도로표지제작설치관리지침에서 정의하고 있는 고속국도의 대장 안내지명은 [표2-47]과 같다. 표에서는 원거리 대장지명만을 나타내고 있으며, 근거리 안내지명은 다음에 만나게 되는 출구 IC명, 교차되는

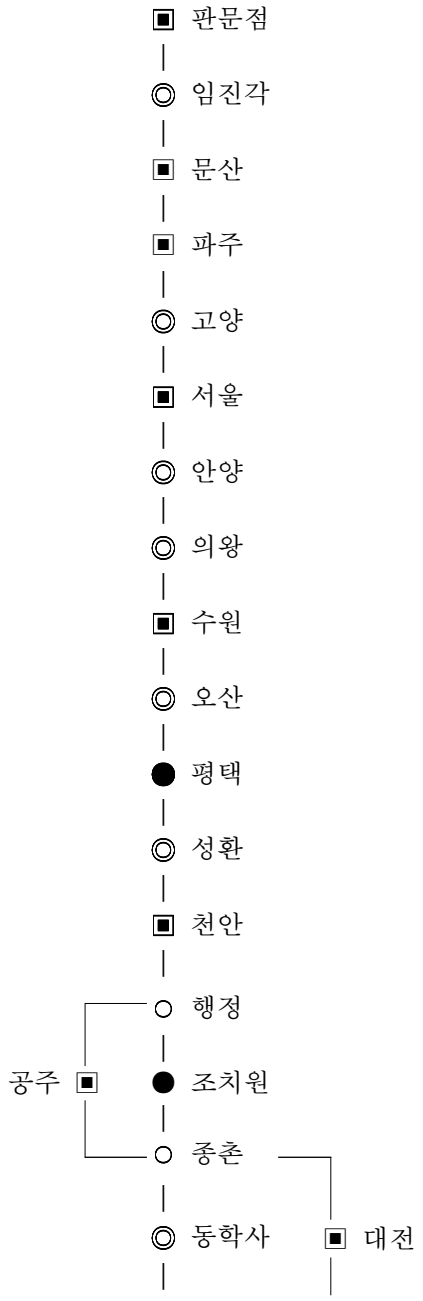
분기점(Jct)명을 표기한다.

표 2-47. 고속국도 원거리 대장지명

노선번호	노 선 명	원거리 안내 지명	노선번호	노 선 명	원거리 안내 지명
1	경부선	부산, 대구, 대전, 서울	65	동해선	부산, 울산, 동해, 강릉, 양양
10	남해선	순천, 진주, 창원, 부산	100	서울외곽순환선	판교, 구리, 의정부, 일산
12	무안광주선 88올림픽선	무안공항, 무안, 광주 광주, 함양, 대구	102	남해제1지선	진주, 부산
15	서해안선	목포, 군산, 당진, 서울	104	남해제2지선	창원, 서부산
16	울산선	언양, 울산	110	제2경인선	인천공항, 송도, 인천, 안양
17	평택화성선	평택, 동화성, 봉담, 동탄	120	경인선	인천, 서울
20	익산포항선	익산, 전주, 장수, 대구, 포항	130	인천국제공항선	인천공항, 서울
25	호남선 논산천안선	순천, 광주, 전주, 대전 광주, 천안	151	서천공주선	서천, 공주
30	당진상주선	당진, 대전, 청원, 상주	171	오산화성선 용인서울선	평택, 동화성 용인, 서울
35	통영대전선 중부선	통영, 진주, 함양, 무주, 대전 대전, 동서울	251	호남선의지선	전주, 대전
40	평택제천선	서평택, 음성	253	고창담양선	고창, 순천
45	중부내륙선	창원, 김천, 충주, 여주	300	대전남부순환선	서대전, 남대전
50	영동선	인천, 원주, 강릉	400	수도권제2순환선	봉담, 동탄
55	중앙선	부산, 대구, 안동, 원주, 춘천	451	중부내륙선의지선	창원, 대구, 안동
60	서울양양선	서울, 춘천, 동홍천	551	중앙선의지선	서부산, 양산
65	동해선	부산, 울산, 동해, 강릉, 양양			

일반국도의 경우 지침에서 정의한 안내지명 선정체계에 따라 노선단위로 원거리, 근거리 안내지명을 추천하고 있으며, [그림 2-177]은 일반국도 1호선에 대한 대장 안내지명의 예이다.

판문점→목포	
원거리	근거리
서울	임진각
서울	문산
서울	파주
서울	고양
서울	*
수원	안양
수원	의왕
천안	수원
천안	오산
천안	평택
천안	성환
대전	천안
대전	공주
대전	조치원
대전	공주
대전	동학사
논산	계룡



목포→판문점	
원거리	근거리
판문점	*
판문점	임진각
판문점	문산
문산	파주
파주	고양
서울	*
서울	안양
서울	의왕
서울	수원
수원	오산
수원	평택
평택	성환
평택	천안
평택	천안
천안	조치원
천안	조치원
조치원	동학사

그림 2-177 국도 1호선 대장 안내지명

기존 연구에서는 단순히 안내지명을 데이터베이스에 구축하고, 이와 일치성 비교, 유사도 비교를 통해 안내지명 보정작업을 수행하였다. 이 같은 방법은 위치정보에 대한 비교작업이 없어 타 지역의 안내지명이 사용되는 문제가 있다. 예를 들어, 우회전 시 오상리를 안내하는 도로표지가 '오상'이라고 명시한 경우, 정확하게 '오상'이라고 문자 인식을 했어도 대장 안내지명과 비교작업을 통해 '오산'으로 보정되어 처리되는 오류가 있다. 이런 점을 개선하기 위해 도로표지관리시스템의 도로선형 정보에 대장안내지명을 구축하는 것을 제안하고, 구축된 정보를 바탕으로 도로선형과 도로표지 위치 사이의 공간연산을 통해 검색된 안내지명만을 사용하여 좀 더 정확한 안내지명 보정 작업을 수행하였다.

[그림 2-178]에서 수집대상표지 A를 기준으로 주변에 1호선과 4호선이 지나고 있다. 이전 연구에서는 모든 일반국도의 대장 안내지명과 비교하여 정확도와 처리 효율이 낮았지만, 본 연구를 통해 1호선, 4호선의 주변 도로 선형의 대장안내지명인 계룡, 대전, 부여, 논산, 영동, 옥천 등과의 일치성 비교, 유사도 비교 작업을 수행하여 효과적인 대장 안내지명 비교 알고리즘을 개발하였다.



그림 2-178. 거리기반 대장안내지명 비교 예시 1

[그림 2-179]에서 수집대상표지 B를 기준으로 주변에 4호선과 6호선이 지나고 있으며, 주변 도로 선형의 대장안내지명인 의정부, 퇴계원, 서울, 춘천, 양평을 비교하여 비교 횟수를 줄여 처리 효율을 높였다.



그림 2-179. 거리기반 대장안내지명 비교 예시 2

[표2-48]은 도로선형정보와 안내지명 정보를 저장하는 테이블 구조를 보여준다.

표 2-48. 대장안내지명 테이블 구조

	필드명	데이터형	설명
1	ID	NUMBER(12,0)	ID
2	K_ROAD_K	VARCHAR2(2 BYTE)	도로종별
3	K_ROAD_NUM	NUMBER(6,0)	노선번호
4	OBJ	SDO_GEOMETRY	도로선형 공간객체
5	ONEWAY	NUMBER(2,0)	일방통행 정보
6	DW_L_DIR	VARCHAR2(30 BYTE)	하행 원거리 안내지명
7	DW_S_DIR	VARCHAR2(30 BYTE)	하행 근거리 안내지명
8	UP_L_DIR	VARCHAR2(30 BYTE)	상행 원거리 안내지명
9	UP_S_DIR	VARCHAR2(30 BYTE)	상행 근거리 안내지명

차. 기호 영역 분류 및 인식 알고리즘 개발

(1) 개요

도로표지는 도로상에서 도로이용자가 원하는 목적지까지 쉽게 도착할 수 있도록 안내해주는 기능을 가지는 도로 부속시설물로 본 연구에서는 [그림 2-180]과 같은 방향표지를 그 연구대상으로 하였다.



그림 2-180 도로 방향표지

도로표지를 체계적으로 관리하기 위해서는 도로표지 내용에 대한 DB구축이 필요하며 이를 위한 작업은 거의 수동으로 진행되고 있어 많은 시간과 비용이 소요된다. 따라서, 본 연구에서는 방향표지 영상에서 컴퓨터를 이용한 자동인식 알고리즘을 통해 방향정보에 해당하는 도형을 추출하고 그 내용과 위치를 자동으로 추출하는 알고리즘을 개발하였다.

알고리즘 구현은 C++언어를 이용하여 코딩하였으며 영상처리 관련 C함수는 OpenCV 라이브러리를 활용하고 알고리즘 테스트의 편의성을 높이기 위해 윈도우 기반의 사용자 인터페이스를 제작하였다. 방향정보의 자동추출을 위해, 영상 개선, 영상 이진화, 방향정보 도형영역 추출, 특징점 추출, 템플릿 영상정합 등의 영상처리 기법을 적용하였으며 이를 통해 방향정보 자동 인식을 수행하였다.

(2) 도로표지 특성에 따른 적용 방법론 개발

본 연구에서는 도로표지 내의 방향정보 자동 검출을 연구 대상으로 하였으므로 도로표지 중 방향표지를 대상으로 하여 실험을 수행하였으며, 사용된 도로표지 영상은 도로를 따라 이동하며 촬영된 동영상으로부터 캡쳐된 컬러 영상을 사용하였다.

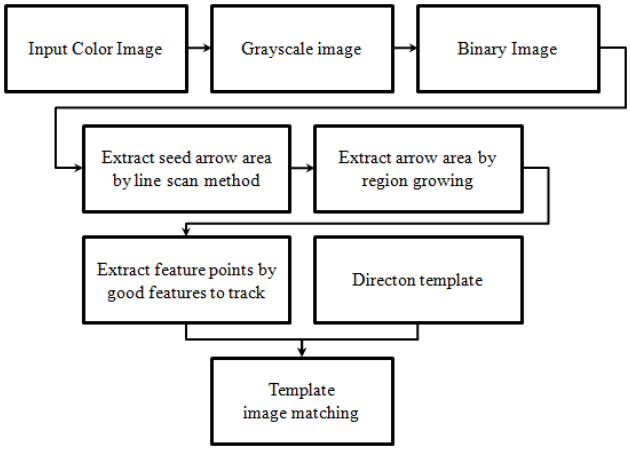


그림 2-181 방향정보 인식을 영상처리 흐름도

적용한 도로표지의 방향정보 인식은 입력영상 생성, 방향정보 영역 추출, 영상정합을 통한 방향 인식의 세 단계로 구분하였으며 [그림 2-181]은 본 연구에서 적용한 방향정보 자동인식 방법론이다.

도로표지 영상을 처리하는데 있어서 컬러영상 보다는 흑백영상이 다루기 쉽고 더 효율적이기 때문에 gray-scale 영상으로 변환하게 된다. 이렇게 변환된 영상은 그 밝기 영역이 컴퓨터가 영상을 인식하는 쓰는 전체 DN값 영역과 서로 일치하지 않기 때문에 영상의 전체적인 밝고 어두움에 따라 일정 영역만을 표현하는 경우가 발생한다. 기본적으로 8bit의 자료를 쓸 때 수집된 영상 자료 화소의 밝기값이 30 - 90 사이에 존재한다면 컴퓨터는 8 bit 영상 자료에 대해서 검은색을 0, 흰색을 255로 정의하기 때문에 영상 자료는 화면 상에서 매우 어둡게 나타나며, 전체 DN값 영역을 모두 쓰지 않기 때문에 영상의 분광해상도가 낮아지게 된다. 영상자료에서 각각의 화소가 갖는 분광해상도가 낮다는 의미는 그만큼 영상에서 특정 대상물을 구별해내기가 어렵다는 것을 의미하며, 영상에서 관심 대상을 추출할 때 어려움이 생기게 된다. 따라서, 영상 자료의 Contrast를 조절하여 영상에 포함된 정보의 시각적 분리도를 향상시키기 위해서는 영상 자료가 갖는 화소들의 밝기 영역을 0부터 255까지로 넓혀줄 필요가 있다.

도로표지 영상을 강조하는 데 있어서 도로표지의 배경색과 심벌 및 글자를 나타내는 하얀색을 구별해야하기 때문에 두 가지 색의 밝기값의 차이가 커지도록 하는 것이 유리하다. 이때 Histogram Equalization은 밝기값이 골고루 퍼지는 현상만 발생하기 때문에 두 가지를 구분하기 위한 영상 강조는 거의 효과가 없다. 선형 Contrast 강조 방법에서 Piecewise-Linear Stretch는 구간을 나누고 선형식 계수를 따로 설정하여야 하는데 이때 작업자의 판단이 들어가야하며, 도로 표지영상에서의 강조의 목적은 밝기값 분포가 집중하는 지역을 stretch하여 명암을 높이고자 하는 목적이 아니기 때문에 효율성이 없다. Logarithmic Stretch도 Linear Stretch에 비해 장점을 가지지 않는다. 따라서 본 연구에서는 Linear Stretch를 수행하는 것이 가장 좋다고 판단된다.

방향정보 도형을 추출하기 위한 입력영상 생성은 최초 컬러영상으로부터 이진영상을 추출하는 과정으로 최초 컬러입력영상은 흑백영상(grayscale image)로 변환되며, 흑백영상을

Linear Stretch하고 최종적으로 이진 영상으로 변환하고 영상의 이진화에 사용할 수 있는 방법은 단순 임계값(threshold value)을 사용하는 방법과 영상 구분을 특징지을 수 있는 조정임계값(adaptive threshold value)을 사용하는 방법, 원본 컬러영상의 RGB 색상 각각의 특징값을 분석하여 색상기반임계값(color-based threshold value)을 사용하는 방법 등을 적용할 수 있다.

RGB 색상을 이용하는 방법은 컬러 정보를 활용하는 것인데, 실제는 RGB가 아닌 다른 컬러 공간을 이용하는 것이 유리하다. 영상처리에서 RGB를 주로 쓰는 이유는 디지털 영상의 취득 센서가 RGB 필터를 통과하는 빛을 관측하기 때문이다. 그러나 불행하게도 RGB 컬러공간을 사용해 컬러 사이의 거리를 계산하는 방법은 주어진 두 컬러간의 유사도를 측정하는 가장 좋은 방법이 아니다. 사실 RGB는 지각적으로 균일한 공간이 아니다. 즉, 동일한 거리로 구분한 두 개의 다른 컬러가 매우 다른 반면, 반대로 두 컬러가 매우 비슷할 수도 있다. 이러한 문제를 해결하기 위해 지각적으로 균일한 컬러공간 속성을 갖는 다른 컬러 공간을 이용한다. 특히 CIE L*a*b는 해당 컬러 공간의 하나로, 영상을 이공간으로 변환하면 영상화소 간의 컬러공간상의 유클리디안 거리는 다음 두 컬러의 유사도 측정을 의미한다. 도로표지 영상은 색이 단순한 2-3가지 밖에 없기 때문에 컬러정보를 이용함으로서 얻는 정보의 질이 크게 좋아지지 않는다. 더욱이 같은 색이라도 표지판의 촬영조건이나 기상, 오염 등의 이유로 기준으로 정할 RGB값도 결정하기 어렵기 때문에 영상처리 과정에서 시간만 더 소요될 수 있다.

단순 임계값(threshold value)을 사용하는 방법과 영상 구분을 특징지을 수 있는 조정임계값(adaptive threshold value)을 사용하는 방법을 도로표지에 적용할 수 있다. 조정임계값을 적용하는 경우 화소마다 다른 임계값을 가지게 되며, 임계값은 각 화소 주변에 미리 설정된 일정 블록 사이즈에서 수한 가중치 평균값에서 지정된 상수값을 뺀 값이 임계값으로 결정된다. 가중치는 모두 동일하게 하는 방법과 가우시안 함수의 형태로 지정되어 중심쪽 픽셀에 가중치를 크게 부여하는 방법이 있다. 도로표지판의 경우 표지판 영역이 한 장의 영상에 나타나게 되는데, 한 장의 영상에서 명암이 점진적으로 변하는 경우 이외에, 일부 영역에 다른 시설물에 반사된 빛 때문에 역광 현상이 발생할 수 있다. 그러나 이 경우 도형이나 글자에 해당하는 하얀색과 역광이 비친 배경의 밝기값이 거의 같기 때문에 adaptive threshold value로도 구분하는 것의 불가능하다. 따라서 단순 임계값을 적용 한다. [그림 2-182[는 영상 이진화의 예이다.

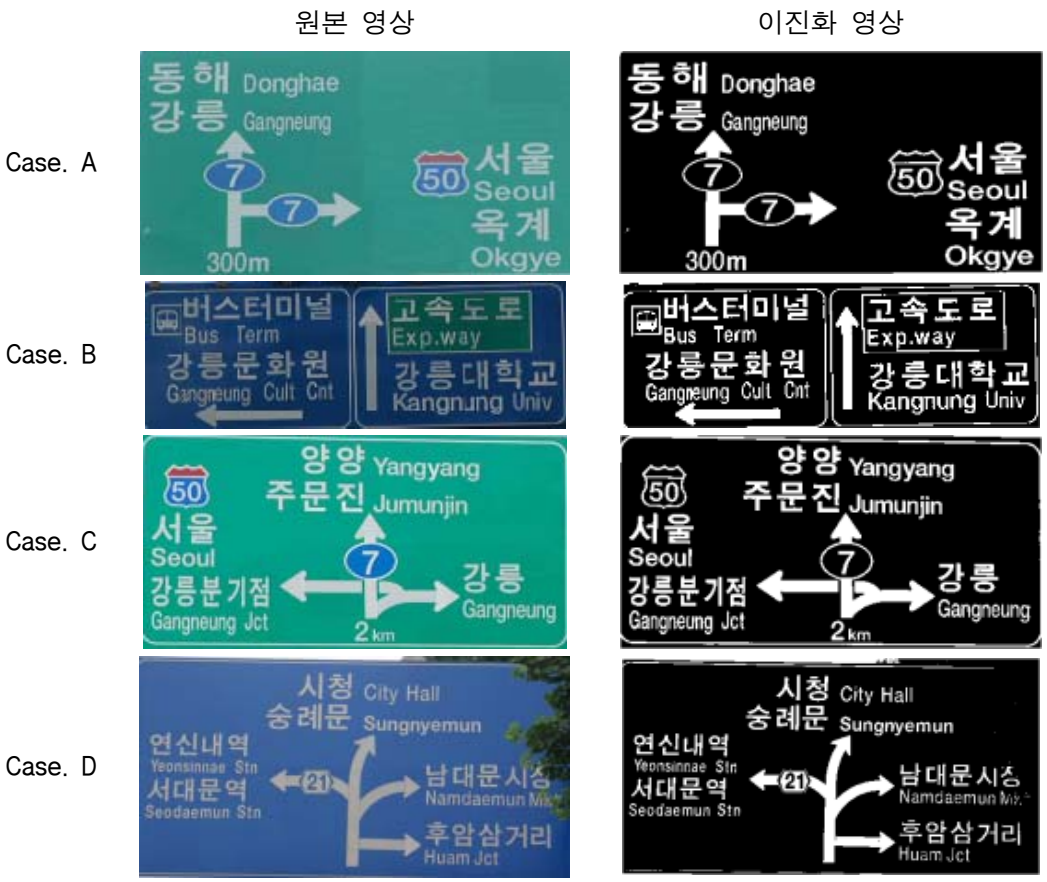


그림 2-182 도로표지 영상의 이진화

도로표지 내의 방향정보 영역은 일반적으로 종방향, 횡방향으로 연속된 밝기값이 나오는 특징이 있다. 따라서 본 연구에서는 도로표지 내 방향정보 영역이 갖는 특성을 고려하여 line scan을 통한 연속셀 검출 방법을 적용하여 방향정보 영역을 검출하고, Line scan을 통한 연속셀 검출은 이진영상을 입력으로 하여 종방향, 횡방향으로 각각 255의 밝기값이 나타나는 연속된 셀의 개수를 탐색한 후 연속된 셀 개수의 최대값으로 연속된 셀들을 교체하는 방법을 사용하였다.

[그림 2-183~185]는 방향정보영역 검출의 seed 영역 추출을 위한 line scan 방법을 도식화하였으며, [그림 2-183], [그림 2-184]와 같이 먼저 종방향, 횡방향으로 개별 line에 탐색을 실시하여 연속적으로 나타나는 셀의 개수를 계산한 후, 계산된 셀 중 0이 아닌, 즉 연속된 셀이 존재하는 셀들을 대상으로 인접한 셀 중 연속된 셀 개수의 최대값으로 변경하였다.

다음으로 변경된 셀 값을 대상으로 하여 임계값을 적용하여 일정값 이하의 셀은 0의 밝기값으로 변경하여 종방향, 횡방향 각각의 검출결과를 생성하였다.

[그림 2-185]와 같이 마지막으로 종방향, 횡방향 line scan 검출 결과의 교집합을 구하여 방향정보 영역 검출을 위한 seed 영역을 추출하였으며, 이 seed 영역을 기반으로 region growing 방법을 적용하여 도로표지 내의 방향정보 영역을 검출하였다. 도로표지 내의 방향정보 영역의 연속된 셀의 크기는 표지 내의 문자나 기호에 비하여 크게 표현되므로 이와

같은 방법을 이용하여 표지 내의 방향정보 영역과 다른 정보의 영역을 구분할 수 있었다.

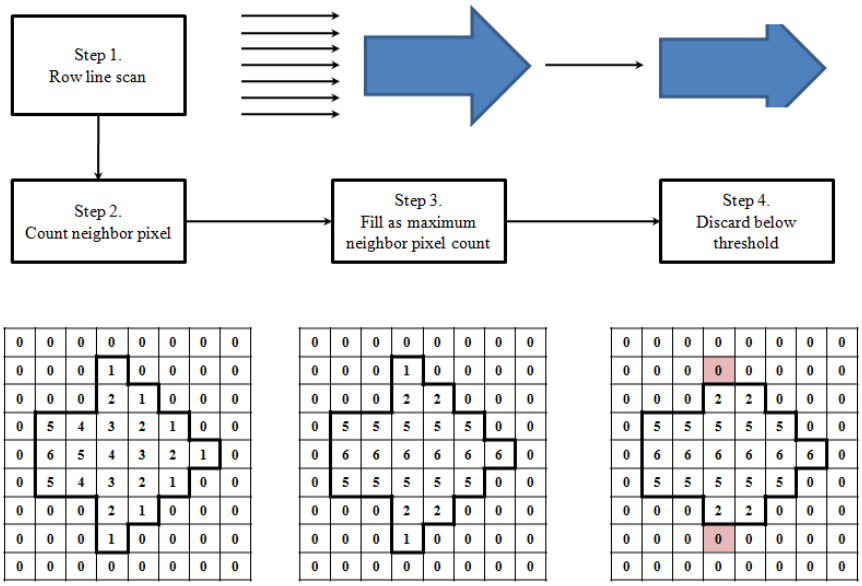


그림 2-183 횡방향 연속셀 스캔

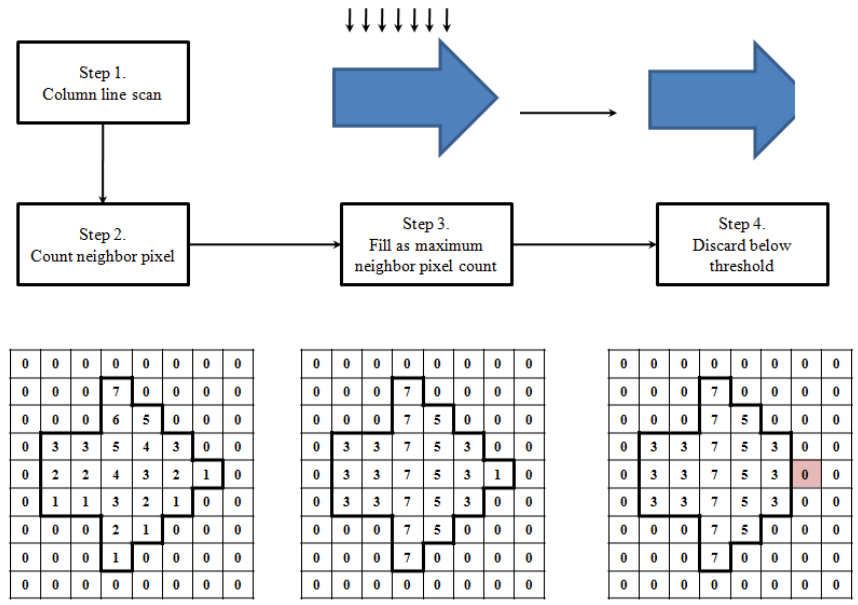


그림 2-184 종방향 연속셀 스캔

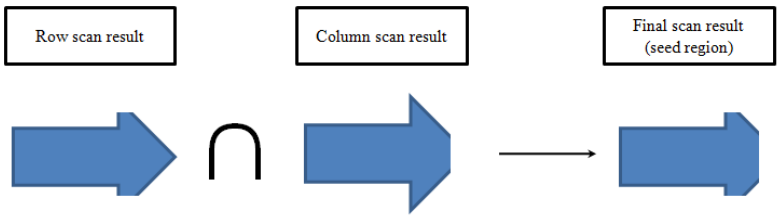
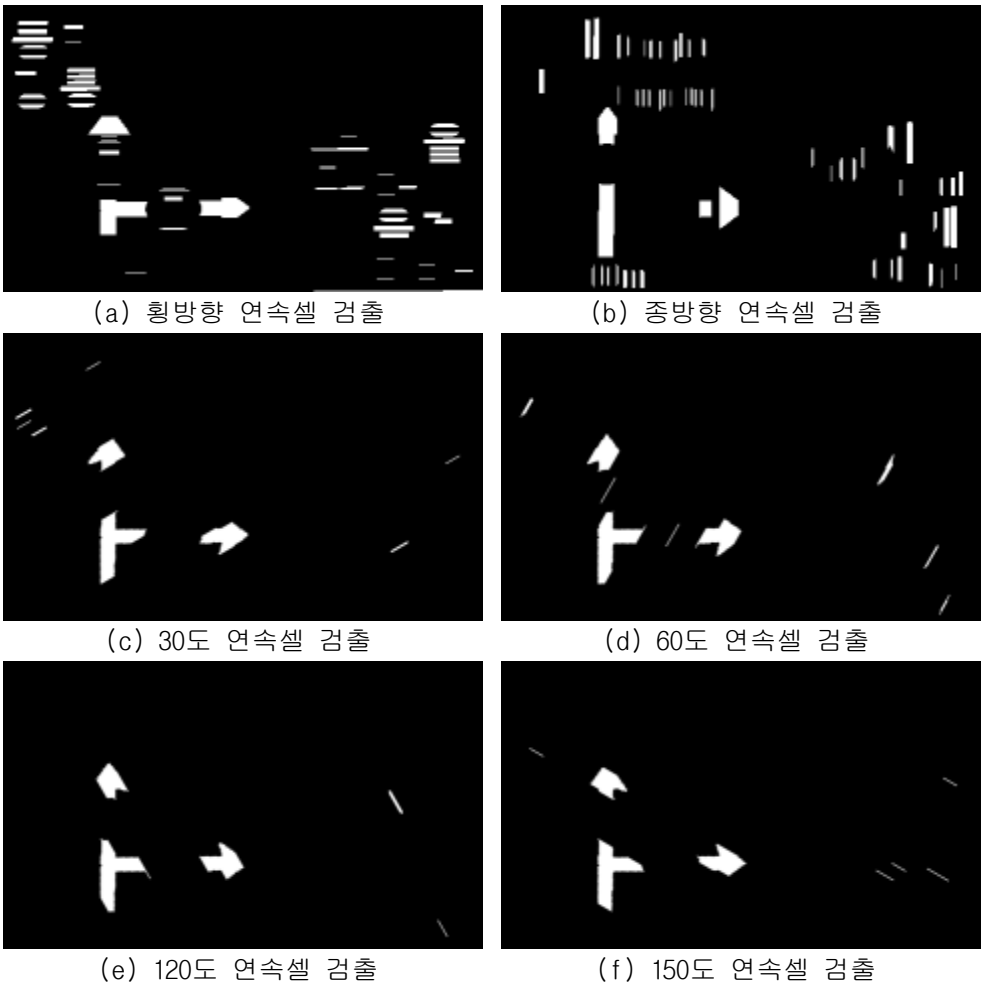


그림 2-185 일정 크기이상 연속셀의 교집합

실제 구현과 적용에 있어서 종방향과 횡방향 연속셀 검출만으로는 방향정보 도형이 아닌 글자 부분에서도 많은 seed 영역들이 추출되어 [그림 2-186]과 같이 수평을 기준으로 30도와 60도 방향의 연속셀도 추가로 검출하여 총 6방향의 연속셀로 seed 영역을 추출하였다.



(a) 횡방향 연속셀 검출 (b) 종방향 연속셀 검출

(c) 30도 연속셀 검출 (d) 60도 연속셀 검출

(e) 120도 연속셀 검출 (f) 150도 연속셀 검출

그림 2-186 6방향 연속셀 검출

테스트 영상에 대해 지금까지의 과정을 코딩하여 구현한 결과 [그림 2-187]과 같이 화살표영역을 추출하였다.

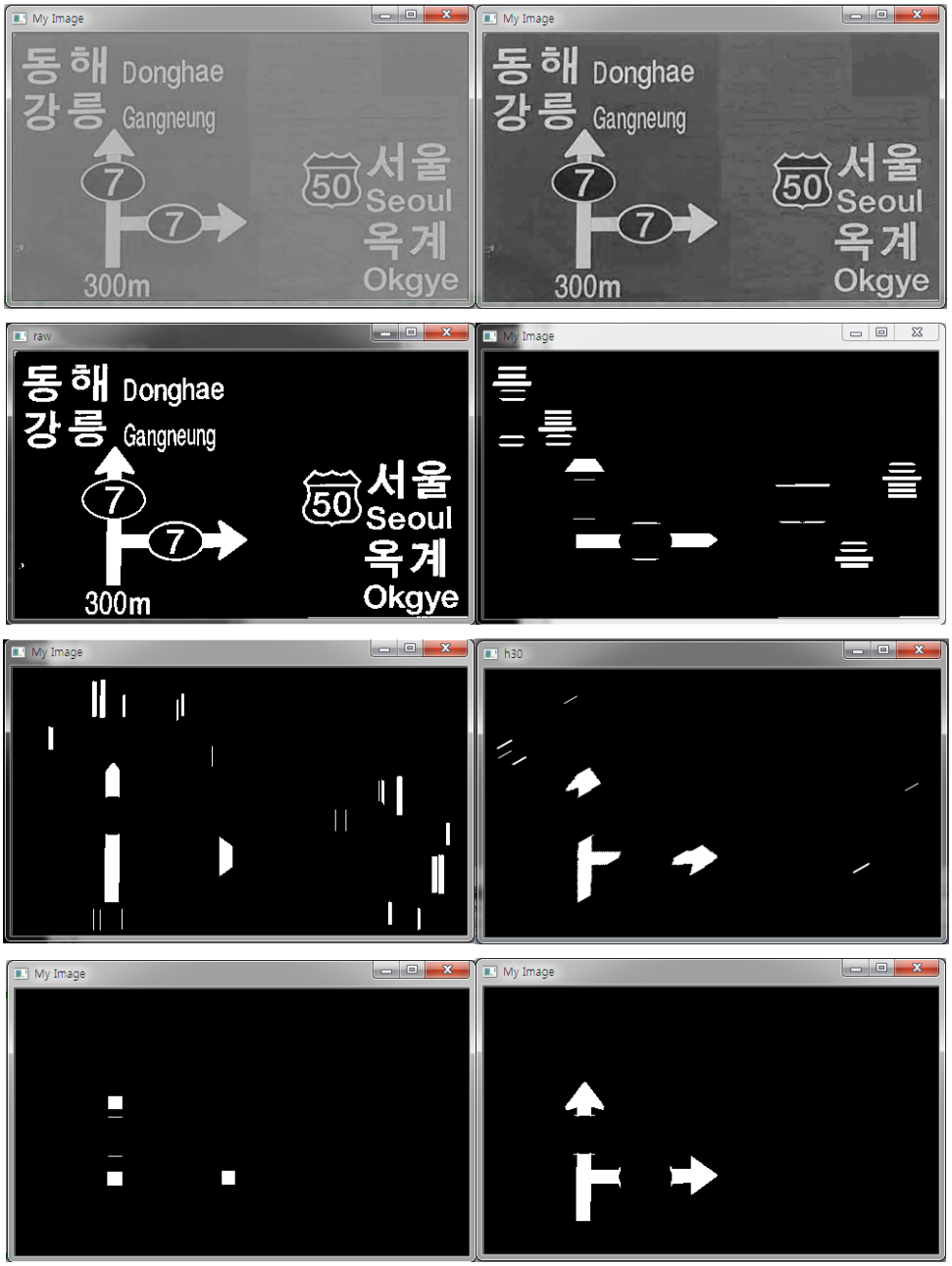


그림 2-187 방향정보도형 추출결과

(3) 도로표지 영상에서 방향정보의 Classification 기법 개발

검출된 방향정보 영역으로부터 방향 정보를 인식하기 위하여 영역 기반 영상정합 방법의 일종인 template image matching 기법을 사용하였다. 또한 영상정합 기법의 적용을 위해 line scan 방법으로부터 추출된 방향정보 영역 영상의 특징점을 추출하여 영상정합의 효율성을 높였다. 특징점 추출은 사진측량, 패턴인식, 컴퓨터비전 분야에서 많이 활용되고 있으며 특징점 연산자가 얼마나 효과적으로 식별성이 우수한 특징점을 찾는지는 영상정합의 결과에 큰 영향을 미친다.

특징점은 디지털 영상에서 대개 밝기값의 변화가 급변하는 경계의 모서리, 교차점 등으로, 특징점 추출 방법은 크게 두 가지로 나눌 수 있다. 첫째는 영상의 밝기값을 기반으로 하여

밝기값의 변화를 x축 방향과 y축 방향으로 나누어 밝기값 변화의 크기, 기울기 등을 이용하는 방법이고, 둘째는 영상을 웨이블릿(Wavelet) 변환을 이용하여 주파수 영역으로 변환한 후 특징점을 추출하는 방법이 있으며 웨이블릿에 대한 공학적인 응용이 가능해 지면서 영상공간에서 수행되던 특징점 추출방법을 웨이블릿을 이용하여 특징점 또는 선형성분을 추출할 수 있다.

경계검출은 영상처리에서 가장 흔하게 사용되는 연산 중 하나이고 영상에서 경계를 강화하거나 추출하는 알고리즘으로 일반적으로 영상에서 색이나 농도의 급격한 변화가 있는 부분을 경계라고 정의. 기술적으로 경계검출이란 경계를 구성하는 화소를 찾는 과정이며, 이 과정을 거치면 경계와 경계가 아닌 부분의 대비가 증가되어 경계가 더 뚜렷이 나타난 영상을 얻게 된다. 경계검출기법은 특정 관심대상을 추출하고, 그 면적이나 주위의 길이를 관측하며, 두 영상의 대응점을 구하는 데 응용되기도 하며, 더 나아가서는 영상을 이해하는 데에도 이용할 수 있다. 경계란 밝기값이 급격하게 변화하는 부분을 말하므로 함수의 변화량을 조사하는 미분연산을 주로 이용하며 경계검출방법에 대해서는 지금까지 많은 연구가 있었으며 그 종류도 다양하다. 크게는 1차 미분연산자와 2차 미분연산자로 나뉘며 근래에는 이 둘을 함께 적용하는 방법도 제시되었다.

특징점의 추출은 good features to track 알고리즘을 적용하였다. good features to track 알고리즘은 영상의 상사변환을 기반으로 Newton-Rhapson 방법을 확장한 객체 추적 알고리즘으로 가장 확률 높은 corner point를 추출하는데 적용되는 특징점 추출 알고리즘이다(Shi and Tomasi, 1994). 또한 국내 도로표지 내의 방향정보는 일정한 규격에 의해 제작되고 있으므로 [그림 2-188]과 같은 방향정보 표식의 머리 부분을 이용한 템플릿을 추출하여 [그림 2-189]와 같은 template으로 영상정합을 수행하여 효율성을 높였다.

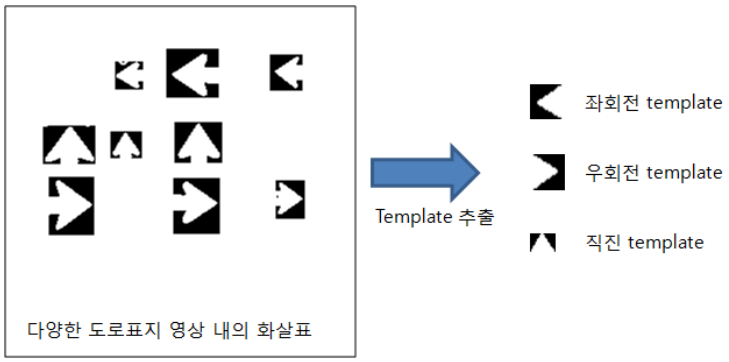


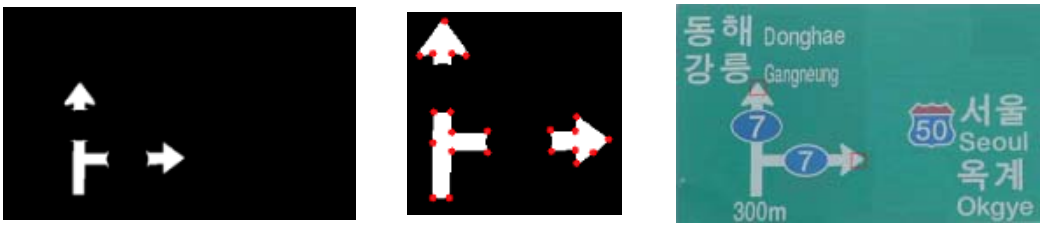
그림 2-188 화살표 템플릿 추출



그림 2-189 방향정보 template

영상정합은 영상상관계수의 한계값을 설정하고 그 이상의 상관성을 나타내는 경우를 이용하며, 탐색영역내의 모든 영상소의 상관계수를 구하여 정합점을 결정한다. 영상정합에 영향을 미치는 요소는 template의 크기와 탐색영역의 크기이고, template의 크기가 작으면 상관계수에 대한 신뢰도가 떨어지게 되므로 가장 정확한 영상정합을 위하여 적절한 크기와 정합에 용이한 template을 제작하는 것이 중요하다.

테스트 영상에서 특징점 추출과 template matching을 수행한 결과는 [그림 2-190]과 같다.



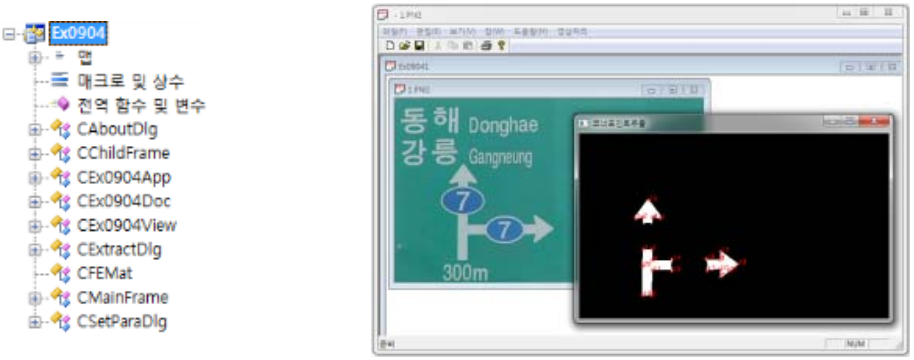
(a) 방향정보 도형 영역 (b) 특징점 추출 (c) 영상정합 결과

그림 2-190 template image matching

(4) 프로그램 개발 및 테스트

C++언어 기반의 OpenCV 라이브러리를 이용하여 알고리즘을 구현하였으며, 개발환경은 Visual studio 2008이다. 영상강조, 영상 이진화, 6방향 연속셀 검출, 영상 합성, 영역 확장, 특징점 추출, 템플릿 영상정합, 정합결과 출력 등의 기능을 C언어로 구현하였다. 또한 영상 테스트의 편의성을 높이기 위해 윈도우기반의 유저 인터페이스를 제작하였으며, 개발된 프로그램은 [그림 2-191](a)와 같이 9개의 클래스로 구성되어 있으며 실행모습은 그림 141(b)와 같다.

영상처리 메뉴는 8개이며 각각의 메뉴버튼 클릭을 통해 영상처리과정을 수행하고 그 결과를 바로 확인할 수 있다. [그림 2-192]는 영상처리를 위한 환경설정 대화상자이고, [그림 2-193]은 수많은 영상을 일괄적으로 처리하기 위한 batch 실행의 환경설정 대화상자이다.



(a) class (b) 프로그램 실행모습

그림 2-191 프로그램



그림 2-192 영상처리 환경설정 대화상자

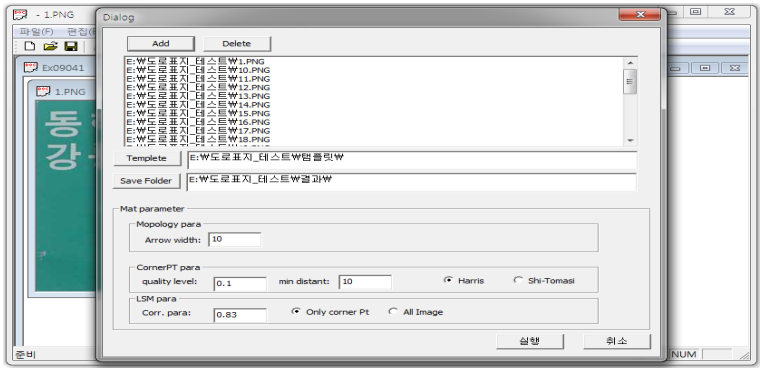
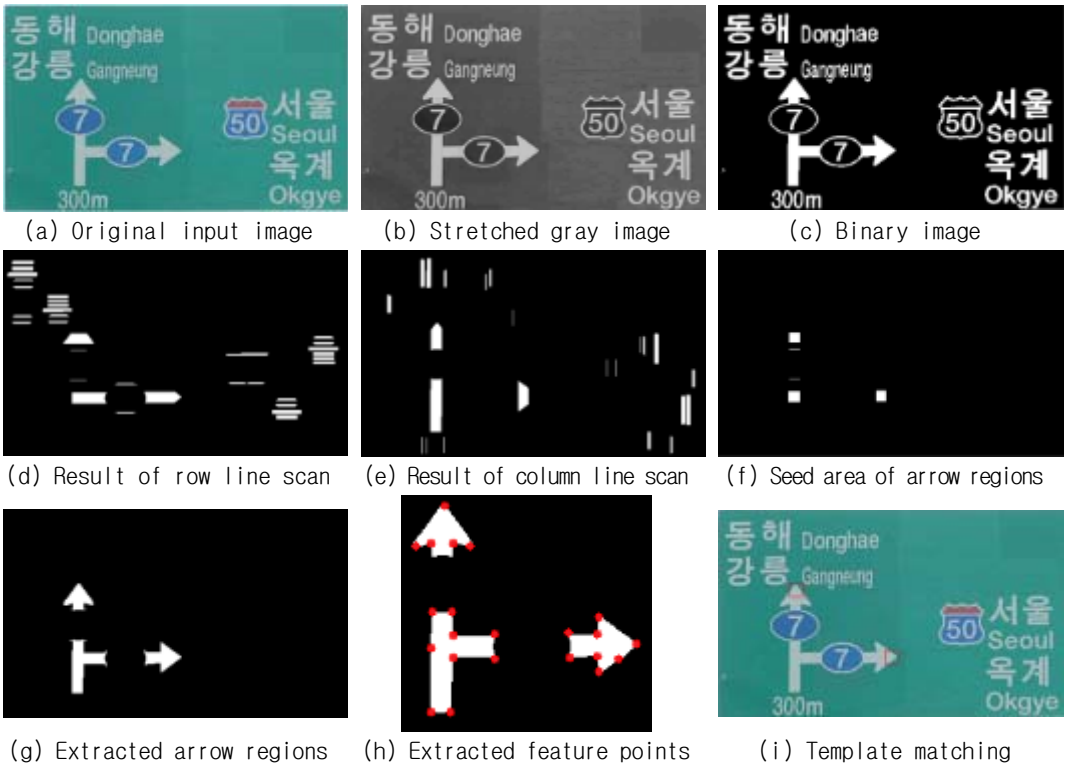


그림 2-193 다영상 처리를 위한 batch 실행 대화상자

[그림 2-193]는 본 연구에서 개발한 프로그램을 이용하여 도로표지영상을 테스트한 결과이다.



(a) Original input image (b) Stretched gray image (c) Binary image

(d) Result of row line scan (e) Result of column line scan (f) Seed area of arrow regions

(g) Extracted arrow regions (h) Extracted feature points (i) Template matching

그림 2-194 프로그램 수행 결과

[그림 2-194](d)와 (e)에서 볼 수 있듯이 횡방향 line scan 실험결과 및 종방향 line scan 실험결과의 경우 각각의 scan 결과는 방향정보 영역 외에 문자 및 일부 기호 영역이 검출되었으나 두 방향 scan 결과를 합성한 (f)에서는 방향정보 영역의 seed 영역만이 검출되었다. 검출된 seed 영역을 기반으로 region growing 알고리즘을 적용한 결과 (g)에서와 같이 방향정보 영역의 추출이 이루어졌으며, 또한 특징점 추출 알고리즘을 적용하여 (h)와 같이 영상정합을 위한 22개의 코너포인트가 추출되었다. 영상정합을 위해 추출된 22개의 코너포인트를 이용하여 template 영상정합 기법을 적용하였다. 정합결과 북쪽 방향은 0.937의 상관계수 값으로 정합되었으며 동쪽 방향은 0.930의 상관계수로 정합하였다.

실험은 Intel i5-3550 3.30GHz CPU의 8GB RAM의 컴퓨터 환경에서 수행되었으며 프로세싱 시간은 0.6초, 이에 따라 방향정보 영역의 추출에 이은 방향정보(북쪽, 동쪽)를 자동으로 인식할 수 있었다.

(5) 결과

여러 가지 영상처리 기법들을 국내 도로표지 영상에 적용하여 도로표지의 방향정보를 자동으로 추출하고자 하였다. C++언어 기반의 OpenCV 라이브러리를 이용하여 알고리즘을 구현하였으며 테스트를 위해 윈도우 인터페이스의 프로그램을 제작하였다. 방향표지영상에 대해 제작된 프로그램을 이용하여 영상변환, 횡방향・종방향 연속셀 검출, 영상 합성, 영역확장, 특징점 추출, 템플릿 영상정합, 정합결과 출력 등의 과정을 수행함으로서 도로표지에서 방향정보를 추출할 수 있었다.

카. 도로표지 방향정보 추출 및 인식률 제고를 위한 기법개발

(1) 영상 이진화 개선

영상에서 정보를 얻어내기 위해서는 이미지가 담고 있는 객체들을 분리하는 작업이 필요하다. 이 작업 중 가장 단순한 것 중의 하나가 바로 이진화이다. 이진화는 이미지의 그레이 값에 따라서 픽셀을 0과 1(또는 255)로 바꾸는 작업이고, 이러한 이진화 작업을 거치면 이미지가 담고 있는 객체를 배경에서 분리할 수가 있다. 이때 어떤 밝기 값으로 클래스를 구분해야하는가라는 문제가 발생한다.

임계값(threshold value)의 설정에 대한 여러 가지 알고리즘이 알려져 있는데, 그 중에서 통계적인 방법을 이용한 Otsu의 알고리즘이 가장 자연스러운 임계값 설정으로 활용성이 크다. Otsu 알고리즘을 쓰면 Bimodal 분포의 히스토그램에서 중간 값을 잡아주므로, 이진화를 위한 임계값을 비교적 정확하게 설정할 수 있다. Otsu는 통계학적인 방법을 이용해 임계값을 계산한다. 전체 분산은 아래 수식과 같이 클래스 내 분산(within-class variance)과 클래스

간 분산(between-class variance)의 합으로 나타내어질 수 있다.

$$\sigma^2 = \sigma_W^2 + \sigma_B^2$$

또한, 클래스 내 분산(σ_W^2)은 아래 수식과 같이 계산할 수 있다.

$$\sigma_W^2(t) = \omega_b(t)\sigma_b^2(t) + \omega_w(t)\sigma_w^2(t)$$

위의 수식에서 어느 특정 임계값 t로 영상을 두 개의 클래스(black, white)로 구분하였을 때, ω_b는 검은색 클래스의 가중치, $\sigma_b^2(t)$는 검은색 클래스의 분산이다. 분산이란 분포가 퍼져 있는 정도를 나타내는 척도로 쓰인다. 따라서 어떤 분포에서 분산이 클수록 분포도는 전체적으로 보았을 때 완만해질 것이고, 반대로 분산이 작아질수록 분포도는 어느 한 점 주변에 몰리게 나타날 것이다. 좋은 임계값을 구하기 위해서는 양 클래스의 분산이 작을수록 좋은 것으로 알려져 있다. 즉, 클래스 내 분산의 최소값을 구하면 원하는 임계값을 찾아낼 수 있다. 이를 보다 쉽게 구하기 위해 클래스 간 분산(σ_B^2)을 이용한다. 클래스 간 분산을 식으로 표현하면 아래 수식과 같다.

$$\begin{aligned}
&\sigma_B^2(t) = \sigma^2 - \sigma_W^2(t) \\
&= \omega_b(t)(\mu_b(t) - \mu(t))^2 + \omega_w(t)(\mu_w(t) - \mu(t))^2 \\
&= \omega_b(t)\omega_w(t)[\mu_b(t) - \mu_w(t)]^2 \\
&where\ \mu = \omega_b(t)\mu_b(t) + \omega_w(t)\mu_w(t)
\end{aligned}$$

클래스 간 분산은 클래스 내 분산의 역이므로 클래스 간 분산의 최대값을 구하여 최종적으로 아래 수식의 분산비를 최대로 하는 것이 최적의 임계값이다.

$$\eta(t) = \left[\frac{\sigma_B^2(t)}{\sigma_W^2(t)} \right]_{\max}$$

실제 도로표지 영상에 적용한 결과 다소 높은 효율성을 확인하였다.



[원본] [임계값 128] [Otsu]



[원본] [임계값 128] [0tsu]



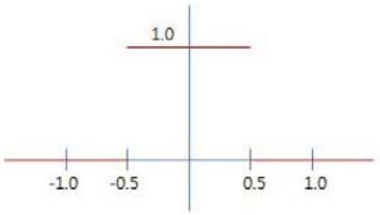
[원본] [임계값 128] [0tsu]

(2) 영상크기 정규화

도로표지 영상은 촬영거리와 해상도에 따라 크기가 서로 다르며 특정 도형을 추출하고 내용을 인식하는 영상처리 알고리즘을 적용하는데 있어서 해상도 차이에 따른 축척의 변화 때문에 여러 가지 문제가 발생할 수 있다. 따라서 영상의 크기를 일정하게 정규화 함으로써 영상처리 알고리즘을 보다 최적화하여 적용할 수 있다. 도형 및 글자의 크기는 영상의 너비보다 높이에 따라 비례하여 커지기 때문에 높이를 고정함으로서 영상 내의 도형이나 글자의 크기를 어느 정도 정규화 시키는 것이 가능하다. 영상의 크기를 변환하는데 있어서 높이를 일정하게 고정시키기 위해서는 영상 비율에 맞는 너비를 계산고 비율에 맞추어 영상의 크기를 변환한다.

영상의 크기를 변환하여 새로운 영상을 생성할 때에는 보간법을 적용하여야 하며 여러 가지 방법이 존재(이승재, 2013)한다. 가장 기본적인 Nearest Neighbor 보간은 인접한 4개의 셀을 이용해 보간을 하며, 기본적으로는 x축 factor와 y축 factor를 구해 가장 가까운 셀의 밝기값을 선택하는 방식이다. p0와 p1을 Nearest Neighbor 기법에 적용한다면 아래 수식과 같이 처리하게 된다. $K(-u)$ 나 $K(1.0-u)$ 두개의 factor중 반드시 하나는 0.0으로 상쇄되며, 이것으로 인해 p0 또는 p1중 하나가 선택된다. 여기에서 K 함수를 주목하면 [그림 2-195]와 같이 계단형 함수가 되는 것을 알 수 있다.

$$p0 \cdot \quad K(-u)+p1 \cdot \quad K(1.0-u)$$



$$K(u)\begin{cases} r=1.0 (-0.5 < u \leqq 0.5) \\ r=0.0 (else) \end{cases}$$

그림 2-195 K함수

Bilinear Interpolation은 계단현상이 발생하지 않고 사람 눈에 거슬리지 않는 장점으로 인해 영상 처리에서 가장 보편적으로 사용되는 보간 기법이다. 보간법에서 생성되는 픽셀은

[그림 2-196]과 같이 네 개의 가장 가까운 픽셀들에 가중치(weight)를 곱한 값들의 합이며, 가중치들은 선형적인 방법으로 결정되는데 존재하는 각각의 픽셀로부터의 거리에 반비례한다.

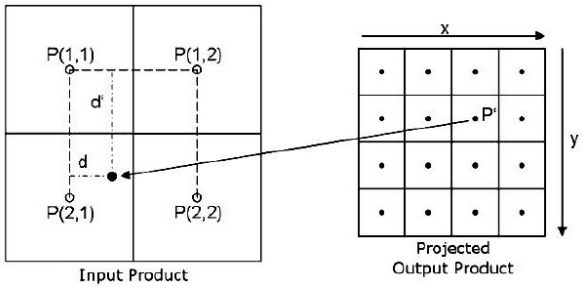


그림 2-196 Bilinear Interpolation

본 연구에서는 영상크기 변환을 위한 보간법으로 Nearest Neighbor 기법을 적용하였다. 방향표지 도형을 추출하는데 있어서 처리할 영상 자체가 이진화 된 영상이기 때문이며, 특히 경계를 명확히 구분해야 하는 특성상 Bilinear Interpolation 보다는 Nearest Neighbor가 더욱 효율적이기 때문이다.

(3) 방향지시 도형 추출

도로표지 내의 방향정보 영역은 일반적으로 종방향, 횡방향으로 연속된 밝기값이 나오는 특징이 있다. 따라서 1차년도에서는 도로표지 내 방향정보 영역이 갖는 특성을 고려하여 line scan을 통한 연속셀 검출 방법을 적용하여 방향정보 영역을 검출하였다.

이 방법의 단점은 다음과 같다. 첫째, 연속셀의 크기를 미리 사용자가 어느 정도 근사한 값으로 미리 설정해주어야 한다. 둘째, 복잡한 자음이 크게 존재하는 경우 자칫 연속셀의 크기가 작을 때 방향지시 도형으로 오인되어 추출될 수도 있다.

이를 보완하기 위하여 Circle-Tail이라는 전혀 다른 접근 방식의 알고리즘을 개발하였다. Circle-Tail 알고리즘은 기본적으로 방향지시 도형 내에서도 화살촉이 아닌 몸통에 해당하는 부분의 두께를 추출하는 알고리즘 이므로 연속셀 line scan 방법처럼 방향지시 도형의 두께를 미리 입력할 필요가 없으며 추후 두께를 이용한 원형 템플릿 매칭을 통해 도형의 몸통에 시드 포인트 추출이 가능하다. Circle-Tail 알고리즘의 적용 순서는 다음과 같다. 첫째, 일정크기의 원을 생성하고 영상 전체에 걸쳐 도형 상에서 원이 완전히 포함되는 위치를 찾는다. 둘째, 원이 도형 내에 포함되는 경우는 단순히 도형의 두께보다 원의 지름이 작아 도형 내부에 완전히 포함되는 경우와 도형과 원이 외접하는 경우가 있음. 이때 원이 도형에 외접하는 경우를 찾으면 도형의 두께를 정확히 추출할 수 있다. 외접하는 경우를 찾기 위해 원의 4방향에 3 픽셀씩 꼬리를 달게 됨. [그림 2-197]과 같이 남북쪽 방향지시 도형에 원이 내접하는 경우 동서축 6픽셀은 도형 외부 배경인 검은색과 일치하게 된다. 마찬가지로 동서

쪽 방향지시 도형에 원이 외접하는 경우 남북축 6픽셀은 도형 외부 배경인 검은색과 일치하게 된다. 이러한 성질을 이용하여 외접하는 원의 지름으로부터 도형의 두께를 정확히 추출할 수 있다.

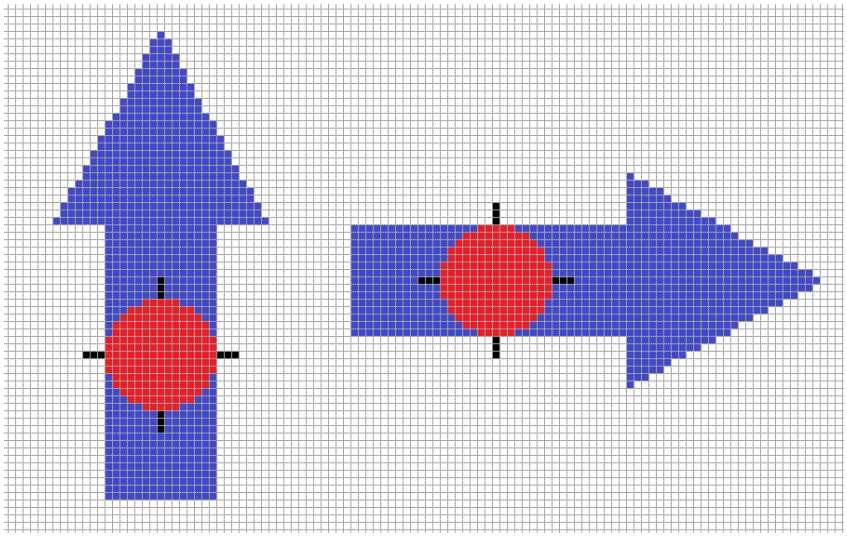


그림 2-197 Circle-Tail 알고리즘 개념도

Circle-Tail 알고리즘을 실제로 구현하기 위해, 입력 영상의 크기는 변환을 통해 영상 높이 250으로 고정하였다. 원의 지름은 대칭성을 고려해 홀수로 하였으며 영상 높이 250의 경우 대부분의 방향지시 도형의 몸통 두께는 대부분 13-25 픽셀 사이로 나타난다. 따라서 지름 27인 지름의 원을 시작으로 -2씩 지름을 감소시켜 지름 11까지 적용하고 일정 수준 이상이 추출되면 멈추도록 하였다. 몸통의 지름이 짝수인 경우 홀수인 지름이 2씩 감소하기 때문에 정확히 외접하는 원은 존재하지 않으므로 꼬리 부분 6픽셀에서 1픽셀의 여유를 설정하였다.

도형의 두께를 구한 후, 두께보다 여유치 2를 줄인 원을 이진화된 영상의 하얀색 픽셀을 기준으로 템플릿을 돌려 일치하는 점을 시드점으로 추출하고 이 점을 기준으로 영역을 확장하여 [그림 2-198]과 같이 방향지시 도형만을 영상에서 분리하였다.



[원영상] [이진영상]



[도형추출 시드점] [영역 확장]

그림 2-198 방향지시 도형 추출 과정 예

(4) 템플릿 매칭 오정합 제거

방향지시 도형을 영상에서 분리해낸 후, 방향지시의 내용을 추출하기 위해서는 화살표 도형의 화살촉에 해당하는 부분에 대한 템플릿 매칭을 통해 그 위치를 구하고 방향을 구별하여야 한다. 따라서, 템플릿을 [그림 2-199]과 같이 15도 간격으로 제작하였다.

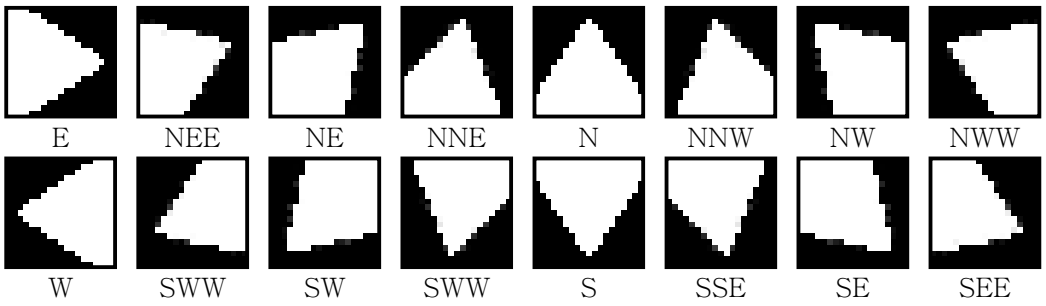


그림 2-199 방향탐지 템플릿

영상에서 분리된 방향지시 도형의 코너점에서 방향탐지 템플릿을 매칭하게 되며 여러 영상에 적용해본 결과 상관계수 0.86정도가 적정한 임계값인 것으로 판단된다.



그림 2-200 화살촉 주변 오정합



그림 2-201 화살촉 주변 오정합 제거

다양한 템플릿을 매칭함으로써 생기는 문제점은 상관계수와 도형의 모양 여부에 따라 화살날개 부분에 [그림 2-200]와 같이 NWW 방향의 템플릿이 간혹 매칭될 수 있었다. 따라서 템플릿 매칭점 주변 30 픽셀을 검색하여 가장 높은 상관계수를 가지는 매칭점만 남기고 나머지는 제거함으로서 [그림 2-201]과 같이 화살표 날개부분에 다소 낮은 상관계수로 매칭되는 경우에 발생하는 문제를 해결하였다 여러 방향표지를 분석해본 결과 위치관계에 따라 일정한 패턴을 발견할 수 있었다. 그 패턴은 동이나 서쪽 화살표가 있는 표지판에 있어서 동이나 서 이외의 방향지시는 존재하지 않았으며 남북쪽도 마찬가지였다. 따라서 이러한 위치관계의 영역 패턴을 이용하여 화살촉이 아닌 부분에서 발생하는 오정합을 제거하였다.

[그림 2-202]는 방향지시 도형의 뒤쪽 모서리에 생기는 NW, NE 방향의 오정합을 제거하기 위해 동서 방향지시 검출 후, 동서축에서 일정 범위에 대한 검색을 통해 매칭점을 제거한 경우이다. 그림 22는 남북축에 대한 경우로 동서축과 마찬가지로 오정합을 제거하는 알고리즘을 적용한 경우이다.



그림 2-202 동서축 방향 오정합 제거



그림 2-203 남북축 방향 오정합 제거

(5) 프로그램 개발 및 테스트

C++언어 기반의 OpenCV 라이브러리를 이용하여 알고리즘을 구현하였으며, 개발환경은 Visual studio 2012이다. 영상크기 변환, 영상 흑백화, 영상 강조, 영상 이진화, 방향지시 도형 두께 계산, 방향지시 도형 영역 추출, 특징점 추출, 템플릿 영상정합, 정합결과 출력 등

의 기능을 C언어로 구현하였다.

또한 영상 테스트의 편의성을 높이기 위해 윈도우기반의 유저 인터페이스를 제작하였다. 개발된 프로그램은 [그림 2-204]와 같이 9개의 클래스로 구성되어 있으며 실행모습은 [그림 2-205]와 같다. 영상처리 메뉴는 8개이며 각각의 메뉴버튼 클릭을 통해 영상처리과정을 수행하고 그 결과를 바로 확인할 수 있다.

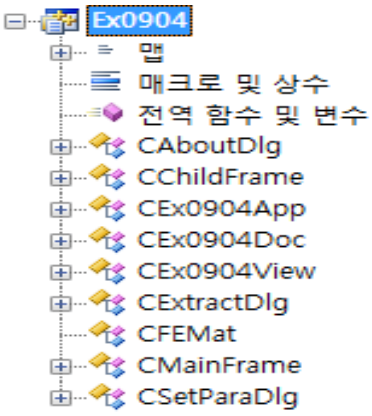
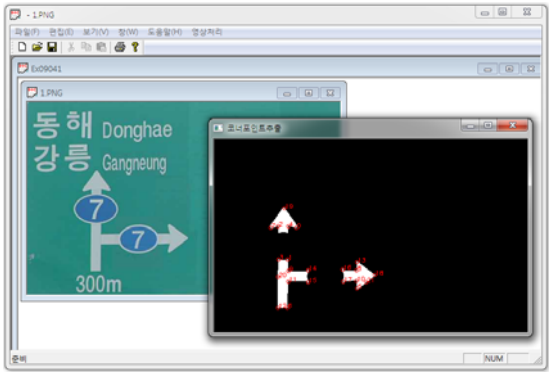
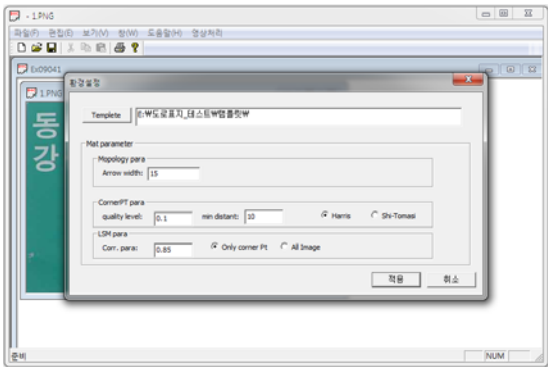


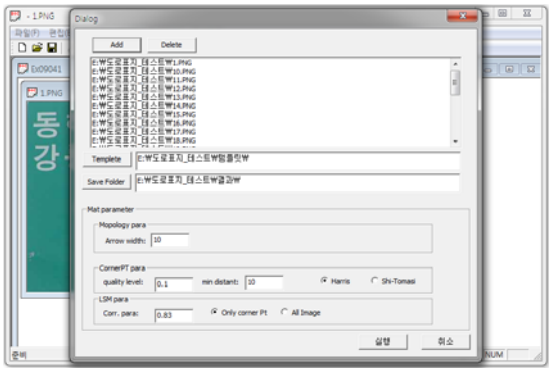
그림 2-204 class



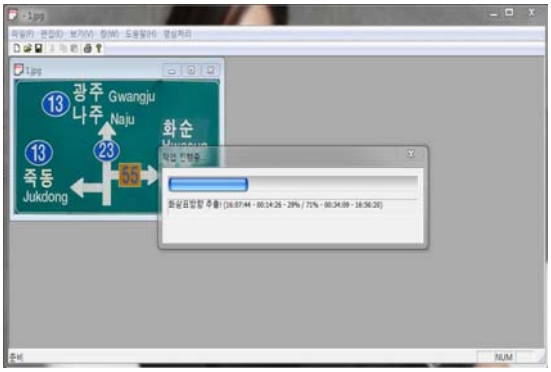
[프로그램 실행모습]



[영상처리 환경설정 대화상자]



[다영상 처리를 위한 batch 실행 대화상자]



[다영상 처리 진행중인 프로그램]

그림 2-205 프로그램 실행모습

[그림 2-206]은 본 연구에서 개발한 프로그램을 이용하여 도로표지영상에 대한 방향지시 내용을 자동으로 추출하여 Txt 파일로 출력한 결과이다. 파일명과 방향지시 도형의 두께,

방향지시 도형 화살촉의 매칭점에 대한 상관계수 및 영상에서의 위치(X, Y)를 자동으로 기록된다. 영상처리 시 각 단계별 중간 및 최종결과 영상은 [그림 2-207]과 같이 자동으로 파일명을 부여하고 jpg 형식의 영상파일로 저장된다.

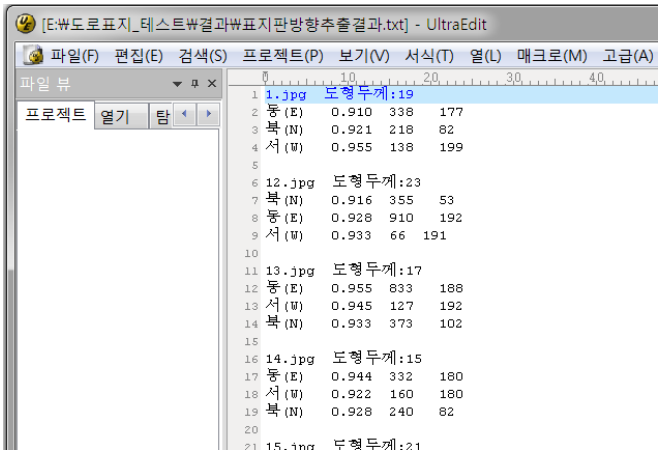
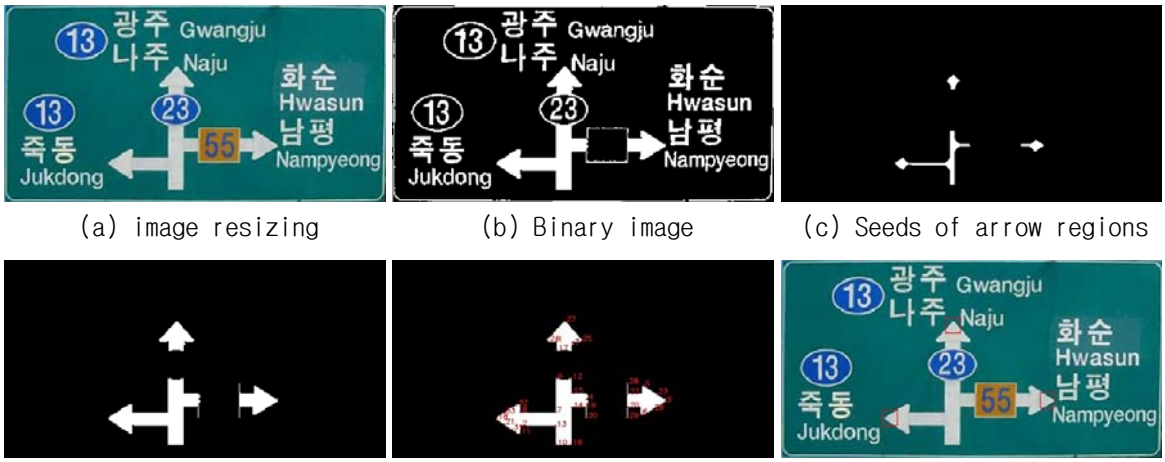


그림 2-206 방향표지 결과 Txt파일



(a) image resizing (b) Binary image (c) Seeds of arrow regions

(d) Extracted arrow regions (e) Extracted feature points (f) Template matching

그림 2-207 프로그램 수행 결과

(6) 실험결과

상기 개발된 방향정보 인식 프로그램으로 총 421개의 도로표지 영상에 적용하였다. 미인식은 '정보의 일부가 추출되지 않음'으로 정의하였고, 오인식은 '정보가 잘못 추출됨'으로 정의함에 따라, 미인식은 정보 자체가 아예 추출되지 않은 것이며, 오인식은 정보는 추출되었으나 잘못 추출한 것이다. 총 421개 영상 중 404개의 영상을 정확하게 인식하여 총 96.0%의 인식률을 나타내었다. 인식오류를 나타낸 18개 도로표지 영상의 사례는 다음의 [그림 2-208]과 같다. 그림 28에서 인식결과 열의 영상 안에 보이는 사각형은 도로표지 영상의 방향정보로 인식된 곳의 위치를 의미한다. 세 번째 열은 미인식 또는 오인식 된 정보의 참(True) 값이다. 인식결과 열은 제안된 알고리즘으로 인식한 결과로써, 거짓(False) 값이라 볼

수 있다.

총 421개의 영상 중 7개의 영상에서 미인식 된 방향정보가 포함되어 1.7%의 미인식률을 보인다. 미인식 된 방향정보가 생긴 사유는 다음과 같이 판단된다.

- 역광으로 인한 영상 이진화가 불완전함(4, 5번 영상)
- 영상에 같이 촬영된 나뭇가지로 인한 오정합(10번 영상)
- 방향정보 화살표가 다른 방향정보의 축과 겹침으로 생김으로 인한 미인식(7, 8번 영상)
- 화살표 방향의 부정확함. 즉, 16개 방위로도 검출 안되는 방향을 나타냄(12번 영상)

총 421개의 영상 중 10개의 영상에서 오인식 된 방향정보가 포함되어 2.4%의 오인식률을 보였다. 오인식 된 방향정보가 생긴 사유는 다음과 같이 판단된다.

- 화살표 촉의 모양이 다른 촉과 다른 영상(1번 영상)
- 화살표 근처에 있는 도로번호와 구별 안됨(3, 16, 17번 영상)
- 영상에 같이 촬영된 나뭇가지로 인한 오정합(9, 11번 영상)
- 영상 훼손(15번 영상)
- 화살표 시작점의 모서리를 방향정보로 오인식(6, 14, 15번 영상)
- 화살표 방향의 부정확함. 즉, 16개 방위로도 검출 안되는 방향을 나타냄(13번 영상)

미인식 또는 오인식 된 사유를 통합적으로 분석하면, 역광 및 영상훼손, 나뭇가지로 인한 오정합, 화살표 방향 및 형태의 부정확, 도로번호화의 혼돈, 화살표 시작점을 화살표 촉으로 오인식 등의 사유가 모두 비슷한 비율로 미인식 또는 오인식에 기여하고 있음을 알 수 있다.

No	인식결과	미인식/오인식 정보	인식 결과	사유
1		북(N)	남동(SE) 북서(NW)	북쪽 화살표 촉이 너무 둔각
2		남서(SW)		
3		북서서(NWW)	북서서(NWW) 남동동(SEE)	중간에 잘린 부분이 북서서 화살촉과 매우 유사함

4		북(N)		역광으로 이진화 불완전
5		동(E)		역광으로 이진화 불완전
6			남동동(SEE)	화살표 뒤쪽 모서리가 남동동과 매우 유사함
7		남(S)		남쪽 화살표가 동서 화살표 축상에 존재하여 오정합으로 오인됨
8		북(N)		북화살표가 동서 화살표 축에 가까워서 오정합으로 제거됨
9		동(E)	북서(NW)	나뭇가지
10		동(E)		나뭇가지
11		동(E)	북서(NW)	나뭇가지
12		북북동(NNE)		화살촉 방향이 15도 간격의 범위 중간에 위치하여 상관도가 떨어짐
13		북북동(NNE)	남서서(SWW) 북서(NE)	화살촉 방향이 15도 간격의 범위 중간에 위치하여 상관도가 떨어짐
14			북서서(NWW)	화살표 뒤쪽 모서리가 북서서와 매우 유사함

15		북동동 (NEE)	북서서 (NWW)	화살촉 부분이 훼손되었고, 화살표 뒤쪽 모서리가 북서서와 매우 유사함
16			동(E)	중간에 잘린 부분이 동쪽 화살촉과 매우 유사함
17			남동동 (SEE)	중간에 잘린 부분이 남동동 화살촉과 매우 유사함

그림 2-208 인식 오류 유형

파. 방향정보와 문자 정보 간 매칭 알고리즘 설계 및 구현

(1) 도로표지의 방향정보 특성 분석

도로표지 영상 분석을 통해 방향정보와 안내지명을 도출하는 연구를 지속적으로 수행해 왔으나, 방향정보와 안내지명 두 정보는 상호 관계를 연결해 주기 전까지는 정보의 가치가 반감된다. 본 연구에서는 인식된 방향정보 결과와 안내지명을 영상 분석을 통해 적합한 관계를 설정하는 방안에 대해 연구하였다. 도로표지의 방향정보는 도로표지의 종별에 따라 다르며, 이와 같은 점을 고려하여 각 도로표지 종별별로 적합한 알고리즘을 개발하였다. 다음 그림은 지방지역의 도로표지 종별을 보여주고 있다.

구분	표지번호	종별	지주형식	표지판의 규격(cm)		글자의 세로규격(cm)	
				왕복2차로 이하	왕복4차로 이상	왕복2차로 이하	왕복4차로 이상
방향 표지	403-1	3방향예고표지	복주식 편지식	445×220	500×250	30	35
	403-2	3방향표지		445×220	500×250	30	35
	403-3	2방향예고표지		360×220	400×250	30	35
	403-4	2방향표지		360×220	400×250	30	35
	403-5	2방향예고표지		360×220	400×250	30	35
	403-6	2방향표지		360×220	400×250	30	35
	403-7	1지명방향표지		160×60	160×60	25	25
	403-8	2지명방향표지		160×120	160×120	25	25
	403-9	2지명방향표지		160×120	160×120	20	20
	403-10	3방향표지	현수식	185×135(3EA)	185×135(3EA)	30	30
	403-11	2방향표지		185×135(2EA)	185×135(2EA)	30	30
	403-12	약식3방향표지	복주식	180×180	200×200	25	30
	403-13	약식2방향예고표지		180×130	200×150	25	30
	403-14	2지명차로지정표지	문형식		330×280(2EA)		50
	403-15	1지명차로지정표지			330×280(2EA)		50
	403-16	광폭차로지정표지			560×280		50

그림 2-209 지방지역 도로표지 종별

다음 그림은 도시지역의 도로표지 종별을 보여주고 있다.

구분	표지번호	종별	지주형식	표지판의 규격(cm)	글자의 세로규격(cm)
방향표지	410-1(A)	3방향예고표지	편지식	445×220	30
	410-1(B)	3방향예고표지			30
	410-1(C)	3방향예고표지			30
	410-1(D)	3방향예고표지			30
	410-1(E)	3방향예고표지			30
	410-2(A)	3방향표지			30
	410-2(B)	3방향표지	현수식	185×135(2EA)	30
	410-2(C)	3방향표지			30
	410-3	2방향예고표지	편지식	360×220	30
	410-4	2방향표지	현수식	185×135(2EA)	30
	410-5(A)	2방향표지	편지식	300×200	30
	410-5(B)	2방향표지	복주식	300×80	30
	410-5(C)	2방향표지	편지식 현수식	185×135(2EA)	30
	410-5(D)	2방향표지	단주식 복주식	150×170	30
	410-6	방향표지	단주식 복주식	140×100	30

그림 2-210 도시지역 도로표지 종별

지방지역 도로표지 종별 그림에서 보면, 403-1. 403-2 도로표지는 3방향표지이며, 3방향 표지는 방향정보가 3개 이상 존재한다. 403-3, 403-4, 403-5, 403-6 도로표지는 2방향표지이며 방향정보가 2개 존재함을 알 수 있다. 아래 그림은 3방향 표지와 2방향 표지의 예를 보여주고 있다.



A) 3방향표지 B) 2방향표지

그림 2-211 지방지역 도로표지 예

본 연구에서는 영상 수집 장치에서 식별하는 표지종별을 이용하여 각 도로표지의 특성에 맞는 매칭 알고리즘을 연구하였으며, 결과는 다음과 같다. (403-1, 403-2와 같은 도로표지 종류는 영상 수집 장치에서 도로표지의 크기를 보고 식별하여 전달하고 있다.)

(2) 방향정보와 안내지명 매칭방안

(가) 3방향표지 : 403-1, 403-2

① Step1 : 직진방향 안내지명 매칭 작업

직진방향(아래 그림의 화살표 A)과 안내지명 매칭 작업을 수행한다. 화살표 A보다 위쪽에 배치되고, 가로축(X축) 기준으로 화살표 A에 임계치(표지 가로크기의 1/3) 미만인 안내지명은 화살표 A에 매칭한다.

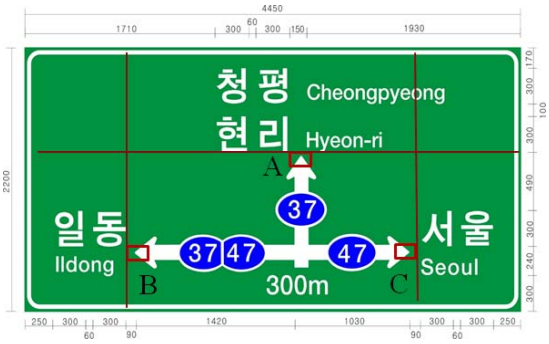


그림 2-212 3방향 표지에서 방향정보와 안내지명 매칭

매칭 조건을 정리하면 다음과 같다.

조건 : (화살표 A 위쪽의 지명) AND (A와 안내지명 간 X축 거리가 임계치(표지가로크기 *1/3) 미만), Step2이후 임계치는 (표지판 가로크기 * 1/3)이다.

② Step2 : 좌측방향 안내지명 매칭 작업

Step1에서 매칭된 안내지명을 제외하고 다음 조건을 만족하는 안내지명을 좌측방향(화살표 B)에 매칭한다.

조건 : (화살표 B보다 왼쪽의 지명) OR (B와 안내지명 간 X축 거리가 임계치 미만)

③ Step3 : 우측방향 안내지명 매칭 작업

Step1과 Step2에서 매칭된 안내지명을 제외하고 다음 조건을 만족하는 안내지명을 우측방향(화살표 C)에 매칭한다.

조건 : (화살표 C보다 오른쪽의 지명) OR (C와 안내지명 간 X축 거리가 임계치 미만)

(나) 정북직진이 없는 3방향표지 : 403-1, 403-2

① Step1 : 직진방향 안내지명 매칭 작업

직진방향(아래 그림의 화살표 A1)과 안내지명 매칭 작업을 수행한다. 그림에서 A1과 A2 모두 직진 방향이지만 정북에 조금 더 가까운 A1을 직진(기준) 방향으로 처리한다.

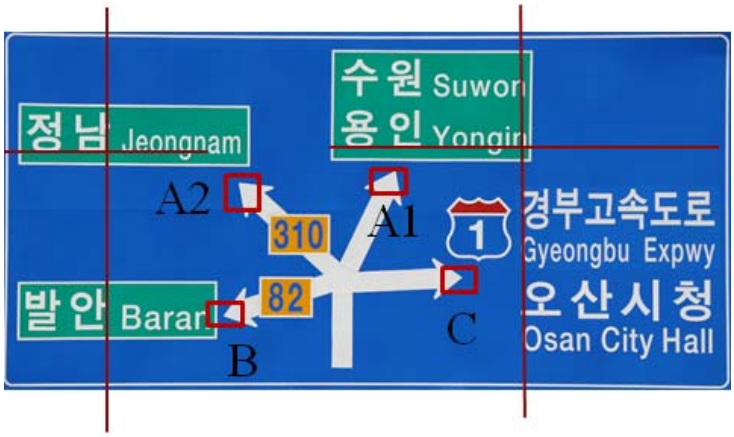


그림 2-213 정북이 없는 3방향 표지에서 방향정보와 안내지명 매칭

직진방향 매칭 조건은 다음과 같다.

조건 : (화살표 A1보다 위쪽의 지명) AND (A1와 안내지명 간 X축 거리가 임계치 미만) AND (A1와 안내지명 간 X축 거리 < A2와 안내지명 간 X축 거리)

* Step2이후 임계치는 (표지판 가로크기 * 1/3)이다.

② Step2 : 좌측방향 안내지명 매칭 작업

Step1 매칭작업을 마친 후, 화살표 A1을 기준으로 왼쪽에 존재하는 화살표는 모두 좌회전 화살표로 인지한다. 그림의 A2와 B 화살표가 A1보다 왼쪽에 존재하기 때문에 좌측화살표 매칭 알고리즘으로 처리한다. (Step1에서 이미 매칭된 안내지명은 제외한다) 매칭 조건은 다음과 같다.

조건 : (화살표 B(A2)보다 왼쪽의 지명) OR (B(A2)와 안내지명 간 X축 거리가 임계치 미만)

③ Step3 : 우측방향 안내지명 매칭 작업

Step1과 Step2에서 매칭된 안내지명을 제외하고 다음 조건을 만족하는 안내지명을 우측방향(화살표 C)에 매칭한다.

조건 : (화살표 C보다 오른쪽의 지명) OR (C와 안내지명 간 X축 거리가 임계치(표지가로크기*1/3) 미만)

(다) 2방향표지 매칭 : 403-3, 403-4, 403-5, 403-6

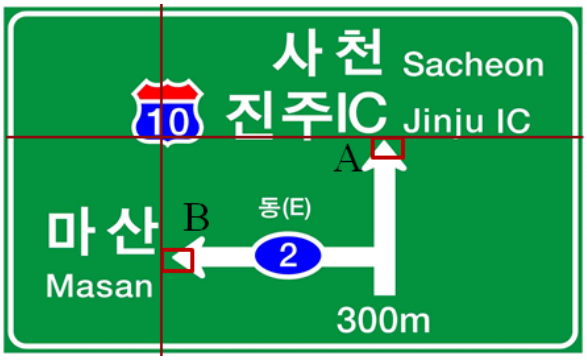


그림 2-214 2방향 표지에서 방향정보와 안내지명 매칭

① Step1 : 직진방향 안내지명 매칭 작업

정북 직진화살표가 있는 3방향표지와 같은 방법으로 직진방향(아래 그림의 화살표 A)과 안내지명 매칭 작업을 수행한다. 화살표 A보다 위쪽에 배치되고, 가로축(X축) 기준으로 화살표 A에 임계치(표지 가로크기의 1/3) 미만인 안내지명은 화살표 A에 매칭한다.

매칭 조건을 정리하면 다음과 같다.

조건 : (화살표 A 위쪽의 지명) AND (A와 안내지명 간 X축 거리가 임계치(표지가로크기 *1/3) 미만)

* Step2이후 임계치는 (표지판 가로크기 * 1/3)이다.

② Step2 : 좌측방향 안내지명 매칭 작업

Step1에서 매칭된 안내지명을 제외하고 다음 조건을 만족하는 안내지명을 좌측방향(화살표 B)에 매칭한다.

조건 : (화살표 B보다 왼쪽의 지명) OR (B와 안내지명 간 X축 거리가 임계치 미만)

다음 그림의 표지는 우회전 안내가 포함된 2방향 표지이다. 매칭 방법은 동일하며 다만 Step2에서 (화살표 C보다 오른쪽의 지명) OR (C와 안내지명 간 X축 거리가 임계치 미만) 조건을 이용한 매칭 작업을 수행한다.

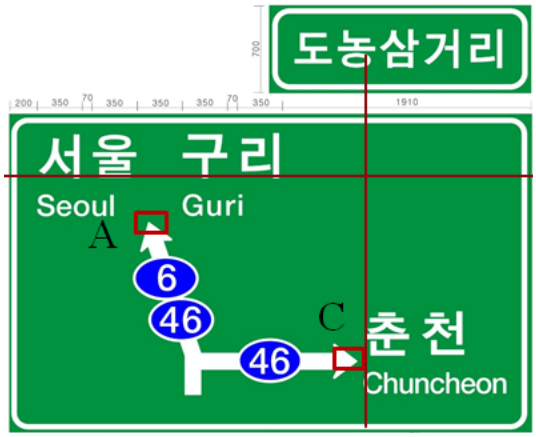


그림 2-215 우회전 정보가 있는 2방향표지 매칭 알고리즘

(라) 직진방향이 없는 2방향표지 매칭



그림 2-216 직진방향이 없는 2방향표지 매칭 알고리즘

① Step1 : 좌측방향 안내지명 매칭 작업

직진방향이 존재하지 않는 경우, 먼저 다음 조건을 만족하는 안내지명을 좌측방향(화살표 B)에 매칭한다.

조건 : (화살표 B보다 왼쪽의 지명) OR (B와 안내지명 간 X축 거리가 임계치 미만)

② Step2 : 우측방향 안내지명 매칭 작업

Step1에서 매칭된 안내지명을 제외하고 다음 조건을 만족하는 안내지명을 우측방향(화살표 C)에 매칭한다.

조건 : (화살표 C보다 왼쪽의 지명) OR (C와 안내지명 간 X축 거리가 임계치 미만)

(마) 1지명/2지명 방향표지 : 403-7, 403-8, 403-9

1지명방향표지는 도로표지 내 방향정보가 1개 존재하기 때문에, 안내지명 매칭알고리즘에

특별한 이슈가 없다. 하지만, 2지명 방향표지의 경우 2개의 방향정보가 공존하고 있어 안내지명을 어느 방향정보에 매칭할지 판단이 필요하다. 본 연구에서는 도로표지의 특성을 분석한 결과 화살표 꼭짓점의 Y축과 안내지명의 Y축이 가까운 것끼리 매칭하는 방안을 개발하였다.



그림 2-217 1지명/2지명 방향표지는 Y축이 가까운 방향정보에 안내지명을 매칭

(바) 가로가 긴 3방향표지 : 403-10, 403-11

403-10, 403-11 도로표지의 경우 단위표지판이 2개, 3개 반복되어 구성된다. 하나의 단위표지판에는 하나의 방향정보만이 존재한다는 점을 활용하여, 전체 도로표지판을 2등분 또는 3등분하여 매칭작업을 수행하였다.



그림 2-218 403-10, 403-11 방향표지에서 매칭 알고리즘

도로표지지침에 명시된 403-10, 403-11의 도로표지판의 규격은 단위표지 1개당 185cm*135cm이다. 실측된 도로표지판의 가로크기를 185cm로 나누면 도로표지가 몇 개의 단위표지로 구성되었는지 파악할 수 있다. 예를 들어 수집된 도로표지 영상의 가로 실측 크기가 554.3cm인 경우, 554.3cm를 185cm로 나누면 2.996이 나온다. 따라서 단위표지가 3개로 구성된 도로표지임을 알 수 있다. 본 연구에서는 이와 같은 방법을 통해 단위표지의 개수를

구하고, 도로표지를 2등분, 3등분하여 매칭 작업을 수행하였다.

(사) 약식표지 : 403-12, 403-13

약식표지의 경우 안내지명과 방향정보가 세로로 배치된다. 이에 인식된 방향정보를 기준으로 세로로 분할하고, 분할된 영역 안에 존재하는 방향정보와 안내지명을 매칭하는 방안을 구현하였다. 아래 그림의 왼쪽 표지의 경우 인식된 방향정보가 2개이며 이에 표지를 세로로 2등분한다. 상단에 존재하는 '만리포', '태안' 안내지명은 화살표 A에 매칭하고, 하단의 안내지명 '팔봉'은 화살표 B에 매칭한다. 오른쪽 표지의 경우, 방향정보가 3개 이다. 표지를 세로로 3등분하여 상단의 '이천', '가남'은 화살표 A에, 중단의 '송림리'는 화살표 B에, 하단의 '금당리'는 화살표 C에 매칭하여 처리한다.

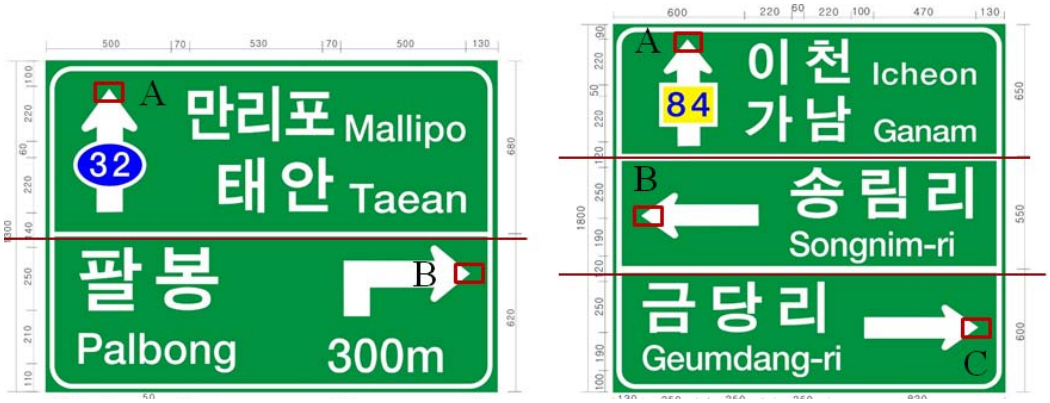


그림 2-219 약식표지 방향정보 안내지명 매칭

3. 속성정보 분석 모듈

가. 연구 수행 과정

속성정보 분석모듈은 도로표지관리시스템(이하 RSMS) 데이터베이스에 저장되어 있는 도로표지 설치위치 및 정보내용과 도로표지 영상감지 및 자동분석 장비(이하 RRAP)를 통하여 수집된 현장 조사결과 간의 비교 및 분석을 수행하는 모듈이다. 이 모듈의 개발을 위하여 먼저, 현재 운영 중인 도로표지관리시스템 데이터베이스의 정보내용에 대하여 검토한 결과와 속성정보 추출 모듈을 통한 각종 도로표지 정보추출의 가능성을 고려하여 개발 모듈의 요구사항을 도출하였다. 이어서 도출된 요구사항을 고려하여 속성정보 분석모듈의 아키텍처 및 데이터흐름도(DFD)를 설계하였다.

위의 아키텍처 및 DFD를 기반으로 일치성, 적합성, 연계성 분석에 대한 알고리즘을 개발하였다. 여기서, 일치성 분석과 적합성 분석 알고리즘은 RRAP 시스템의 탑재를 위하여 분석 모듈 S/W로 개발하였으며, 현장 성능평가를 통하여 각 S/W의 기능을 고도화하였다. 연계성 분석은 RRAP 시스템의 탑재가 아닌 향후 이용자 기반의 RSMS 시스템 내 분석 모듈로서 탑재가 가능하도록 학술연구 위주의 알고리즘 형태로만 개발하였다.

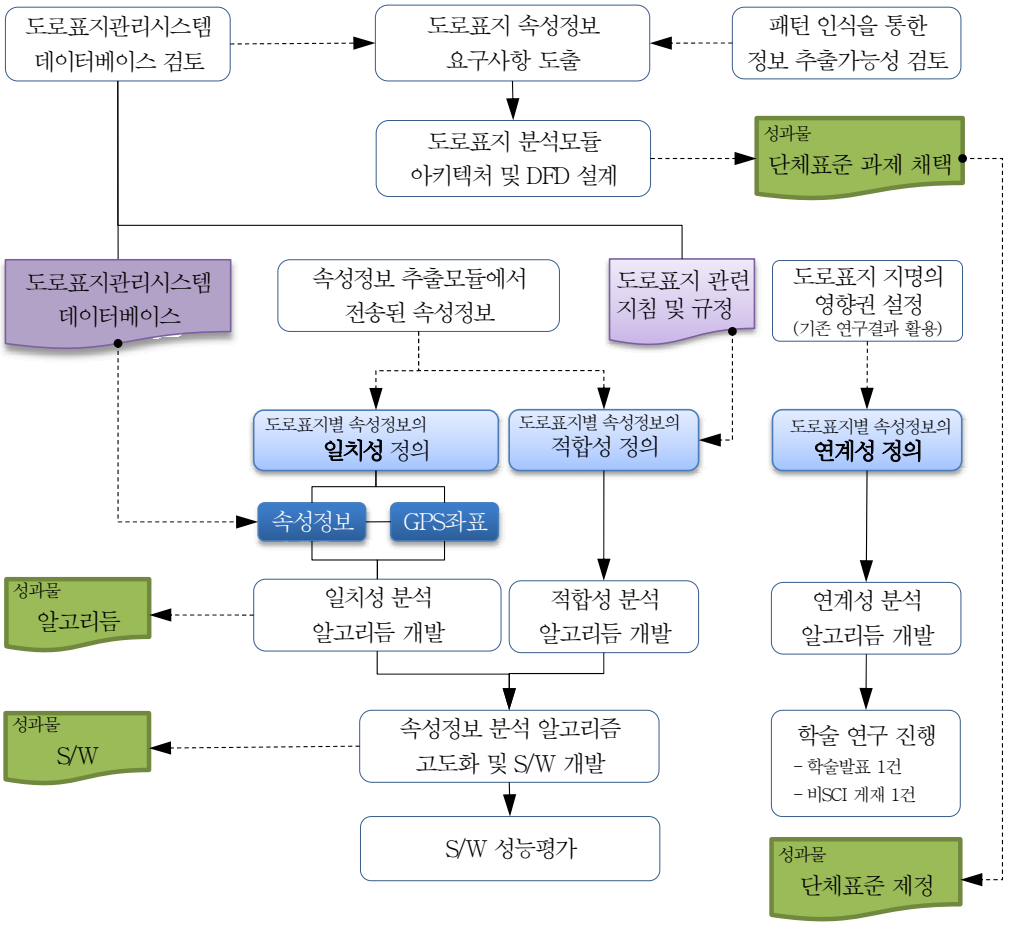


그림 2-220 도로표지 속성정보 분석모듈 개발을 위한 연구 과정

나. 속성정보 분석에 필요한 데이터 검토 및 설계

(1) 도로표지 분석 및 정보에 대한 정의

도로표지 정보는 도로표지 종류별 특성을 설명하는 정보로서 본 연구의 속성정보 분석을 위한 기본적인 도구로 이용된다. 도로표지 분석을 위한 정보는 ①기본정보, ②속성정보, ③추가정보로 분류하였으며, 먼저 도로표지 기본정보는 도로표지관리시스템에서 5개 도로표지(경계, 이정, 노선, 분기점, 방향표지)가 공통적으로 갖는 정보로서 기준표지 테이블(T_PANEL)을 기반으로 하며, 현장조사 시 RRAP에 내재된 GIS맵 또는 조사자에 의하여 생성되는 정보이다. ②도로표지 속성정보는 도로표지관리시스템 DB 상에서 기준표지 테이블 내의 기본정보를 제외하고 각 표지(경계, 이정, 노선·분기점, 방향표지)별 기능을 차별화하는 표지별 고유정보로 정의하며, RRAP에서 도로표지 정사영상 사진을 토대로 패턴인식기법을 적용하여 추출된 표지판 속성정보를 의미한다. 도로표지 추가정보는 도로표지 기본정보와 속성정보를 제외하고 도로표지 분석을 위해 추가적으로 필요한 정보로 정의하였다. 또한 각 도로표지 정보별 요구사항 기준을 정립하고, 그 기준에 따라 도로표지 요구사항 분석을 수행하였다.



그림 2-221 도로표지 정보 추출 및 생성

여기서, 도로표지 분석은 도로표지관리시스템 데이터베이스의 정보내용 검토 결과와 도로표지 설치사례 조사 분석, 도로표지 관리 지침에 근거하여 일치성, 적합성, 연계성 분석으로 구분된다. 먼저 일치성 분석은 현재 구축되어 있는 도로표지관리시스템 데이터베이스 상의 정보와 RRAP에서 추출된 현장조사 결과와의 일치 여부를 검정하는 분석으로 RRAP단에서의 분석이 가능하여 도로표지관리시스템 DB를 업데이트할 수 있는 정보로 한정한다. 적합성 분석은 현재 도로표지관리시스템 DB 및 RRAP를 이용한 현장조사 결과가 도로표지 설치기준에 근거하여 적합하게 도안되고 설치되었는지를 판단하는 분석으로 주요 지침으로는 『(국토해양부 예규 제223호)도로표지 제작설치 및 관리지침』과 『도로표지규칙(건설교통부령 제2005-489호)』이 있다. 마지막으로 연계성 분석은 현재 도로표지관리시스템 DB 및 RRAP를 이용한 수집된 도로표지 정보에 대한 연계성을 분석하는 것이며, 여기서 연계성은

개별 도로표지의 안내지명이 '길 안내' 라는 본연의 목적에 부합하도록 최단거리 방향에서 순차적으로 연결되어 있는 상태로 정의된다. 본 연구에서는 주요 도로표지 안내지명의 안내시작시점에 대한 공간적 영향권을 설정하는 방법론을 제시하였다.

(2) 일치성 분석을 위한 데이터 검토[7)]

일치성 분석을 위한 데이터는 분석대상 도로표지 유형, 현장 장비를 이용한 도로표지 정보 추출 가능성과 연구범위 등을 고려하여 현재 운영 중인 도로표지관리시스템 데이터베이스의 도로표지 정보내용을 검토하였다.

여기서, 도로표지관리시스템 데이터베이스는 Logical Model을 기준으로 할 때 총 59개 테이블, 777개 정보필드로 구성되어 있다. 59개 테이블에는 행정적인 처리를 위해 생성된 테이블과 참조테이블 등을 일부 포함하고 있으며, 이 중에서 도로표지에 해당되는 테이블(기본표지, 기준표지, 기타표지)은 총 21개 테이블, 244개 정보필드이다.

도로표지 유형 및 DB 항목 검토를 통해 도로표지 테이블의 정보필드에서 다양한 속성정보를 일반화 시켜 도로표지 자동분석을 위해 추출 가능한 속성정보를 도출하였다. 도로표지 유형별로 공통된 범주에 속하는 DB상의 속성정보는 경계표지 3개, 이정표지 4개, 방향표지 46개, 노선표지 3개, 분기점표지 4개로 파악되었다. 본 절에서 추출된 표지유형별 속성정보(혹은 DB항목)는 정보의 속성에 따라 일치성, 적합성, 연계성을 분석알고리즘을 정립하는 데 활용된다.

7) RRAP 조사차량의 호환성 및 효율적 활용을 위해 기본적으로 RRAP에서 사용되는 모든 데이터의 형식은 도로표지관리시스템 데이터베이스의 형식을 준수하였다.

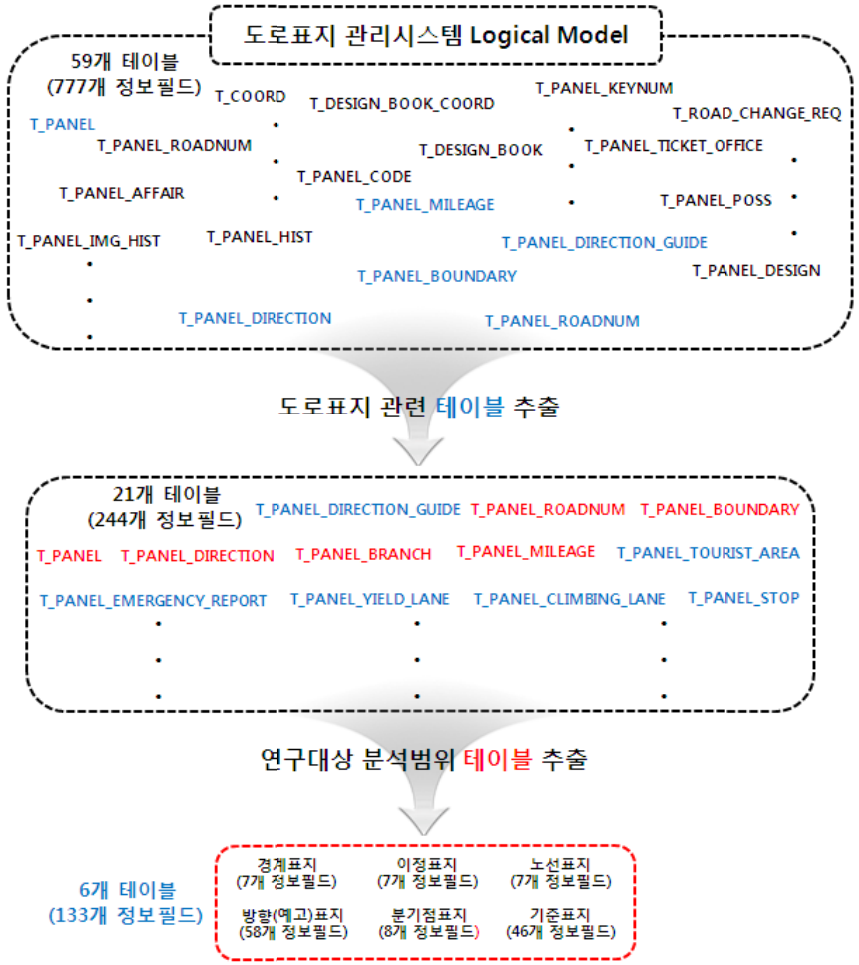


그림 2-222 도로표지 유형별 속성정보 도출 과정

일치성 분석에 해당하는 6개 테이블과 133개 DB 정보를 정립하였다. 이를 모든 표지가 공통으로 가지는 기본정보와 표지의 기능 및 특성에 따라 달라지는 속성정보로 구분하고 정의하였다. 최종적으로 일치성 분석에 사용되는 기본정보는 총 10개, 속성정보는 도로표지별로 경계표지가 3개, 이정표지 4개, 노선표지 5개, 분기표지 6개, 방향표지 41개로 총 59개를 정립하였다.

표 2-49 일치성 분석을 위한 도로표지별 분석 데이터 정립

기본정보(개)	속성정보(개)					
	경계	이정	노선	분기	방향	계
10	3	4	5	6	41	59



[검토한 전체 데이터]

도로표지관리시스템의 DB와 RRAP 조사차량에서 수집하는 현장조사 자료는 [표2-49]와 같이 관계를 이루고 있다. 예를 들면, RRAP에서 수집되는 기본정보는 도로표지관리시스템 DB의 T_PANEL 테이블에 속하는 정보이고 각 도로표지 속성정보에 속하는 정보는 각 도로표지별 테이블에 속한 정보 중 일부가 해당된다. 기본정보와 속성정보는 주로 현장 수집가능성을 고려하여 추출되었고, 추가정보는 적합성 및 연계성 분석을 위해 추가로 필요한 정보로 주로 도로표지관리시스템의 GIS 및 기타 테이블 정보를 활용한다.

표 2-50 현 도로표지관리시스템 데이터베이스 및 RRAP DATA 비교

구분	도로표지관리시스템 데이터베이스	RRAP DATA(현장 조사치)
도로표지 기본정보	• 기본테이블(공통) 정보 : T_PANEL(표지판)	• MMS 조사차량을 통하여 생성되는 표지별 공통정보 → 10개 필드
도로표지 속성정보	• 각 표지별 표지판 내용 테이블 정보 - T_PANEL_BOUNDARY(경계표지) - T_PANEL_ROADNUM(노선표지) - T_PANEL_DIRECTION(방향표지) - T_PANEL_BRANCH(분기점표지) - T_PANEL_MILEAGE(이정표지)	• 패턴인식을 통하여 생성되는 각 표지별 정보내용 - 경계표지 : 3개 필드 - 이정표지 : 5개 필드 - 노선표지 : 6개 필드 - 분기점표지 : 5개 필드 - 방향표지 : 42개 필드
도로표지 추가 (기준)정보	• GIS 및 기타 테이블 정보 (적합성 및 연계성분석)	• 적합성 및 연계성 분석을 위하여 추가로 구축이 필요한 정보 추가 (현 도로관리시스템 내 존재하지 않음)

(3) 일치성 분석을 위한 입력데이터 설계

도로표지별 일치성 분석을 위한 입력데이터는 일치성 분석에 필요한 데이터 중 RRAP 조사차량을 통해 수집 가능한 데이터를 의미한다. 또한 도로표지관리시스템과 동일하게 모든 도로표지는 기준정보(T_PANEL)와 각 속성정보로 구성된다. 예를 들어, 경계표지의 경우 T_PANEL 테이블에 제시된 기준정보 10개를 기본적으로 포함하되, T_PANEL_BOUNDARY 테이블에 포함된 데이터를 경계표지의 속성정보로 하므로 총 13개의 속성정보를 가진다.

표 2-51 도로표지별 일치성 분석을 위한 입력데이터

도로표지	일치성 분석을 위한 입력데이터	설명
모든 도로표지 공통 (기준표지)	id(기본정보)/panel_id(속성정보)	표지판ID
	id_road_kind	도로종별
	id_org_id	시/군/구도(관리기관ID)
	id_road_num	노선번호
	id_road_name	도로명
	id_direction	상하행선방향
	pj_code	표지코드
	poll_type	지주형식
	xnor	X좌표
	ynor	Y좌표
경계표지	place_name_do	광역시/도 안내지명
	place_name_gun	시/군 안내지명
	place_name_up	읍/면/동 안내지명
이정표지	serial_id	일련번호
	direction	방향구분
	near_far	원근구분
	place_name	안내지명
	distance	안내지명도달거리
노선표지	serial_no	일련번호
	road_kind	도로종별
	road_num	노선번호
	road_name	노선이름
	road_azimuth	도로방위정보
분기점표지	serial_no	일련번호
	road_kind	도로종별
	road_num	노선번호
	road_name	노선이름
	direction	분기방향구분
	distance	분기점도달거리
방향표지	serial	순번
	dir_type	교차점 분기유형
	distance	교차점 도달거리
	on_road_kind_serial 1~3	On-the-Way 도로종별 1~3
	on_road_num_serial 1~3	On-the-Way 노선번호 1~3
	on_road_name_serial 1~3	On-the-Way 노선이름 1~3
	on_road_name	On-the-Way 가로명
	place_name_N	안내지명 1~10
	near_far_N	원거리/근거리구분1~10
	to_road_kind_serial 1~3	To-the-Way 도로종별 1~3
	to_road_num_serial 1~3	To-the-Way 노선번호 1~3
	to_road_name_serial 1~3	To-the-Way 노선이름 1~3

(4) 적합성 분석을 위한 판단기준 도출

적합성 분석을 위한 판단기준 도출을 위해 다음에 제시한 관련 지침 및 개선사례를 검토하였다.

- 2011 도로표지 종합관리센터 운영 최종보고서 및 부록
- 도로표지 설치 및 관리 매뉴얼
- 도로표지 규칙(건설교통부령 제2005-489호)
- 도로표지 제작 · 설치 및 관리지침(국토해양부 예규 제223호)
- 도로표지안내시스템 홈페이지

5개 도로표지의 설치현황 및 개선사례 2,906건을 검토한 결과, 경계, 이정, 방향표지에서는 안내지명과 관련된 개선사례가 32.5%로 가장 많은 경우를 차지하는 것으로 나타났다.

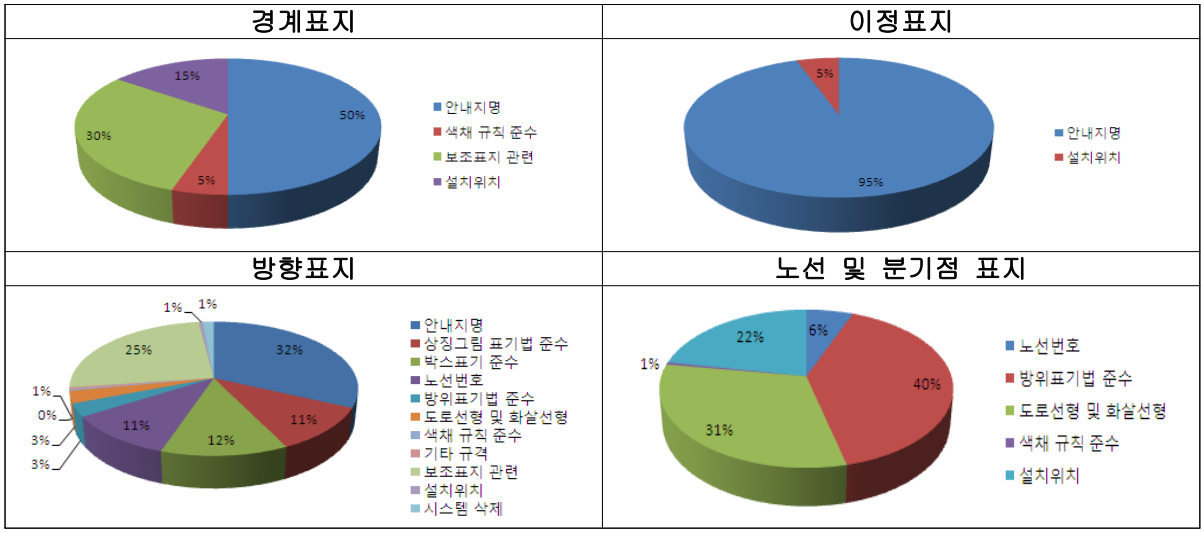


그림 2-223 도로표지별 개선사례 현황

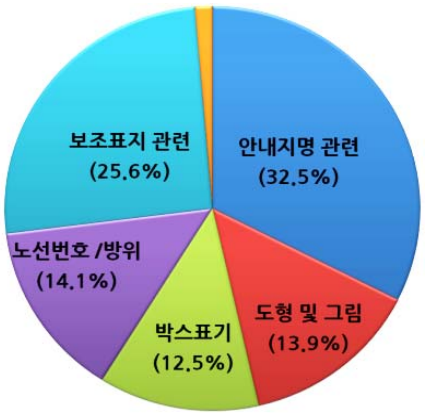


그림 2-224 도로표지 주요 개선내용

도로표지 개선사례 분석을 통해 [표2-52]와 같이 총 35개의 도로표지 적합성 분석기준이 도출되었다. 속성정보가 가장 많은 방향표지의 분석기준이 23개로 가장 많이 도출되었다.

표 2-52 도로표지 설치사례 분석결과(적합성 기준 도출)

<table>
<tr><th colspan="2">구분</th><th colspan="2">적합성 기준</th><th>기준개수</th></tr>
<tr><td colspan="2" rowspan="2">경계</td><td colspan="2">속성정보의 종류</td><td rowspan="2">2</td></tr>
<tr><td colspan="2">설치위치</td></tr>
<tr><td colspan="2" rowspan="3">이정</td><td colspan="2">안내지명</td><td rowspan="3">3</td></tr>
<tr><td colspan="2">안내지명 이정거리</td></tr>
<tr><td colspan="2">표지판 설치간격</td></tr>
<tr><td colspan="2" rowspan="20">방향</td><td rowspan="10">안내지명 기준</td><td>근거리 출구 인터체인지(IC)명, 분기점(JC)명 표기</td><td rowspan="20">23</td></tr>
<tr><td>고속국도 인터체인지명 표기</td></tr>
<tr><td>안내지명 개수 과다 여부</td></tr>
<tr><td>행정구역 단위 표기방법 준수</td></tr>
<tr><td>안내지명 준수</td></tr>
<tr><td>동일 지명 사용시 표기방법 준수</td></tr>
<tr><td>근거리 행정구역내 관청명 표기 준수</td></tr>
<tr><td>관광지 대상지명 아님</td></tr>
<tr><td>안내지명 글씨규격 준수</td></tr>
<tr><td>안내지명 연계성 확보</td></tr>
<tr><td rowspan="4">노선번호 기준</td><td>노선번호 표기방법 준수</td></tr>
<tr><td>노선번호 중용표기</td></tr>
<tr><td>노선번호 위치 변경</td></tr>
<tr><td>노선번호 연계성</td></tr>
<tr><td rowspan="3">화살선형 기준</td><td>규정집 화살표 규격 준수 여부</td></tr>
<tr><td>화살 선형의 위치</td></tr>
<tr><td>실제 도로선형 반영</td></tr>
<tr><td rowspan="2">방위표기 준수</td><td>방위표기 위치</td></tr>
<tr><td>방위표기 내용</td></tr>
<tr><td colspan="2">설치위치</td></tr>
<tr><td colspan="2">도로표지 색채 규칙 준수</td></tr>
<tr><td rowspan="2">박스표기 준수</td><td>관광지 박스 표기 제거</td></tr>
<tr><td>도시지역 밖의 주요도시 박스표기</td></tr>
<tr><td rowspan="7">노선
、
분기</td><td rowspan="3">노선</td><td colspan="2">방위표기법 준수</td><td rowspan="3">3</td></tr>
<tr><td colspan="2">노선번호 표기</td></tr>
<tr><td colspan="2">노선표지 설치위치</td></tr>
<tr><td rowspan="4">분기</td><td colspan="2">분기방향 화살선형 표기</td><td rowspan="4">4</td></tr>
<tr><td colspan="2">분기점표지 설치위치</td></tr>
<tr><td colspan="2">분기노선번호 표기</td></tr>
<tr><td colspan="2">Junction 표기</td></tr>
</table>

도출된 적합성 분석기준은 RRAP를 이용하여 현장에서의 데이터 수집 및 분석의 용이성[8] 을 근거로 각 도로표지별로 1개씩 총 5개 기준에 대한 적합성 분석 알고리즘을 개발하였다.

8) 여기서 분석의 용이성은 현장 데이터만을 토대로 한 적합성 분석의 가능성을 의미한다. 1차 년도 연구 초기에는 데이터 분석이 RRAP를 이용한 현장수집단과 도로표지관리시스템(RSMS)를 이용한 시스템단에서 각각 이루어지는 것으로 계획하였으나, 이후 현장 조사된 데이터 만을 토대로 분석이 이루어지는 것으로 연구방향이 구체화되면서 2차 년도에서는 분석의 용이성을 고려하여 5개의 적합성 분석기준에 대한 알고리즘을 개발하였다.

표 2-53 도로표지 적합성 분석항목 설정

구분	경계표지	분기점표지	이정표지	노선표지	방향표지
적합성 항목	설치위치 적합성		설치간격 적합성		안내지명 개수 과다 여부

(5) 적합성 분석을 위한 데이터 설계

도로표지 속성정보의 경우에는 표지별로 포함하는 정보의 특성이 다르기 때문에 각 표지별로 나누어 경계표지, 이정표지, 노선·분기점표지, 방향표지에 대해 입력데이터를 설계하였다.

경계표지의 속성정보는 광역시/도 안내지명, 시/군 안내지명, 읍/면/동 안내지명과 같이 3가지 정보로 구성된다. 이정표지는 일련번호, 방향구분, 원근구분, 안내지명, 안내지명 도달거리와 같이 5가지를 포함한다. 노선표지의 속성정보는 일련번호, 도로종별, 노선번호, 노선이름, 도로방위정보와 같이 5가지 정보를 가진다.

표 2-54 도로표지 속성정보 입력데이터 설계

표지	명칭	데이터 명	설명 및 검토사항	단위	데이터 유형	유효값
경계표지	광역시/도 안내지명	place_name_do	경계표지의 광역시/도 안내지명	-	varchar	한글/영문
	시/군 안내지명	place_name_gun	경계표지의 시/군 안내지명	-	varchar	한글/영문
	읍/면/동 안내지명	place_name_up	경계표지의 읍/면/동 안내지명	-	varchar	한글/영문
이정표지	일련번호	serial_id	이정표지 속성정보의 일련번호	-	integer	1..9999
	방향구분	direction	이정표지의 안내방향	-	char	-
			직진			S
			좌			L
			우			R
	원근구분	near_far	이정표지의 원근	-	char	-
			근거리			N
			원거리			F
	안내지명	place_name	이정표지의 안내지명	-	varchar	한글/영문
	안내지명 도달거리	distance	이정표지의 안내지명 도달거리	km	integer	1..9999
노선표지	일련번호	serial_no	노선표지 속성정보의 일련번호	-	integer	1..9999
	도로종별	road_kind	노선표지의 도로종별	-	char	-
			고속국도			ER
			일반국도			NR
			지방도			RR
			시도			UR
			군도			GR
			구도			WR
			NULL			NULL
	노선번호	road_num	노선표지 속성정보의 노선번호	-	char	1..9999
	노선이름	road_name	노선표지 속성정보의 노선이름	-	varchar	한글/영문
	도로 방위정보	road_azimuth	노선표지의 안내 방위정보	-	char	-
			동쪽			E
			서쪽			W
			남쪽			S
			북쪽			N
			방위정보 없음			“

분기점표지의 속성정보는 일련번호, 도로종별, 노선번호, 노선이름, 분기방향구분, 분기점 도달거리와 같이 6가지의 정보로 이루어져 있다.

표 2-55 분기점표지 속성정보 입력데이터

명칭	데이터 명	설명 및 검토사항	단위	데이터유형	유효값
일련번호	serial_no	분기점표지의 일련번호	-	integer	1..9999
노선번호	road_num	분기점표지의 노선번호	-	char	1..9999
노선이름	road_name	분기점표지의 노선이름	-	varchar	한글/영문
분기점 도달거리	distance	분기점표지부터 분기점까지의 도달거리	m	integer	1..9999
도로종별	road_kind	분기점표지의 도로종별	-	char	-
		고속국도			ER
		일반국도			NR
		지방도			RR
		시도			UR
		군도			GR
		구도			WR
		NULL			NULL
분기 방향구분	direction	분기점표지의 분기방향	-	char	-
		왼쪽			L
		오른쪽			R
		양쪽			B

방향표지의 속성정보는 순번, 교차점 분기유형, 진행금지여부, 교차점도달거리, on-the way 도로종별・노선번호・노선이름・가로명, 원거리/근거리 구분, 관광안내지명, to-the-way 도로종별・노선번호・노선이름, 출구점명, 출구점 번호, 교차로여부, 도로방위정보, 입체교차로 여부와 같이 18가지 정보로 구성되어 있다.

표 2-56 방향표지 속성정보 입력데이터_1

명칭	데이터 명	설명 및 검토사항	단위	데이터유형	유효값
순번	serial	・ 한 지주당 설치된 표지판 개수 ・ 동일 표지판 ID의 순번 1이 한 개 이상일 경우 차로지정표지	-	integer	1..10
교차점 분기유형	dir_type	표지판 안내지명 방향	-	char(2)	-
		직진			01
		우회전			02
		좌회전			03
		입체교차로			23
		검토 필요			04
		검토 필요			05
		검토 필요			10
		검토 필요			81
		검토 필요			82
진행금지 여부	is_prohibited	・진입금지방향표지에 대한 방향예고 표지 유무 ・교통흐름의 명확한 분류를 위한 차로 지정표지 유무 및 허용여부	-	char(1)	-
		진입금지			Y
		진입허용			N

표 2-57 방향표지 속성정보 입력데이터_2

명칭	데이터 명	설명 및 검토사항	단위	데이터유형	유효값
교차점 도달거리	distance	・방향표지의 경우 0 ・교차점까지 남은 거리	m	integer	1..5000
On-the-Way 도로종별	on_road_kind _serial	・표지판이 설치되어있는 도로의 종류 ・serial의 범위는 1~3 serial은 data명 serial과 일치할 것	-	char(2)	-
		고속도로			ER
		국도			NR
		지방도			RR
		시도			UR
		군도			GR
		구도			WR
On-the-Way 노선번호	on_road_num _serial	・표지판이 설치되어있는 도로의 노선번호 ・serial의 범위는 1~3 serial은 data명 serial과 일치할 것	-	char(5)	1...9999
On-the-Way 노선이름	on_road_name _serial	・표지판이 설치되어있는 도로의 노선이름 ・serial의 범위는 1~3 serial은 data명 serial과 일치할 것	-	varchar(40)	한글/영문
On-the-Way 가로명	on_road_name	・표지판이 설치되어있는 도로이름	-	varchar(40)	한글/영문
안내지명	place_name_N	・표지판 방향별(dir-type별) 안내지명 ・N의 범위는 1~10	-	varchar(30)	한글/영문
원거리/ 근거리구분	near_far_N	・안내지명의 근거리 원거리 구분 ・#의 범위는 1~10	-	char(1)	-
		근거리			N
		원거리			F
관광 안내지명	sightspot_place_ name_serial	・serial의 범위는 1~2	-	varchar(30)	한글/영문
To-the-Way 도로종별	to_road_kind _serial	・진입방향도로의 종별 ・serial의 범위는 1~3	-	char(2)	-
		고속도로			ER
		국도			NR
		지방도			RR
		시도			UR
		군도			GR
		구도			WR
To-the-Way 노선번호	to_road_num _serial	・진입방향도로의 노선번호 ・serial의 범위는 1~3	-	char(5)	1...9999
To-the-Way 노선이름	to_road_name _serial	・진입방향도로의 노선이름 ・serial의 범위는 1~3	-	varchar(40)	한글/영문
출구점번호	exit_no	출구점번호	-	char(5)	1...9999
출구점명	exit_name	출구점명	-	varchar(30)	한글/영문
교차로여부	exit_ic	・진입방향의 교차로 유무 판단(?)	-	char(1)	-
		교차로			T
		교차로 아닌지점			F
도로 방위정보	road_azimuth	안내방향의 방위정보	-	char(1)	-
		동, 서, 남, 북			E,W,S,N
		방위정보 없음			null
입체교차로 여부	ls_flyover	입체교차로 여부	-	char(1)	-
		입체교차로			Y
		입체교차로 아님			N

다. 속성정보 분석모듈의 아키텍처 설계

(1) 아키텍처 설계

속성정보 분석은 RRAP의 물리적 기능을 크게 영상정보 수집, 속성정보 인식, 속성정보 분석, 도로표지관리스템 DB와의 연동으로 분류할 때 세 번째 단계에 속하나 기능별로 입력과 출력이 맞물려 있으므로 이러한 개별 기능을 모듈화하여 아키텍처 설계가 이루어졌다.

①영상정보 수집모듈에서 생성된 기본정보(10개 필드, panelinfo.txt)는 속성정보 인식모듈, ②조사대상구간(coverage)에 대한 정보는 연동모듈로 전송한다. 연동모듈에서는 RSMS(실제로는 Clon DB)에 조사대상구간에 있는 도로표지 정보를 요청하고 이를 통해 생성된 ③Coverage data가 연동모듈에 전송된다. 연동모듈에서는 ④Coverage 내 RSMS 데이터를 속성정보 입력 인터페이스에 전송한다. 또한 속성정보 인식모듈에서는 영상정보 수집모듈에서 전송된 도로표지 영상에서 추출한 ⑤RRAP 데이터를 텍스트형태로 속성정보 입력 인터페이스에 전송한다. 그러면 Input data 인터페이스에서는 RSMS 데이터와 RRAP 데이터를 속성정보 분석모듈에 입력데이터로 전송한다. 속성정보 분석모듈에서는 분석 알고리즘을 통해 일치성분석결과(정보갱신, 신규생성, 미인식)를 Output data 인터페이스에 개별파일로 전송하고 여기서는 연동모듈에 DB 갱신 수행을 요청한다. 연동모듈에서는 분석결과에 따라 RSMS DB의 갱신여부를 결정하거나 관리자 확인을 요청한다. 적합성 분석결과의 경우 RSMS DB까지 전송되지 않고 출력 결과만을 제시한다.

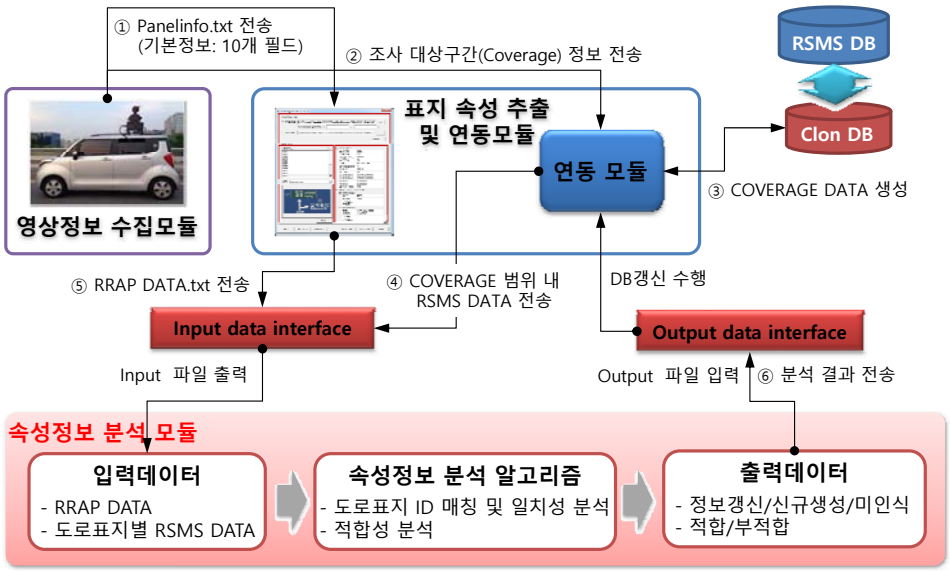


그림 2-225 RRAP 아키텍처 설계

(2) 입력데이터 정의

도로표지 분석모듈에 입력되는 데이터는 정보의 내용 및 출처에 따라 기본, 속성, 추가 정

보로 정의된다. 기본정보는 현 도로표지관리시스템 DB에서 5개 도로표지(경계, 노선, 방향, 분기점, 이정표지)가 공통적으로 갖는 정보이다. 기본정보는 도로종별, 상하행 등과 같이 도로표지 영상정보에서는 구득이 불가능한 정보이기 때문에 현장조사 시 MMS 설치차량이 탑재한 GIS 속성정보를 통해 추출되며, 도로표지 관리시스템 DB 중 기준표지 테이블(T_PANEL)을 기반으로 한다.

속성정보는 도로표지관리시스템 DB 상에서 기준표지 테이블 내의 기본정보를 제외하고 각 표지(경계, 노선, 방향, 분기점, 이정표지)별 기능을 차별화하는 표지별 고유정보이다. RRAP에서 도로표지 정사영상 사진을 토대로 패턴인식기법을 적용하여 추출된 표지판 속성정보이며, 도로표지 관리시스템 DB 중 도로표지 유형별 테이블을 기반으로 한다. 추가정보는 도로표지 기본정보와 속성정보를 제외하고 도로표지 분석을 위해 추가적으로 필요한 정보로서 추가적인 데이터 가공 및 분석이 필요할 수 있다.

(3) 출력데이터 정의

일치성 분석의 출력데이터는 정보 갱신/신규 생성/미인식을 개별 파일로 생성되어 연동모듈에 전송되고, 출력 결과에 따라 처리되며, 적합성 분석의 출력 데이터는 도로표지별로 적합/부적합 판단결과를 출력한다.

표 2-58 출력데이터 정의

구분	출력 데이터
일치성분석	- 정보갱신 결과 파일 출력 - 신규생성 결과 파일 출력 - 전체 미인식 결과 파일 출력 - 미인식 결과 파일 출력 - 대상 외 표지 결과 파일 출력
적합성분석	- 도로표지별 적합/부적합 판단 결과 출력

라. 알고리즘 개발

(1) 일치성 분석

(가) 분석 프로세스 정립

일치성 분석은 현 도로표지관리시스템 DB의 도로표지 속성정보가 모바일맵핑시스템(MMS)이 설치된 차량이 현장에서 수집한 도로표지 속성정보와 일치하는지 여부를 분석하여 DB를 갱신하는 과정이다. 시스템의 안정적인 구현을 위해 DB 자동갱신 이전에 ID 매칭 알고리즘을 통해 ID가 매칭되는 경우와 비매칭되는 경우로 구분하며, DB 자동갱신을 위해서는 도로표지 현장조사 결과를 토대로 3가지의 경우로 구분하고 연동 모듈로 결과를 전송한다.



그림 2-226 일치성 분석 알고리즘 구성

(나) 입력데이터

① 현 도로표지관리시스템 DB

현 도로표지관리시스템 DB는 2003년 5월 설립한 국토해양부 도로표지종합관리센터 시스템의 전국 도로표지 데이터베이스로서 총 48개 테이블과 709개 필드로 구성되어 있다. 이 중 전체 도로표지관리시스템 DB 중 기술적 가능성과 자동갱신의 필요성을 고려하여 총 6개 도로표지 테이블을 분석대상으로 결정하였다. 이는 MMS 설치차량을 이용한 현장조사 결과를 토대로 자동으로 갱신되는 정보이며, 시스템의 지속적 운영과 자동갱신의 효율성을 고려하여 [표2-59]와 같이 현 도로표지관리시스템 DB의 데이터형식을 준수하였다.

표 2-59 현 도로표지관리시스템 DB 형태

구분	도로표지 테이블명(총 6개)				
	T_PANEL		…	T_PANEL_DIRECTION	
	id	id_road_kind		road_azimuth	ls_flyover
	표지판ID	표지일련번호 도로종별	…	도로방위정보	입체교차로 여부
1	4873	NR	…	S	N
2	13356	NR	…	N	N
3	29551	ER	…	W	N
⋮	⋮	⋮	…	⋮	⋮

② 분석데이터(RRAP DATA)

분석 데이터(이하 RRAP DATA)는 현 도로표지관리시스템 DB의 자동갱신을 위한 실제 현장의 도로표지 데이터로서 현장의 모바일맵핑시스템(MMS) 설치차량을 이용한 현장조사에서 생성되는 기본정보와 표지판 정사영상에 패턴인식 기법을 적용하여 추출한 도로표지 속성정보로 구성된다. 기본정보는 도로표지 현장조사를 통해서는 파악하기 어려운 데이터로서 도로표지 관리기관, 도로종별, 위치좌표 등이 해당되며, 도로표지 유형과 관계없이 동일한 정보로서 조사차량에 포함된 GIS에 내재된 정보에서 추출한다. 속성정보는 도로표지가 담고 있는 내용으로 안내지명, 노선번호, 행정구역명, 이정거리 등을 의미하며, 패턴인식을 통해

문자정보로 수집된다.

표 2-60 도로표지 테이블별 RRAP DATA

테이블명	DB의 필드수	RRAP DATA 필드수		비고
		기본정보	속성정보	
T_PANEL(기준표지)	64	10개(16%)	-	도로표지 공통정보
T_PANEL_BOUNDARY(경계표지)	7	-	3개(43%)	
T_PANEL_ROADNUM(노선표지)	7	-	6개(86%)	
T_PANEL_DIRECTION(방향표지)	59	-	42개(71%)	
T_PANEL_BRANCH(분기점표지)	8	-	5개(63%)	
T_PANEL_MILEAGE(이정표지)	7	-	5개(71%)	
합계	152	12개(8%)	71개(47%)	-

주: ( )은 표지별 DB필드수 대비 RRAP DATA 필드수 비율임

(다) ID 매칭 알고리즘

현 도로표지관리시스템의 DB와 RRAP DATA의 자동갱신을 위하여 첫 번째 단계는 현장의 도로표지와 DB상의 도로표지간 ID를 매칭하는 것이다. 왜냐하면 도로표지의 ID는 현장조사로 추출 불가능하기 때문이다. ID가 없는 RRAP DATA를 현 도로표지관리시스템 DB의 정보와 일치시켜 매칭될 경우, 현 도로표지관리시스템에서 매칭된 도로표지의 ID를 RRAP DATA에 부여하여 완전한 정보로 만들어내는 과정이다. RRAP DATA의 X, Y 좌표를 통한 ID 매칭을 보완하기 위해 상하행, 도로표지 코드, 조사노선 번호 등의 정보를 활용한다.

- Step1 : ID와 표지코드가 없는 RRAP DATA에서 X, Y 위치좌표, 도로종별, 노선번호, 상・하행 방향, 표지코드를 읽어옴
- Step2 : 읽어 온 데이터를 기준으로 도로표지관리시스템의 데이터베이스를 필터링함
- Step3 : DB에서 필터링된 X, Y좌표와 RRAP 데이터의 X, Y좌표간의 거리 산출
- Step4 : 측정된 거리가 최소인 데이터를 선택
- Step5 : 선택된 데이터가 유효 오차 범위 안에 들어오는지 확인
- Step6 : 오차 범위에 들어오면 ID 부여
- Step7 : DB 자동 갱신

현장조사 후 분석의 용이성을 확보하기 위해 상기 정보들은 조사 시작시 입력정보로 활용하도록 조사매뉴얼에 정의하는 것이 필요하다. 즉, RRAP를 이용한 도로표지 현장조사를 시작할 때 오늘 조사할 도로노선, 상/하행 방향 등을 입력한 후에 조사를 시작하는 것이다. 이를 통해 도로표지관리시스템의 DB에서 조사대상구간의 도로표지 DB를 사전에 읽어 들임으로써 분석을 효율적으로 수행할 수 있다.

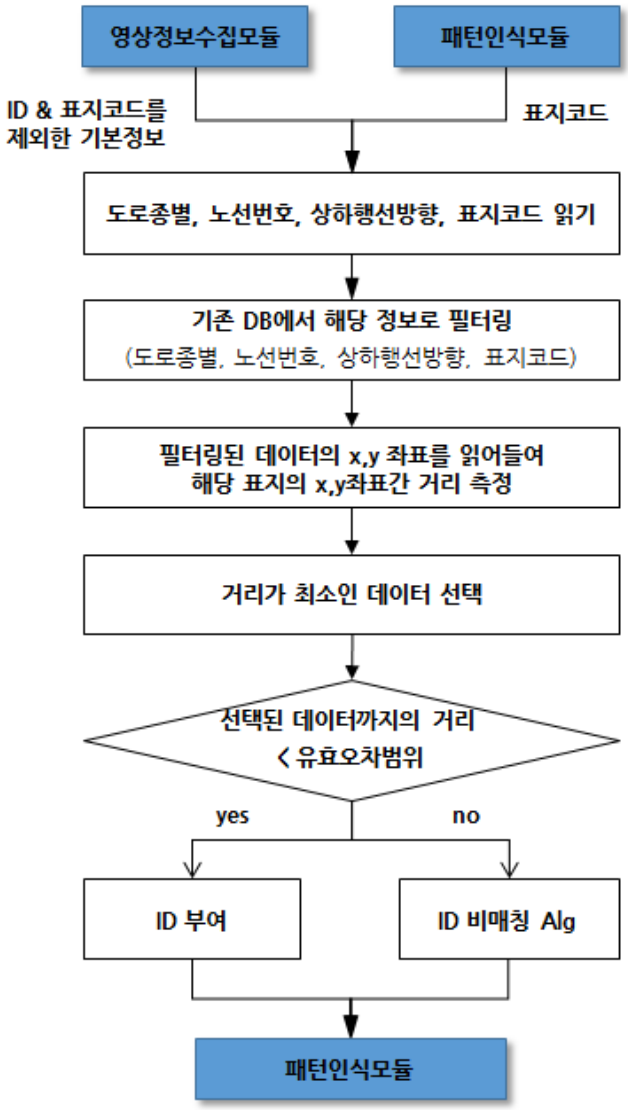


그림 2-227 ID 매칭 알고리즘 순서도

(라) DB 자동갱신 알고리즘

현장의 모바일맵핑시스템(MMS) 설치차량과 패턴인식 프로그램을 통하여 추출한 RRAP DATA와 현 도로표지관리시스템 DB의 일치여부를 판단하여 RRAP DATA로 DB를 갱신하거나 신규 생성하는 분석 과정이다. 현 DB와 RRAP DATA의 ID 매칭 여부를 판단하여 ID 매칭이 이루어진 RRAP DATA는 현 DB를 자동갱신하며, ID 매칭이 이루어지지 않은 RRAP DATA는 새로운 도로표지 ID를 부여하여 해당 정보를 DB상에 신규 생성한다.

- Step1 : 입력된 조사데이터를 도로표지 ID가 매칭된 경우와 비매칭된 경우로 구분
- Step2 : ID 매칭시 현 DB 자동 갱신
- Step3 : ID 비 매칭시 DB 신규 생성(신규 ID 부여)
- Step4 : 정보갱신 및 신규생선 LIST 출력
- Step5 : 기관별 관리자 확인

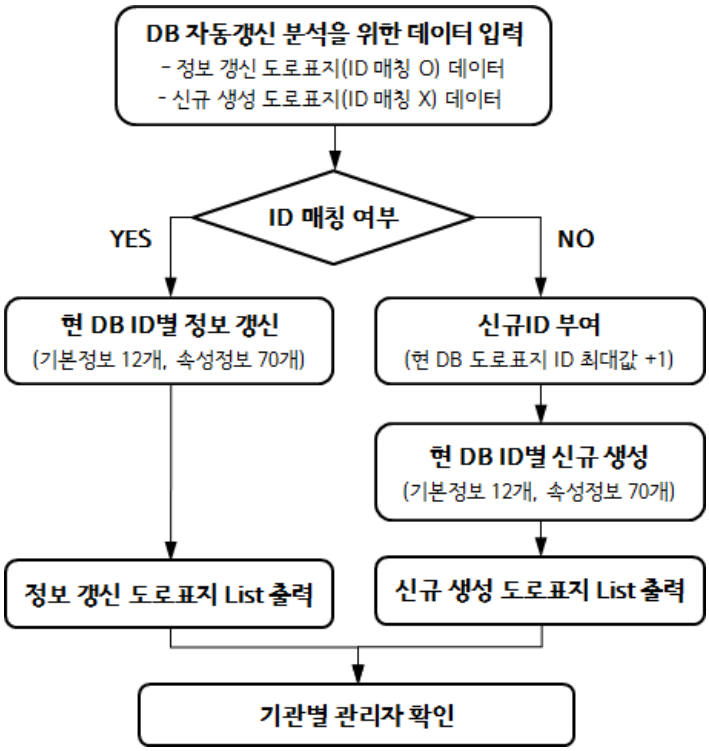


그림 2-228 DB 자동갱신 알고리즘 순서도

(마) 미인식 식별 알고리즘

미인식 식별 알고리즘은 ID 매칭이 이루어지지 않은 RRAP 데이터 중 현 도로표지관리시스템 DB에는 존재하지만 새로 조사된 RRAP DATA에는 존재하지 않는 경우에 적용된다. 이는 MMS 설치차량이 현장조사 시 도로표지가 누락되거나, 주변 환경의 영향으로 영상장비에서 정상 인식이 되지 않아 현장 데이터가 추출되지 않거나, 현장의 도로표지가 훼손 및 철거된 경우이다.

- Step1 : 현장조사 범위 결정(현 도로관리시스템 DB에서 조사 대상 데이터 추출)
- Step2 : 현장조사 실시(RRAP DATA 생성)
- Step3 : ID 매칭 알고리즘 수행(시스템 DB vs RRAP 현장조사)
- Step4 : 현 DB에서 추출된 조사 대상 데이터 중 ID 매칭을 통하여 DB 갱신 또는 신규 생성되지 않은 도로표지 ID 추출
- Step5 : 기관별 관리자 확인
  . 조사차량에서 미인식된 경우(현 DB 데이터 유지)
  . 철거된 표지 구분(현 DB 데이터 제거)

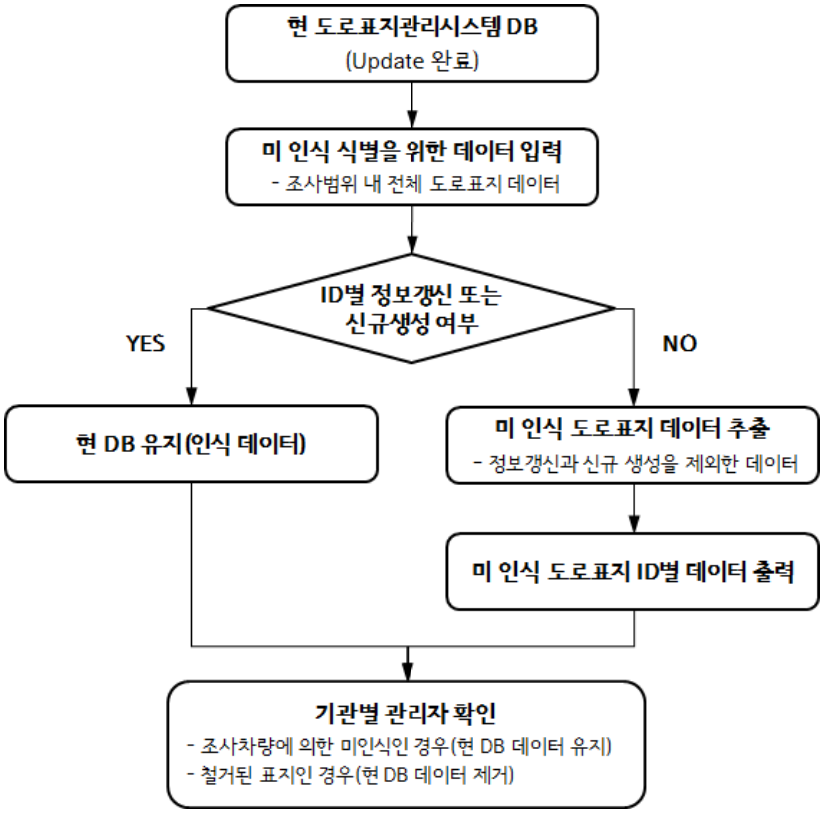


그림 2-229 미 인식 식별 알고리즘 순서도

(2) 적합성 분석

적합성 분석에서는 도로표지가 관련 지침이나 규칙, 매뉴얼을 준수하여 설치되었는지를 판단하는 과정으로 주요 분석항목은 설치위치, 설치간격, 안내지명 개수 등의 적합성을 분석한다. 도로표지는 관련 지침이 개정될 경우 바로 변경되는 것이 아니라 노후도나 중요 변경사항이 발생하여 순차적인 관리대상이 될 경우 교체되므로 설치년도에 따라 속성정보 등에 조금씩 차이가 있을 수 있다. 이에 적합성 분석에서는 지침을 준수한다는 측면에서 갖추어야 할 최소한의 분석항목을 설정하여 관련 지침이 변경될 경우에도 변동사항이 없는 분석항목으로 선정하였다.

표 2-61 도로표지별 적합성분석 항목

구분	분석항목	분석내용
경계표지	· 설치위치의 적합성	· 해당 경계표지가 실제 행정구역의 경계 지점에 설치되어 있는 지 여부 판단
노선표지	· 설치간격의 적합성	· 설치간격에 대한 기준 준수 여부 판단
방향표지	· 안내지명 개수 과다 여부	· 방향(직/좌/우회전)별 안내지명 개수의 준수 여부 판단
분기점표지	· 설치위치의 적합성	· 분기점 표지 설치위치가 실제 분기점으로부터 해당 지점에 설치되어 있는 지 여부 판단
이정표지	· 설치간격의 적합성	· 설치간격에 대한 기준 준수 여부 판단

(가) 경계표지

① 분석개념

분석대상 경계표지가 실제 행정구역의 경계 지점에 설치되어 있는지 여부를 판단하는 분석이다. 현 도로표지관리시스템 내 도로표지 위치는 GIS 노드-링크체계에서 해당 링크에 선형으로 연결되어 있다. 이는 분석대상 경계표지가 연결되어 있는 링크의 출발과 도착 노드에 대한 행정구역 코드(AMDCODE)를 GIS 공간 연산으로 추출하고 이를 이용하여 경계표지 설치위치의 적합성 판단이 가능하다. 단, 터널 등과 같은 예외 구간은 분석 대상에 제외한다. 경계표지에 대한 적합성 분석의 기본 개념은 다음 그림과 같다.

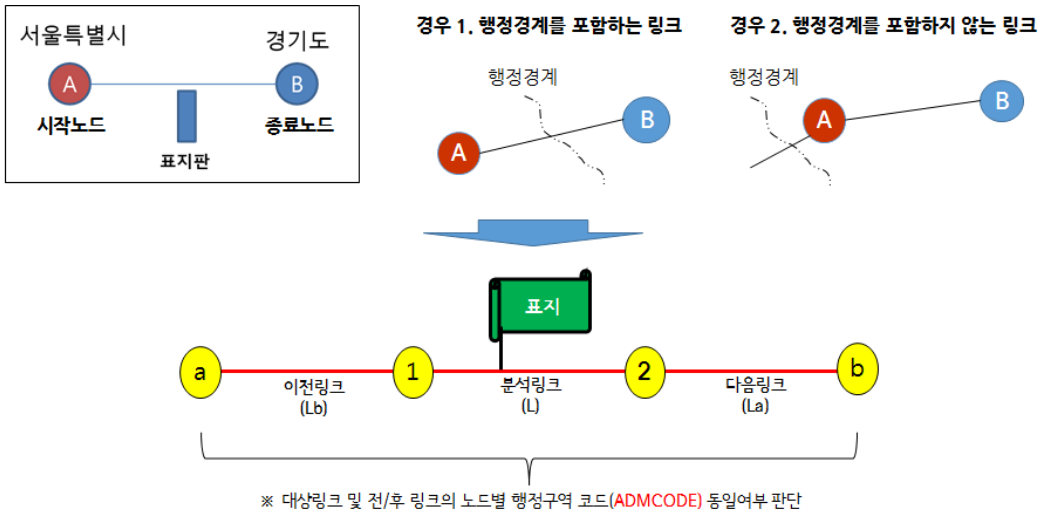


그림 2-230 경계표지 적합성 분석개념

② 분석근거

경계표지 적합성은「도로표지 설치 및 관리매뉴얼」의 2.3.2 설치위치 내용을 근거로 적합여부를 판단하며, 그 내용은 첫째, 지방지역 도로의 경우 도, 시, 군, 읍, 면의 경계지점에 설치하고, 둘째, 고속국도의 경우 도, 시, 군의 경계지점에 설치한다는 것이다.

③ Input 및 Output Data 설계

Input Data는 도로표지의 기본정보, GIS의 링크와 노드정보, 노드별 행정구역 코드(AMDCODE) 정보가 필요하다. 적합성 분석과정에서 경계표지가 연결된 링크에 대한 출발 및 도착노드의 AMDCODE가 동일할 경우, 분석대상 링크 기준으로 이전과 다음 링크의 추가 노드로 확장하여 다시 한번 AMDCODE를 확인하므로 Output Data에서는 총 4개의 노드를 제시한다.

표 2-62 적합성 분석을 위한 경계표지 Input Data 설계

경계표지 기본정보		링크 정보			
ID	LINK_ID	IDXNAME	LINK_ID	ST_ND_ID	ED_ND_ID
25194531	646300009369	64630000	9369	5115	5119
		64630000	9360	5105	5115
		64630000	9368	5114	5119

노드별 행정구역 코드(AMDCODE)정보		
IDXNAME	NODE_ID	AMDCODE
64630000	5105	4812312300
64630000	5114	4812313200
64630000	5115	4812312300
64630000	5119	4812312300

주: 노드별 행정구역 코드(AMDCODE)정보는 GIS 공간연산으로 추출함

표 2-63 적합성 분석을 위한 경계표지 Output Data 설계

분석대상 경계표지 ID	행정구역 코드(AMDCODE)				경계표지 설치위치 적합성
	이전링크 추가노드	분석링크 시작노드	분석링크 종료노드	다음링크 추가노드	
25194531	4812313200	4812312300	4812312300	4812312300	적합

④ 분석 프로세스 구축

- Step 1 : 분석대상 경계표지 선정
- Step 2 : 분석대상 Input Data 정보 추출

도로표지 기본정보	ID, LINK_ID
링크정보	IDXNAME, LINK_ID, ST_ND_ID, ED_ND_ID
AMDCODE 속성정보	IDXNAME, NODE_ID, AMDCODE(내부 연산값)

- Step 3-1 : 분석대상 링크(경계표지 연결링크)의 출발과 도착노드에 대한 행정구역 코드(AMDCODE) 추출
- Step 3-2 : 추출된 분석대상 링크의 출발과 도착노드에 대한 행정구역 코드(AMDCODE) 비교
  ▶ 출발과 도착노드의 AMDCODE값이 다른 경우 → 적합
  ▶ 출발과 도착노드의 AMDCODE값이 같은 경우 → Step4로 이동
- Step 4-1 : 분석대상 링크(경계표지 연결링크)의 이전 링크와 다음 링크의 추가 노드에 대한 행정구역 코드(AMDCODE) 추출
- Step 4-2 : 추출된 이전 링크와 다음 링크의 추가 노드에 대한 행정구역 코드(AMDCODE) 비교
  ▶ 이전링크와 다음링크의 추가노드 AMDCODE 중 하나는 분석링크 노드의 AMDCODE와 동일하고 나머지는 다른 경우 → 적합
  ▶ 상기 경우에 해당되지 않을 경우 부적합으로 판단
- Step 5 : 결과값 출력 및 관리자 확인

⑤ 분석 알고리즘 개발(세부 순서도)

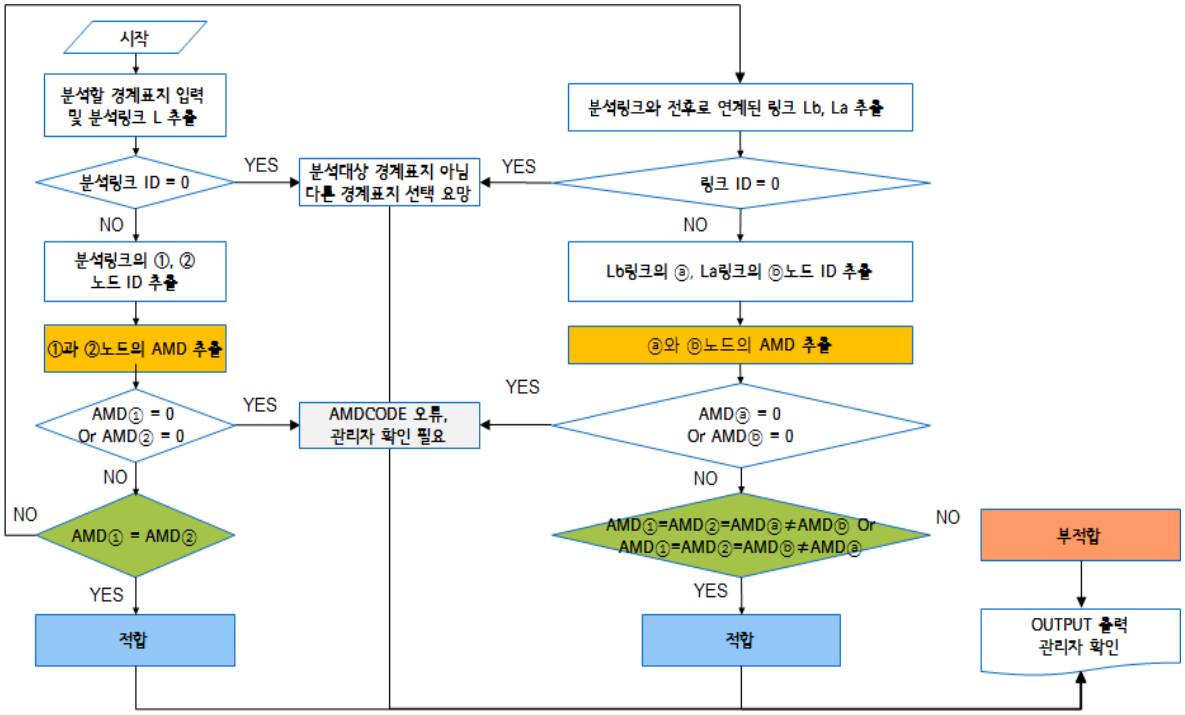


그림 2-231 경계표지 적합성 분석 알고리즘 순서도

(나) 노선표지

① 분석개념

연속된 노선표지를 추출하여 산출된 두 표지간 거리 값이 설치간격 기준에 부합하는지 여부를 판단한다.

② 분석근거

「도로표지규칙(건설교통부령 제2005-489호)」[별표3] 도로표지의 규격상세 및 설치방법 등 (제4조제2항 관련)의 5. 도로표지 규격상세 및 설치방법에 근거하여 적합성을 판단한다.

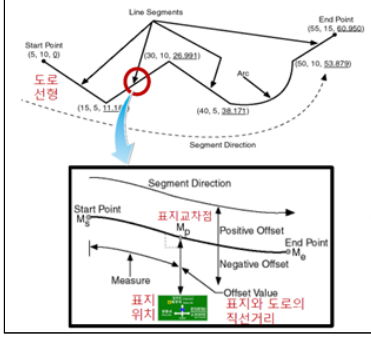
주요 내용으로는 지방지역(고속국도 제외)의 경우, 설치간격은 4km를 기본으로 하되 노선표지와 다음 노선표지의 중간지점에 설치하나 주요교차로가 있을 경우 교차로를 지난 100m 내외지점에 설치한다. 고속국도의 경우, 주요교차로(인터체인지, 분기점)를 지나 500m 내외지점에 설치하며, 노선표지간 최대 간격은 10km를 넘지 않도록 한다.

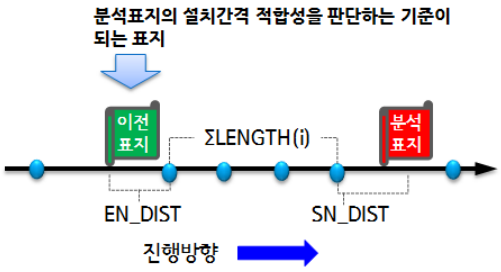
본 연구에서는 도로별 주요교차로가 있을 경우 100~500m 내외 지점에 설치하는 것에 대한 적합성을 판단하는 연구는 제외한다. 주요 교차로에 대한 정의는 상기 지침에 따른다.

③ 분석방법론 구축

- Step 1 : 분석대상 노선표지 선정
- Step 2 : 각 표지별 표지 ST_DIST, END_DIST 추출

※ 도로표지가 연결된 링크는 진행방향 기준으로 도로표지 좌측부터 ST_DIST와 END_DIST로 구분함
※ ST_DIST : 도로표지가 링크와 접속된 지점에서부터 그 링크의 시작노드까지의 거리이며, END_DIST는 도로표지가 링크와 접속된 지점에서부터 그 링크의 종료노드까지의 거리임





- Step 3 : 분석 표지간 모든 링크 검색
- Step 4 : 분석 표지간 모든 링크 i의 $\sum_{i}^{N} LENGTH_i$ 추출
- Step 5 : 표지간 거리 추출
  = 이전표지 ED_DIST +[사이 링크 ∑LENGTH(i)]+분석표지 ST_DIST
- Step 6 : 도로등급정보를 통해 고속도로 여부 확인
- Step 7 : 표지간 거리 적합여부 확인(고속도로 10km이하, 그 외 4km)
- Step 8 : 적합 및 부적합 Output 출력 및 관리자 보고

④ Input 및 Output Data 설계

노선표지간 설치간격의 적합성을 분석하는데 필요한 Input Data는 분석 및 이전 표지의 기본정보와 두 표지 사이에 포함된 링크정보이다. Output Data는 분석 표지와 이전 표지 사이의 GIS 상의 설치간격을 제시하고 도로등급별 설치기준에 적합한 지를 판단하여 그 결과를 제시한다.

표 2-64 적합성 분석을 위한 노선표지 Input Data 설계

노선표지 기본정보(분석표지와 이전표지)					
ID	LINK_ID	LINK_I_X	LINK_I_Y	ST_DIST	EN_DIST
25198673	64420000614	329979.933	178957.438	12.93	243.57
25198674	645400002607	346099.117	203717.126	12.93	311.48

두 표지 사이의 링크정보					
IDXNAME	LINK_ID	ST_ND_ID	ED_ND_ID	LENGTH	...
64540000	2608	2457	2458	111	...
64540000	2606	2456	2457	411	...
64540000	2604	2455	2456	124	...

표 2-65 적합성 분석을 위한노선표지 Output Data 설계

이전표지ID	분석표지ID	링크길이(km)	설치기준간격	오차범위(km)	적합/부적합(기준)
25198673	25198674	1.14721	4	0.5	부적합

⑤ 분석 알고리즘 개발(세부 순서도)

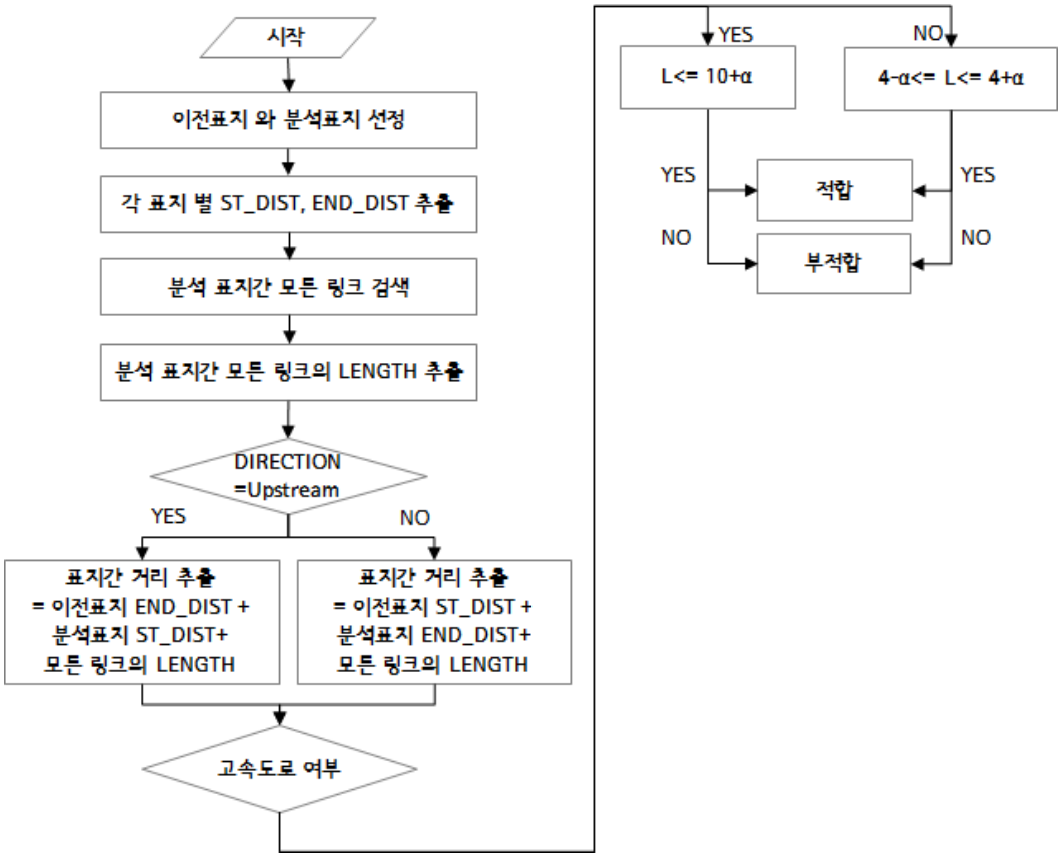


그림 2-232 노선표지 적합성 분석 알고리즘 순서도

(다) 방향표지

① 분석개념

주요 5개 도로표지 중 방향표지는 가장 많은 정보를 운전자에게 제공하고 있는데, 만약 4지 교차로이고 진행방향별로 1개의 안내지명을 제공한다고 하더라도 이미 정보의 개수는 3개이다. 그러나 너무 많은 정보를 제공할 경우 운전자의 정신적 작업 부하량 (Mental workload)이 많아져 운전자에게 오히려 혼란을 초래할 수 있으므로 운전자가 받아들이기에 적정한 정보의 개수를 제공하는 것은 교통안전측면에서 매우 중요하다. 따라서 본 연구에서는 방향표지의 적합성 분석 항목을 안내지명 개수로 선정하고 방향표지에서 제공하는 안내지명의 개수가 도로위계 및 진행방향(직, 좌, 우)에 적정하게 표기되어 있는지를 판단하도록 한다.

② 분석근거

「도로표지규칙(건설교통부령 제2005-489호)」[별표 1] 안내지명의 선정 및 표기방법(제3조 관련) 2. 안내지명의 표기의 '가' 항에 따르면 진행방향 안내를 위한 지명의 표기에서 직진방향에 경우에는 원거리 지명과 근거리지명을 모두 병기(2지명 원칙)하고, 회전방향의 경우에는 근거리 지명만을 표기하는 것을 원칙으로 한다. 다만 필요한 경우에는 원거리 지명으로 대체하거나 원거리 지명을 병기(1지명 원칙) 할 수 있다.

「도로표지 설치 및 관리매뉴얼」 4.1.1 안내지명 개수 및 영문표기(p.69)에 따르면 방향별 안내지명의 개수는 규정집 상에서 명시한 직진방향 2개 지명, 회전방향 1개 지명 사용을 원칙으로 하나, 회전방향의 도로위계가 높은 도로의 경우 즉, 일반국도 이상의 도로상에서는 회전 방향의 노선 수에 따라 2개 또는 3개 지명을 사용하도록 할 필요가 있다. 다만 회전방향이 일반국도일 때는 안내지명 2지명 이상 사용을 권장한다.

③ 분석방법론 구축

- Step 1 : 분석대상 방향표지 선정
- Step 2 : 방향표지 기본 및 속성정보 입력 → id, serial_no, dir_type, on_the_kind, place_name
- Step 3 : 직진방향(dir_type 2) 안내지명 과다여부 판단(2지명 원칙) → place name 4~10필드에 안내지명이 포함되어 있으면 부적합으로 처리
- Step 4 : 회전방향(좌회전 dir_type 1 또는 우회전 dir_type 3) 안내지명 과다여부 판단 → 1지명인 경우 : 적합, 2지명 이상인 경우 : Step5로 이동
- Step 5 : 회전방향에 표기된 on_road_kind가 국도 이상(NR 또는 ER)인 경우 → 적합, 아닌 경우 부적합으로 처리

※ On the way
- 도로표지에서 on the way, 도로표지관리시스템 DB에서 on_road_kind는 운전자가 현재 주행하고 있는 노선을 의미하며, 도로표지에서는 화살표그림에 겹쳐져 표기된 것으로서 우측 그림에서는 지방도 368호선 또는 국도 2호선이 이에 해당됨

※ To the way
- 도로표지에서 to the way, 도로표지관리시스템 DB에서 to_road_kind는 해당 방향으로 진행시 만나게 되는 노선을 의미하며, 도로표지에서는 화살표 상단에 표기된 것으로 우측 그림에서는 국도 37, 3호선, 고속국도 10호선(남해고속도로)이 이에 해당됨





- Step 6 : Output 출력 후 관리자 확인

④ Input 및 Output Data 설계

방향표지의 안내지명 과다여부를 분석하는데 필요한 Input Data는 분석대상 표지의 기본 및 속성정보가 필요하다. Output Data는 분석대상 표지의 방향별 안내지명 개수가 설치기준에 적합한지를 판단하여 그 결과를 제시한다.

표 2-66 적합성 분석을 위한 방향표지 Input Data 설계(속성정보)

panel_id	serial_no	dir_type	on_road_kind1	on_road_kind2	on_road_kind3	place_name1	place_name2	place_name3	…	place_name10
30658	1	1	NR	NR	(NULL)	창원	통영	-	…	(NULL)
30658	2	3	-	-	-	용정리	우곡사	송정리	…	(NULL)

표 2-67 적합성 분석을 위한 방향표지 Output Data 설계

panel_id	serial_no	dir_type	on_road_kind1	on_road_kind2	on_road_kind3	place_name1	place_name2	place_name3	적합유무
30658	1	1	NR	NR	(NULL)	창원	통영	-	적합
30658	2	3	-	-	-	용정리	우곡사	송정리	부적합

⑤ 분석 알고리즘 개발(세부 순서도)

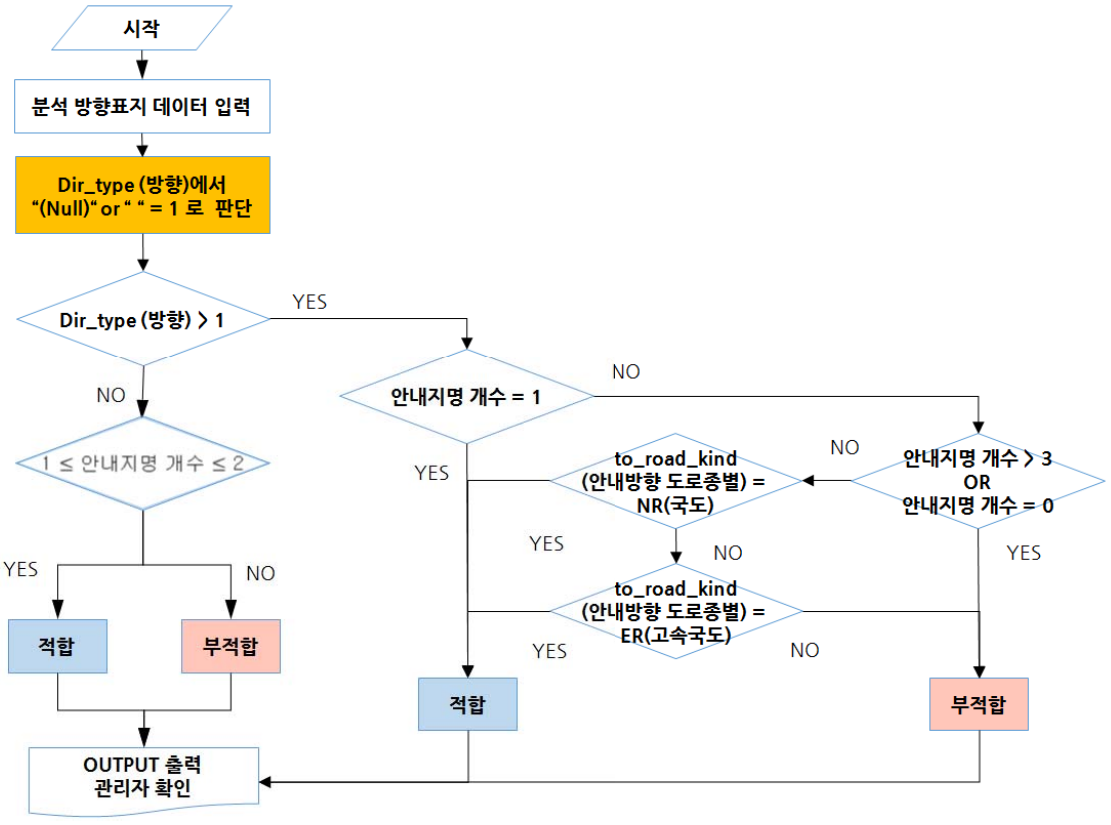


그림 2-233 방향표지 적합성 분석 알고리즘 순서도

(라) 분기점표지

① 분석개념

분석대상 분기점 표지가 설치된 위치에서 분기점까지의 실제 거리가 분기점표지의 속성정보에서 제시하고 있는 도달거리와 일치하는 지 판단하는 적합성 분석방법이다.



그림 2-234 분기점표지 적합성 분석개념

② 분석근거

「도로표지규칙」 별표3 도로표지의 규격상세 및 설치방법 등(제4조 제2항 관련)에 따르면, 고속도로의 경우 방향예고표지와 방향표지를 보조하여 해당 분기점(JCT)을 안내할 수 있도록 분기점으로부터 각각 전방 2.5km, 1.5km 지점에 설치한다. 국도의 경우 방향예고표지와 방향표지를 보조하여 해당 교차로를 안내할 수 있도록 교차로로부터 각각 전방 1.5km, 500m, 100m 지점에 일면으로 주행방향의 오른쪽 길옆에 설치한다. 자동차전용도로의 경우 자동차전용도로에서 해당 교차로를 안내할 수 있도록 교차로로부터 각각 전방 2.5km, 1.5km, 300m 지점에 일면으로 주행방향의 오른쪽 길옆에 설치한다.

③ 분석방법론 구축

- Step 1 : 분석대상 분기점 표지 선정
- Step 2 : 분석대상 Input Data 정보 추출

표지정보	ID, LINK_ID, EN_DIST
분기점 표지 속성정보	panel_id, distance
링크정보	IDXNAME, LINK_ID, LENGTH

- Step 3 : 분기점표지 속성정보 입력거리(distance) 추출
- Step 4 : 분기점표지와 분기점 사이의 거리(link_length) 추출
- Step 5 : 분기점표지 적합여부 확인(distance와 link_length 거리 오차범위 이내 여부)
- Step 6-1 : 거리 차이가 오차범위 이내일 경우 → 적합
- Step 6-2 : 거리 차이가 오차범위 이상일 경우 → 부적합
- Step 7 : 결과값 출력(관리자 확인)

④ Input 및 Output Data 설계

분기점표지의 적합성 분석에는 도로표지 기본정보, 분기점표지와 분기점 사이에 포함된 링크정보, 분기점 표지의 속성정보 등 총 3개의 Input data가 필요하다. Output Data는 분석대상 표지에서 해당 분기점까지의 실제 거리를 GIS의 링크정보를 통하여 산출하고 이를 대상 표지의 속성정보인 분기점까지의 도달거리와 일치하는 지를 판단하여 그 결과를 제시한다.

표 2-69 적합성 분석을 위한 분기점표지 Input Data 설계

분기점표지 기본정보		
ID	LINK_ID	EN_DIST
25151648	644200001208	278.75

분기점으로부터 해당 표지까지의 링크정보		
IDXNAME	LINK_ID	LENGTH
64420000	1208	968
64420000	1211	69
64420000	1210	113
64420000	618	82
64420000	617	788

분기점표지 속성정보			
panel_id	road_num	direction	distance
25151648	14	R	1500

표 2-70 적합성 분석을 위한 분기점표지 Output Data 설계

분석대상 분기점표지 ID	분기점표지 속성정보입력길이(m)	분기점으로부터의 링크길이(m)	오차범위(m)	분기점표지 설치 위치 적합성
25151648	1500	1330.75	±50	부적합

⑤ 분석 알고리즘 개발(세부 순서도)

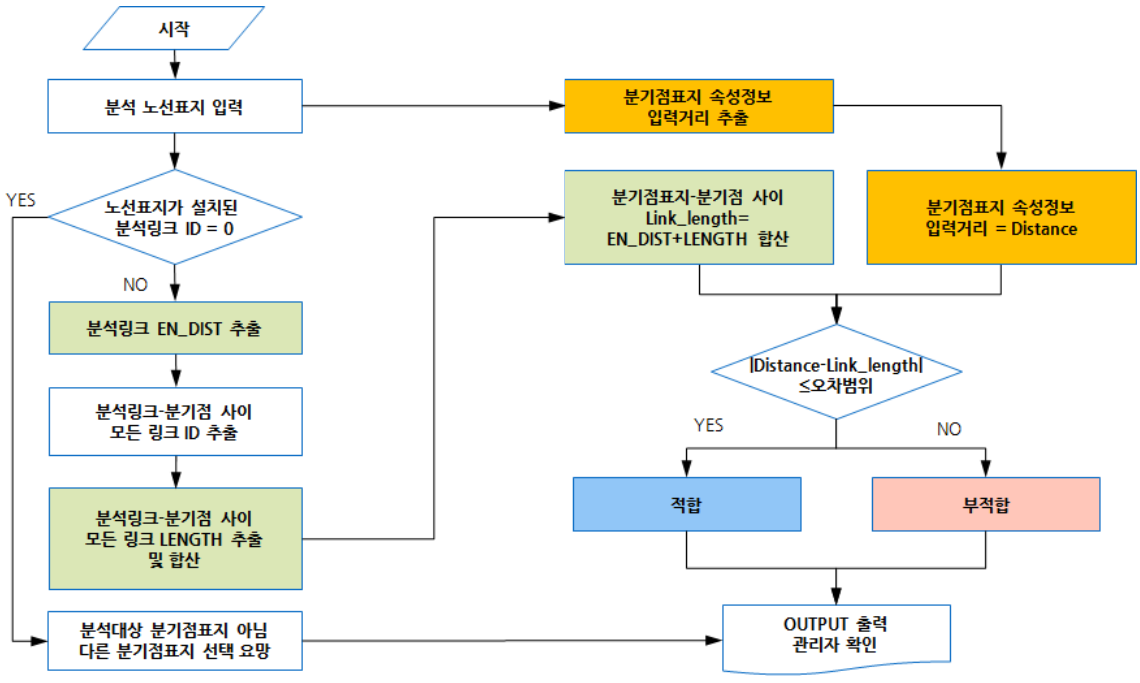


그림 2-235 분기점표지 적합성 분석 알고리즘 순서도

(마) 이정표지

① 분석개념

이정표지의 적합성은 전후로 연속된 이정표지를 추출하여 산출된 두 표지간 이격된 거리값이 설치간격 기준에 부합하는지 여부로 판단한다. 또한 연속된 이정표지의 동일 안내지명 간 이정거리와 실제 GIS를 이용하여 추출한 거리의 일치여부를 판단하여 결과에 함께 제시한다.

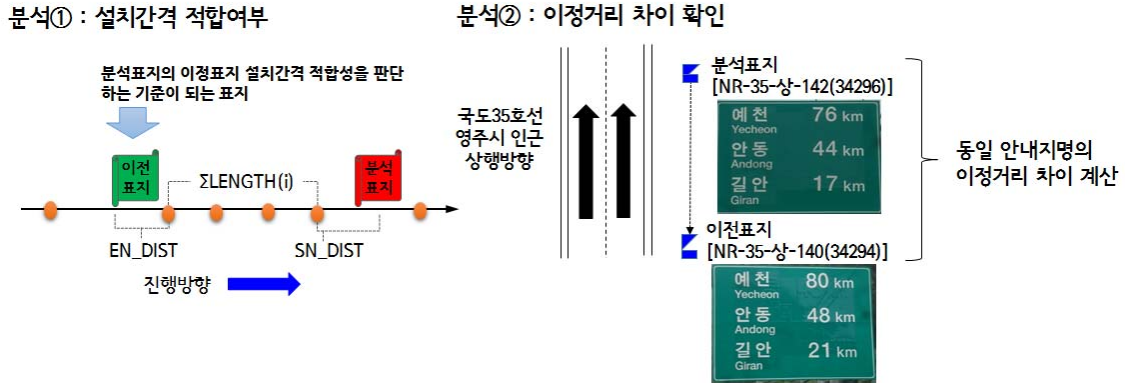


그림 2-236 이정표지 적합성 분석개념

② 분석근거

「도로표지규칙(건설교통부령 제2005-489호)」[별표3] 도로표지의 규격상세 및 설치방법 등 (제4조제2항 관련)의 5. 도로표지 규격상세 및 설치방법에 따르면, 이정표지 설치간격은 첫째, 4km(①)를 원칙으로 한다. ①의 원칙과 관계없이 별도로 주요교차로나 주거지역을 지나 500m내외 지점(②)에 설치한다. ①에 의하여 설치하는 표지와 ②에 의하여 설치하는 표지가 1km이내인 경우 ①에 의한 표지를 생략한다. 고속국도의 경우 교차로를 지나 1km내외 지점에 설치하며, 최대간격은 10km를 넘지 아니하도록 설계한다. 본 연구에서는 주요교차로 및 주거지역을 지나 500m내외 지점에 설치하는 것을 판단하는 연구는 제외한다. 다만 주요교차로 및 주거지역의 정의가 불분명하나 본 연구는 상기 규칙을 준용한다.

③ 분석방법론 구축

- Step 1 : 분석대상 이정표지 선정
- Step 2 : 각 표지별 표지 EN_DIST, ST_DIST 추출
- Step 3 : 분석 표지간 모든 링크 검색(샘플런에서는 주어진 값)
- Step 4 : 분석 표지간 모든 링크의 LENGTH 추출
- Step 5 : 표지간 거리 추출 = 이전표지 ED_DIST + [사이 링크 ∑LENGTH(i)] + 분석표지 ST_DIST
- Step 6 : 고속도로 여부 확인
- Step 7 : 표지간 거리 적합여부 확인(고속도로 10km 이하, 그 외 4km)
- Step 8 : Output 출력 → 관리자 보고

④ Input 및 Output Data 설계

이정표지간 설치간격의 적합성을 분석하는데 필요한 Input Data는 분석 및 이전 표지의 기본 및 속성정보와 두 표지 사이에 포함된 링크정보이다. Output Data는 분석 표지와 이전 표지 사이의 GIS 상의 설치간격을 제시하고 도로등급별 설치기준에 적합하는 지를 판단하여 그 결과를 제시한다.

표 2-71 적합성 분석을 위한 이정표지 Input Data 설계

이정표지 기본정보(분석표지와 이전표지)					
ID	LINK_ID	LINK_I_X	LINK_I_Y	ST_DIST	EN_DIST
54537	644200002434	335420.058	181777.02	29.43	5.35
57829	6442000068	326955.981	180634.298	191.34	139.27

두 표지 사이의 링크정보					
IDXNAME	LINK_ID	ST_ND_ID	EN_ND_ID	LENGTH	...
64420000	2436	1139	1604	11	...
64420000	2440	1139	1605	13	...

이정표지 속성정보(분석표지와 이전표지)			
panel_id	serial_no	place_name	distance
54537	1	마산시청	16
54537	2	진전	8
57829	1	마산시청	20
57829	2	시청	24

표 2-72 적합성 분석을 위한 이정표지 Output Data 설계

이전 표지 ID	판단 표지 ID	링크 길이 (km)	설치 기준 간격	오차 범위 (km)	적합/ 부적합 (기준)	안내 지명1	거리	안내 지명2	거리	안내 지명3	거리
54537	57829	0.22069	4	0.5	부적합						

⑤ 분석 알고리즘 개발(세부 순서도)

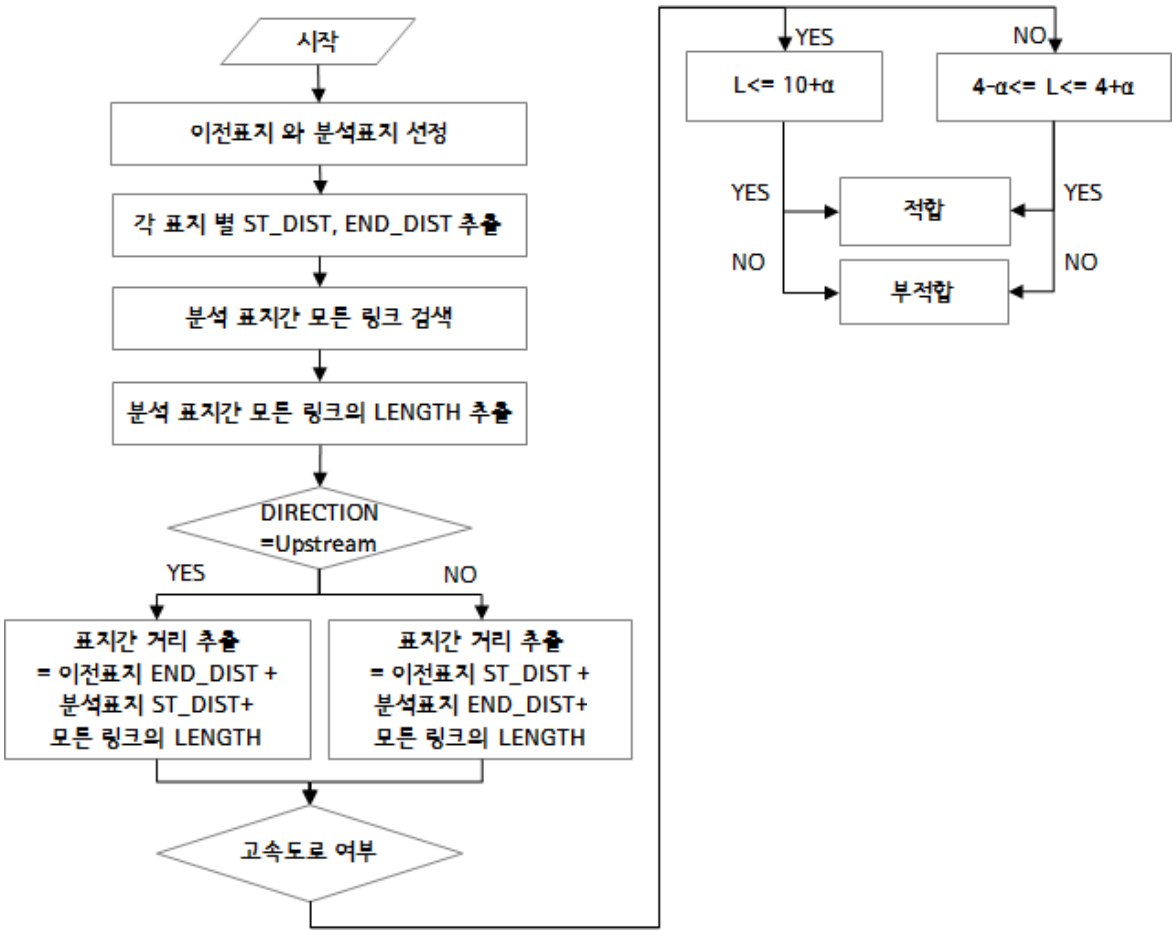


그림 2-237 이정표지 적합성 분석 알고리즘 순서도

(3) 연계성 분석

(가) 분석 개요

연계성 분석의 알고리즘 개발은 본 연구의 도로표지 영상감지 및 분석장비(RRAP) 시스템 내 분석 모듈로 탑재하기 위한 알고리즘이 아닌 향후 도로표지 관리시스템(RSMS) 내 분석 모듈로 개발하기 위한 추가 연구내용으로 도로표지별 분석방법론과 알고리즘 개발 형태로 연구를 진행하였다.

연계성 분석은 RRAP를 이용한 현장조사 결과로 갱신된 RSMS DB 정보를 이용하여 분석 대상 도로표지에 대한 연계성을 평가하는 분석 방법이다. 여기서, 연계성이란 도로 이용자가 최종목적지까지 길 찾기에 도움이 되도록 안내 방향에 따른 도로표지 정보의 순차적인 연결성으로 정의한다. 도로표지 정보는 안내지명 정보(원거리, 근거리 안내지명)와 노선안내 정보(노선명, 노선번호)로 구분한다. 현재 도로표지에 사용되고 있는 안내지명은 지명이 갖는 영향권이 도로의 기능에 따라 분류된 도로등급 또는 위계에 부합하도록 선정된 것이므로 연계성 분석 대상이 되는 도로에 대한 검토가 필요할 것으로 판단된다.

표 2-73 연계성 분석대상 검토

지역	도로 등급/위계		연계성분석		비고
			방향표지간	개별표지간	
도시부	주간선도로		○	○	-
	보조간선도로		×	○	• 도로위계상 이동성 보다는 접근성 기능을 담당하는 도로로서 해당 도로에 설치되는 도로표지는 전역적 차원에서 연계되는 안내지명 보다는 지협적 안내지명이 사용되므로 연계성 분석은 개별표지 간을 대상으로 연계성 분석을 수행함
지방부	국도	시관내국도	×	○	• 도시부 주간선도로로 분석
		지방부 국도	×	○	• 지방부 국도에 설치되는 방향표지에 대한 기준 안내지명은 지침으로 존재함
	지방도		×	○	• 보조간선도로와 동일한 이유에서 개별표지 간 연계성분석을 수행함

⑦ 동종 도로표지 간 연계성

아래의 그림은 동종 도로표지 간의 안내정보가 연계되지 못해 효율적인 길안내를 하지 못하는 사례로서 이러한 사례 검토를 통해 동일한 유형의 도로표지 간 연계성 분석에 대한 필요성을 검토하였다.

표 2-74 동종 도로표지 간 연계성 분석 필요성 검토

도로표지	도로표지 설치위치 특성 검토	분석 필요성 판단
방향표지	• 비교적 긴 거리에서 동일한 안내지명에 대한 연속성 확보가 필요함	• 방향표지는 다른 표지와 달리 전후방 표지가 서로 연계되어야 효과적인 길안내가 가능하고 길안내의 핵심 축으로 이루고 있으므로 새 도로명 도로표지 도입 여부와 관계없이 방향표지의 연계성은 매우 중요한 의미이자 반드시 확보해야 할 특성임
경계표지	• 행정구역 경계에서만 발생	• 설치간격에 대한 기준이 없고 일정 조건 안에서만 설치되므로 연계성을 가지기 어려움
이정표지	• 예외적인 경우를 제외하고 4km (또는 10km) 간격으로 설치되므로 연속성을 가짐	• 일정한 설치간격을 두고 운전자에게 제공되므로 연속성은 이미 확보된 것으로 볼 수 있음 • 따라서 연계성 보다는 적합성 분석에서 거리에 따라 달라지는 이정거리와 설치간격간의 정확성을 확보하는 것이 관건일 것으로 판단
노선표지	• 이정표지와 동일하게 일정한 설치간격을 두고 연속적으로 설치됨	• 일정한 설치간격을 두고 운전자에게 제공되므로 연속성은 이미 확보된 것으로 볼 수 있음 • 또한 제공되는 정보가 on the way에 대한 노선번호이므로 노선표지간 연계성 보다는 적합성 분석이 합리적일 것으로 판단됨
분기점 표지	• 분기점 전방에서 최대 3개 도로표지가 연속적으로 설치됨	• 최대 분기점 1km 전방 또는 500m에서 300m 전방까지 안내하므로 연계성을 가지는 도로표지는 최대 3개로 볼 수 있음 • 따라서 분기점 도로표지간 연계성은 유의한 분석결과를 얻기 어려울 것으로 판단됨



그림 2-238 안내지명의 공간적 영향권 개념도(창원시청 예시)

⑧ 이종 도로표지 간 연계성

이번에는 인접하여 설치된 서로 다른 종류의 도로표지 간 연계성 분석에 대해 살펴보았다. 방향표지는 연계성 분석의 핵심 축이므로 이종 도로표지 간 연계성분석의 기본 개념은 방향표지 설치 축에 위치한 이정, 경계, 노선 등의 도로표지가 방향표지와 연계성을 확보하고 있는지 여부로 정의하였다. 도로표지별 연계성 분석이 가능한 경우를 검토하면, ①행정경계부근에서 방향표지와 경계표지가 연속으로 설치된 경우 경계표지의 행정구역명과 방향표지 안내지명과의 연계성이 분석대상이 되고, ②분기점 부근에서 방향표지와 노선 및 분기점 표지가 연속으로 설치된 경우 방향표지의 안내지명(to the way 노선 및 분기점 정보)와 해당 표지 정보의 연계성이 분석대상이 된다. 마지막으로 ③지방부도로에서 방향표지, 이정표지가 연속으로 설치된 경우 방향표지의 원/근거리 안내지명과 이정표지의 원근거리 안내지명과의 연계성이 분석대상이 된다. 이에 연계성 분석대상에 따른 장단점을 다음과 같이 검토하였다.

표 2-75 연계성 분석 대상에 따른 장단점 검토

분석 대상	장점	단점 또는 기술적 어려움
동종 도로표지간	• 노선상의 순차적 연결성을 고려하지 않고 일정 범위 내에 동일한 표지코드로 분석대상을 추출하므로 분석대상이 용이함	• 분석 도로구간이 한정됨 • 그러나 실제 운전자는 도로를 주행하면서 다양한 도로표지를 순차적으로 만나게 되므로 동종 도로표지에 대한 연계성만을 분석하는 것은 단편적인 분석 결과일 수 있음
이종 도로표지간	• 네트워크 차원에서의 전체 도로표지에 대한 연계성 분석이 가능하므로 도로표지 실무 담당자에게 유용한 정보 제공이 가능할 것으로 예상 • 또한 정책 결정자에게도 유의한 정보 제공 가능	• GIS상에서 전/후방 도로표지를 한꺼번에 불러들여 연계성 분석을 수행해야 하므로 반드시 선형기반의 분석시스템 구축이 선행되어야 함 • 또한 상/하행이 구분된 도로표지를 운전자가 만나게 되는 순서대로 추출해 내야 하므로 이에 대한 기술 개발도 필요한 실정임

⑨ 연계성 분석 시 검토사항

연계성 분석을 위해 고려해야 할 항목이나 주요 키워드들에 대해 다음 표와 같이 정리하였다. 연계성 분석을 위해 고려해야 할 항목들은 첫째, 분석 대상, 이는 어느 방향에 대해 연계성을 판단할 것인지를 의미한다. 둘째, 분석대상 선택 대안으로서 표지를 기준으로 연계성을 분석할 것인지 시설물을 기준으로 연계성을 분석할 것인지에 대한 논의이다. 셋째, 분석할 도로 등급에 대한 고찰이 필요하다.

[표 2-76] 연계성 분석을 위한 검토사항

연계성 분석		검토사항
분석대상	방향 표지	• 방향표지는 기타 표지를 제외한 나머지 표지 중 80% 이상을 차지하는 표지이므로 이에 대한 연계성이 정립된 이후에 타 표지의 추가가 가능할 것으로 판단됨
	직진	• 직진 방향 지명이 우선인데, 이것은 운전자 입장에서 직진 방향이므로 운전자가 on the way하는 도로가 달라지는 것일 뿐 분석대상이 단절되는 것은 아님 • 즉, 분석구간 내에서 특정 안내지명을 직진으로 안내하는 도로 표지가 분석대상이 된다는 의미임
	원거리 지명	• 도시/지방부 도로인지에 따라 영향권이 달라질 수 있으나 도시부 근거리 지명의 경우 교차로를 기준으로 달라지기 때문에 일정거리 이상을 갖는 원거리 지명이 분석대상으로 적합할 것으로 판단됨
분석대상 선택 대안		• 특정 안내지명을 선택하는 대안과 특정 도로표지를 선택하는 대안이 있을 수 있음 • 분석대상을 지점(출발지)에서 지점(도착지)으로 선택할 경우 도착지점의 근거리지명에 대한 연계성을 분석함 • 분석대상을 표지로 선택할 경우 연계성 분석이 곤란할 것으로 예상 • 따라서 연계성 분석은 특정 안내지명을 선택
분석 도로등급		• 도로등급은 지방부는 국도 이상, 도시부에서는 보조간선도로 이상이 적합할 것으로 판단됨 • 도로등급에 대한 정보는 GIS정보를 활용

⑩ 연계성 분석 항목 설정

연계성을 크게 시설물 기반과 개별표지 간 연계성으로 구별하고 이에 대한 분석방법을 수립하였다. 첫째, 시설물 기반의 연계성은 주요 시설물 안내지명이 갖는 공간적 영향권 내 내부가로망에서 도로표지가 얼마나 시설물을 연계하여 안내하고 있는지를 분석하고 평가하는 것이다. 이때 도시별로 공통된 주요 시설물에 대한 원거리지명과 근거리지명이 갖는 공간적 영향권 설정이 필요하며 본 연구에서 동일 시설물 안내지명인 경우에도 원거리로 안내되느냐 근거리로 안내되느냐에 따라 영향권이 달라진다고 가정하고 연구를 수행하였다. 둘째, 인접하여 설치된 개별표지 간 시설물 안내 시 연계성을 확보하고 있는지 여부를 판단하는 방법이다. 방향표지는 여타의 표지 중 가장 많은 안내정보를 제공하고 있으며, 이와

이웃하여 설치되는 경계, 이정, 노선, 분기점 표지는 방향표지에서 제공하는 있는 정보와 반드시 연계되어 있어야하므로 이를 판단할 수 있는 방법론을 개발하였다. 상기 내용을 정리하면 [표2-77]과 같다.

표 2-77 도로표지별 연계성 분석 항목 설정

구 분	경계표지	노선 및 분기점 표지	방향표지	이정표지
시설물 기반	① 도시부 시설물에 대한 공간적 안내시점(근거리, 원거리)설정 방법론 개발 ② 공간적 안내시점(근거리, 원거리)에 따른 내부가로망 도로표지 연계성 평가 방법론 개발			
개별표지 간	방향표지 안내 지명과의 연계성	노선 및 분기점 번호 연계성	-	방향표지 안내 지명과의 연계성

(나) 도시부 시설물에 대한 공간적 안내시점(근거리, 원거리)설정 방법론 개발

① 분석개념

본 연구에서 산정하고자 하는 도로표지 안내지명의 공간적 영향권(Spatial Impact Zone)은 안내지명이 도로표지에 최초로 등장해야 하는 즉, 특정 시설물에 대한 안내가 최초로 시작되어야 하는 공간(spatial area)을 의미한다. 다음 그림은 창원시청을 안내하고 있는 도로표지와 창원시청의 위치를 표시한 것으로 1.5km 반경 내에서는 12번, 5km 반경 내에서는 총 46번이 안내되고 있는 것으로 조사되었다. 포괄적으로는 안내가 시작된 지점을 해당 안내지명에 대한 영향권이 시작된 지점으로 볼 수 있다.

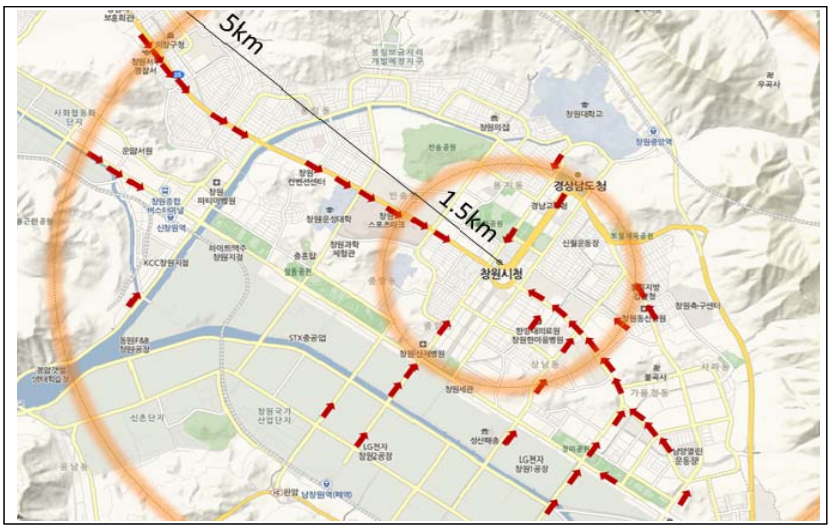


그림 2-239 안내지명의 공간적 영향권 개념도(창원시청 예시)

이때 직진방향 안내지명에서 원거리 지명은 상단, 근거리 지명은 하단에 위치하므로 동일 안내지명인 경우에도 표기 위치에 따라 공간적 영향권이 달라질 것으로 예상되므로 안내지

명의 공간적 영향권 설정방법 개발시 원근에 대한 고려가 필요할 것으로 판단된다.



그림 2-240 근거리/원거리 안내지명 구분

② 분석 방법론 구축

도시별로 공통된 주요 시설물(시청, 경찰서, 공항 등)에 대한 안내지명이 포함된 방향표지를 대상으로 시설물에 대한 공간적 안내시점 설정방법론을 개발하기 위해 우선 도로네트워크의 GIS 속성정보를 이용하여 분석대상도시에서 보조간선도로 이상의 도로를 선택한다. 선택된 도로에 설치된 도로표지에서 안내되는 전체 지명에 대한 빈도순위 분석을 통해 해당도시에서 영향력이 큰 안내지명을 파악한다. 분석하고자 하는 안내지명에 대해 원/근거리별로 빈도를 분석하고 이들 그룹간 통계적으로 유의한 차이가 있는지를 확인하기 위해 t 검정을 시행한다. 이때 귀무가설(h_0)은 두 그룹간에는 차이가 없다(독립적이다)는 것이며, 만약 귀무가설이 기각된다면 원/근거리 안내지명에 대해 영향권의 차이가 있다는 의미가 된다. 즉, 원/근거리에 대한 영향권을 각각 구하는 것이 통계적으로 의미가 있다는 것이다. 만약 귀무가설이 기각될 경우 실제 지명의 위치와 도로표지 위치데이터를 이용하여 최단거리(Euclidean distance)를 산정하고 통계분석을 통해 원거리/근거리 지명에 대한 거리 범위를 원거리 또는 근거리 안내를 시작하는 공간적 영향권을 결정하며, 이때 영향권의 최대값은 해당 도시의 최대 반경이다.

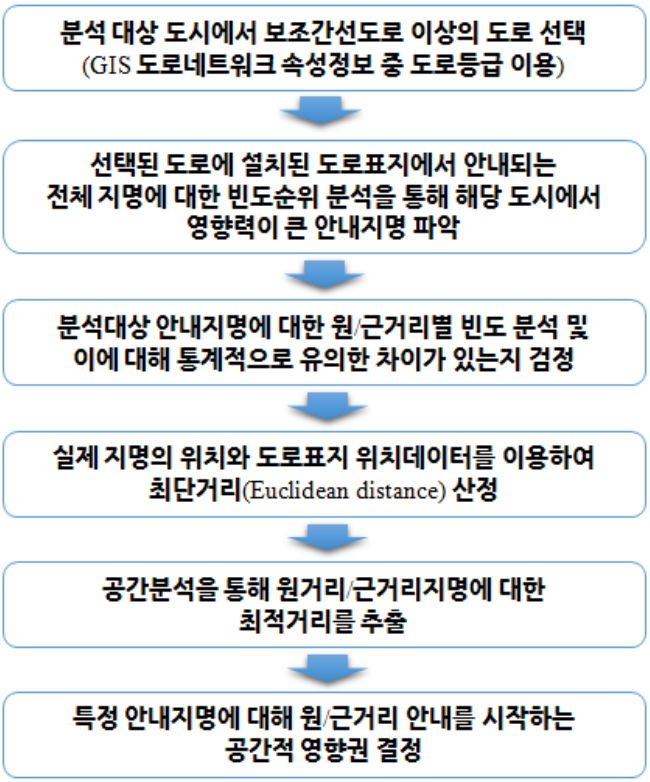


그림 2-241 안내지명 영향권 설정 과정

③ 사례분석

창원시를 대상으로 상기에서 제시한 영향권 설정과정을 분석하였다.

< Step 1 : 분석대상 주요 시설물 안내지명 선택 >

분석대상이 주요 시설물 안내지명은 해당 도시의 방향표지 안내지명에 대한 빈도분석을 통해 가장 빈도수가 많은 지명부터 순차적으로 선정하였다. 창원시의 경우 창원시내 방향표지에 사용된 740개의 안내지명 중 '창원시청'이 284번 안내되어 빈도수가 가장 높게 나타났으며, 그 다음은 경남도청, 마산합포구청 순이다. 이에 본 연구에서는 창원시청과 경남도청을 분석대상 안내지명으로 선정하였다.

표 2-78 창원시 안내지명 안내빈도 순위

Ranking	Place name	Frequency
1	(창원)시청	284
2	(경남)도청	145
3	마산합포구청	97
4	마산역	88
5	명곡광장	62

< Step 2 : 선정된 안내지명에 대한 가설 검정 >

창원시에서 가장 빈도가 높은 창원시청과 경남도청 지명을 원거리(상단 위치) 근거리(하단 위치)로 재구분하고 실제 시설물과의 거리를 산정한 후 그룹간 평균값에 차이가 있는지를 가설 검정하였다. 가설은 크게 두 가지이다. 첫째, 안내지명에 따라 도로표지의 공간적 영향권이 달라진다는 것인데, 즉, 창원시청과 경남도청의 위치와 각각의 지명을 안내하고 있는 도로표지간의 거리 분포가 다르다는 것이다. 이를 검정하기 위해 t 검정을 실시한 결과 두 그룹간의 차이가 없다는 귀무가설(h_0)이 유의수준 1%에서 기각되어 안내지명에 따라 영향권의 차이가 있음을 확인하였다. 둘째, 동일한 지명일지라도 원거리지명으로 사용된 도로표지와 실제 시설물간의 거리분포가 근거리 지명으로 사용된 그룹의 거리분포와 차이가 있다는 것이다. 등분산에 대한 가정과 관계없이 창원시청의 경우 유의수준 5%에서 귀무가설이 기각되어 근거리로 사용된 도로표지 그룹과 원거리로 사용된 도로표지 그룹간에 차이가 있는 것으로 나타났다. 반면 경남도청 지명의 경우에는 유의수준 10%에서도 귀무가설을 기각하지 못하여 원거리와 근거리 그룹의 거리분포에 대해 차이가 있다고 말할 수 없다. 이는 도로표지 설계시 원근거리 안내지명에 대한 잘못된 이해 또는 RDMS DB의 입력 오류에서 기인한 것으로 판단된다.

표 2-79 창원시 안내지명에 대한 가설검정 결과

비교 그룹	비교 대상 안내지명		귀무가설 채택 여부
서로 다른 안내지명간	(창원)시청	(경남)도청	Reject
동일한 안내지명인데 원/근거리지명간	(원)시청	(근)시청	Reject
	(원)경남도청	(근)경남도청	Accept

< Step 3 : 실제 지점과 도로표지간 거리 분포 검토 >

이번 단계는 가설검정 결과 귀무가설이 기각된 안내지명에 대해 안내하는 시설물까지의 최단직선거리에 대한 평균거리곡선을 구하는 단계이다. 근거리 및 원거리 지명에 대한 빈도분포곡선은 반드시 일정 구간에서 겹치는 부분이 발생하게 되며 이 부분은 동일지명을 근거리 혹은 원거리로 사용해도 무방한 구간을 의미한다.

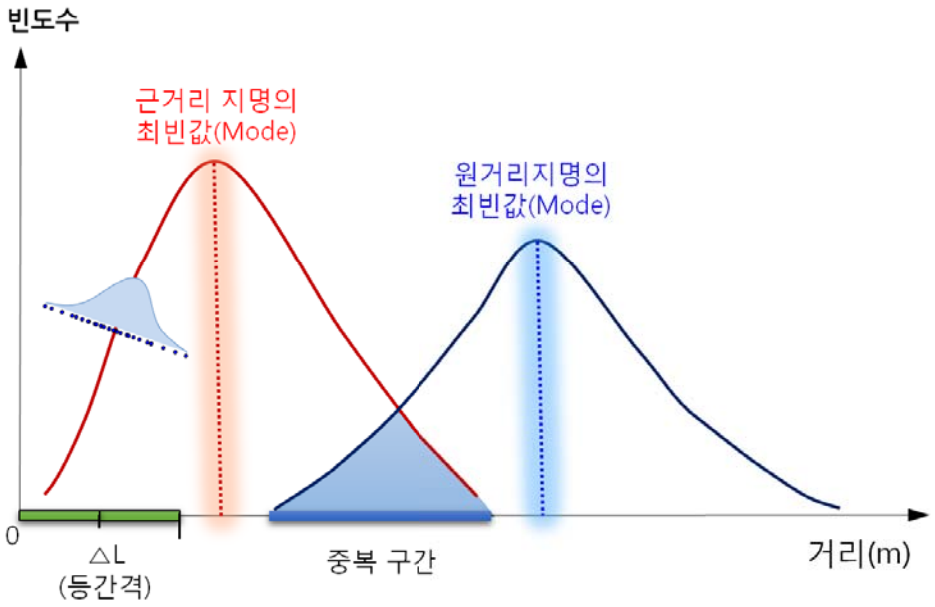


그림 2-242 등간격별 m개의 도로표지 안내지명과 안내하는 시설물 위치에 대한 거리별 빈도분포곡선

본 연구에서는 창원시청 지명을 원거리지명으로 사용한 도로표지와 근거리지명으로 사용한 도로표지로 구분하여 실제 창원시청과의 거리 분포를 살펴보았다. 다음 그림과 같이 동일한 지명인 경우에도 원거리 지명일 때와 근거리 지명일 때의 공간적 영향권이 달라짐을 확인할 수 있다. 즉, 근거리 지명일 경우 1km 부근에서 가장 높은 빈도수를 보이고 급격히 감소하는 반면 원거리 지명의 경우 4.5km 부근에서 가장 높은 빈도수를 보인 이후 완만하게 감소하는 것으로 나타났다. 또한 지명의 안내 위치에 따라 근거리 지명의 경우 창원시청을 중심으로 6km 반경 이내에서 누적분포그래프가 종료되었고, 원거리 지명의 경우 2.5km에서 시작하여 약 18km까지 지속되었다. 창원시청의 경우 창원시청을 중심으로 3km구간에서 두 곡선이 서로 만나면서 창원시청을 근거리로 사용하는 도로표지 빈도는 감소하고 원거리로 사용하는 도로표지 빈도는 증가하는 것으로 나타났다. 실제 도로표지가 설치된 현장을 살펴보니 창원시 외곽에서 시내부로 접근시 창원시청을 중심으로 1.5km 반경 내에서 창원시청 지명이 원거리에서 근거리지명으로 변경되는 것을 확인하였다.

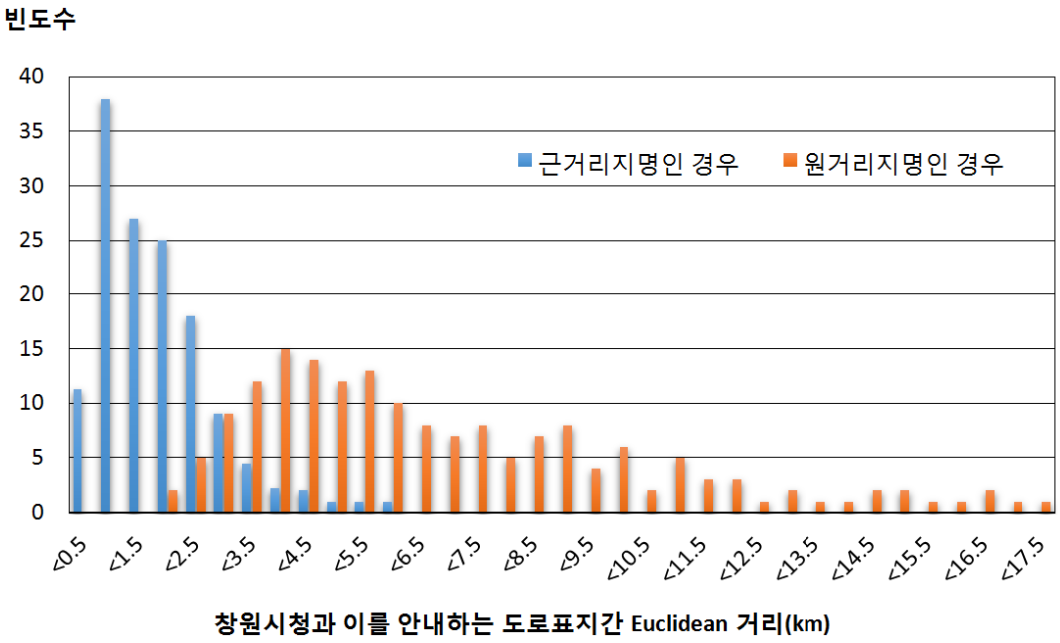


그림 2-243 원 · 근거리 지명으로 창원시청을 안내하는 도로표지의 거리 분포

< Step 4 : 안내지명의 영향권 설정 >

안내지명의 안내 위치가 근거리인지 원거리인지에 따라 도로표지의 거리 분포가 달라지므로 이에 대한 누적분포를 통해 창원시청 안내지명의 영향권을 설정하였다. 원 · 근거리 지명으로 창원시청을 안내하는 도로표지의 거리 분포데이터를 토대로 각 안내지명 위치에 따른 평균값, 중앙값, 최빈값, 85%tile값을 제시하였다. 다만, 한 가지 염두에 두어야 할 점은 안내지명의 위치에 따른 거리 분포에 중첩구간이 생기므로 공간적 영향권은 특정 거리 값으로 나타날 수 없으며, 지역이나 네트워크 특성에 따라 중첩구간이 나타날 수밖에 없다는 점이다. 또한 교통안전 제한속도를 구할 때 평균주행속도의 누적 85%tile 값을 이용하는 것과 마찬가지로 안내지명의 공간적 영향권에 대해서도 도로표지와 시설물간 거리의 누적 85%tile 값으로 설정하는 것이 적절할 것으로 판단된다.

창원시청이 근거리 지명으로 사용된 도로표지의 경우 창원시청으로부터 평균 2.4km 떨어져 있고, 도로표지의 85%가 5.04km내에 위치하므로 창원시청에 대한 안내를 시작해야 할 공간적 안내시점은 5.04km로 설정하며, 이 값이 유의수준 95%에서의 갖는 신뢰구간은 3~5.9km이다. 이를 다시 해석하면, 창원시청을 중심으로 5.04km내에 신규 도로표지가 생길 경우 근거리 지명으로 사용할 수 있다는 의미이다. 만약 창원시청까지의 거리가 85%tile의 신뢰구간인 3~5.9km에 포함된다면 도로네트워크 특성(도로등급 등)을 고려하여 원/근거리 지명 중에 선택할 수 있으나, 신뢰구간에 포함되지 않는다면 도로표지에 근거리 지명으로 설계한다. 반면, 원거리로 사용된 도로표지의 경우 창원시청으로부터 평균 9.2km 떨어져 있고, 도로표지의 85%가 11.8km에 위치하고 있으며, 이에 대한 신뢰구간은 10.6~14.8km로 근거리 지명의 영향권에 비해 약 3배 정도 더 큰 것을 알 수 있다. 다만 원거리의 경우에는

원거리 영향권에 대한 신뢰구간과 관계없이 근거리 지명의 신뢰구간인 5.9km 이상 떨어져 있는 모든 표지는 창원시청을 원거리지명으로 사용해야 한다.

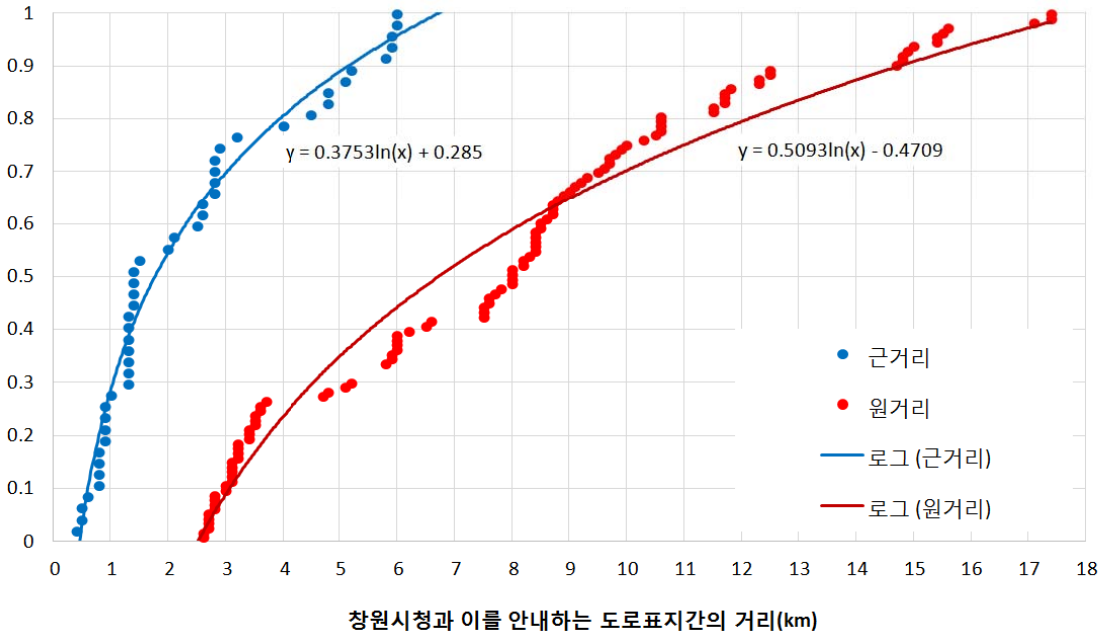


그림 2-244 창원시청 지명의 원·근거리 구분에 따른 도로표지의 거리 누적도수분포

표 2-80 창원시청의 근거리 및 원거리 지명의 영향권 설정

기초 통계량	창원시청 지명의 공간적 영향권	
	근거리 안내지명	원거리 안내지명
mean	2.4km	9.2km
median	1.4km	8.0km
mode	1.3km	8.4km
min	0.4km	2.6km
max	6.0km	17.4km
85%tile	5.04km	11.8km
95% Confidence Interval (Binominal D.)	3.0~5.9km	10.6~14.8km

(다) 공간적 안내시점(근거리, 원거리)에 따른 내부가로망 도로표지 연계성 평가 방법론 개발

① 분석개념

본 연구는 해당 시설물의 공간적 안내시점에 따른 영향권 내 내부가로망에 설치되어 있는 도로표지의 안내지명에 대한 연계성을 평가하고자 한다. 연계성 평가를 위한 대상표지는 방향표지이며, 평가지표는 연계지수(%)라는 지표를 제안한다. 이는 공간적 범위 내 전체 네트

워크 측면에서 특정 시설물을 안내하는 도로표지에 대한 연계성을 평가하기 위한 지표라 볼 수 있다. 해당 시설물의 연계지수 산정식은 아래와 같으며, 전국 지역별 시설물별 연계지수(%)를 가중평균 값으로 적용한다.

$$\text{연계지수}(\%) = \frac{\sum \text{해당 시설물 안내지명이 포함된 링크길이}}{\sum \text{공간적 범위내 모든 링크길이}} \times 100$$



그림 2-245 공간적 범위 내 도로표지 연계성 평가 개념도

위의 공간적 범위 내 전체 네트워크 연계성을 평가하는 연계지수 지표 외에 공간적 범위 내 특정 주요시설물을 찾아갈 때 필요한 교차로의 도로표지 정보 대비 실제 도로표지가 제공하는 교차로 정보의 비율인 도로표지 안내지수라는 평가지표도 제안하였다. 특정 시설에 대한 안내지수 수식은 아래와 같다.

$$GI_j = \frac{\sum_{i=1}^{I}(\alpha_i \frac{D_{ij}}{C_{ij}})}{\sum_{i=1}^{I}\alpha_i}, \quad i \in I$$

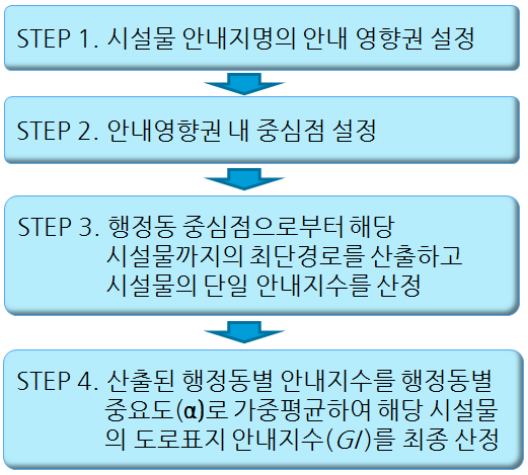
여기서, i : 임의 지점
j : 평가할 주요시설물
GI_j : j시설의 안내지수, $(0 \le GI_j \le 1)$
C_{ij} : i에서 j까지 최단경로의 주요 교차로 수
D_{ij} : i에서 j까지 최단경로 중
j시설을 안내한 표지판이 있는 교차로수
α_i : i지점의 중요도(가중치)

② 분석방법론 구축

앞서 설명한 안내지수라는 지표를 이용하여 공간적 범위 내 특정 시설물에 대한 연계성

평가를 다음과 같이 수행하였다.

- Step 1 : 해당 시설물의 안내 영향권 설정 → 본 연구의 공간적 안내시점(근거리, 원거리)설정 방법론을 적용하여 공간적 영향권 설정
- Step 2 : 영향권 내 행정동 중심점 위치 설정 → 설정된 영향권 내의 행정동의 중심점을 정의하며, 행정동의 중심점은 행정동의 주민센터 위치 또는 교통수요 예측 시 사용되는 교통존 센트로이드 위치 등으로 나타낼 수 있음
- Step 3 : 각 행정동별 해당 시설물의 안내지수 산정 → 행정동별 안내지수를 산정하기 위해 먼저 각 행정동 중심점으로부터 해당 시설물까지의 최단경로를 산출하고 산출된 행정동의 최단경로별 주요 교차로 수와 해당 시설물이 안내된 방향표지판 수를 구해 각 행정동별 해당 시설물의 안내지수 산정
- Step 4 : 시설물의 도로표지 안내체계 평가 → 산출된 행정동별 안내지수를 행정동별 중요도(α)로 가중평균하여 해당 시설물의 도로표지 안내지수 최종 산정



[그림 2-246] 전체 안내지수 평가 프로세스

③ 사례 분석

본 연구에서 제시한 도로표지 연계성 평가방법론이 실제 어떻게 적용될 수 있는지 도심의 특정 주요시설물을 선정하여 공간적 범위 내 도로표지 안내지수를 평가하였다. 일반적으로 도로표지판 안내지명의 선정대상인 중요시설물이란 유발교통량이 많은 시설 또는 행정관청과 같은 정책적으로 주요하거나 상징성 및 인지도가 높은 시설로 나누어 볼 수 있다. 뚜라서 서울시의 중앙에 위치하고 상징성이 높은 '국회의사당'을 예로 들어 도로표지 안내지수를 산정하였다. 해당 시설의 근거리 안내지명 영향권은 반경 2.7km로 설정하였으며, 이 범위 안에 들어오는 행정동 중 경계에 포함된 면적이 각 행정동 전체면적 대비 50% 미만인 행정동을 찾아 대상에서 제외하고 총 16개 행정동을 선정하였다.

표 2-81 국회의사당 2.7km 이내 행정동별 안내지수

행정동	주요 교차로 수	안내된 표지 수	안내지수1)	교통량2)
용강동	5	3	0.60	204
신수동	3	2	0.67	488
합정동	4	2	0.50	303
서강동	3	3	1.00	269
여의동	4	3	0.75	7,929
당산1동	6	6	1.00	216
당산2동	4	2	0.50	225
양평1동	9	5	0.56	220
양평2동	7	2	0.29	307
신길1동	7	3	0.43	174
신길4동	9	3	0.33	85
신길7동	5	3	0.60	151
영등포본동	7	3	0.43	280
영등포동	3	3	1.00	490
도림동	7	3	0.43	50
대방동	4	3	0.75	804

주1) 안내지수 = 안내된 표지 수 / 주요 교차로 수
주2) 국가교통DB센터 2010년 수도권 여객OD의 승용차 교통량

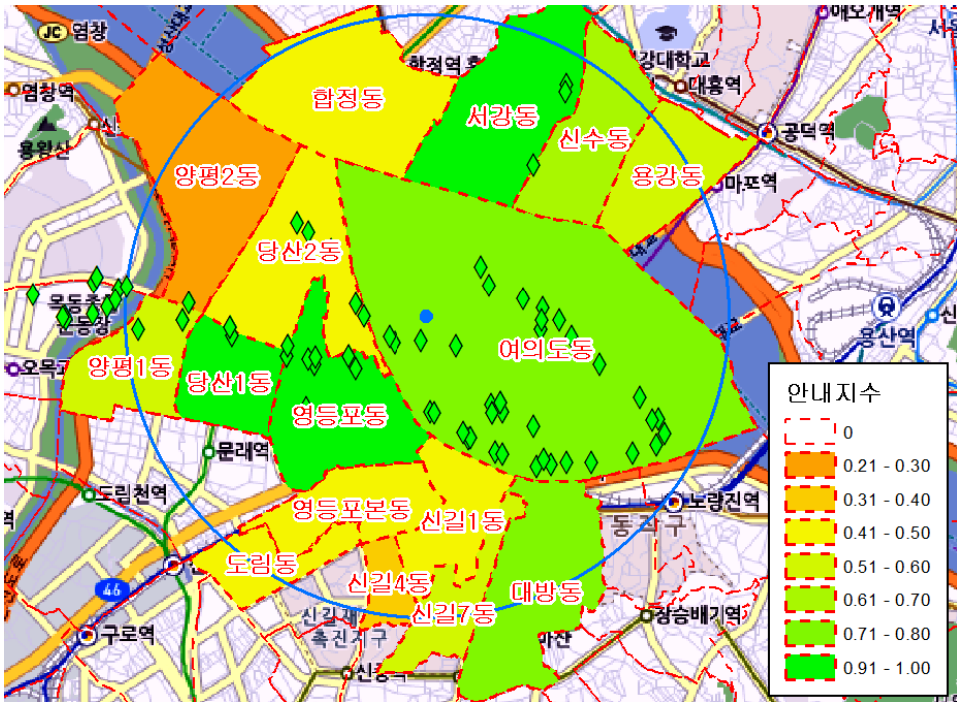


그림 2-247 국회의사당 2.7km 이내 행정동별 안내지수 표출

(라) 개별표지 간 연계성 분석

① 경계표지

분석대상이 되는 경계표지 상류부 방향으로 가장 가까운 방향표지를 추출하여 경계표지에 입력된 지명이 방향표지와 연계성을 가지고 안내되어 있는지를 판단하는 분석이다.

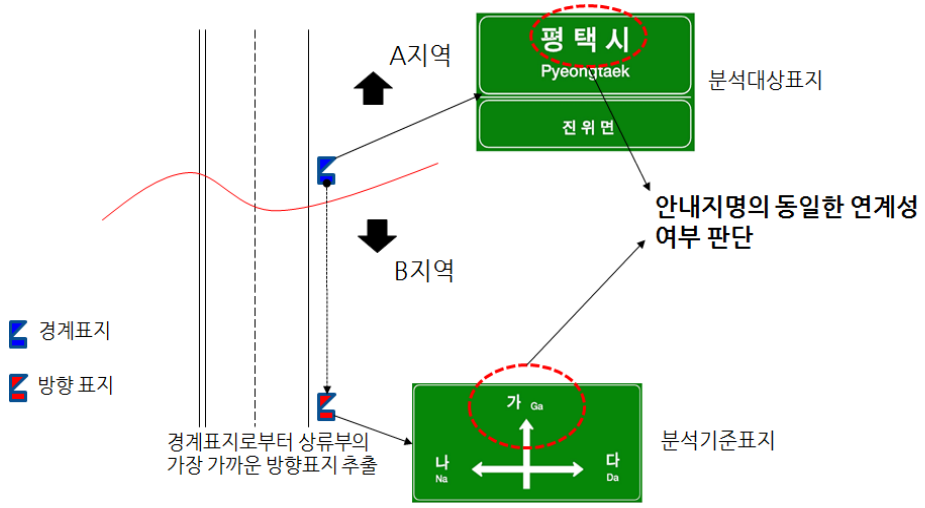


그림 2-248 경계표지의 연계성 분석 개념도

경계표지 연계성 분석의 프로세스는 다음과 같다

- Step 1 : 분석대상 범위 설정

  예) ○호선 ○○ ~ ○○구간 경계표지 ↔ ○호선 ○○ ~ ○○구간 방향표지

- Step 2 : 분석대상 Input Data 정보 추출

표지정보	ID, LINK_ID
링크정보	ID, IDXNAME, LINK_ID, ROAD_NO
경계표지 속성정보	panel_id, place_name
방향표지 속성정보	panel_id, dir_type, place_name

- Step 3 : 경계표지 입력지명, 방향표지 직진방향 입력지명 정보 추출

- Step 4 : 추출한 방향표지 직진방향 입력지명에 경계표지 입력지명 포함여부 확인

- Step 5-1 : 경계표지 입력지명이 추출한 방향표지 직진방향 입력지명에 포함 → 연계성 확보

- Step 5-2 : 경계표지 입력지명이 추출한 방향표지 직진방향 입력지명에 미포함 → 연계성 미확보

- Step 6 : 결과값 출력(관리자 확인)

또한 Input data로는 분석대상이 될 경계표지와 방향표지의 기본정보, 표지가 설치된 링크정보, 경계표지 속성정보(행정구역명), 방향표지 속성정보(회전방향 및 안내지명) 등이 있으

며, Output으로는 경계표지의 ID와 입력된 행정지명, 인접 방향표지내 경계지명 포함 여부 등을 제시하고 판단 결과로 경계표지와 방향표지간 연계성 유무를 제시한다.

표 2-82 경계표지 연계성 분석을 위한 Input Data 설계

도로표지 기본정보	
ID	LINK_ID
58776	646500001295
58774	646500001395

링크정보		
IDXNAME	LINK_ID	ROAD_NO
64650000	1295	25
64650000	1395	25

경계표지 속성정보			
panel_id	place_name_do	place_name_gun	place_name_up
58776	(NULL)	밀양시	하남읍

방향표지 속성정보			
panel_id	dir_type	place_name1	place_name2
58774	1	밀양	청도
58774	2	모산리	김해
58774	3	수산	본포리

표 2-83 경계표지 연계성 분석을 위한 Output Data 설계

분석대상 경계표지 ID	분석기준 방향표지 ID	경계표지 입력지명	인접 방향표지 내 경계지명 포함	경계표지-방향표지 연계성 확보여부
58776	58774	밀양시 하남읍	○	확보

도로표지관리시스템의 연계성 분석모듈에서 분석대상 경계표지를 입력하면 경계표지 이전에 최근접이고 동일방향에 위치한 도로표지를 검색하는데, 이때 검색된 표지가 방향표지일 경우 연계성 분석이 시작된다. 방향표지에 경계표지 지명이 포함된 경우 연계성이 있다고 판단하며 연계성 유무에 관계없이 Output을 출력하고 관리자에게 통보한다.

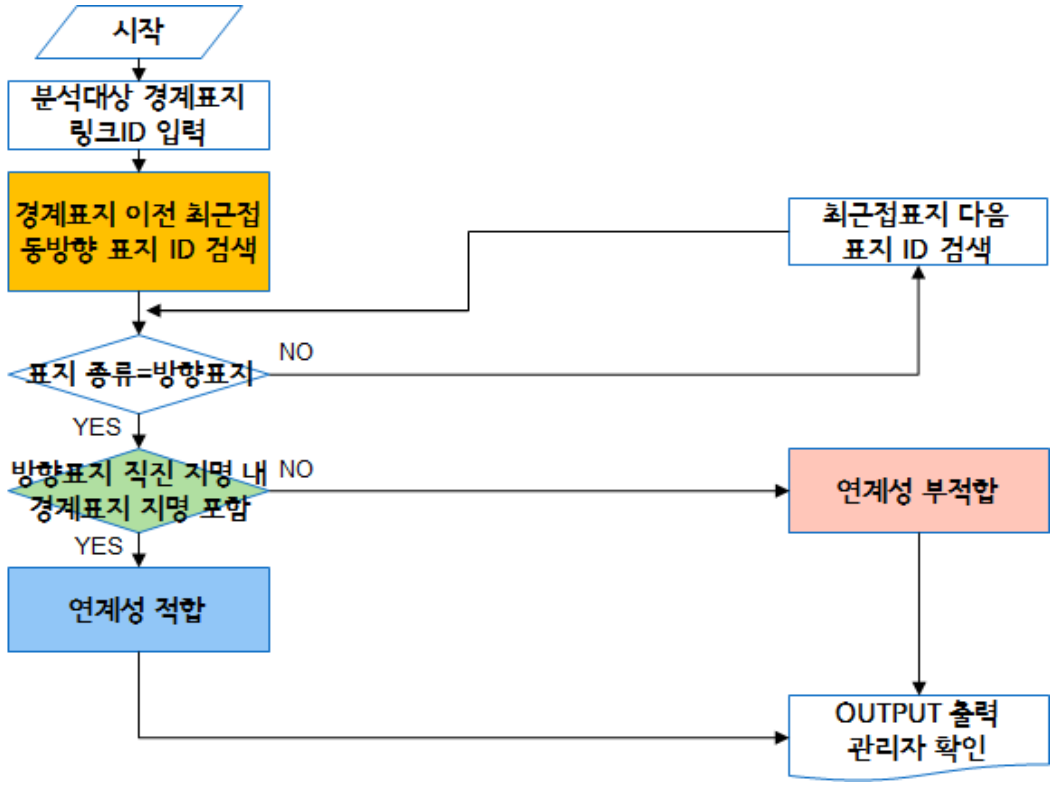


그림 2-249 경계표지 연계성 분석의 알고리즘 순서도

실제 도로표지 관리시스템 상에서 경계표지 및 이와 인접한 방향표지를 선택하여 연계성 유무를 다음 그림과 같이 확인하였다.

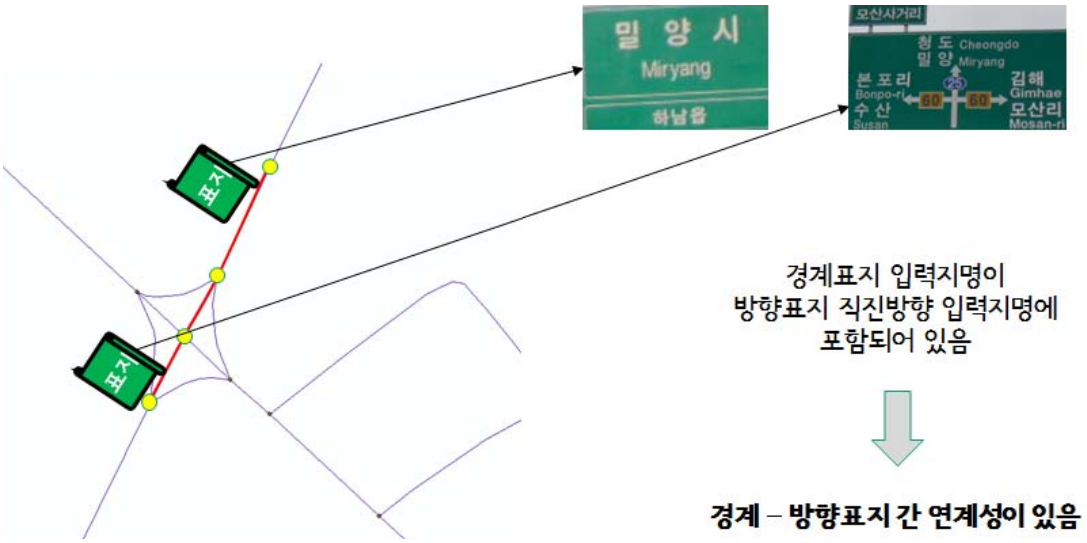


그림 2-250 경계표지 연계성 분석의 사례 예시(경계표지)

② 노선 및 분기점 표지

노선 및 분기점 표지에서의 연계성 분석은 분기점표지에 제시된 분기 후 노선번호가 이와 인접한 노선표지의 노선번호와 연계되어 있는지 확인을 통해 연계성 유무를 판단하는 과정이다.

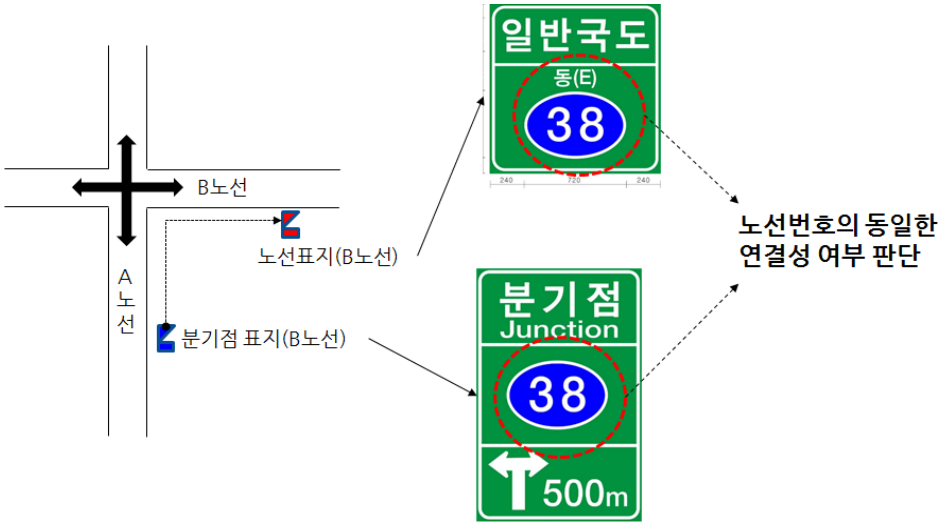


그림 2-251 노선 및 분기점 표지의 연계성 분석 개념도

노선 및 분기점 표지의 연계성 분석 프로세스는 다음과 같다.

- Step 1 : 분석대상 범위 설정

  예) ○호선 ○○ ~ ○○구간 분기점표지 ↔ ○호선 ○○ ~ ○○구간 노선표지

- Step 2 : 분석대상 Input Data 정보 추출

표지정보	ID, LINK_ID
링크정보	ID, IDXNAME, LINK_ID
분기점표지 속성정보	panel_id, road_num
노선표지 속성정보	panel_id, road_num

- Step 3 : 분기점표지의 입력 road_num(노선번호)와 노선표지의 입력 road_ num(노선번호) 추출

- Step 4 : 분기점표지와 노선표지의 노선번호 비교

- Step 5-1 : 분기점표지와 노선표지의 노선번호가 같은 경우 → 연계성 확보

- Step 5-2 : 분기점표지와 노선표지의 노선번호가 다를 경우 → 연계성 미확보

- Step 6 : 결과값 출력(관리자 확인)

Input data로는 분석대상이 될 분기점표지와 노선표지 기본정보, 표지가 설치된 링크정보, 분기점 표지의 속성정보, 노선표지의 속성정보가 필요하고 Output에서는 분석대상 표지 ID

와 이 표지정보에 입력된 노선번호를 제시하고 이를 근거로 연계성 확보 여부를 판단하여 결과로 제시한다.

표 2-84 노선 및 분기점 표지의 연계성 분석을 위한 Input Data 설계

도로표지 기본정보	
ID	LINK_ID
31137	64640000745
25125537	646400001772

링크정보		
IDXNAME	LINK_ID	ROAD_NO
64640000	745	2
64640000	1772	14

분기점표지 속성정보	
panel_id	road_num
31137	30

노선표지 속성정보	
panel_id	road_num
25125537	30

표 2-85 노선 및 분기점 표지의 연계성 분석을 위한 Output Data 설계

분석대상표지		분석기준표지		분기점표지-노선표지 연계성 확보여부
분기점표지 ID	분기점표지 속성정보 입력 노선번호	노선표지 ID	링크정보 입력 노선번호	
31137	30	25125537	30	확보

노선 및 분기점 표지의 연계성 분석 알고리즘의 세부 순서도는 다음과 같다.

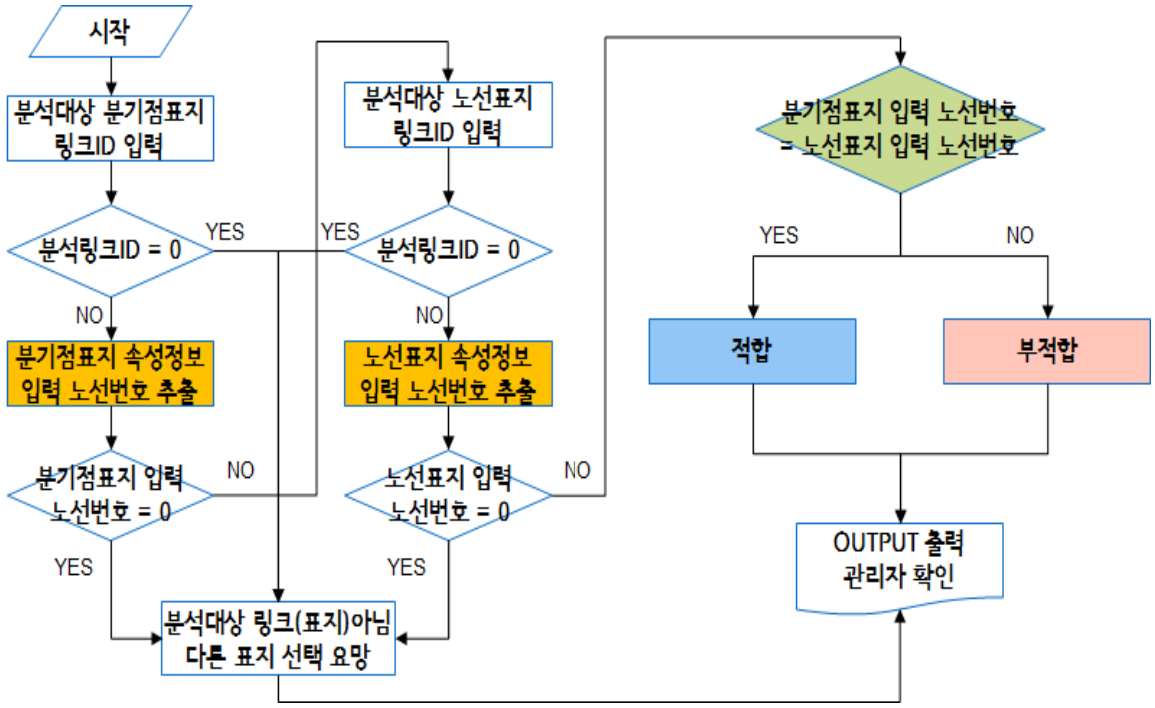


그림 2-252 노선 및 분기점 표지의 연계성 분석 알고리즘 순서도

분석대상인 분기점 표지와 분기 후 가장 가깝게 위치한 노선표지의 노선번호 사이의 연계성을 판단하였다. 사례분석구간은 의창대로↔동읍로 구간이며, 그림에서 보는 바와 같이 두 표지의 노선번호가 서로 일치하므로 분기점 표지와 노선표지가 서로 연계성을 가지고 설치되어 있다고 볼 수 있다.



그림 2-253 노선 및 분기점 표지의 연계성 사례분석 예시

③ 이정표지

이정표지의 연속성 분석은 연속된 이정표지와 방향표지간 안내지명의 연계성을 파악하는 분석이다.

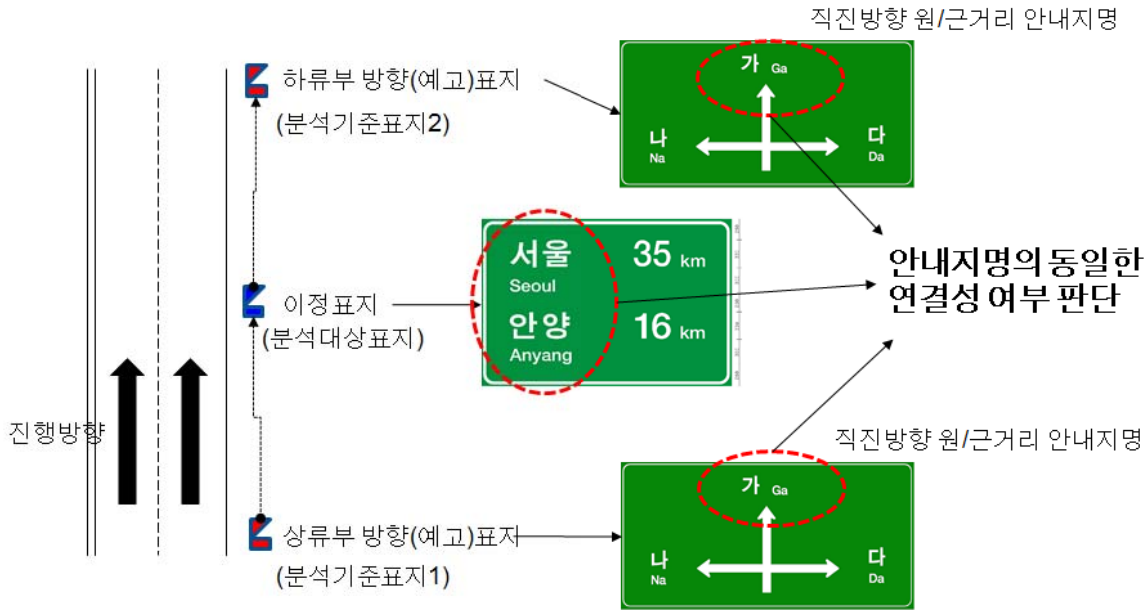


그림 2-254 이정표지의 연계성 분석 개념도(이정표지)

이정표지의 연계성 분석 프로세스는 다음과 같다.

-Step 1 : 분석대상 이정표지 선정
-Step 2 : 분석대상 이정표지와 가장 인접한 상/하류부 방향표지 추출
-Step 3 : 분석대상 이정표지 안내지명 속성정보 추출
-Step 4 : 상/하류부 방향표지 직진방향 안내지명 추출
-Step 5 : 분석대상 이정표지 안내지명과 상/하류부 방향표지 직진방향 안내지명 비교
-Step 6-1 : 분석대상 이정표지 안내지명들 중 상/하류부 방향표지 직진방향 안내지명과 하나 이상 동일한 안내지명이 있는 경우 → 연계성 확보
-Step 6-2 : 그렇지 않은 경우 → 연계성 미확보
-Step7 : Output 출력(관리자 확인)

Input data로는 분석대상이 될 이정표지와 가장 인접한 상/하류부 방향표지의 기본 및 속성정보가 필요하며, 상/하류부 방향표지 추출 시 링크정보가 필요하다. Output에서는 분석대상 이정표지와 가장 인접합 상/하류부 방향표지의 (원거리, 근거리) 안내지명을 제시하고 이를 근거로 연계성 확보 여부를 판단하여 결과로 제시한다.

표 2-86 이정표지의 연계성 분석을 위한 Input Data 설계

도로표지 기본정보				
ID	ID_ROAD_KIND	ID_ROAD_NUM	ID_DIRECTION	LINK_ID
51048	RR	1045	U	645400002488

링크정보				
IDXNAME	LINK_ID	ST_ND_ID	ED_ND_ID	LENGTH
64640000	745	10	146	369
64640000	1772	97	110	365
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮

이정표지 속성정보			
panel_id	serial_no	near_far	place_name
51048	1	F	마산
51048	2	N	시청

상/하류부 방향표지 속성정보							
panel_id	serial_no	dir_type	placename_1	placename_2	placename_3	…	placename_10
51044	1	1	마산	시청			
51047	1	1	창원	시청		…	

표 2-87 이정표지의 연계성 분석을 위한 Output Data 설계

분석대상표지	분석기준표지		연계성 확보 여부	
이정표지 ID	상류부 방향표지 ID	하류부 방향표지 ID	상류부 방향표지	하류부 방향표지
51048	30	25125537	확보	확보

이정표지 연계성 분석 알고리즘의 세부 순서도는 다음 그림과 같다.

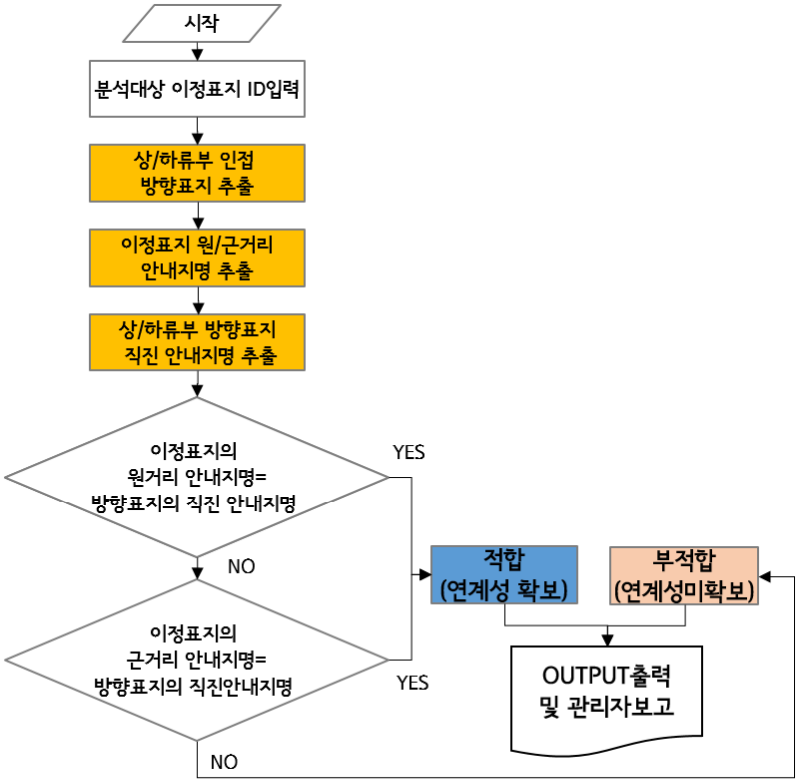


그림 2-255 개별표지간 연계성 분석 알고리즘 순서도(이정표지)

사례분석을 통해 분석대상인 이정표지의 안내지명과 가장 인접한 방향표지의 안내지명이 서로 일치하는바 연계성이 확보되는 것으로 분석되었다.



그림 2-256 개별표지간 연계성 분석 알고리즘 순서도(이정표지)

마. 속성정보 분석 S/W 개발

(1) 개발개요

도로표지 속성정보 분석 S/W는 일치성 분석 모듈과 적합성 분석 모듈로 나누어 개발하였다. 먼저 일치성 분석 모듈은 실제 현장조사 값인 RRAP DATA를 도로표지관리시스템(RSMS)의 데이터베이스에 자동으로 갱신하기 위한 모듈이다. 일치성 분석을 위한 입력 자료는 RRAP DATA와 RSMS DATA가 필요하다. 이 중 RRAP DATA는 MMS차량에 의하여 현장에서 수집된 도로표지의 기본정보(위치좌표, 지주형식, 사진 등)와 현장의 도로표지 정사영상 사진을 이용하여 속성정보 추출 모듈에서 추출된 속성정보(안내지명, 노선번호 등)로 구성된다. 그리고 RSMS DATA는 현장 조사가 이루어지는 도로 구간의 위치좌표를 MMS차량에 통하여 전송이 가능하므로 이를 이용하여 현재 조사구간에 설치되어 있는 도로표지의 기본정보와 속성정보를 도로표지관리시스템 데이터베이스에서 추출한 자료이다. 여기서, 추출되는 자료의 형태는 RRAP DATA의 도로표지별 기본 및 속성정보의 필드 구분과 동일하다. 위의 두 자료를 이용하여 ①ID매칭, ②정보갱신 및 신규생성 판단, ③미 인식 판단으로 구성된 일치성 분석 모듈을 수행하게 된다. 수행 결과는 RRAP DATA 중 도로표지관리시스템 데이터베이스의 정보갱신(ID매칭)을 위한 도로표지 데이터와 신규로 정보를 생성(ID비매칭)해야 하는 도로표지 데이터 파일의 형태로 생성한다. 나머지 RSMS DATA 중 도로표지관리시스템 데이터베이스에는 존재하지만 현장에는 존재하고 있지 않은 미 인식(ID비매칭) 도로표지 데이터를 생성한다. 이와 같이 분석결과는 RRAP의 인터페이스 환경에서 연동이 될 수 있도록 텍스트 기반으로 모듈을 구축하였다.

다음으로 적합성 분석 모듈은 분석대상 도로표지와 관련 지침 등 설치기준과 적한한 지 여부를 자동으로 판단하기 위한 모듈이다. 이 모듈은 RRAP 탑재용 모듈과 RSMS 탑재용 모듈로 구분된다. 먼저 RRAP 탑재용 모듈은 일치성 분석 모듈과 동일하게 텍스트 기반의 입·출력데이터를 이용하는 분석 모듈이다. 반면 RSMS 탑재용 모듈은 텍스트 기반의 입·출력데이터와 더불어 도로표지관리시스템의 GIS정보를 이용해야 하므로 향후 RSMS 내 적합성 분석 모듈로서의 기능을 수행하게 된다. 따라서 RRAP 시스템 내 도로표지 통합 속성정보 분석모듈과의 연동을 위하여 텍스트 기반의 RRAP 탑재용 적합성 분석모듈(방향표지의 안내지명 개수 과다 여부 판단 모듈)을 S/W로 개발하였다. 이 모듈의 입력 자료는 RRAP DATA 중 정보갱신(ID매칭)이 이루어진 방향표지 데이터이며, 각 표지별 적합과 부적합을 판단하여 분석결과는 텍스트로 생성한다.

표 2-88 적합성 분석 모듈 개발을 위한 항목 선정

구분	분석항목	기반 데이터	개발목적
방향표지	안내지명 개수 과다 여부	Text	RRAP 탑재용 S/W개발
이정표지	표지간 설치간격	Text + GIS	RSMS 탑재용 알고리즘 개발
노선표지			
경계표지	표지 설치위치		
분기점 표지			

(2) 일치성 분석 모듈 개발

도로표지 일치성 분석 모듈은 ①데이터 입력, ②일치성 분석 모듈 수행, ③결과 출력의 3단계에 걸쳐 수행되며, 입·출력 자료의 형태는 모두 텍스트로 이루어져 있다. 일치성 분석 모듈의 전체 수행과정은 다음과 같다.

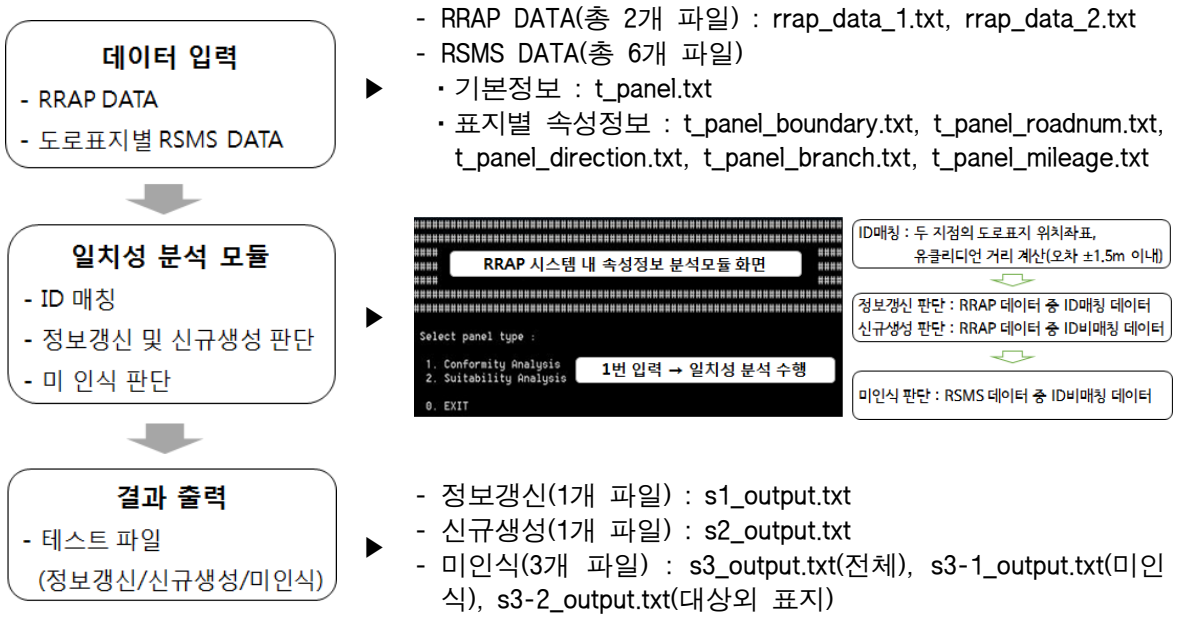


그림 2-257 일치성 분석 S/W 수행 과정

(3) 적합성 분석 모듈 개발

도로표지 적합성 분석 모듈은 일치성 분석과 같이 ①데이터 입력, ②적합성 분석 모듈 수행, ③결과 출력의 3단계에 걸쳐 수행되며, 입·출력 자료의 형태는 모두 텍스트로 이루어져 있다. 이 모듈은 방향 표지를 대상으로 하며, 전체 수행과정은 다음과 같다.

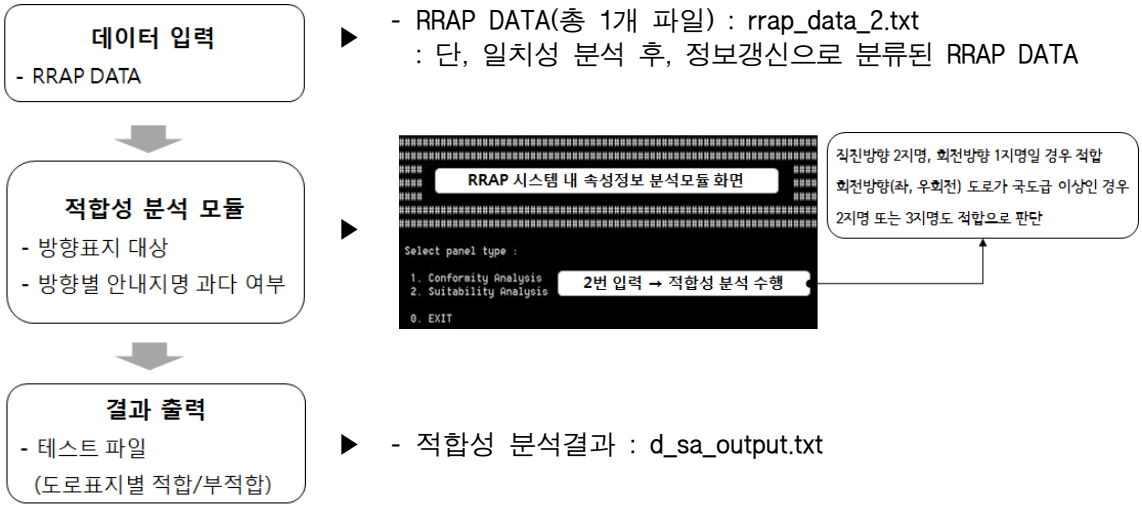


그림 2-258 적합성 분석 S/W 수행 과정

바. S/W 성능 평가(샘플 데이터 테스트)

(1) 도로표지 속성정보 분석

(가) 사례지역 개요

분석 대상구간은 경상남도 창원시 창원대로 일부 구간(죽전사거리~시화사거리)으로 현장에는 대상 범위 내 분석 대상표지는 총 31개이며, 경계표지 3개, 노선표지 5개, 분기점표지 4개, 이정표지 6개, 방향표지 13개로 설치되어 있다. 작업의 효율성을 위해 RRAP 차량으로 조사 시 현장조사 일시와 범위(대상구간)를 입력한 후 현장조사를 시작하도록 매뉴얼화하였다.



그림 2-259 사례분석 대상구간

(나) 분석시나리오

분석 시나리오는 [표 2-89]과 같이 현장조사시 발생할 수 있는 3가지로 설정하였다. 시나리오 1은 조사범위 내 현 도로관리시스템 DB상의 도로표지와 RRAP 데이터 상의 도로표지가 매칭된 경우로 DB가 정상 갱신되는 경우이다. ID 매칭은 X, Y좌표, 노선번호, 상하행방향, 도로표지코드를 통해 이루어지며, ID 매칭이 이루어진 후에 하나의 도로표지에 대한 기본정보와 속성정보가 통합되어 현 DB를 갱신한다. 시나리오 2는 조사범위 내 현 도로관리시스템 DB에 RRAP 데이터상의 도로표지가 존재하지 않아 ID가 비매칭된 도로표지이므로 이에 신규 ID를 부여하고 DB에 추가 생성해야 하는 경우이다. 마지막으로 시나리오 3은 도로표지가 누락/철거/훼손되어 미 인식된 경우로 현 도로관리시스템 DB 상에는 존재하나 RRAP 데이터에는 존재하지 않는 경우이다.

표 2-89 분석 시나리오 및 처리방안 설정

구분	도로표지관리시스템	RRAP DATA	ID매칭 여부	처리방안
시나리오1(S1)	○	○	매칭	DB 갱신
시나리오2(S2)	×	○	비매칭	신규 ID 및 DB 생성
시나리오3(S3)	○	×	비매칭	현장 확인 통보 (누락/철거/훼손)

(다) 입력데이터 구축

본 연구에서는 창원시의 일부 도로구간을 대상으로 도로표지 일치성 분석 S/W모듈에 대한 성능평가를 수행하기 위한 대상 범위 내 입력데이터를 구축하였다. 이러한 입력데이터는 RRAP DATA와 RSMS DATA로 구분된다. 사례분석을 위한 데이터 입력 조건을 살펴보면, 표지판 방향별 입력은 직-좌-우 순서이며, 직진방향 안내지명일 경우 1(serial 1; dir_type 1), 좌회전 방향 안내지명일 경우 2(serial 2; dir_type 2), 우회전방향 안내지명일 경우 3(serial 3; dir_type 3)이 입력된다. 원근거리 안내지명은 근거리일 경우 N(near), 원거리일 경우 F(far)를 입력하며, 덜 멀리 있는 지명은 F1, 가장 멀리 있는 지명은 F2가 된다. 표지판 내 영문의 경우 IC를 제외하고는 검출되지 않으며, 관광지명 구분박스(흰색 테두리, 갈색 바탕), 노선그림, 시설물 그림도 검출되지 않는 것으로 간주한다.

표 2-90 S/W 성능 평가를 위한 입력데이터 구축

구분	생성 파일
RRAP 현장조사(총 31개)	- RRAP DATA(기본정보) : rrap_data_1.txt - RRAP DATA(기본+속성정보) : rrap_date_2.txt
RSMS 데이터베이스 추출(총 24개)	- 도로표지 기본정보 : t_panel.txt - 경계표지 속성정보 : t_panel_boundary.txt - 노선표지 속성정보 : t_panel_roadnum.txt - 방향(예고)표지 속성정보 : t_panel_direction.txt - 분기점표지 속성정보 : t_panel_branch.txt - 이정표지 속성정보 : t_panel_mileage.txt

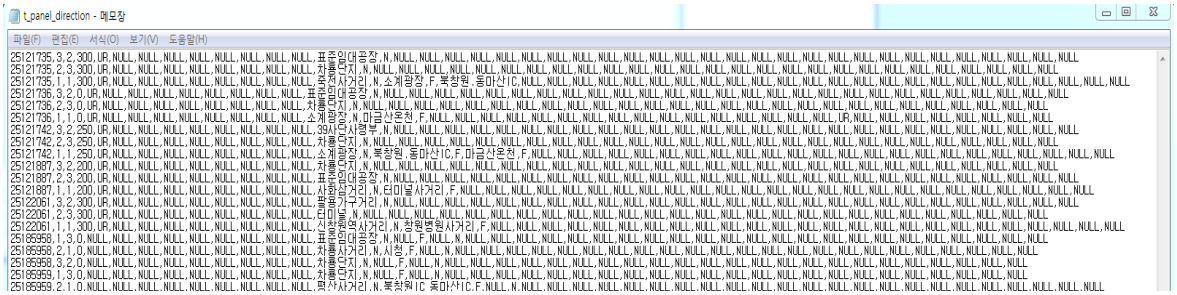


그림 2-260 일치성 분석 위한 입력 자료(예시)

(라) 샘플분석 결과

분석 결과, 도로표지별 총 25개 RRAP 데이터 중 18개의 도로표지 ID가 매칭 되었으며, 각 매칭된 표지 ID별 RRAP 데이터(기본 및 속성정보)가 도로관리시스템 데이터베이스로 입력이 된다. 반면 ID가 비 매칭된 7개 도로표지를 대상으로 신규 ID를 자동으로 부여하고 해당 RRAP 데이터를 도로관리시스템 데이터베이스에 신규로 등록된다. 마지막으로 RSMS 데이터 24개 중 ID매칭이 이루어진 18개의 도로표지를 제외한 나머지 6개 도로표지는 미인식으로 분류된다.

표 2-91 일치성 분석에 따른 데이터 처리 방안

구분	도로표지 관리시스템	RRAP DATA	ID매칭 여부	처리방안
정보갱신(S1)	○	○	매칭	DB 갱신
신규생성(S2)	×	○	비매칭	신규 ID 및 DB 생성
미인식(S3)	○	×	비매칭	현장 확인 통보 (누락/철거/훼손)

표 2-92 분석 시나리오별 입력데이터 설정_방향표지 예시

Panel_id	도로표지관리시스템 데이터베이스	RRAP DATA
25121742 (S1)		
25185958 (S1)		
- (S2)	-	
25185974 (S1)		
25121887 (S1)		
25185979 (S1)		
25122061 (S3)		-
25121735 (S1)		

25185981 (S1)		
- (S2)	-	
25121736 (S3)		-
- (S2)	-	
25185959 (S1)		

4. 연동모듈

가. 개요

본 연구 개발은 도로표지 데이터베이스 구축을 목표로 하고 있기 때문에, 최종 도출된 데이터를 국토교통부에서 운영하고 있는 도로표지시스템과 연동되어야 활용할 수 있다. 또한 각 세부 과제에서 개발하여 생산된 데이터는 상호간 연계되어야 한다. 따라서 연동모듈의 개발을 통해 효과적인 연구개발 성과의 도출 및 활용이 가능토록 하고자 하였다.

나. 통신 하드웨어 설계 및 소프트웨어 개발

(1) 상용 LTE 통신망 기반에서 운영 가능한 하드웨어 설정 및 기본설계

무선통신 기반 하에서 도로표지 시스템과 연동을 위한 하드웨어를 설정하고 통신 방법에 대한 기본설계를 수행하였다.

추천 통신기기 스펙

Item	Descriptions
Module	Mobileeco ME-c21K (Qualcomm MDM9215/WTR1605L/PM8018)
External Access	LTE/DC-HSPA+/HSPA+/HSUPA/HSDPA/WCD<A
Air Standard	LTE Release 9(FDD) Category3 (3GPP TS 34.521/ WCDMA Rel'99+/HSDPA Rel 5/HSUPA Rel 6/ HSPA+ Rel 7/DC-HSPA+ Rel8
Max output power	LTE : 23dBm(+/-)2.7dB (Power class:3)
RF technology	Zero Intermediate Frequency
Power	5VDC +/- 10%
Current Consumption	Standby mode : Idle (About 100mA)
Operating Temperature	-20℃ ~ +60℃
Storage Temperature	-30℃ ~ +70℃
Operating Humidity	5% ~ 95%
Storage Humidity	5% ~ 95%
Size	57 x 86 x 25.7mm with case
Weight	Typical 85g
External Interface	RJ45 Ethernet Port / Push Type SIM Socket/DC Jack/Two SMA Type Antenna Ports(Main/Diversity) 3G/LTE/LAN/Power Dual Color Status Leds
Management/Diagnostic	Web Base Management form PC USIM Management, SW Upgrade and QXDM supported by RJ45

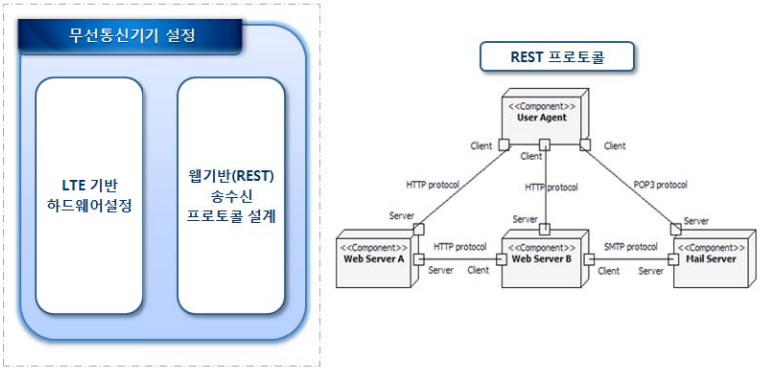


그림 2-261 하드웨어 설정 및 송수신 프로토콜 설계

(가) LTE (Long Term Evolution) 시스템 특성 고찰

4G LTE는 IMT-Advanced라고 하는 4세대 무선 통신 표준에 대한 국제전기통신연합(ITU)의 요구사항을 충족하거나 능가하도록 3GPP에서 개발 중인 LTE의 발전된 버전을 말한다.

4세대 통신 기술은 LTE, Mobile WiMAX, UMB로진행이 되다가 UMB 주도하던 퀄컴의 중도 포기로 현재는 LTE, Mobile WiMAX 두 진영으로 발전하였다. 다음 그림은 LTE와 Mobile WiMAX를 비교한 그림이다.

		LTE	Mobile WiMAX
최대 전송속도	하향	300Mbps	46Mbps
	상향	150Mbps	14Mbps
다중접속방식	하향	OFDMA	OFDMA
	상향	단일 캐리어 FDMA	OFDMA
사용 대역폭		MIMO 1.25~20MHz	MIMO 1.4~20MHz
Full Duplex Mode		기본적으로 FDD (TDD도 활용)	기본적으로 FDD (TDD도 활용)
지연시간		전송지연 최대 5ms 제어지연 최대 100ms	수초(sec)
본격 상용화 시기		2010~2012년	2009년

그림 2-262 LTE와 Mobile WiMAX와 비교

LTE 시스템은 E-UTRAN(Evolved-Universal Terrestrial Radio Access Network),

Serving-GW, PDN-GW, MME(Mobility Management Entity) 등으로 구성되었다.

E-UTRAN(Evolved-Universal Terrestrial Radio Access Network)은 기지국(eNodeB)을 의미하며, 물리층, MAC층, RLC층, RRC의 기능을 포함하고 있다. 또 헤더 압축, 사용자 영역의 암호화, MME 선택, 업 링크의 베어러 속도 조정, 업 링크/다운 링크의 베어러 레벨에서의 어드미션 제어, 업 링크에서의 패킷 마킹 등의 기능을 수행한다.

Serving-GW는 E-UTRAN에 대한 인터페이스를 종단하는 게이트웨이이며, eNodeB 내의 핸드오버, 3GPP(LTE-CDMA/WCDMA) 간 핸드오버에서 MAG(Mobility Anchor Gateway) 기능, 패킷 버퍼링/라우팅, 과금 지원 등을 수행한다.

PDN-GW는 PDN에 대해 SGi 인터페이스로 종단하는 게이트웨이이며, Serving-GW와 달리 Non-3GPP 시스템과의 인터워킹, 사용자마다 패킷 필터링을 실행해 단말의 IP 주소 할당, 업 링크/다운 링크에서의 트랜스포트 레벨로의 패킷 마킹, UL/UD의 속도 변경 DHCPv4, DHCPv6 기능을 갖고 있다.

MME는 SAE에서 핵심적인 모빌리티 제어 기능을 하며, HSS를 통해 사용자 인증을 실행함과 동시에 단말의 Idle 모드에서 단말 관리, Non-3GPP 액세스 네트워크 간의 모빌리티 제어 기능을 하고 있다. 다음 그림은 3GPP TS 23.401에서 제시한 LTE 시스템 기본 모델을 나타낸다.

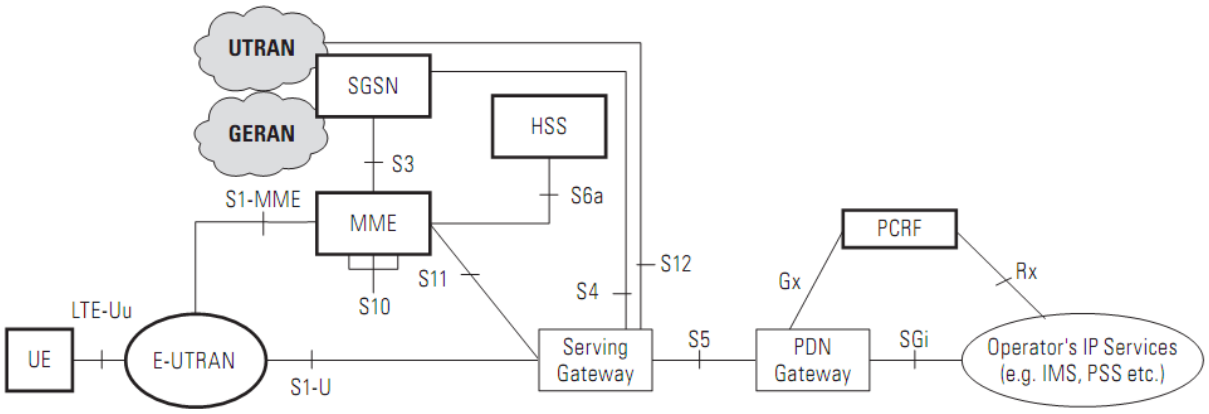


그림 2-263 LTE 시스템 기본 모델 (TS23.401)

다음 그림은 LTE 시스템의 네트워크 참조 모델을 보여준다.

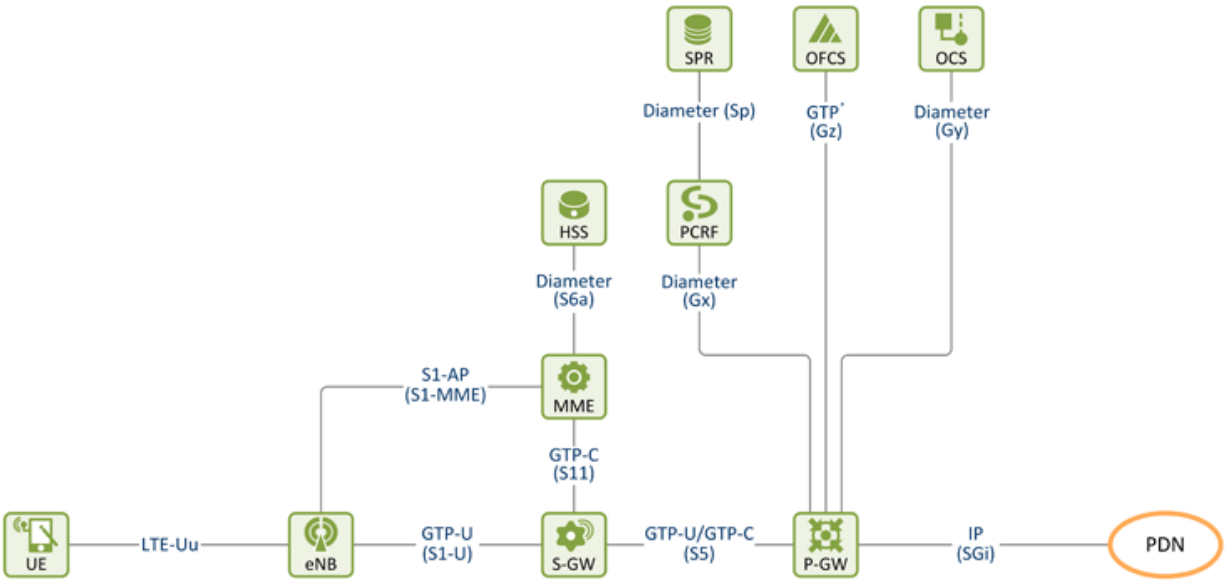


그림 2-264 LTE NRM(Network Reference Model)

(나) 모바일에코 (SKT)

통신을 위한 하드웨어는 다음의 모바일에코를 권장 하드웨어로 설정하였다.

ME-C70/71K(SKT) 모델은 LTE 산업용 모델로 퀄컴 MDM 9215칩을 사용하였으며 FOTA를 지원하고 국내최초로 GMMP 기능을 탑제하였다. 최고 하향 100Mbps, 상향 50Mbps 속도가 특징이며, 주파수 대역은 LTE 800㎒, 1.8㎓와 3G 2.1㎓를 지원한다.



그림 2-265 퀄컴 MDM 9215 칩 모델

이더넷을 통하여 LTE 모델을 사용할 수 있으며 산업용 어플리케이션 장치(CCTV, 이동용 점포, POS-terminal, Bank ATM)와 연결하여 인터넷 기능을 제공한다.

표 2-93 하드웨어 전송 속도 스펙

하드웨어	Uplink	Downlink
FD-LTE	50Mbps	100Mbps
TD-LTE	18Mbps	61Mbps
WCDMA	384kbps	384kbps
HSDPA/HSUPA	5.76Mbps	14Mbps
HSPA+	11Mbps	42Mbps

본 제품의 사용 예는 다음과 같다.



그림 2-266 LTE 모뎀 사용 예

상세 스펙은 아래와 같다.

표 2-94 하드웨어 상세 스펙

Item	Descriptions
Module	Mobileeco ME-c21K (Qualcomm MDM9215/WTR1605L/PM8018)
External Access	LTE/DC-HSPA+/HSPA+/HSUPA/HSDPA/WCD<A
Air Standard	LTE Release 9(FDD) Category3 (3GPP TS 34.521/ WCDMA Rel' 99+/HSDPA Rel 5/HSUPA Rel 6/ HSPA+ Rel 7/DC-HSPA+ Rel8
Max output power	LTE : 23dBm(+/-) 2.7dB (Power class:3)
RF technology	Zero Intermediate Frequency
Power	5VDC +/- 10%
Current Consumption	Standby mode : Idle (About 100mA)
Operating Temperature	-20℃ ~ +50℃
Storage Temperature	-30℃ ~ +70℃
Operating Humidity	5% ~ 95%
Storage Humidity	5% ~ 95%
Size	57 x 86 x 25.7mm with case
Weight	Typical 85g
External Interface	RJ45 Ethernet Port / Push Type SIM Socket/DC Jack/Two SMA Type Antenna Ports(Main/Diversity) 3G/LTE/LAN/Power Dual Color Status Leds
Management/Diagnostic	Web Base Management form PC USIM Management, SW Upgrade and QXDM supported by RJ45

(2) 웹기반 통신을 통한 데이터 송수신 소프트웨어 개발

차량의 클라이언트에서 분석 작업을 수행한 후 결과를 도로표지 시스템에 송수신하기 위한 소프트웨어가 필요하며, REST(Representational State Transfer)기반 사용자 편의성을 고려한 송수신 UI 개발을 통한 사용자 중심의 소프트웨어를 개발하였다.



그림 2-267 웹기반 통신을 위한 송수신 소프트웨어 및 UI 개념도

무선통신 특성상 일부 지역에서 통신 상태가 불안할 수 있어, 내부저장소에 저장된 분석 결과를 일괄적으로 도로표지 시스템에 전송할 수 있도록 제작하였다. 소프트웨어(통합 GUI)의 모듈 구성도는 아래 그림과 같으며, 연동을 위한 GUI를 지원하고 데이터 조회 모듈와 데이터 전송 모듈로 구성하였다.

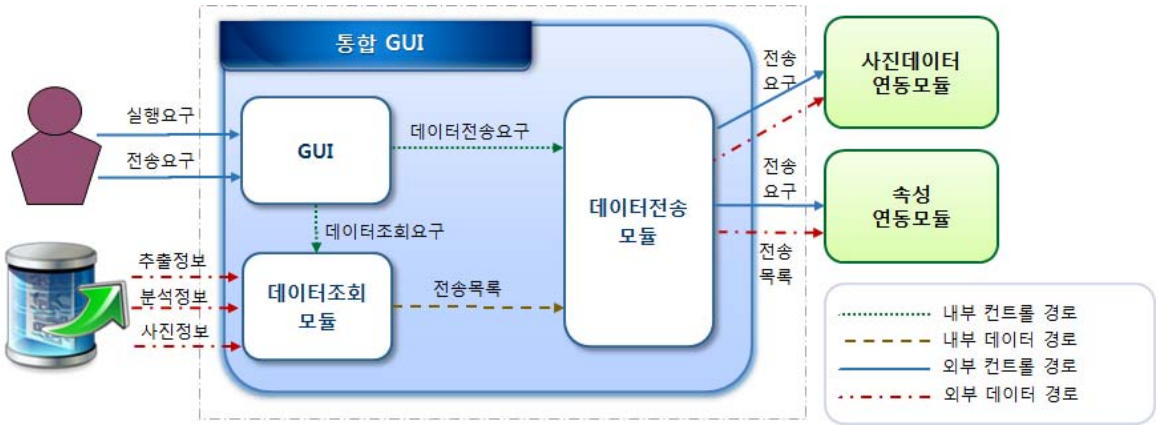


그림 2-268 통합 GUI 모듈 구성도

GUI 모듈은 연동을 위한 사용자 인터페이스를 제공한다. 아래 그림은 시작품을 실행했을 경우 수행되는 GUI이며 사용자 아이디와 암호를 받아 사용자 인증 작업을 수행하는 기능을 수행한다. 사용자 인증 작업은 도로표지 관리시스템과 통신을 통해 도로표지 시스템에서의 같은 사용자 인증 절차를 거친다.



그림 2-269 GUI 화면 - 사용자 인증

로그인 작업을 수행한 후 데이터 송수신 기능을 활성화 할 수 있는 버튼이 나타난다. 사용자는 [갱신], [입력], [수신] 버튼을 클릭하여 도로표지 관리시스템과 연동을 수행한다.



그림 2-270 GUI 화면 - 데이터 송수신 기능

데이터 조회 모듈은 도로표지 관리시스템과 연동하기 위해 내부 저장소에서 데이터를 조회하는 모듈이다. 영상 수집장치나 분석장치에서 저장한 결과를 읽어 처리하며, 시작품에서는 가상의 데이터 형태를 구성하여 연동 시험을 수행한다.

데이터 전송 모듈은 기본적으로 REST(Representational State Transfer)기반 통신을 지원한다, REST는 월드 와이드 웹과 같은 분산 하이퍼미디어 시스템을 위한 소프트웨어 아키텍처의 한 형식이다. RESTful Web Service는 HTTP Protocol 에서 서비스 할 수 있도록 설계 되어 있으며 가장 큰 특징은 HTTP Protocol의 Read, Update(PUT), Delete에 맞게 디자인 되어 있다.

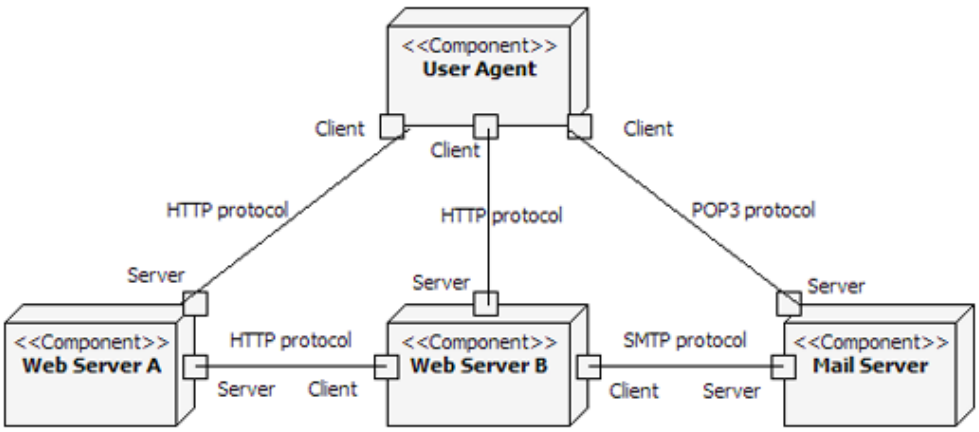


그림 2-271 RESTful 구조

REST 기반 통신 방법은 SOAP에 비교하여 다음과 같은 장점을 가지고 있다.

⑪ 언어, 플랫폼에 중립적

⑫ SOAP보단 개발하기 단순함

⑬ 학습곡선이 작고 도구가 거의 필요 없음

⑭ 간결함. 추가적인 메시징 계층이 없다.

⑮ 웹에 가까운 설계와 철학

이런 장점으로 인해 현재 WEB 기반 연동에서 SOAP에 비해 많은 사이트에 적용되고 있다. 다음 그림은 2010년 5월 기준 웹 API 사용 현황을 보여준다. 그림에서 보듯이 RESTful 웹서비스의 사용 빈도가 매우 높다. 본 개발에서는 이점을 고려하여 REST 기반 통신으로 도로표지 관리시스템과 연동 모듈을 개발하였다.

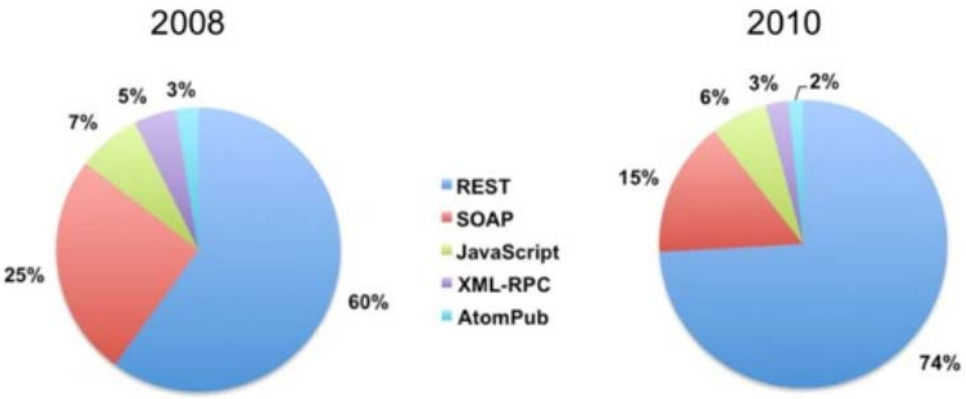


그림 2-272 REST와 SOAP 사용 현황

또한, REST 기반 통신은 클라이언트의 다양한 하드웨어를 지원할 수 있는 장점을 가지고 있다. 일반적인 PC의 WEB 환경 뿐 아니라 모바일에서도 활용할 수 있어 향후 확장성이 높다.

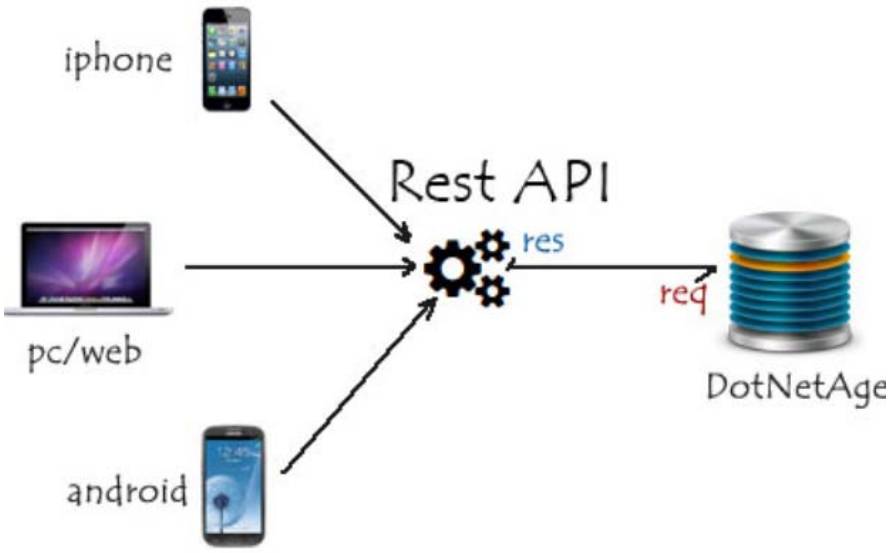


그림 2-273 다양한 클라이언트 형태에서의 REST 기반 통신

다. 정보연동 미들웨어 개발

(1) 도로표지 시스템과 웹기반 연동을 위한 서버 인터페이스 설계 및 구현

도로표지 시스템과 웹기반 연동을 위해 서버 파트에서의 모듈을 개발한다. 모듈의 구성도는 다음과 같다. 연동을 위해 서버 파트의 C# 기반 미들웨어와 ASP로 개발하였다.

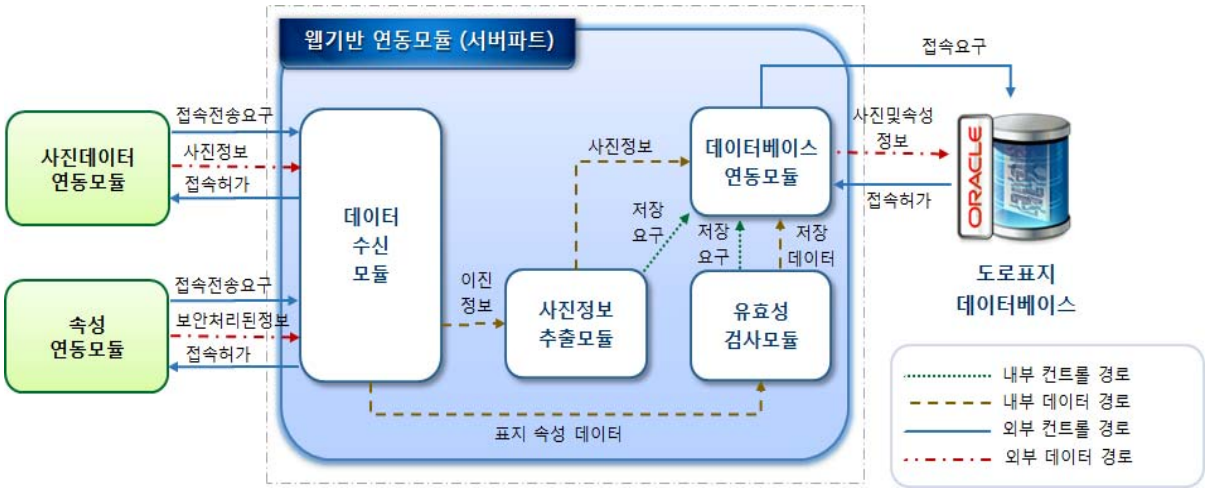


그림 2-274 웹기반 연동모듈 (서버파트) 모듈 구성도

데이터 수신 모듈은 Web 기반 API를 기반으로 개발하였다. Web API란 HTTP 프로토콜을 이용하여 다양한 클라이언트에서 접근이 가능하도록 설계된 API를 Web 환경의 HTTP 서비스를 통해 제공하는 데이터 CRUD 인터페이스를 뜻한다. WebAPI 서비스를 이용한 데이터 처리 인터페이스를 구축하게 되면, 다음 그림과 같이 모든 데이터의 CRUD는 WebServer를 통하여 발생하게 되어 안정적이고 일관적인 데이터의 처리가 가능하다.

HTTP의 표준 메소드를 이용하여 데이터 통신을 한다. [표 2-95]은 데이터 처리시 CRUD와 매핑되어 사용되는 대표적인 메소드이다.

표 2-95 HTTP 통신 프로토콜 메소드

동작	Method	설명
Create	POST	요청 URI에 폼 입력을 처리하기 위해 구성한 서버 측 서비스에 Form Action과 함께 전송
Read	GET	URI가 가진 정보를 검색하기 위해 서버 측에 요청
Update	PUT	POST와 유사한 전송 구조로 원격지 서버에 지정한 콘텐츠를 저장하기 위해 사용
Delete	DELETE	원격지 웹 서버에 파일을 삭제하기 위해 사용 PUT과 반대개념

데이터 수신 모듈의 구현 내용은 다음과 같다. 연동 시험을 위해 표지의 ID, 위치 정보(X,Y), 도로종별, 도로번호, 도로명, 관리기관, 사진정보를 연동하는 모듈을 구성하였다.

```
Set UploadForm = Server.CreateObject("SiteGalaxyUpload.Form")

 '기본정보 수신
key = Trim(UploadForm("KEY"))
panelId = Trim(UploadForm("PANEL_ID"))
roadKind = Trim(UploadForm("ROAD_KIND"))
roadOrgId = Trim(UploadForm("ROAD_ORG_ID"))
roadNum = Trim(UploadForm("ROAD_NUM"))
roadName = Trim(UploadForm("ROAD_NAME"))
ud = Trim(UploadForm("UD"))

 ' 사진정보 수신
imgNear1 = UploadForm("IMG_NEAR_1")
imgNear2 = UploadForm("IMG_NEAR_2")
imgNear3 = UploadForm("IMG_NEAR_3")
imgNear4 = UploadForm("IMG_NEAR_4")
imgNear5 = UploadForm("IMG_NEAR_5")
imgFar1 = UploadForm("IMG_FAR_1")
imgFar2 = UploadForm("IMG_FAR_2")

 ' 위치정보 수신
x = UploadForm("X")
y = UploadForm("Y")
```

사진 정보 추출 모듈은 연동 정보에서 사진 정보를 분리하여 저장하는 모듈이다. 모듈의 구현은 다음과 같다.

```
Function uploadFile( pFso, pFile, pPanelRoadKind, pPanelRoadOrgId,
pPanelRoadNum, pPanelRoadName, pPanelUD )

  Dim fncSaveFilePath, fncFolderPath
  Dim fncFileName, fncFileExt
  Dim thumbResult, fncFilePathName
  Dim fncAllowExt

  fncAllowExt = "jpg,jpeg"          '허용할 확장자
  fncSaveFilePath = " "
  If (Not IsNull(pFile)) And pFile <> "" Then
        fncFolderPath      = createFolder_panelImg( pFso,
                                    pPanelRoadKind,
                                    pPanelRoadOrgId,
                                    pPanelRoadNum,
                                    pPanelRoadName,
                                    pPanelUD )
        fncFileName = pFile.FilePath
        fncFileName = getFileNameExt(fncFileName)
        fncFileExt    = getFileExt(fncFileName)

        '확장자 체크
        If ExtCheck(fncAllowExt, fncFileExt) = True Then
                fncFilePathName= fncFolderPath & fncFileName
```

```
                pFile.SaveAs(
                        IMAGE_PATH_ORIGINAL & fncFilePathName)
                retVal  = createThumbnail(
                        IMAGE_PATH_ORIGINAL & fncFilePathName,
                        IMAGE_PATH & fncFilePathName,
                        400,
                        300,
                        90)
                fncSaveFilePath = Replace(fncFilePathName, "\", "/")
        End If
    End If

    uploadFile      = fncSaveFilePath

End Function
```

유효성 검사 모듈은 연동 정보의 데이터 유효성을 판별하는 모듈로 손상된 데이터나 더미를 구분하여 데이터베이스의 무결성을 유지한다. 유효성 검사 모듈 구현 내용은 다음과 같다.

```
'Injection 검사 모듈 수행
roadKind = inputReplace( roadKind )
roadOrgId = inputReplace( roadOrgId )
roadNum = inputReplace( roadNum )
roadName = inputReplace( roadName )
ud = inputReplace( ud )

function inputReplace(v)
    Dim retV : retV = v
        If IsNull( retV ) Or retV = "" Then
        Else
                retV = replace(retV, "'", "&#39;")
                retV = replace(retV, """", "&#34;")
                retV = replace(retV, "<", "&#60;")
                retV = replace(retV, "<", "&lt;")
                retV = replace(retV, ">", "&#62;")
                retV = replace(retV, ">", "&gt;")
                retV = replace(retV, "/", "&#47;")
                retV = replace(retV, "`", "&#96;")
                retV = replace(retV, "&", "&amp;")
        End If
    inputReplace = retV
end Function
```

데이터베이스 연동 모듈은 수신한 정보를 데이터베이스에 반영하는 모듈이다.

```
'쿼리를 위한 데이터 변환
panelId = sqlValueConvert( panelId, "I" )
roadKind = sqlValueConvert( roadKind, "C" )
roadOrgId = sqlValueConvert( roadOrgId, "C" )
roadNum = sqlValueConvert( roadNum, "C" )
roadName = sqlValueConvert( roadName, "C" )
ud = sqlValueConvert( ud, "C" )
x = sqlValueConvert( x, "I" )
y = sqlValueConvert( y, "I" )
saveNearImg1 = sqlValueConvert( saveNearImg1, "C" )
saveNearImg2 = sqlValueConvert( saveNearImg2, "C" )
saveNearImg3 = sqlValueConvert( saveNearImg3, "C" )
saveNearImg4 = sqlValueConvert( saveNearImg4, "C" )
saveNearImg5 = sqlValueConvert( saveNearImg5, "C" )
saveFarImg1 = sqlValueConvert( saveFarImg1, "C" )
saveFarImg2 = sqlValueConvert( saveFarImg2, "C" )
```

```
'INSERT 실행
Call dbOpen(db)
sql = "INSERT INTO T_PIC_PANEL "_
        & "     (       ID, ID_ROAD_KIND, ID_ORG_ID, ID_ROAD_NUM,
ID_ROAD_NAME, "_
        & "             ID_DIRECTION, NEAR_IMG1, NEAR_IMG2, NEAR_IMG3,
NEAR_IMG4, "_
        & "             NEAR_IMG5, FAR_IMG, FAR_IMG2, XNOR, YNOR ) VALUES (
"_
        & panelId       & ","_
        & roadKind      & ","_
        & roadOrgId     & ","_
        & roadNum       & ","_
        & roadName      & ","_
        & ud            & ","_
        & saveNearImg1  & ","_
        & saveNearImg2  & ","_
        & saveNearImg3  & ","_
        & saveNearImg4  & ","_
        & saveNearImg5  & ","_
        & saveFarImg1   & ","_
        & saveFarImg2   & ","_
        & x             & ","_
        & y             & ")"
db.execute sql
Call dbClose(db)
```

(2) 도로표지 시스템 서버와 다량의 데이터 전송이 가능한 클라이언트 송수신 모듈 개발

다량의 데이터를 하나의 데이터로 묶어 송신하는 Multi-part/Form -Data를 이용한 데이터 송신 방식을 개발하였다. Multi-part Form-data는 HTTP 프로토콜을 이용한 데이터 통신시, 요청부문의 폼 데이터의 인코딩 형식 중 하나로 POST메소드를 이용한 HTTP 통신시 다양한 데이터(문자열, 파일 등)를 전송할 때 사용한다. 기본적으로 웹 사이트의 경우, ActiveX를 설치하지 않는 이상 브라우저에 표현하는 데이터를 HTTP 프로토콜을 통해 통신하고 서비스한다.

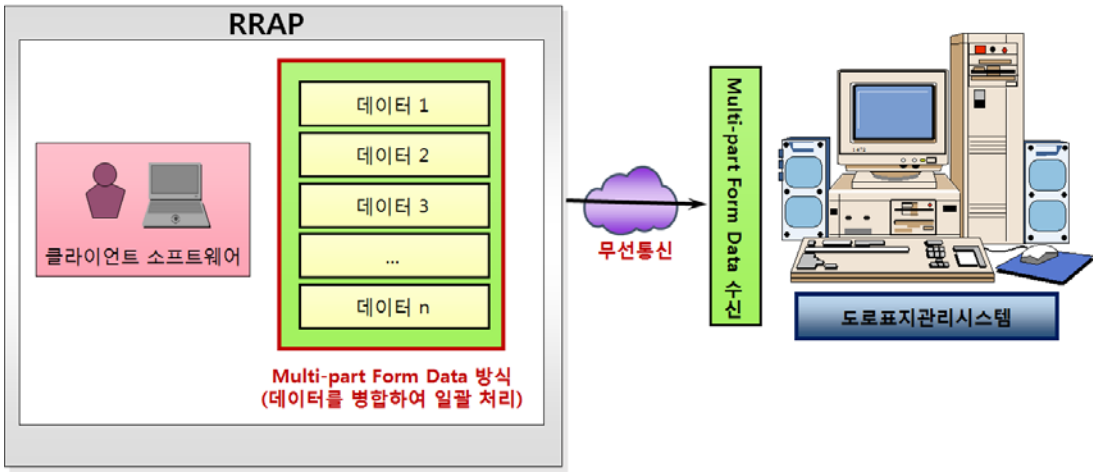


그림 2-275 Multi-part/Form Data를 이용한 데이터 송수신

표 2-96 웹상에서 데이터 전송시 사용되는 인코딩 형식

Enctype	Description
application/x-www-form-urlencoded	기본값. 전송 전에 모든 문자를 인코딩한다. (공백은 “+”, 특수문자는 ASCII HEX 값으로 변환)
multipart/form-data	일반적으로 다양한 데이터와 이미지 전송시 사용된다.
text/plain	공백은 “+” 로 인코딩하지만 특수문자는 인코딩하지 않는다.



그림 2-276 HTTP 프로토콜 호출 구조

위 그림은 클라이언트의 입장에서 HTTP 프로토콜 호출시 수행되는 프로세스 구조를 요약하여 도식화한 그림이다. Request Header 전송시 인코딩 타입을 지정할 수 있는데, 이 때 Multi-part/Form-data로 형식을 지정하고 각 데이터를 구분 짓는 Boundary를 정의한다. Request Data 전송 시 위에서 정의한 Boundary를 이용하여 각 데이터를 개별적으로 다시 정의하여 데이터 구조를 생성하여 전송한다. 클라이언트가 위의 절차대로 데이터를 전송하면 서버측에서는 Header에 정의된 Boundary를 기준으로 데이터를 해석하여 활용할 수 있다.

FORM 태그는 사용자의 정보를 다양한 형태(체크박스나 버튼 등)로 입력받아 그 값을 서버로 넘기는 역할을 한다. 이 FORM은 2가지 방식으로 동작을 하는데 GET(디폴트) 방식과 POST 방식이 있다. 브라우저의 주소부분을 보면 다음과 같이 http://cafe6.daum.net/Cafe-bin/intro.html?cafe=asp처럼 나타나는 방식이 GET방식이고 보이지 않는 것이 POST 방식이다.

GET : HTTP의 “get“ 방법으로, 폼 데이터 세트(Form Data Set)가 Action 어트리뷰트에 지정된 URI에 해 물음표 (“?“)로 분리하여 추가되고, 이 새 URI는 처리 에이전트(Processing Agent)에게 보내진다.

POST : HTTP의 “post“ 방법으로, 폼 데이터 세트는 폼의 본체에 포함되어 처리 에이전트에게 보내진다. FORM 태그의 Method 에 POST 라고 쓰고, 전달하고 하는 값들은 버튼, 체크박스 등과 같은 FORM 필드에 입력합니다. GET 방식으로 데이터를 전송할 때는 데이터량에 제한이 있기 때문에 서버로 많은 데이터를 전송하고자 할 때에는 POST 방식을 사용한다. 하지만 POST 방식은 FORM 태그와 FORM 필드를 사용해야 한다는 단점이 있다. 따라서 간단히 값을 넘기고자 할 때에는 GET 방식을 써서 URL 뒤에 ? 와 & 를 이용해서 값을 전달하는 것이 효율적이다.

“get“ 방법은 폼이 다른 효과(side-effects)를 유발시키지 않을 때에 사용하여야 한다. 많은 데이터베이스(database) 검색들은 보이는 다른 효과(side-effect)가 없이 이상적인 “get“ 방법이 적용된다. 예를 들어, 만일 폼이 데이터베이스를 수정하거나, 서비스에 등록(subscription)하는 등, 서비스가 다른 효과를 유발하는 폼의 처리를 한다면, “post“ 방법이 사용되어야 한다.

FORM의 속성은 다음과 같다.

① Action : FORM 에 있는 값들을 전달할 때 그 전달 대상이 되는 URL을 Action 속성값에 입력한다. 예) <form method=“post“ action=“index.asp“>

② Name : FORM 태그가 여러 개 있을 경우 각각의 태그를 구분할 필요가 있는데 이 때 Name 속성에 값을 주어 구분한다. 예) <form method=“post“ action=“index.asp“ name=“myform“>

③ Enctype : Enctype 속성을 사용하여 전송되는 데이터의 인코딩 방식을 지정하며, 크게 두 가지로 나눌 수 있다. 첫 번째 방식은 단순한 인코딩형식이며 디폴트로 사용되는 “application/x-www-urlencoded“ 방식이며, 두 번째 방식은 파일 업로드를 위한 인코딩 방식으로 “multipart/form-data“ 아다.

(3) 속성연동모듈

도로표지 정보나 안내지명 등의 속성정보를 연동하기 위한 클라이언트 모듈을 속성연동모듈이라 한다. 속성연동모듈은 속성연동실행모듈, 보안검수모듈, 전송데이터생성모듈, 서버연동모듈로 구성되어 있다.

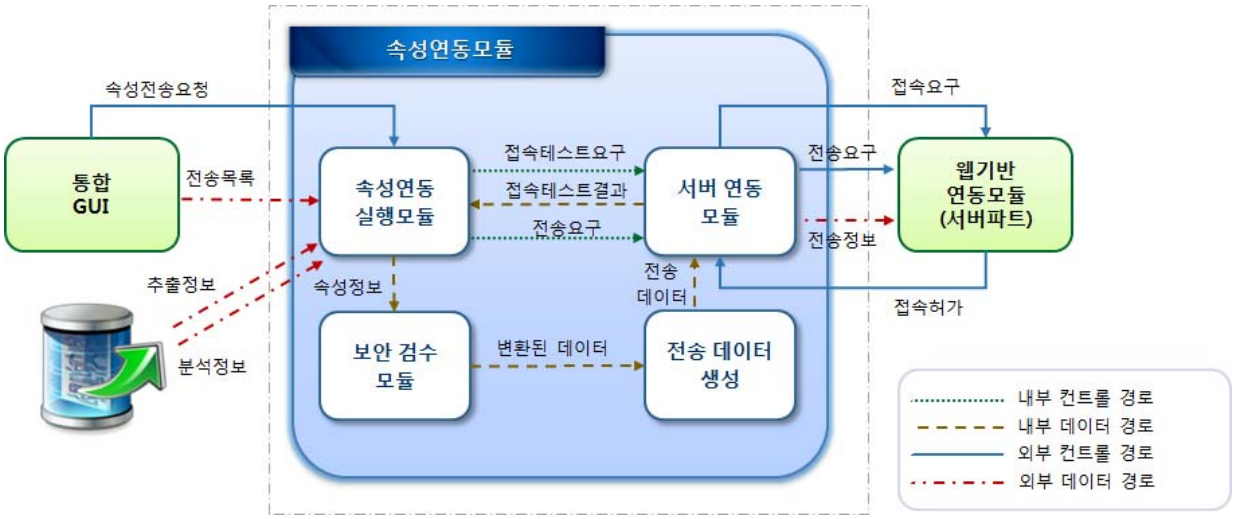


그림 2-277 속성연동모듈 구성도

속성연동모듈을 통해 생성된 전송데이터의 예는 다음과 같다. 전송데이터는 Multi-part / Form Data로 구성되었으며 다량의 속성을 하나의 데이터로 묶어 빠른 갱신을 지원한다.

```
--_KGI_8FF9BD12-AD9B-4428-911F-5461988F0E10_KGI_
Content-Disposition: form-data; name="KEY"
53ED021E233B410F8AD758056DA1064F
--_KGI_8FF9BD12-AD9B-4428-911F-5461988F0E10_KGI_
Content-Disposition: form-data; name="PANEL_ID"
25077364
--_KGI_8FF9BD12-AD9B-4428-911F-5461988F0E10_KGI_
Content-Disposition: form-data; name="ROAD_KIND"
NR
--_KGI_8FF9BD12-AD9B-4428-911F-5461988F0E10_KGI_
Content-Disposition: form-data; name="ROAD_NUM"
15
--_KGI_8FF9BD12-AD9B-4428-911F-5461988F0E10_KGI_
Content-Disposition: form-data; name="ROAD_NAME"
KGILOLOk
--_KGI_8FF9BD12-AD9B-4428-911F-5461988F0E10_KGI_
Content-Disposition: form-data; name="UD"
D
--_KGI_8FF9BD12-AD9B-4428-911F-5461988F0E10_KGI_
Content-Disposition: form-data; name="X"
175832.592
--_KGI_8FF9BD12-AD9B-4428-911F-5461988F0E10_KGI_
Content-Disposition: form-data; name="Y"
447216.576
```

(4) 사진데이터 연동 모듈

사진정보를 연동하기 위한 클라이언트 모듈을 사진데이터연동모듈이라 한다. 사진데이터 연동모듈은 사진연동실행모듈, 이진데이터변환모듈, 전송데이터생성모듈, 서버연동모듈로 구성되어 있다.

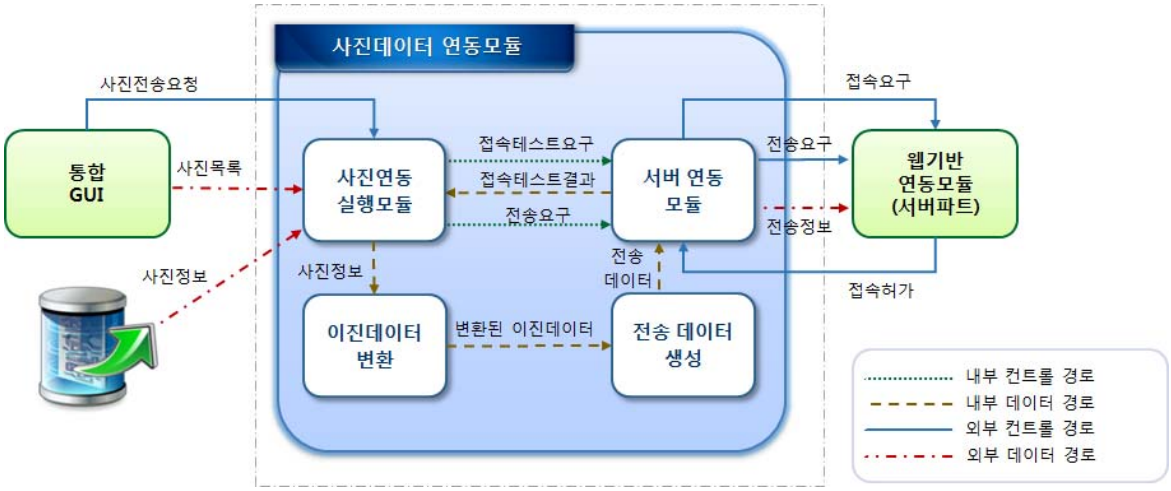


그림 2-278 사진데이터 연동모듈 구성도

사진데이터 연동모듈을 통해 생성된 전송데이터의 예는 다음과 같다. 전송데이터는 Multi-part/Form Data로 구성되었으며, 이진데이터변환 모듈을 통해 변환된 바이너리 데이터가 같이 포함되어 전송된다. 도로표지 관리시스템 서버파트에서는 수신된 바이너리 데이터를 통해 사진정보를 재구성하여 서버에 저장하게 된다.

```
--_KGI_8FF9BD12-AD9B-4428-911F-5461988F0E10_KGI_
Content-Disposition: form-data; name="IMG_NEAR_1"; filename="2.jpg"
Content_Type: image/jpg
Content-Transfer-Encoding: binary

<< 파일 바이너리 데이터 >>

--_KGI_8FF9BD12-AD9B-4428-911F-5461988F0E10_KGI_--
```

라. 연동모듈 프로그램 기능 개선

(1) 도로표지 분석결과 저장구조 설계 및 구현

도로표지 매칭작업을 수행한 후 전체 분석결과를 저장하여 관리하기 위한 자료구조의 정의가 필요하다. 도로표지 매칭작업은 방향표지와 분기표지에 대해 수행하지만, 매칭결과를 저장하기 위한 자료구조를 설계할 때에는 전체 표지 - 이정표지, 경계표지등을 고려하여 수행하였다. 도로표지 지침 기준으로 도로표지는 크게 방향표지, 분기표지, 이정표지, 노선표

지, 경계표지, 기타표지로 구분할 수 있다. 본 연구에서는 각 표지를 저장할 수 있는 적합한 자료구조를 설계하고 이를 구현하여 수집 장치로부터 전달받은 도로표지 영상을 분석하고 분석한 결과를 저장하였다.

영상 수집 장치는 수집한 영상과 영상에 대한 정보를 전달한다. 영상(도로표지)의 식별번호, 도로종별, 관리기관 ID, 노선번호, 도로명, 상하행 정보, 지주형식, 표지코드(표지종류), 위치정보, 표지크기, 진행방향 등의 정보를 전달한다. 데이터 구조는 다음그림과 같다.

```
class CENGInfoClass {
public :
        CString m_strPanelID;           //표지판 ID
        CString m_strRoad_Kind;         //도로종별
        //char Road_Kind2[2];           //도로종별2
        CString m_strOrg_ID;            //시/군/구도(관리기관ID)
        CString m_strRoad_Num;          //노선번호
        CString m_strRoad_Name;         //도로명
        CString m_strDirection;         //상하행선방향
        CString m_strPjCode;            //표지코드
        CString m_strPollType;          //지주형식
        double m_dGpsXNor;              //X좌표
        double m_dGpsYNor;              //Y좌표
        double m_dXNorTW;               //X좌표2
        double m_dYNorTW;               //Y좌표2
        int  m_nAngle;                  //각도(정북기준 진행방향)
        CString m_strImgPath;           //이미지 경로
        CString m_strDefaultPanelID;
        int m_nPJType;

        int m_nImgWidth;                // 이미지 Width
        int m_nImgHeight;               // 이미지 Height
        };
```

그림 2-279 수집 장치로부터 전달받는 데이터 구조

수집 장치로부터 전달받은 영상과 도로표지 정보를 바탕으로 도로표지 분석 작업을 수행한 후 분석정보를 내부저장 구조에 저장하도록 설계하였다. 저장된 정보는 사용자가 별도의 UI를 통해 확인할 수 있으며, 도로표지관리시스템에 조사정보를 적용할 수 있다. 수집영상에 대한 작업흐름은 다음 그림과 같다.

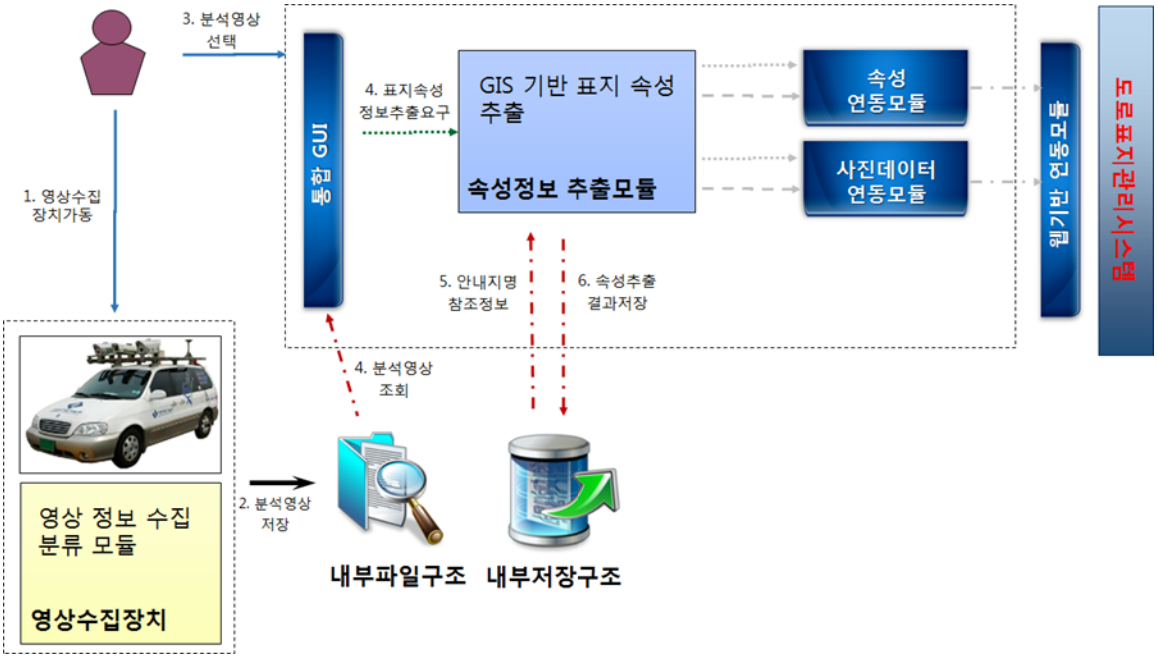


그림 2-280 수집영상 처리과정

본 연구에서 구현한 UI는 다음 그림과 같다. 수집영상을 일괄 처리할 수 있는 기능을 지원하며, 분석 결과를 별도의 내부저장구조로 저장할 수 있다.

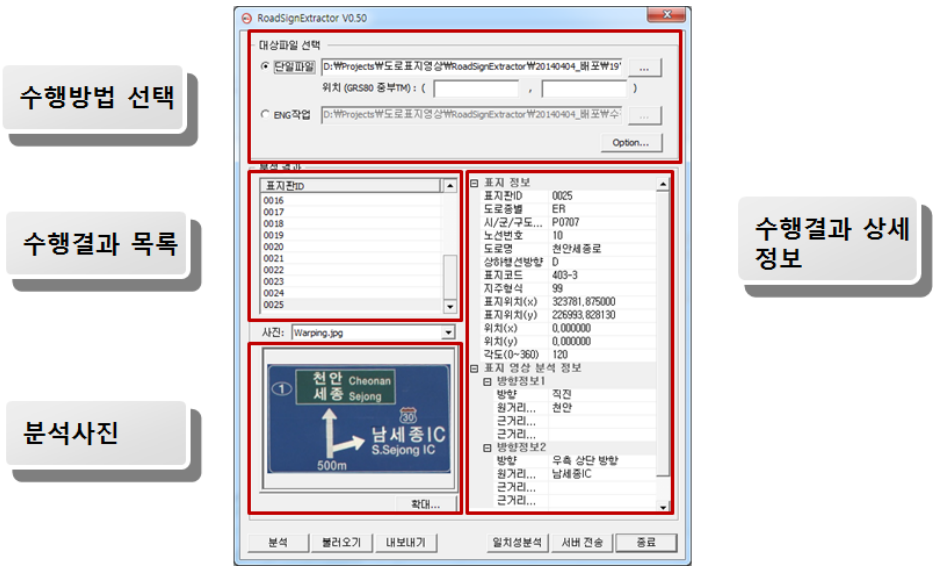


그림 2-281 도로표지 분석 및 연동 UI

도로표지 분석 결과를 저장하기 위한 내부저장소의 클래스 구조는 다음 그림과 같다. 표지의 공통속성을 가지는 베이스 클래스(CResultBase)로부터 파생되며 개별 표지의 특성을 고려한 표지 별 클래스를 구성하였으며, 방향표지의 경우 별도의 방향정보를 저장할 수 있는 클래스(CDirResultItem)를 구현하였다.

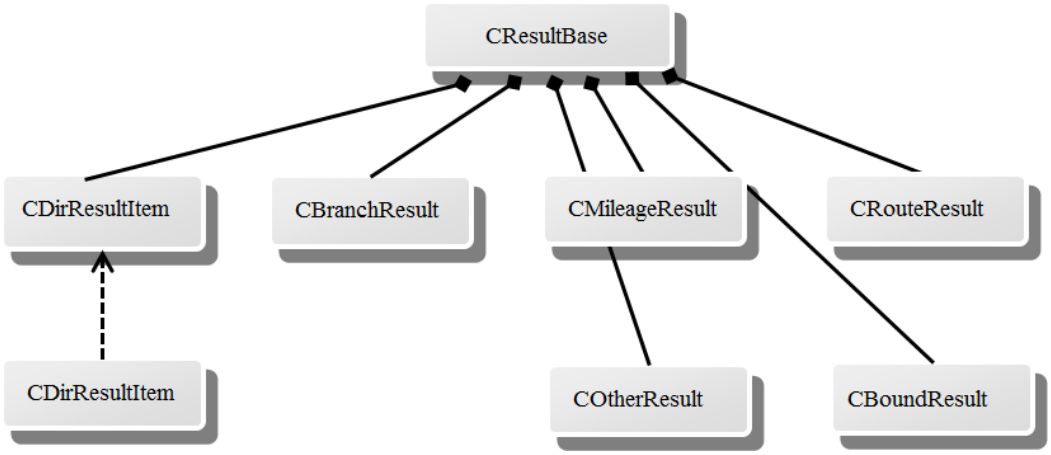


그림 2-282 매칭된 정보를 저장하기 위한 클래스 구조

다음 그림은 방향표지에 대한 상세한 클래스 구조를 보여준다. 방향표지 클래스에는 방향 정보를 저장하는 CDirResultItem 클래스의 객체가 정의되어 있으며, CDirResultItem에는 매칭된 방향정보와 안내지명, 노선번호 정보가 저장된다.

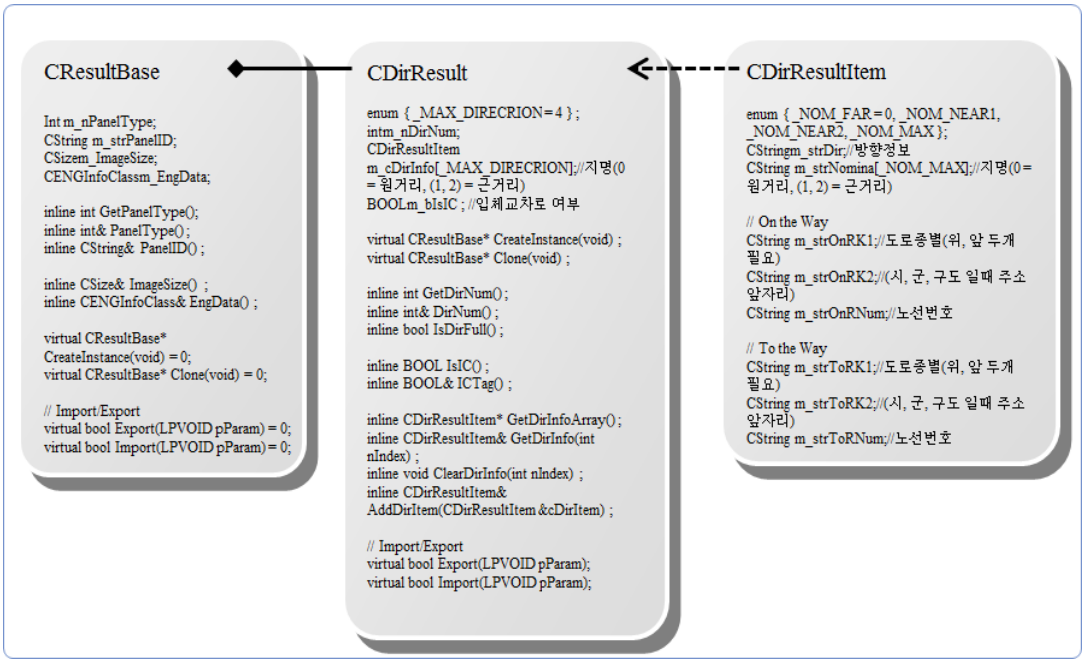


그림 2-283 방향표지의 저장구조

(2) Open-API 기반 안내지명 보정 인터페이스 개발

현재 도로표지관리시스템의 데이터베이스를 접근하여 안내지명을 보정하는 방법은 보안 취약점을 가지고 있다. 데이터베이스를 접근하기 위한 경로를 허용하는 경우 외부 공격에 대해 무방비상태로 노출될 수 있으며, 허가된 접근 경로를 통해 도로표지관리시스템에 접속할 수 있도록 개선이 필요하다. 이에 Open-API 기반 인터페이스를 통해 안내지명 보정 기

능을 수행하는 방안을 검토하였다.

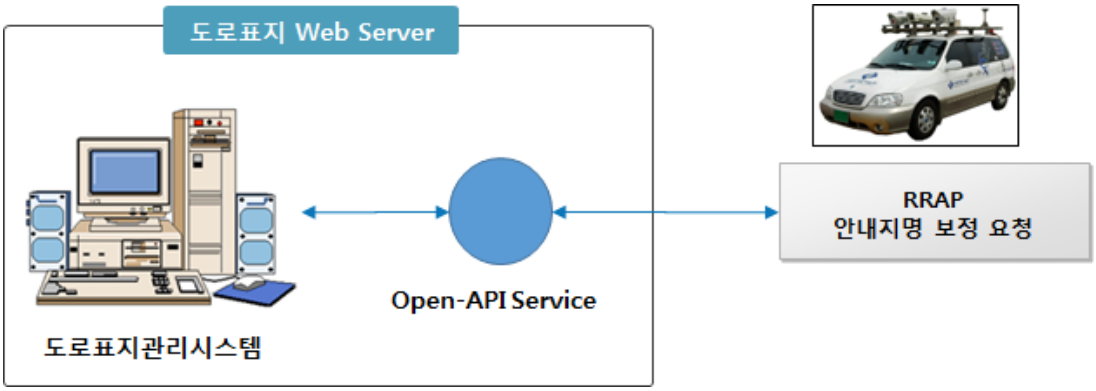


그림 2-284 Open-API 기반 안내지명 보정 기능 개념도

Open-API란 자신이 보유한 정보나 애플리케이션 등을 타 정보 시스템에서 네트워크를 통하여 활용할 수 있도록 공개하는 것으로써 데이터를 제어할 수 있는 간단하고 직관적인 인터페이스의 제공하는 것을 말한다. Open-API의 주요 기술은 [표 2-97]과 같다.

표 2-97 Open-API 기술

구분	기술	설명
구현기술	REST	Representational State Transfer URi기반의 분산 환경 자원 송수신 아키텍처
	SOAP	Simple Object Access Protocol 엔터프라이즈 솔루션의 웹서비스 구현에 자주 사용
	JSON	Javascript Object Notation 문자열화된 데이터를 객체화하는 경량의 Data 교환 형식
응용기술	RSS	공개 정보장원에 대한 구독/방송 형태의 기술
	Atom	단순 조회 서비스 중 데이터 포맷에 대한 확장성과 정합성 초점을 맞춘 기술
	XML	모든 공유서비스에 대한 인터페이스 명세 지원
	WADL	REST 서비스에 대한 인터페이스 명세 지원
	Mashup	Open API를 이용하여 상호 연계서비스를 제공하는 기술

본 연구에서는 가장 많이 사용하고 있는 REST기반 Open API를 개발하였으며, 인터페이스 목록은 다음과 같다.

표 2-98 안내지명 보정을 위한 Open-API 명세

기능	API명	설명
로그인 (사용자인증)	Login	보안을 위해 사용자 로그인을 하여 Key 값을 반환하는 기능을 하고 있다. {DOMAIN }outside/startProduct/Login.asp Parameter loginId : 사용자 ID loginPw : 비밀번호
동일지명 비교	FindActualText	맞춤형 안내지명 사전과 대장 안내지명, POI, 주변 표지에서 동일한 지명을 비교하는 기능을 하고 있다. {DOMAIN } outside/startProduct/FindActualText.asp Parameter key : 사용자 키 strText : 분석된 안내지명 리스트 dx : Bessel TM 중부원점 X좌표 dy : Bessel TM 중부원점 Y좌표 dLimit : 거리
유사지명 후보군 조회	FindSimilarText	맞춤형 안내지명 사전과 대장 안내지명, POI, 주변 표지에서 유사지명 비교를 위한 후보군을 반환하는 기능을 수행하고 있다. {DOMAIN } outside/startProduct/FindSimilarText.asp Parameter key : 사용자 키 strText : 분석된 안내지명 dx : Bessel TM 중부원점 X좌표 dy : Bessel TM 중부원점 Y좌표 dLimit : 거리

(가) 사용자 인증 API

도로표지관리시스템에 허가된 사용자만이 API를 수행할 수 있도록 사용자인증 API를 구성하였다. API 호출 결과에 사용자 키를 반환하고, 해당키를 동일지명 비교, 유사지명 비교 API 호출 때 사용한다. 사용자 인증 API 구현 내용은 다음과 같다.

```
<%
'        페이지설명 : 영상 시작품 로그인
        Option Explicit
%>
<!-- #include virtual="/Common/define.asp" -->
<!-- #include virtual="/Common/dbcon.asp" -->
<!-- #include virtual="/Common/commonFunction.asp" -->
<!-- #include virtual="/Common/encrypt.asp" -->
<%
    On Error Resume Next
    Dim loginId, loginPw, logined
        Dim key, userName
        Dim db, rs
```

```
        key      = ""
        logined  = 0
        loginId  = Trim(Request.Form("loginId"))
        loginPw  = Trim(Request.Form("loginPw"))

        'loginId  = "superadmin"
        'loginPw = "rhksflwk!!"

        If loginId <> "" And loginPw <> "" Then
                logined  = userStatusCheck("L", loginId, loginPw, null)
                If Left(logined, 1) = "1" Then
                        Call dbOpen(db)
                        Call rsOpen(rs, "WEBAPIKEY, USER_NAME",
                        "t_user U left join t_admin_org A on U.org_id=A.org_id",
                        "U.user_id='"&loginId&"'", Null, db)
                        If Not rs.Eof Then
                                key = Trim(rs("WEBAPIKEY"))
                                userName = rs("USER_NAME")
                                If userName <> "" Then
                                        userName=Trim(fnSEED(userName,"D"))
                                End If
                        End If
                        Call rsClose(rs)
                        Call dbClose(db)
                End If
        End If
        If key <> "" Then
                response.write key & "|" & userName
        End If
%>
```

(나) 동일지명 비교 API

맞춤형 안내지명 사전과 대장 안내지명, POI, 주변 표지에서 동일한 지명을 비교하여 동일한 안내지명이 존재하는지 여부를 반환하는 API이다. API 수행 시 사용자 인증 절차를 거쳐 수신된 키를 인자로 전달하여 허가된 API인지 검증하였다. API 구현 내용은 다음과 같다.

```
<%
'       페이지설명 : 영상 시작품 동일지명 비교
        Option Explicit
%>
<!-- #include virtual="/Common/define.asp" -->
<!-- #include virtual="/Common/dbcon.asp" -->
<!-- #include virtual="/Common/CommonFunction.asp" -->
<%
        On Error Resume Next

        Dim retVal
        Dim db, rs, objCmd
```

```
Dim Text, dx, dy, dLimit, dSubLimit, sWhere

Dim aSQLs(4)
Dim i, j, strTemp
Dim sDel, arrText, TextCnt

Text     = Trim(Request.Form("strText"))
dx       = Trim(Request.Form("dx"))
dy       = Trim(Request.Form("dy"))
dLimit   = Trim(Request.Form("dLimit"))
dSubLimit = dLimit/5

sDel             = "|"
retVal           = ""
nullString       = "(NULL)"

strTemp = Replace( Text, "'", "")
arrText = Split(strTemp, sDel)
TextCnt = UBound(arrText)

Call dbOpen( db )
For i = 0 To TextCnt Step 1
        Text = arrText(i)
        'response.write Text & "<BR>"

        ' 동일지명 비교
        ' 표지 통계에서 자주 사용되는 지명(일종의 사전)에
        ‘ 동일한 안내지명이 존재하는지 검사
        aSQLs(0) = "SELECT COUNT(DISTINCT(PLACENAME)) AS COUNT "_
                        &  "FROM T_TMP_PN_STATS "_
                        &  "WHERE PLACENAME = '" & Text & "'"

        ' 대장 안내지명에서 동일한 안내지명이 존재하는지 검사 'RSMC_ROAD테이블
        sWhere = " WHERE MIN_Y < " & dy+ dSubLimit
                & " AND MAX_Y < " & dy-dSubLimit
                & " AND MIN_X < " & dx+ dSubLimit
                & " AND MAX_X < " & dx-dSubLimit
        aSQLs(1) = strSQL1
                &  " WHERE LENGTH(NAME) > 1 AND NAME = '"
                & Text & "'"

        ' POI에서 동일한 안내지명이 존재하는지 검사 'RSMC_BADM 테이블
        sWhere = ""
        aSQLs(2) = strSQL2
                &  " WHERE NAME = '" & Text & "'"

        ' 주변 표지에서 사용하는 안내지명 중 동일한 안내지명이 존재하는지 검사
        aSQLs(3) = strSQL3
                &  ") WHERE NAME = '" & Text & "'"
        Dim nCount, nResult, sResult
        For j = 0 To 3
                Call rsOpen_sql( rs, aSQLs(j), db )
                nCount  = Trim( rs( "COUNT"     ) )
                If nCount > 0 Then
                        sResult = Text
                        Call rsClose( rs )
                        Exit For
                End If
                Call rsClose( rs )
        Next
        If nCount > 0 Then
```

```
                        Exit For
                    End If
            Next

            Call dbCLose( db )
            response.write sResult

%>
```

(다) 유사지명 후보군 조회 API

유사지명 후보군 조회 API는 맞춤형 안내지명 사전과 대장 안내지명, POI, 주변 표지에서 입력된 거리를 기준으로 유사지명 비교를 수행할 후보군을 찾아 반환하는 API이다. API 수행 시 사용자 인증 절차를 거쳐 수신된 키를 인자로 전달하여 허가된 API인지 검증하였다. API 구현 내용은 다음과 같다.

```
<%
'       페이지설명 : 영상 시작품 유사지명 비교
        Option Explicit
%>
<!-- #include virtual="/Common/define.asp" -->
<!-- #include virtual="/Common/dbcon.asp" -->
<!-- #include virtual="/Common/CommonFunction.asp" -->
<%
        On Error Resume Next

        Dim db, rs, objCmd
        Dim Text, dx, dy, dLimit, dSubLimit, sWhere, sPOIWhere
        Dim aSQLs(5)

        Text     = Trim(Request.Form("strText"))
        dx       = Trim(Request.Form("dx"))
        dy       = Trim(Request.Form("dy"))
        dLimit   = Trim(Request.Form("dLimit"))
        dSubLimit= dLimit/5

        ' 지명 유사 비교
        Dim nMinTextLen, nMaxTextLen
        nMinTextLen = Len(Text)/2 - 1
        nMaxTextLen = Len(Text)/2 + 1

        aSQLs(0) = "SELECT DISTINCT(PLACENAME) AS NAME "_
                        &  "FROM T_TMP_PN_STATS "_
                        & "WHERE LENGTH(PLACENAME) BETWEEN "
                        & nMinTextLen & " AND " & nMaxTextLen

        sWhere = " WHERE MIN_Y <" & dy+dSubLimit
                & " AND MAX_Y < " & dy-dSubLimit
                & " AND MIN_X <" & dx+dSubLimit
                & " AND MAX_X < " & dx-dSubLimit
        sPOIWhere = " AND X_COORD > " & dx-dSubLimit
                & " AND X_COORD < " & dx+dSubLimit
                & " AND Y_COORD > " & dy+dSubLimit
                & " AND Y_COORD < " & dy-dSubLimit
```

```
        aSQLs(1) = strSQL1
                &  " WHERE LENGTH(NAME) BETWEEN " & nMinTextLen
                & " AND " & nMaxTextLen & " "

        aSQLs(2) = strSQL2
                        &  "WHERE LENGTH(NAME) BETWEEN " & nMinTextLen
                        & " AND " & nMaxTextLen
                        & " AND ABS(CX- " & dx & " ) < " & dLimit
                        & " AND ABS(CY- " & dy & " ) <  " & dLimit

        aSQLs(3) = strSQL3
                &  "WHERE LENGTH(NAME) BETWEEN " & nMinTextLen
                & " AND " & nMaxTextLen & " AND ABS(CX- " & dx & " ) < "
                & dLimit & " AND ABS(CY- " & dy & " ) <  " & dLimit

        If dx < 0 Then
                dx = dx * -1
        End If
        If dy < 0 Then
                dy = dy * -1
        End If
        If dx <= 0.001 And dy <= 0.001 Then
            aSQLs(4) = strSQL4
        Else
            aSQLs(4) = strSQL4
                &  "WHERE XNOR BETWEEN "& dx-dSubLimit
                &" AND "& dx+ dSubLimit & " "_
                &  " AND YNOR BETWEEN "& dy-dSubLimit
                &" AND "& dy+ dSubLimit
        End If

        Dim strName, strNames
        strNames        = ""

        Call dbOpen( db )
        Dim i
        For i = 0 To 4

                Call rsOpen_sql( rs, aSQLs(i), db )
                Do While Not rs.Eof
                        strName = Trim( rs( "NAME" ) )
                        If strNames = "" Then
                                strNames = strNames & strName
                        Else
                                strNames = strNames & "|" & strName
                        End If
                        rs.MoveNext
                Loop
                Call rsClose( rs )

        Next
        Call dbCLose( db )

        ' 구분자를 둔 문자열로 반환하여 클라이언트에서 지명 유사 비교를 한다.
        response.write strNames
%>
```

제3절 연구수행결과 및 검증방법

1. 영상정보 수집, 분류 모듈

가. 연구수행결과

도로 상의 실세계 영상공간정보를 수집하고 이를 통해 도로표지와 관련된 정보를 효율적으로 추출하여 도로표지 DB를 구축할 수 있도록 하는 영상정보 수집, 분류모듈을 개발하기 위해 본 연구진은 멀티센서 캘리브레이션 SW 개발 부문, 도로표지 조사데이터 수집 SW 개발 부문, 도로표지 조사차량 개발 부문, 도로표지 검출 SW 개발 부문 등으로 연구내용을 세분화하여 연구를 진행하였으며, 그 결과, 본 연구를 통해 최종적으로 멀티센서 캘리브레이션 SW 시제품과 도로표지 조사데이터 수집 SW 시제품, 도로표지 조사차량 시제품, 도로표지 검출 SW 시제품을 개발하였다.

연구수행 결과물 중 멀티센서 캘리브레이션 SW 시제품은 도로표지 조사차량에 장착된 멀티센서 상호 간의 표정요소를 추출 및 조정할 수 있도록 개발하였으며, 도로표지 조사데이터 수집 SW 시제품은 멀티센서에 대한 상태 모니터링 및 제어 기능을 제공하여 도로표지 조사차량 운용 시 실제 도로에 대한 영상공간정보를 효율적으로 수집할 수 있도록 개발하였다. 또한, 일반 차량에 착탈이 가능한 저전력의 멀티센서 기반 MMS를 개발하여 도로표지 조사차량 시제품을 제작하였으며, 도로표지 조사데이터 수집 SW 시제품과 도로표지 조사차량 시제품을 연계 운용하여 수집한 영상공간정보를 기반으로 도로표지를 검출하여 도로표지 정보 및 관련 도로의 속성정보를 추출하고, 이를 통해 도로표지 DB를 효율적으로 구축할 수 있도록 하는 도로표지 검출 SW 시제품을 개발하였다.

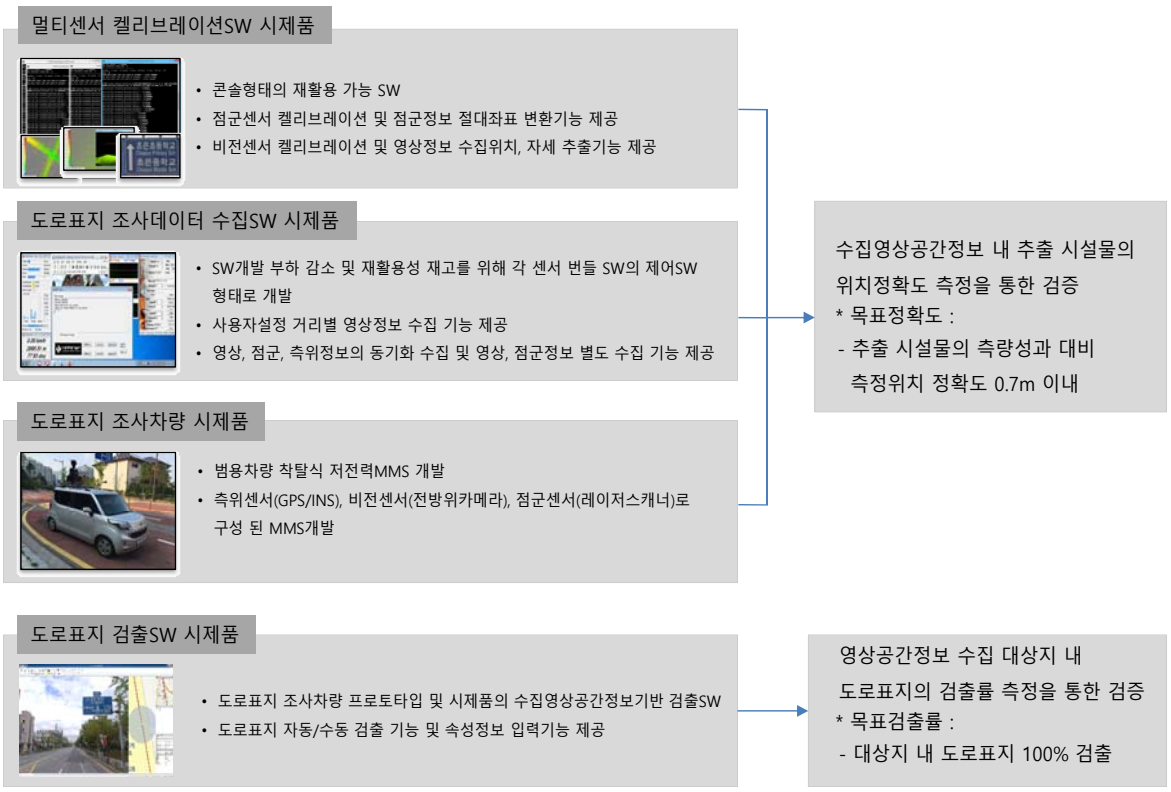


그림 2-285 연구수행 결과 및 검증

나. 검증방법

본 연구에서 개발한 영상정보 수집, 분류 모듈은 멀티센서 캘리브레이션 SW 시제품, 도로표지 조사데이터 수집 SW 시제품, 도로표지 조사차량 시제품, 도로표지 검출 SW 시제품 등 4가지 최종 연구 결과물로 구성되며, 해당 결과물은 다시 크게 도로표지 조사데이터 수집과 관련된 결과물과 조사데이터를 처리하여 유효한 정보를 추출하는 결과물로 구분될 수 있다.

도로표지 조사데이터 수집관련 결과물의 경우 멀티센서 캘리브레이션 SW 시제품과 도로표지 조사데이터 수집 SW 시제품, 도로표지 조사차량 시제품이 이에 속하며, 해당 결과물에 대한 검증방법은 수집된 영상공간정보 내에서 특정 도로시설물을 추출하여 위치를 측정하고 해당 시설물에 대한 측량성과와의 비교를 통해 정확도 검증을 수행하는 방법을 적용하였다.

정확도 검증을 위한 산출식과 목표 정확도는 다음과 같다.

$$\text{수집 영상공간정보 기반 도로시설물 위치 측정값} = X1,\ Y1$$

$$\text{측량기반 도로시설물 위치 측정값} = X2,\ Y2$$

$$\text{정확도} = \sqrt{(X1-X2)^2+(Y1-Y2)^2} \leq\ 0.7m(\text{목표 정확도})$$

유효정보 추출관련 결과물의 경우 도로표지 검출 SW 시제품이 이에 속하며, 해당 결과물에 대한 검증방법은 수집된 영상공간정보를 기반으로 도로표지의 자동검출 기능을 사용하여 도로표지 후보와 그 위치를 검출하고 실제 수집 대상지에 존재하는 도로표지가 모두 검출 후보에 포함되어 있는지를 측정한 검출률을 통해 검증을 수행하였다.

검출률에 대한 산출식과 목표 검출률는 다음과 같다.

$$\text{검출률} = \frac{\text{자동검출된 도로표지 후보 중 유효 도로표지 수}}{\text{수집 대상지 내 실제 도로표지 수}} \times 100 = 100\%(\text{목표 검출률})$$

2. 속성정보 추출 모듈

가. 연구수행 결과

속성정보 추출 모듈은 문자정보의 인식, 기호정보의 인식, 문자정보와 방향정보의 매칭 기능을 개발하였다. 문자정보의 인식은 문자 영역의 추출, 정보의 인식과 인식률 제고를 위한 안내지명 사전을 포함하고 있다. 기호정보의 인식은 방향지시 영역의 검출과 방향정보의 인식을 포함하고 있다. 연구수행 결과를 이용하여 다양한 현장조사를 통해 수집한 영상을 이용해 테스트를 수행하였으며, 그 검증에 있어 아래와 같은 조건 및 방법을 적용하였다.

나. 검증방법

RRAP는 관련 규정을 준수하여 설치한 도로표지의 속성추출을 기본으로 개발하지만, 그 외 도로표지의 경우에도 속성추출이 가능토록 하여야 하며, 표준 도로표지와 불규칙적 도로표지의 정의는 다음과 같다.

도로표지 속성정보 추출은 도로표지규칙, 도로표지 제작·설치 및 관리지침 등 관련 규정에서 정하고 있는 방향별 안내지명 개수 및 표기방법에 따른 도로표지를 표준 도로표지라 정의한다. 그 외 방향별 안내지명의 과다표기, 표기 위치의 부적정, 글씨크기의 축소, 타시설물에 가림, 가로수에 가림, 불규칙적 그림자 등의 원인으로 인해 판독에 어려움이 있는 경우를 불규칙적 도로표지로 정의한다.



그림 2-286 표준도로표지 예



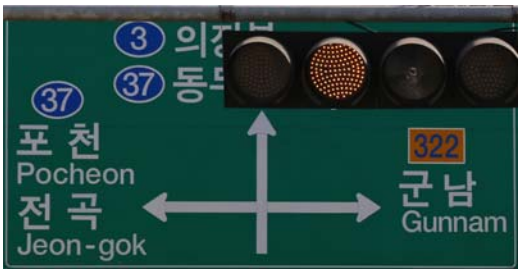
[나뭇가지 가림]



[안내지명 과다표기, 글씨크기 축소]



[시설물 가림]





[불규칙적 그림자]



[표기위치의 부적정]

그림 2-287 불규칙적 도로표지 예

속성정보 추출은 위의 불규칙적 도로표지에 대해서는 불가능한 경우가 있는데 이 경우,

미인식과 오인식의 경우로 구분하여 처리 한다. 미인식이라 함은 정보가 존재할 경우에 정보를 인식하지 못하는 경우이며, 도로표지판 전체의 미추출로 인해 속성정보 전체를 인식하지 못한 경우와, 위의 불규칙적 도로표지로 인해 일부 정보가 인식되지 못한 경우를 말한다. 또한 오인식 이라함은 원 정보와 다르게 인식하는 경우로써, 이 경우도 대부분 불규칙적 도로표지에 기인한다.

도로표지판의 추출을 수행하지 못하였을 경우 및 판 추출 이후 속성정보의 일부가 추출되지 못하였을 경우에 시설물 등에 의한 가림 등 사람의 눈으로 인식이 불가능한 경우는 추출 대상에서 제외한다. 또한, 사람의 눈으로 인식이 가능한 경우는 추출률에 포함시키되, 향후 알고리즘 보완 후 추출이 가능토록 한다. 속성정보의 인식 결과가 실제 정보와 다르게 추출되었을 경우는 '오인식'으로 구분하여 추출률에 포함시키되, 향후 알고리즘 보완 후 추출이 가능토록 한다. 위의 추출률 제외 대상은 관리자 또는 사용자가 알 수 있도록 알람을 주도록 한다.

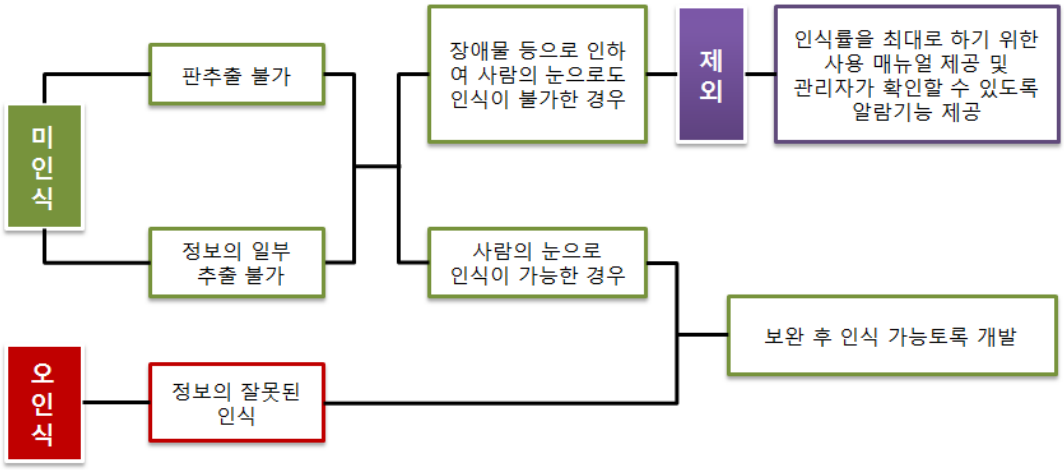


그림 2-288 도로표지 추출 분류 및 정의

평가 지표는 제안한 기법으로 구축된 도로표지 정보가 현실 세계에 존재하는 도로표지 정보 대비 얼마나 재현되었는지 검증하기 위해 아래 식과 같이 추출률, 인식률 그리고 총인식률로 계산할 수 있다.

$$\text{추출률} = \frac{\text{추출정보개수}^{*}}{\text{대상정보개수(전체정보개수} - \text{제외)}} \times 100$$

$$\text{인식률} = \frac{\text{정인식정보개수}}{\text{추출정보개수}} \times 100$$

$$\text{총인식률} = \frac{\text{정인식개수}}{\text{대상정보개수(전체정보개수} - \text{제외)}} \times 100$$

* 추출정보개수 : 대상정보개수 내에서 추출된 정보개수

추출률은 대상정보개수, 즉 도로상의 도로표지 전체 정보개수에서 장애물에 의한 가림 등으로 인식이 불가능한 ‘제외’의 경우를 뺀 개수 대비 추출된 정보 영역의 개수로 나타낸다. 추출된 정보의 영역이란, 문자나 기호가 표기된 부분을 추출해서 그 의미를 찾아내는 인식 단계 전단계를 말한다. 실제 문자나 기호가 표기된 부분 이외에 과 추출된 부분은 제외한 값을 적용한다.

인식률은 추출 정보개수 대비 정확한 의미를 찾아낸 문자나 기호를 말한다. 추출된 정보 대비 인식된 정보를 나타내는 것으로써, 대상 정보와는 차이가 있다. 즉 인식률은 문자영역에 대한 정보인식의 성능을 검증할 수 있는 것이다.

총인식률은 대상 정보개수 대비 추출과정을 거쳐 최종 인식된 정보의 개수를 나타내는 것으로써, 속성추출모듈의 결과적 성능을 검증하기 위한 것이다. 도로표지 총인식율 검증은 다음의 단계를 거친다. 기본적으로 추출률은 표지판의 개수와 관계없이 ‘정보의 수’로 검증하며, 추출정보수와 전체 정보 수 대비로 나타낸다.

첫째, 속성추출 대상의 개수를 전체 정보수로 정한다. 둘째, 검출 대상 정보 수에서 정확한 추출 결과에 대해 산출하며, 1개의 지명을 1개 정보수로 정한다. 셋째, 검출되지 못하거나 잘못 검출된 경우, 즉 위의 미인식과 오인식의 경우를 산출한다. 넷째, 미인식의 경우 제외대상을 산출하여 속성추출 대상의 개수에서 제외한다. 다섯째, 검출된 속성 개수 대비 검출되지 못한 속성(오인식과 미인식 일부)값을 검출률로 제시한다.

3. 속성정보 분석 모듈

가. 연구수행결과

본 연구의 수행결과는 도로표지 데이터베이스의 내용 및 위치정보와 도로표지 영상정보 자동감지 및 분석시스템(RRAP)의 현장 조사결과 간의 비교·분석을 수행할 수 있는 도로표지 속성정보 자동분석 S/W를 개발하였다. 이 S/W는 일치성 분석과 적합성 분석을 동시에 수행할 수 있도록 개발하였으며, RRAP의 연동모듈과의 원활한 데이터 입력 및 전송을 위하여 텍스트 기반의 인터페이스 환경에 부합하도록 S/W를 개발하였다.

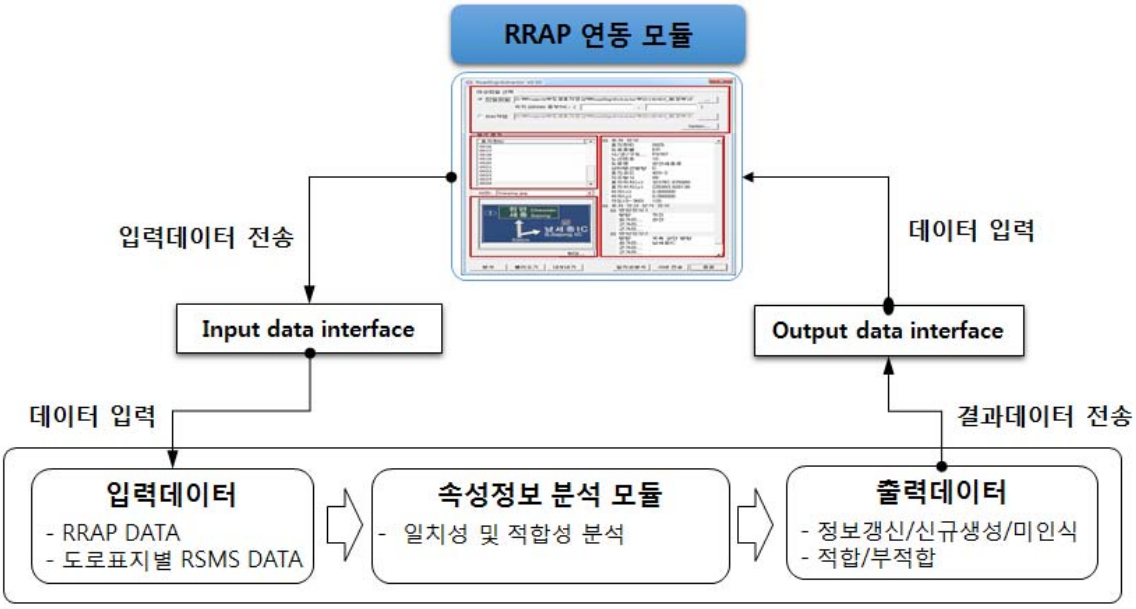


그림 2-289 본 연구의 수행 결과

나. 검증방법

본 연구에서 개발한 도로표지 속성정보 분석 모듈은 일치성 분석 모듈과 적합성 분석 모듈로 구성된다. 각 분석 모듈에 대한 검증방법으로는 도로표지 위치(ID) 매칭율(%)과 적합성 분석결과 일치율(%)과 같이 두 가지의 지표를 적용하였다.

먼저, 일치성 분석 모듈의 검증을 위한 도로표지 위치(ID) 매칭율(%)은 속성정보 추출모듈에서 추출된 도로표지건수 대비 매칭된 도로표지 건수로서 산출방법은 다음과 같다.

$$\text{도로표지 위치}(ID)\text{ 매칭율}(\%) = \frac{\text{매칭 도로표지 건수(건)}}{\text{전체 추출 도로표지 건수(건)}} \times 100$$

적합성 분석결과 일치율(%)은 수동으로 적합성 분석을 판단한 결과 대비 RRAP의 자동 판단결과와의 일치율로서, 산출방법은 다음과 같다.

$$\text{적합성 분석결과 일치율}(\%) = \frac{RRAP\text{자동 적합성 판단결과 도로표지 건수(건)}}{\text{수동 적합성 판단결과 도로표지 건수(건)}} \times 100$$

제3장 최종 연구성과 및 적용실적

제1절 최종 연구성과

1. 최종성과물의 정의

본 연구개발 성과의 세부과제별, 연차별 기술 개발 로드맵은 다음 그림과 같다. 핵심성과는 그림의 최종성과물로 정의하였다. 본 핵심성과별 상세 설명 및 적용 실적을 기술하였다.

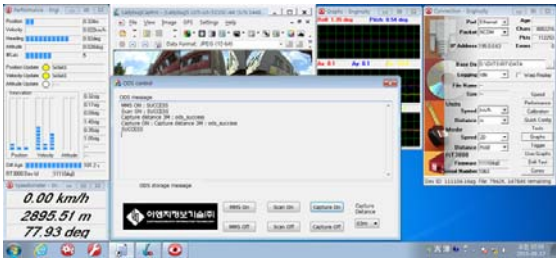
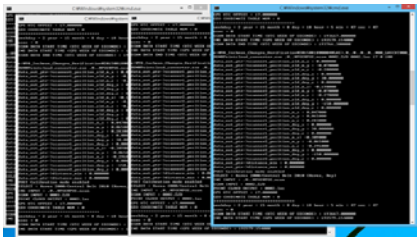


그림 3-1 기술로드맵 및 핵심성과

2. 연구성과별 정의

가. 영상정보 수집, 분류 모듈

영상정보 수집, 분류 모듈은 MMS를 활용하여 도로의 영상공간정보를 수집 및 처리하여 수집정보 내에 존재하는 도로표지의 검출과 해당 도로표지의 관련 속성정보를 추출하는 기술로써 핵심성과의 세부 내용은 다음과 같다.

가. 영상정보 수집 분류 기술	
정의	멀티센서 기반의 MMS(Mobile Mapping System)를 활용하여 도로의 영상공간정보를 수집하고, 이를 처리하여 수집정보 내에 존재하는 도로표지의 검출과 해당 도로표지의 관련 속성정보를 추출하는 기술로써 영상정보의 수집을 위한 도로표지 조사차량과 수집 SW, 후처리 및 캘리브레이션 SW 외에 영상정보 분류를 위한 도로표지 검출 SW 등으로 구성된 시스템도로표지 자체의 영상과 속성정보를 추출할 수 있는 기능을 제공함
목적	o 도로 상에서 도로표지 영상정보의 수집 o 수집된 영상정보에서 도로표지 부분 추출 및 정사영상 제작 o 도로표지의 위치좌표, 판의규격, 지주의 형태 등 추출하여 분류
대표 이미지	 도로표지 조사차량  영상공간정보 수집 SW  후처리 및 캘리브레이션 SW 시제품  도로표지 검출 SW 시제품
성능수준 (질적성과)	(기존기술 수준) - 도로표지 자동 검출률 및 위치 정확도 : 현재까지 MMS를 통해 수집된 영상공간정보 기반 도로표지의 자동 검출 및 검출된 도로표지의 위치 측정기술이 실용화 된 사례 없음. (개발기술 수준) - 영상공간정보 내 도로표지 검출률 100%, 검출 도로표지의 위치정확도 0.7m 이내로 도로표지 데이터베이스 구축부문에 실제 적용 가능한 수준임. (개발기술 수준 설정근거) - MMS를 통해 수집된 영상공간정보 내 자연영상과 점군정보를 기반으로 도로표지 후보를 검출 후 위치를 측정하고 이를 사용자가 편리하게 접근 및 확인, 결정할 수 있도록 하는 것이 위치기반 도로표지 데이터베이스 구축에 있어 효율성을 좌우하는 가장 중요한 요소이며, 본 성과는 이러한 부분을 만족시킬 수 있는 성능을 보이고 있음.

나. 속성정보 추출 모듈

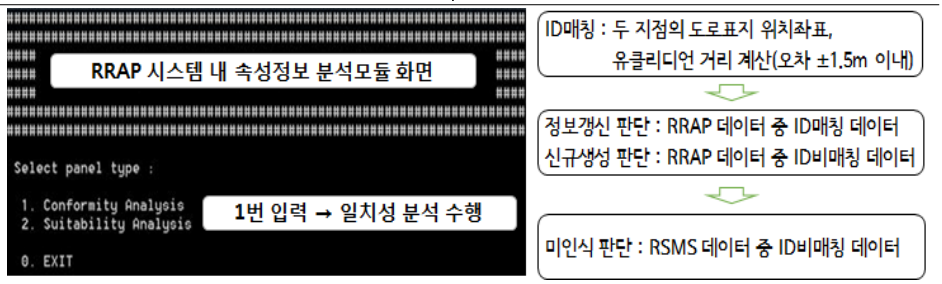
속성정보 추출모듈은 도로표지 영상정보에서 문자, 기호 영역을 추출 및 인식하여 데이터베이스를 구축하기 위한 프로그램으로써 핵심성과의 세부 내용은 다음 표와 같다.

나. 속성정보 추출 기술	
정의	도로표지 영상정보에서 문자, 기호 영역을 추출하고 속성을 인식하여 데이터베이스를 구축하기 위한 통합 프로그램
목적	o 도로표지 영상정보에서 문자 부분의 추출 및 인식 o 화살표와 안내지명의 방향별 속성정보 구축 o 방향별 안내지명 및 노선번호에 대한 데이터베이스 구축
대표 이미지	 <속성추출 프로그램 UI>  <속성추출 및 매칭 결과>
성능수준 (질적성과)	(기존기술 수준) - 문자인식율 : 오픈소스 45% 이하, 문자인식 상용제품 중 최고 수준 60%이하 - 방향정보의 인식 및 매칭 : 현재 관련기술 및 제품 없음 (개발기술 수준) - 추출율 95%이상, 인식율 95%이상, 방향정보 인식 및 매칭 95% 이상 (개발기술 수준 설정근거) - 자연영상에서 일정하지 않은 패턴의 문자 및 기호 인식 부분에서 패턴인식과 GIS분석을 보완한 실용화 수준

다. 속성정보 분석 모듈

속성정보 분석모듈은 도로표지 데이터베이스의 내용 및 위치정보와 도로표지 자동분석 차량 플랫폼(RRAP)의 조사결과 간 비교·분석을 수행하는 모듈로서, 이 모듈이 RRAP시스템과 효율적으로 연동이 가능해지도록 텍스트 기반으로 도로표지 속성정보 자동분석 S/W를

개발하였다. 이에 대한 핵심성과의 세부 내용은 다음과 같다.

<table>
<tr><th colspan="2">속성정보 분석 모듈 개발</th></tr>
<tr><td>정의</td><td>도로표지 데이터베이스의 내용 및 위치정보와 도로표지 자동분석 차량 플랫폼(RRAP)의 조사결과 간 비교・분석 기술</td></tr>
<tr><td>목적</td><td>o 도로표지 속성정보 분석을 위한 S/W모듈 개발</td></tr>
<tr><td>대표
이미지</td><td> 

<속성정보 분석프로그램(일치성 분석) 실행화면></td></tr>
<tr><td>성능수준
(질적성과)</td><td>(기존기술 수준)
- 인력에 의한 수동조사 및 입력 수준
(개발기술 수준) MMS 차량에 의한 도로표지관리시스템 DB 갱신
- 도로표지 위치(ID) 매칭율 (RRAP에서 추출된 도로표지 개수 대비 도로표지 매칭건수) 100%
- 도로표지 적합성 분석율 (분석대상 도로표지의 적합성 판단결과 일치율) 100%</td></tr>
</table>

제2절 적용실적

1. 테스트베드 적용

가. 도로표지 조사차량 시제품 테스트베드 적용

(1) 개요

도로표지 조사차량 시제품의 테스트베드 적용을 위한 전체적인 작업 흐름은 다음과 같다.

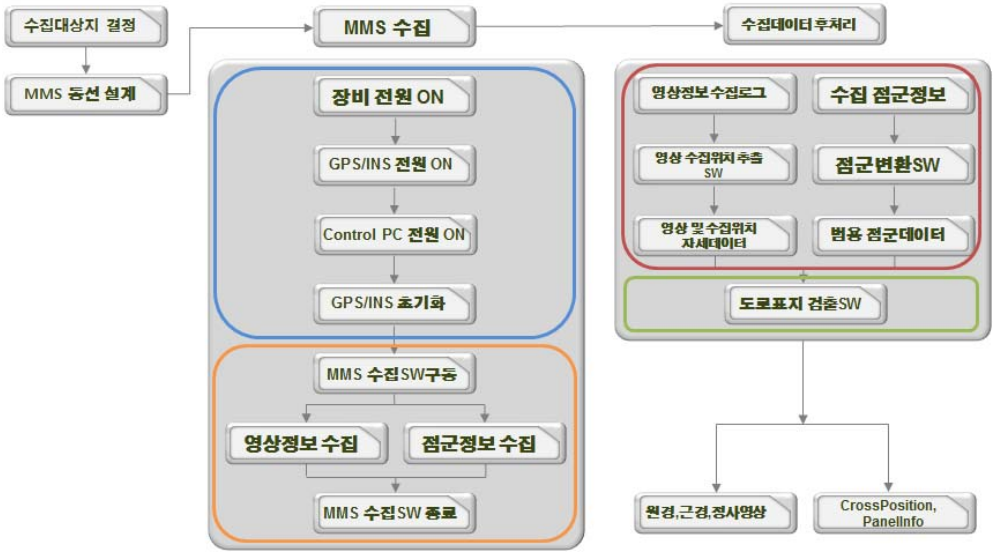


그림 3-8 도로표지 조사차량 시제품의 수집 및 후처리 흐름도

(2) 테스트 베드 선정 및 특징

테스트베드 지역은 서울 강남구와 인천 청라지구로 선정하였으며, 이 중 서울 강남구는 고층빌딩과 많은 교통량이 있는 대표적인 밀집지역으로 기존 도로표지 DB가 양호하게 구축 및 관리 되는 지역으로 본 연구과제의 성과를 기반으로 기존에 관리되고 있는 데이터베이스 갱신의 효율 및 실효성을 검토하기 위하여 선정하였다.

인천 청라지구는 고층빌딩과 아파트, 개활지가 혼재되어있는 지역으로 기존 시가지 지역은 도로표지 DB가 구축되어 있으나, 신시가지인 개발지역은 현재 도로표지 DB가 존재 하지 않는 지역이다. 이 지역은 기존 시가지의 도로표지 DB가 갱신되어야 할 지역과 신규 도로표지 DB가 구축되어야 할 지역이 혼재되어 있으며, 특히 신규로 도로표지 DB를 구축하는 대표적인 사례로써 테스트베드로 선정하였다.



서울특별시 강남구　　인천광역시 청라지구

그림 3-9 테스트베드 지역

(3) 동선설계

테스트베드 지역에 대한 도로표지 조사차량 시제품을 이용한 영상공간정보 수집을 위해 대상지 동선 설계를 진행하였으며, 해당 설계는 단위 동선마다 고유번호를 부여하는 방식으로 수행하였으고, 단위 동선은 도로명주소체계를 기반으로 설정하였다.

설계된 동선을 효율적으로 수집할 수 있도록 현장조사 수행 후 도로표지 조사차량의 실제적인 이동 동선을 설계하였으며, 그 결과 서울 강남구의 동선 설계 연장은 91.64km, 인천 청라지구 설계 연장은 111.07km로 산출되었다.

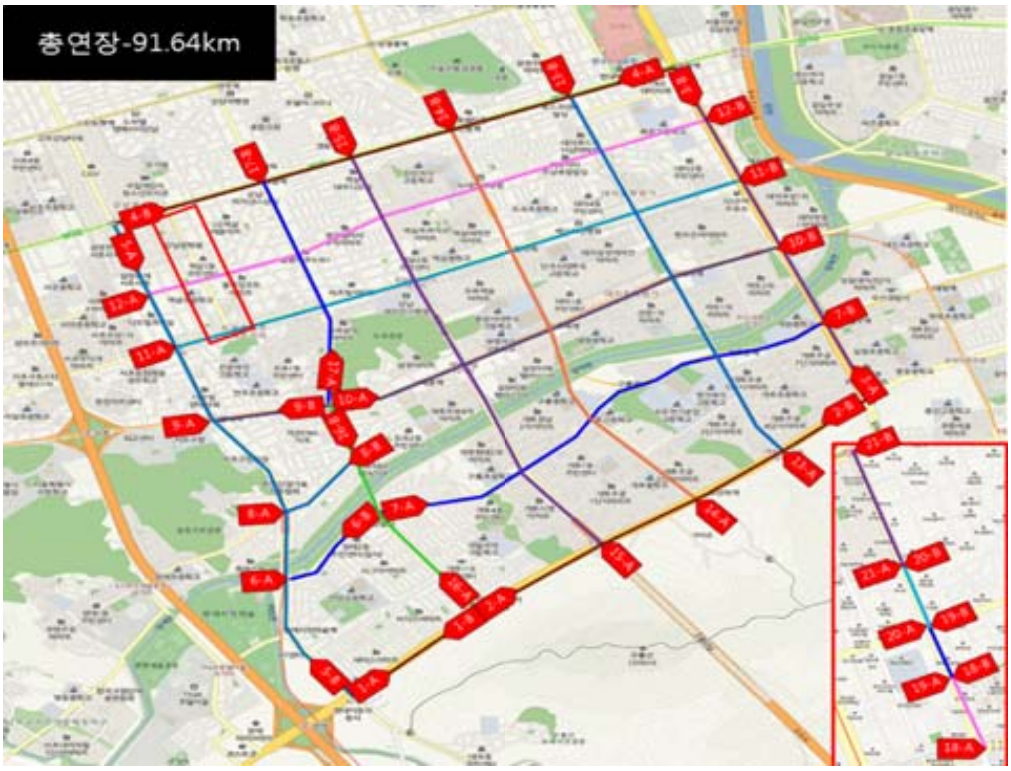


그림 3-10 서울 강남구 테스트베드 지역 동선 설계



그림 3-11 서울 강남구 테스트베드 지역 이동 동선

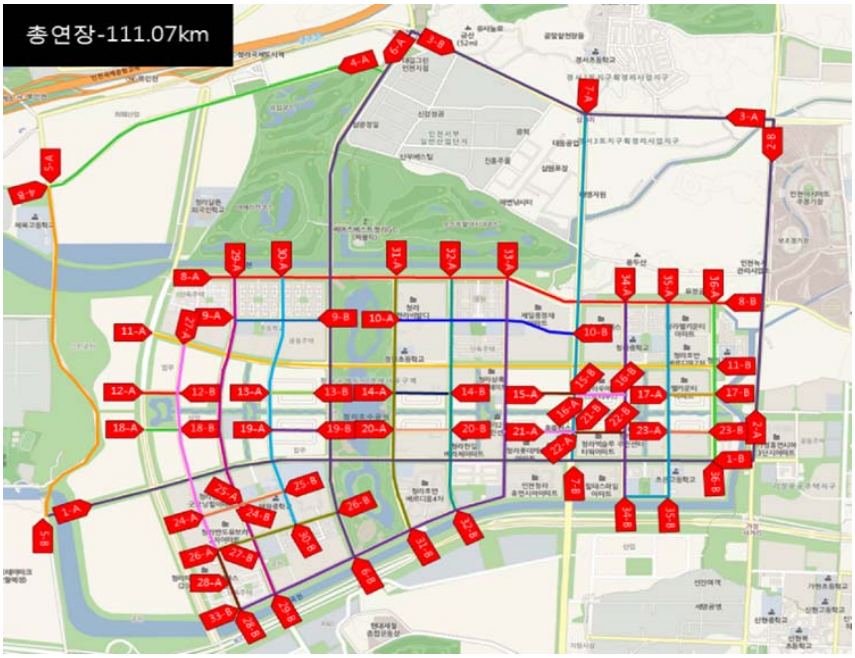


그림 3-12 인천 청라지구 테스트베드 지역 동선 설계



그림 3-13 인천 청라지구 테스트베드 지역 이동 동선

(4) 테스트베드 도로표지 조사(영상공간정보 수집)

영상공간정보 수집은 설계 동선을 바탕으로 이동 동선계획에 맞추어 도로표지조사차량 시제품을 운용하여 수집 작업을 진행하였으며, 테스트베드 지역 내 서울 강남구 일원의 계획된 전 지역에 대하여 데이터 취득을 수행하였다. 추가로 인천 청라지구의 경우 도로표지가 신형 도로표지인 관계로 DSLR 카메라를 이용한 영상정보 수집을 실시하여 속성정보 추출 모듈에서 다양한 테스트를 진행 할 수 있는 입력 데이터를 확보하였다.

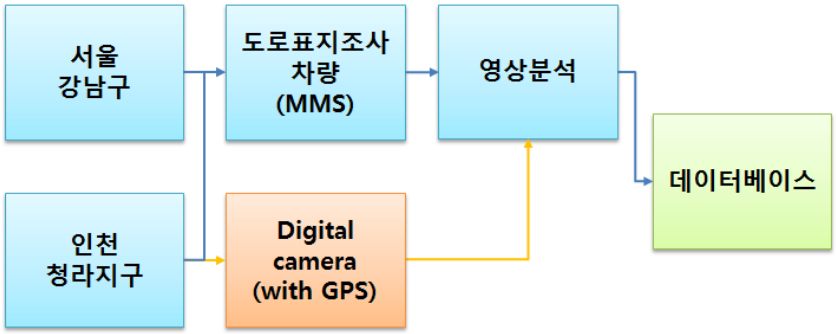


그림 3-14 테스트베드 지역 영상공간정보 수집 및 DB구축 흐름



그림 3-15 테스트베드 지역 데이터 취득

(5) 테스트베드 도로표지 검출

서울 강남구 일원 테스트베드 지역에서 취득된 영상공간정보로부터 도로표지 검출작업을 시행하여 266개의 도로표지를 추출하였으며 아래 그림의 붉은색 지점이 도로표지가 추출된 지점의 위치를 나타낸 것이다.

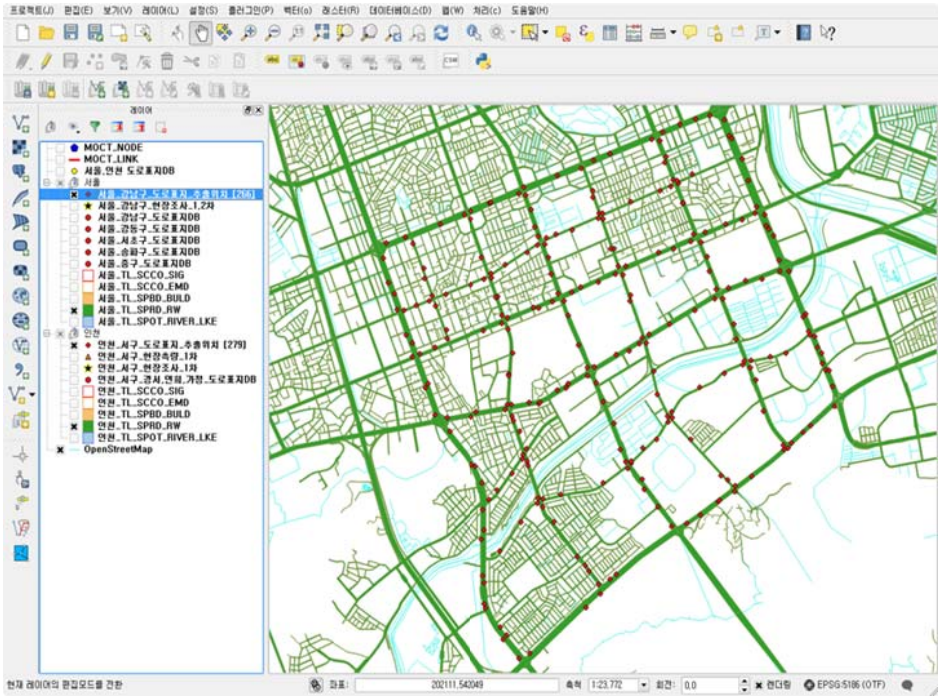


그림 3-16 서울 강남구 테스트베드 지역 도로표지 검출 결과

인천 청라지구 테스트베드지역에서 취득된 데이터로부터 도로표지판 검출을 시행하여 279개의 도로표지판을 검출하였으며 아래 그림의 붉은색 포인트가 도로표지가 추출된 지점의 위치를 나타낸 것이다.

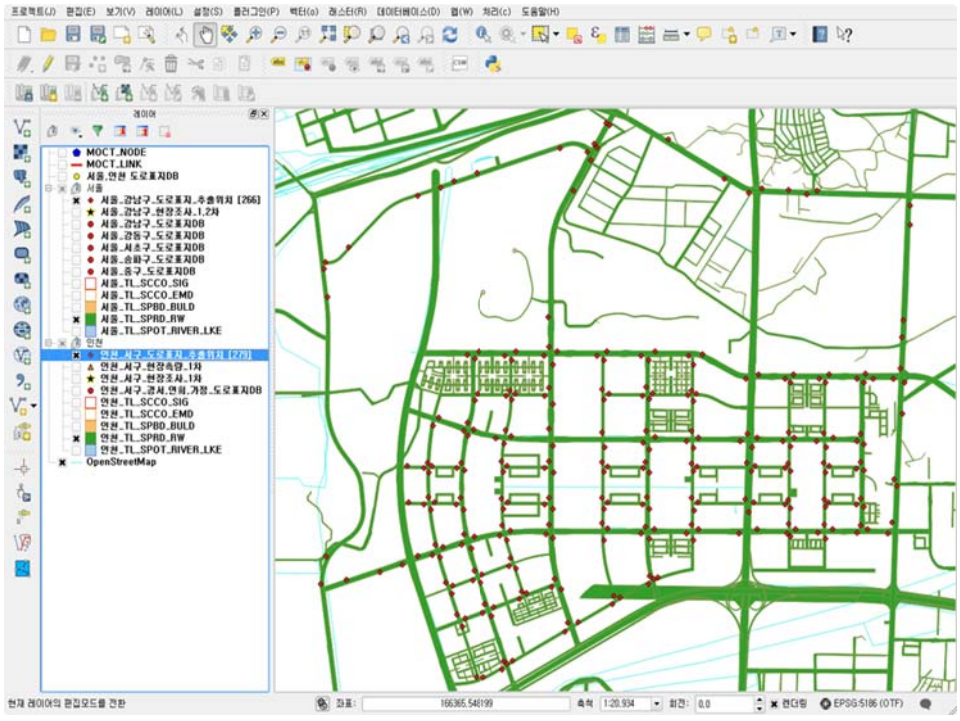
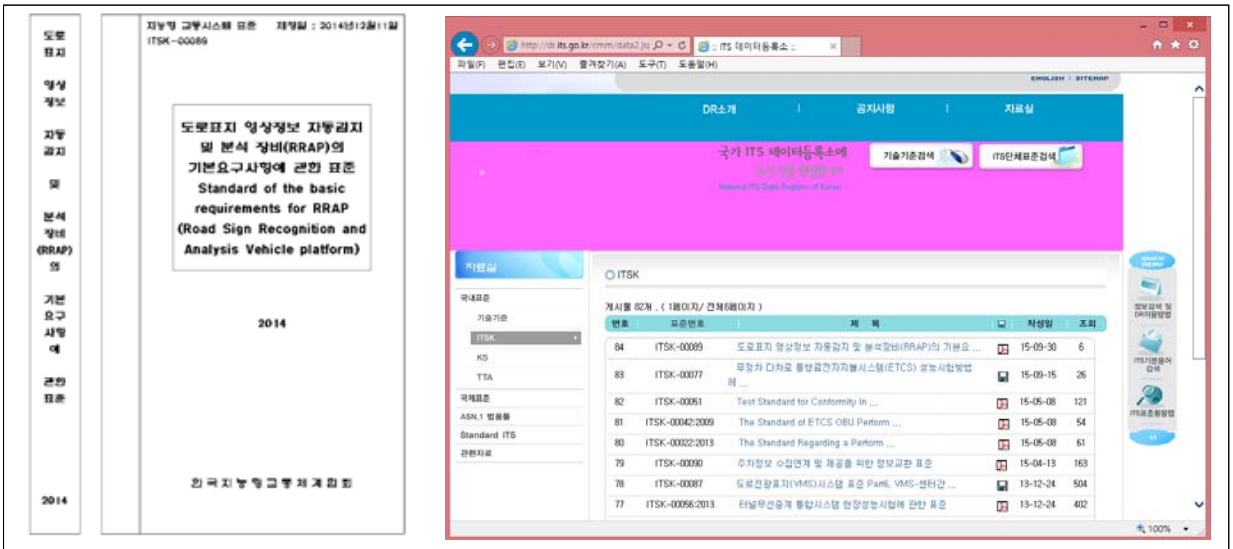


그림 3-17 인천 청라지구 테스트베드 지역 도로표지 검출 결과

2. 기타 적용실적

(1) 단체표준제정

속성정보 분석 모듈 개발의 적용 실적은 도로표지 조사차량 분석플랫폼(RRAP)의 기본요구사항을 정의하기 위하여 단체표준을 제정(2014년 12월 11일)한 것이다. 여기에는 하드웨어적으로 갖추어야 할 기본 성능과 플랫폼 내 분석 모듈 간 정보의 흐름을 제시하고 있다. 또한 현재 국토교통부에서 운영하고 있는 도로표지관리시스템과의 호환성 및 장비의 확장성을 확보하고 이를 기반으로 도로표지 관리시스템의 정보 및 시스템의 품질 향상을 도모하고자 한다.



<단체표준> <출처: ITS 데이터등록소(국내표준→ITSK)>

그림 3-18 단체표준 제정 실적

(2) 연구성과 홍보

속성정보 추출 모듈을 포함한 본 연구개발 성과인 RRAP에 대해 각종 전시회 및 세미나를 통해 소개하였다.

‘14년 9월 16일 중국 국가측회지리신식국(國家測繪地理信息局) 관계자 대상 공간정보기술 소개 세미나를 실시했다. 국토교통부 국토지리정보원의 요청으로 한중 측량 및 지도제작 기술협력회의 일환으로 실시되었다. 우리 연구원은 내방한 중국 국가측회지리신식국 관계자 3인을 대상으로 본 연구개발 성과물인 RRAP에 대한 소개 세미나를 실시했다.



그림 3-20 중국 국가측회지리신식국 대표단과의 연구성과 세미나

‘14년 6월 12일에서 13일 양일간 국토교통부와 한국도로공사 주관으로 경기 화성시 소재 도로교통연구원에서 ’제1회 도로 안전・관리 기술교류회’를 개최하였다. 도로관리기관간 안전・유지관리 기술을 교류하고 2015년 개최 예정인 ’서울 세계도로대회’를 대비해 네트워크를 구축하기 위한 행사이며, 지방국토관리청, 지자체, 도로교통 관련 학회 등이 참여하였다. 본 연구개발 성과인 RRAP의 장비를 전시하고 소프트웨어를 시연하였다.



그림 3-21 국토교통부 주관 제1회 도로 안전, 관리 기술 교류회 전시

또한, ‘14년 9월 16일부터 필리핀에서 개최된 ADB(Asia Development Bank)포럼은 아시아 태평양 지역의 교통 전문가들이 모여 400개 이상의 연구 프로젝트, 정책, 이슈 등에 대한 토론 행사에 본 연구개발 성과물은 RRAP에 대해 소개 및 전시를 하였다.

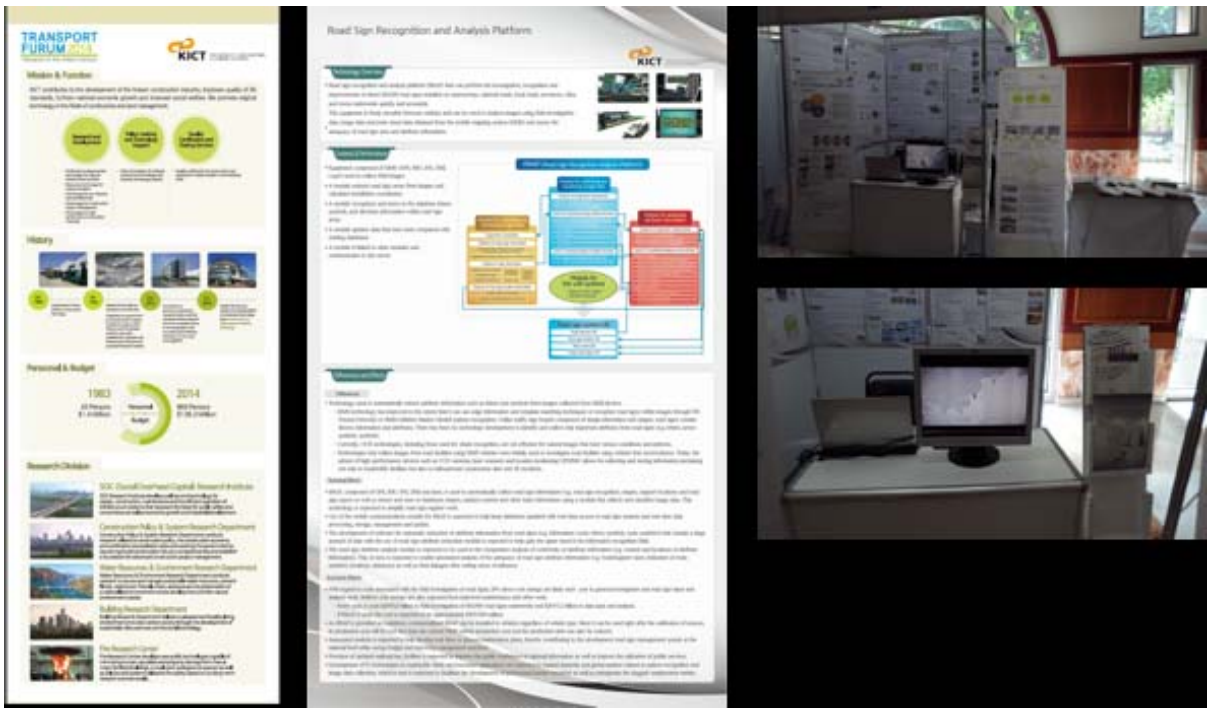


그림 3-22 필리핀 ADB 포럼 도로교통분야 KICT 대표 연구성과 전시

몽골의 도로교통부, RTDC(Road, 울람바타르시청의 도로 계획, 관리 관련 공무원을 초빙, 본 연구개발 성과와 아울러 도로표지 계획, 설치 및 관리 기술에 대한 세미나를 실시하였다. 현재 몽골은 도로 부대시설이 부족하여 ODA 또는 EDCF 사업을 통해 부대시설을 건립하고, RRAP의 해외 현지화와 수출이 가능할 것으로 예상된다.



그림 3-23 몽골 도로교통부, 울람바타르시 공무원 대상 연구성과 세미나

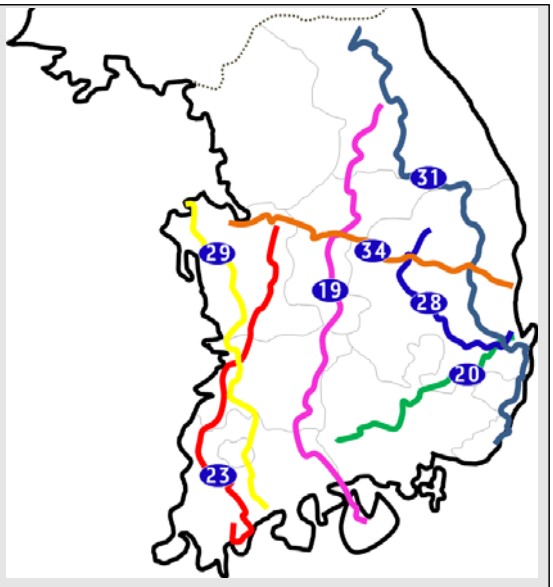
제3절 기술실시 및 적용사례

국토교통부에서 운영하고 있는 도로표지시스템은 전국 도로표지 정보를 제공하고 있어, 도로관리청에서는 도로표지의 각종 통계 산출, 도로표지 관리, 민원처리, 분석 등의 업무를 수행하고 있으며, 민간에서는 도로표지 정보 취득, 민원 제기 등의 기능을 활용할 수 있다. 또한, 민간 내비게이션 업체에서는 도로표지 정보를 포함하여 서비스 하기 위해 사진, 속성 등의 정보와 위치정보를 요구하고 있다.

이에 국도교통부에서는 정부 3.0과 아울러 민간의 데이터 제공 요구에 대응하기 위해 우선적으로 일반국도에 대해 좌표기반의 데이터베이스 구축을 연차적으로 추진하고 있다. '15년도에는 7개노선을 대상으로 도로표지 데이터베이스 갱신 용역을 추진하고 있다.

표 3-1 도로표지 데이터베이스 갱신 용역 대상 노선

노선(호선)	연장(km)	구간
19	443.9	남해~홍천
20	230.2	산청~포항
23	372.8	강진~천안
28	192.9	영주~포항
29	294.6	보성~서산
31	608.3	부산~신고산
34	271.4	당진~영덕
합계	2,414.1	



<2015년도 조사지역 노선도>

출처: 국토교통통계누리, http://stat.molit.go.kr

용역의 내용은 조사대상 일반국도의 현장에 있는 도로표지 전수조사를 수행하고, 전수조사를 통해 수집된 자료(사진정보, 위치정보, 속성정보 등)를 도로표지 관리/안내시스템의 데이터베이스를 갱신토록 하는 것이다.

도로표지 데이터베이스 갱신은 토털스테이션 등의 일반 측량방법을 이용할 때 그 기간 및 예산 측면에서 수행이 불가능 하다. 따라서 본 연구개발 결과를 활용하기 위해 공동연구기관인 이엔지정보기술에서 속성정보 추출 기술을 이전하여 실시토록 하였다.

제4장 연구목표 달성 및 효과

제1절 연구개발 최종목표 달성도

1. 개요

본 연구개발 목표에 따른 핵심성과는 제3장에서 서술한 바와 같이 영상정보 수집/분류 기술, 속성정보 추출 기술, 속성정보 분석기술로 정의한다. 본 절에서는 핵심성과별 수행한 테스트베드의 적용 결과를 기술한다. 핵심성과에서 정의한 각 검증방법에 따른 전수조사를 통해 달성도를 제시하였다. 또한 세부 테스트 과정은 부록에 첨부하였다.

2. 영상수집, 분류 모듈

영상수집, 분류 모듈은 도로 상의 실세계 영상공간정보를 수집하고, 이를 통해 위치기반 도로표지의 검출 및 관련 영상정보와 속성정보의 추출을 수행하기 위한 솔루션으로서, 캘리브레이션 SW 및 도로표지 조사차량과 도로표지 조사데이터 수집 SW의 개발을 통해 신속하고 안전하며 정확한 영상공간정보의 수집을 가능하게 하였고, 도로표지 검출 SW의 개발을 통해 수집된 영상공간정보로부터 효율적인 도로표지의 검출 및 각종 관련 정보를 용이하게 추출할 수 있도록 하여 보다 신속하고 효율적이며 정확하게 위치기반의 도로표지 DB를 구축 및 갱신할 수 있는 토대를 마련하였다.

영상수집, 분류 모듈의 대표적인 구성요소 중 하나인 도로표지 조사차량의 경우 멀티센서 기반의 MMS로서 현재까지는 MMS가 비용 및 기술, 제도 등의 제약으로 일부 측량분야 및 포털 사이트의 위치기반 영상서비스용 영상정보 수집분야에서만 사용되어오던 것을 본 연구를 통해 도로표지를 포함한 각종 도로시설물에 대한 유효정보를 추출하고 이를 데이터베이스화하는 분야에까지 폭넓게 활용할 수 있다는 가능성을 보여주었다.

또한, 도로표지 조사차량을 통해 수집된 영상공간정보로부터 도로표지를 자동 검출할 수 있는 기술을 개발하고 도로표지 검출 SW에 이를 구현함으로써 그 동안 교통표지에 국한되어 오던 도로시설물의 검출 및 인식기술 개발 분야를 도로표지 부문까지 확대 및 해당 부문을 선점할 수 있는 기술적 기반을 마련하였다.

본 연구개발의 최종 성과로는 수집된 영상공간정보 내 추출 도로시설물의 평균 위치정확도 0.7m 이내, 영상공간정보 내 도로표지 자동 검출률 100%를 달성 하였다. 이는 도로표지 DB의 신속하고 효율적인 구축 및 갱신을 위한 상용화 가능한 수준의 성과라고 판단된다.

본 연구를 통해 테스트베드를 지정하고 연구개발 성과를 실제 적용하였으며, 테스트베드 중 하나인 인천광역시 서구에서 도로표지 조사차량 프로토타입(2차년도 성과, 목표 정확도는 1.75m 이내)과 시제품의 위치정확도 비교 및 검증을 수행하였고, 서울특별시 강남구에서 도로표지 검출 SW 시제품을 사용하여 도로표지 자동검출률의 측정을 수행하였다. 그 결과,

인천광역시 서구에서 수행한 정확도 검증 결과와 서울특별시 강남구에서 수행한 검출률 측정 결과는 아래와 같으며, 정확도는 평균 0.461m로 0.7m이내인 연구목표를 달성하였고, 검출률은 100%로 역시 연구목표를 달성하였다.

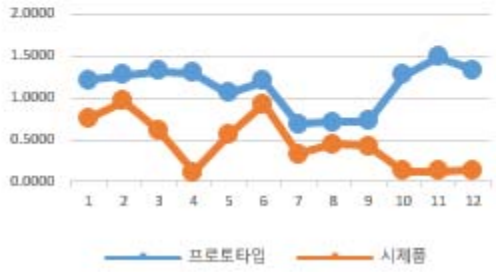
측량 X	측량 Y	측정 X	측정 Y	Diff X	Diff Y	Dist
166795.2370	549192.6030	166794.3280	549193.4060	0.9090	-0.8030	1.2129
167103.7550	549192.0030	167102.7660	549192.8130	0.9890	-0.8100	1.2784
167411.2840	549191.4420	167410.2660	549192.2810	1.0180	-0.8390	1.3192
167833.9330	549190.6420	167832.9220	549191.4690	1.0110	-0.8270	1.3062
168182.1980	549190.2570	168181.7500	549191.2190	0.4480	-0.9620	1.0612
168556.4840	549189.7140	168555.7340	549190.6560	0.7500	-0.9420	1.2041
169014.3500	549020.0840	169013.8910	549020.5940	0.4590	-0.5100	0.6861
169324.5930	549015.8030	169324.2810	549016.4380	0.3120	-0.6350	0.7075
169596.0010	549018.7780	169595.8910	549019.5000	0.1100	-0.7220	0.7303
169891.3110	549015.4060	169890.9220	549016.6250	0.3890	-1.2190	1.2796
170019.9550	549016.4980	170019.1880	549017.7810	0.7670	-1.2830	1.4948
170178.7800	549016.5440	170178.1410	549017.7190	0.6390	-1.1750	1.3375
					평균 :	1.1348

도로표지 조사차량 프로토타입 정확도 측정



정확도 측정용 도로표지

측량 X	측량 Y	측정 X	측정 Y	Diff X	Diff Y	Dist
166795.2370	549192.6030	166794.5930	549193.0000	0.6440	-0.3970	0.7565
167103.7550	549192.0030	167102.8430	549192.3120	0.9120	-0.3090	0.9629
167411.2840	549191.4420	167410.6710	549191.5000	0.6130	-0.0580	0.6157
167833.9330	549190.6420	167834.0460	549190.6250	-0.1130	0.0170	0.1143
168182.1980	549190.2570	168181.7030	549190.0000	0.4950	0.2570	0.5577
168556.4840	549189.7140	168555.6250	549189.3750	0.8590	0.3390	0.9235
169014.3500	549020.0840	169014.3590	549019.7500	-0.0090	0.3340	0.3341
169324.5930	549015.8030	169324.3280	549015.4370	0.2650	0.3660	0.4519
169596.0010	549018.7780	169596.3280	549018.5000	-0.3270	0.2780	0.4292
169891.3110	549015.4060	169891.2340	549015.5000	0.0770	-0.0940	0.1215
170019.9550	549016.4980	170019.9680	549016.6250	-0.0130	-0.1270	0.1277
170178.7800	549016.5440	170178.8900	549016.6250	-0.1100	-0.0810	0.1366
					평균 :	0.4610



도로표지 조사차량 시제품 정확도 측정

그림 4-1 인천광역시 서구 정확도 검증 테스트 결과

항 목			수량(개)	예제
도로표지 후보 검출	검출 도로표지	자동경계 추출	149	
		수동경계 추출 – 배경분리 실패	93	
		수동경계 추출 – 장애물	15	
		수동경계 추출 – 역광	8	
		수동경계 추출 – 파손	1	
	비도로표지		63	
	기타		91	
계			420	

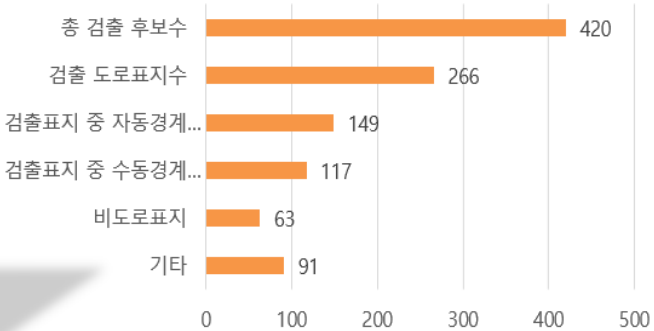


그림 4-2 서울특별시 강남구 검출률 측정 테스트 결과

3. 속성정보 추출 모듈

속성정보 추출 모듈은 도로표지 영상정보에서 문자, 기호 영역을 추출하고 속성을 인식하여 데이터베이스를 구축하기 위한 통합 솔루션으로써, 도로표지 영상정보에서 문자 부분의 추출 및 인식, 화살표와 안내지명의 방향별 속성정보 구축, 방향별 안내지명 및 노선번호에

대한 데이터베이스 구축을 목적으로 개발되었다.

기존 문자인식 OCR의 경우 45% 이하의 인식율을 보이고 있으며, 문자인식 상용제품 중 최고 수준 이라 할 수 있는 Abby FineReader의 경우도 다양한 경우의 도로표지 문자 인식을 테스트 하였을 경우 60%이하의 인식율을 보였다. 하지만 방향정보의 인식 및 매칭은 기존 제품 또는 개발된 기술이 없었다.

본 연구개발의 최종 성과로는 추출율 95%이상, 인식율 95% 이상, 방향정보 인식 및 매칭 95% 이상을 달성 하였다. 이는 자연영상에서 일정하지 않은 패턴의 문자 및 기호 인식 부분에서 패턴인식과 GIS분석을 보완한 실용화 수준으로 보여진다.

테스트베드를 구성하여 적용하였으며, 서울특별시 강남구의 경우 본 연구개발 결과에 따른 통합장비인 RRAP를 활용하였으며, 인천시 서구의 경우 RRAP 장비 중 GPS, CCD, INS 등의 하드웨어 장비를 제외하고 대신 DSLR 카메라를 이용하여 적용하였다. 이는 고가의 하드웨어 장비 없이 본 연구개발 결과를 활용할 수 있도록 테스트 한 것이다.

그 결과 서울 특별시 강남구의 경우 아래 그림과 같이, 문자 부분의 추출율, 인식율 및 총 인식율이 각각 98.86%, 98.26%, 97.14% 이었으며, 기호 부분은 각각 99.61%, 100%, 99.61% 이었다.

문자						기호					
정보수	추출수	추출율	인식수	인식율	총인식율	정보수	추출수	추출율	인식수	인식율	총인식율
699	691	98.86%	679	98.26%	97.14%	512	510	99.61%	510	100%	99.61%

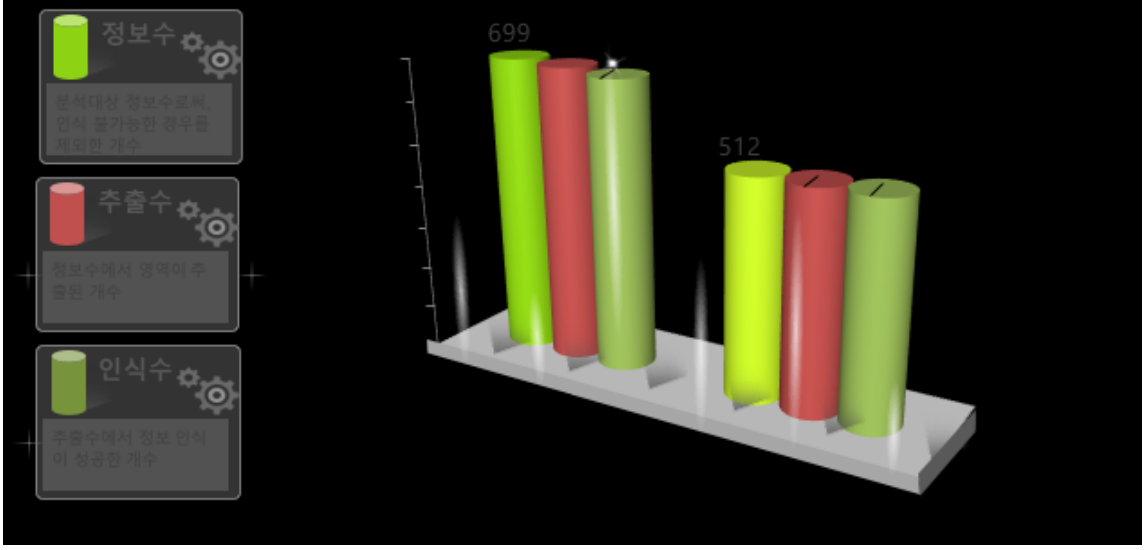


그림 4-3 서울특별시 강남구 테스트 결과

인천광역시 서구의 경우 아래 그림과 같이 문자 부분의 추출율, 인식율 및 총 인식율이 모두 100% 이었으며, 기호 부분은 각각 99.0%, 100%, 99.5% 이었다.

문자						기호					
정보수	추출수	추출율	인식수	인식율	총인식율	정보수	추출수	추출율	인식수	인식율	총인식율
1,141	1,141	100%	1,141	100%	100%	682	677	99%	677	100%	99%

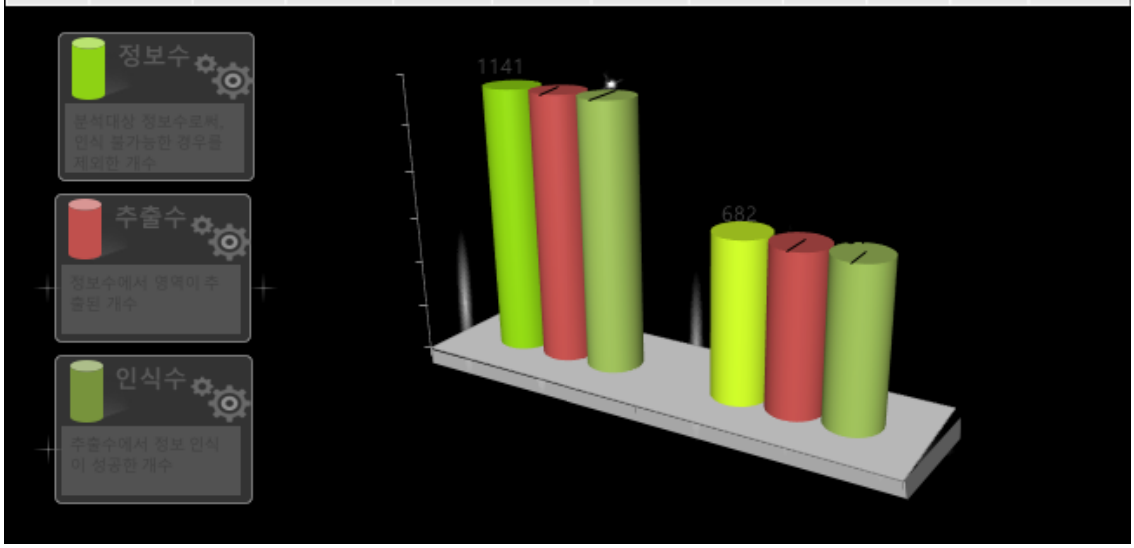


그림 4-4 인천광역시 테스트 결과

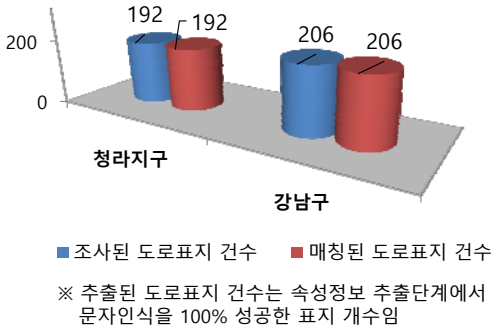
이 결과로 봤을 때, DSLR을 이용한 경우가 인식율이 약간 높은 것으로 나타났지만, 현장 조사의 난이도, 후처리 시간 등을 고려했을 때 RRAP 장비를 이용할 경우가 훨씬 효율이 높다고 할 수 있다. 또한, DSLR을 이용했을 때 도로표지의 정확한 위치를 측정할 수 없으며, 위치오차가 20m까지 발생 하는 경우가 있었다. 따라서, 정보의 정확도, 데이터베이스 구축의 효율성을 고려하면 RRAP를 이용하는 것이 최적이며, 하드웨어 구축이 어려울 경우 RRAP 소프트웨어만 활용하는 것도 가능하다고 할 수 있다.

4. 속성정보 분석모듈

속성정보 분석모듈의 핵심성과는 성과목표를 만족하는 분석모듈을 개발하는 것으로서 성과지표인 도로표지 위치(ID) 매칭율(%)과 방향표지 적합성 분석 결과 일치율(%)을 통해 성능기준 및 질적 성과를 알 수 있다. 도로표지 위치(ID) 매칭율(%)은 속성정보 추출모듈에서 추출된 도로표지건수 대비 매칭된 도로표지 건수이고, 방향표지 적합성 분석 결과 일치율(%)은 수동 판단결과 대비 RRAP 자동 판단결과 일치율이다. 이를 통해 도로표지 정보 갱신을 위한 데이터베이스 비교분석 작업 자동화로 데이터베이스 구축업무 효율을 극대화하고 향후 타 도로시설물 데이터베이스 구축 업무로의 활용이 가능할 것으로 기대된다.

테스트베스에서 RRAP 차량의 테스트 결과, 청라지구와 강남구 모두 도로표지 위치(ID) 매칭율은 100%로 나타났으며, 방향표지 적합성 분석 결과 일치율도 목표치인 100%를 달성하였다.

표 4-1 속성정보 분석모듈 최종목표 대비 달성도

<table>
<tr><td rowspan="2">구분</td><td colspan="4">속성정보 분석모듈 성과지표</td></tr>
<tr><td colspan="2">도로표지 위치(ID) 매칭율(%)</td><td colspan="3">방향표지 적합성 분석 결과 일치율(%)</td></tr>
<tr><td>테스트베드</td><td rowspan="6"> 

※ 추출된 도로표지 건수는 속성정보 추출단계에서 문자인식을 100% 성공한 표지 개수임</td><td>구분</td><td>적합</td><td>부적합</td><td>계</td></tr>
<tr><td rowspan="3">인천시
청라지구</td><td>수동 판단</td><td>88</td><td>104</td><td>192</td></tr>
<tr><td>RRAP 자동 판단</td><td>88</td><td>104</td><td>192</td></tr>
<tr><td>일치율(%)</td><td>100</td><td>100</td><td>-</td></tr>
<tr><td rowspan="3">서울시
강남구</td><td>수동 판단</td><td>175</td><td>26</td><td>201</td></tr>
<tr><td>RRAP 자동 판단</td><td>175</td><td>26</td><td>201</td></tr>
<tr><td>일치율(%)</td><td>100%</td><td>100%</td><td>-</td></tr>
</table>

제2절 연구개발 성과의 효과분석

GPS, IMU, INS, DMI, 레이져 등으로 구성된 RRAP는 영상정보 수집 분류 모듈을 이용하여 자동으로 표지판 정보(표지판 인식, 형태, 지주위치, 표지판 종류 등)의 수집이 가능해지며, 형태, 표기 내용, 기본정보의 추출 및 데이터베이스 구축 자동화를 통한 도로표지대장 작성 업무의 간소화가 기대된다. 또한, RRAP용 이동통신 모듈을 이용하여 도로표지시스템 실시간 접근을 통한 데이터의 실시간 처리, 저장, 관리 및 갱신으로 DB 비현시성 문제가 해결될 것으로 기대된다. 도로표지 속성정보 추출 모듈을 이용하여 많은 양의 데이터로 이루어진 도로표지판의 속성정보(정보의 개수, 문자, 상징그림, 노선번호 등)를 자동으로 추출하는 S/W 개발로 정보인식 분야의 기술선점이 가능해 질 것으로 기대된다. 도로표지 속성정보 분석 모듈을 이용하여 추출된 속성정보의 일치성(속성정보의 내용, 위치 등)을 비교 분석할 수 있을 것으로 기대됨에 따라 도로표지 속성정보의 적합성(판/지주 규격, 노선번호 표기 여부, 위치, 이정거리 등)과 도로표지의 영향권 설정 후 연계성까지 자동분석이 가능해 질 것으로 기대된다.

도로표지 관리를 위해 현장 사진, 위치 정보 취득, 속성정보 입력을 수동으로 수행하여 정보 현시성 유지가 어렵다. 이는 도로관리청별 도로표지 속성정보 DB 구축을 위한 인력, 예산, 시간 부족에서 기인하고 있다. 또한, 현장 확인이 필요한 도로표지의 특성 상 정보의 데이터베이스화는 문제발생, 민원의 처리 등의 신속한 처리 측면에서 중요한 사항이다. 패턴인식, 사진정보, 속성정보 자동취득을 통한 도로표지 데이터베이스의 자동화를 통해 관리기관의 업무, 예산의 대폭 감소, 업무의 효율화, 분석을 통한 정비예산의 정확한 수립은 국가예산의 불용 또는 부족의 방지가 기대된다. 오류 없는 도로표지 서비스는 국민에게 정확한 정보를 제공하여 국가 시설물에 대한 신뢰도 향상 및 도로이용률 제고를 위해 중요한 것이다. 도로표지의 연계성 단절, 일관성 결여, 도로 안내의 부적합 등의 문제점을 도로관리청 담당자가 적극 개선하기 어려운 실정이다. 도로표지의 연계성, 일관성, 적합성 등의 확보는 도로이용자에게 안내 신뢰성을 높이는 것으로서 국민으로 하여금 국가정보의 신뢰도가 상승될 것이다. 예산 투자 대비 이용률 제고에 중요한 역할을 한다고 할 수 있다.

실시간 도로표지 자동분석 차량 플랫폼(RRAP)의 개발은 도로표지 관리분야 외에도 일상생활에서 시민들이 보다 좋은 도시환경과 미관을 통해 삶의 만족감을 가질 수 있을 것으로 기대된다. 전국 도시에 산재한 다양한 표지판(도로표지, 교통표지 등)과 옥외시설물, 광고판 등 도시미관을 헤치는 요소들을 정비하고, 우리나라 도시환경을 선진적으로 변화시킬 수 있는 미래지향적인 도시의 기틀을 제공할 수 있을 것이다.

도로표지의 문제점 해결측면에서 살펴보면, 도로표지가 국민에게 주는 불편요소로는 안내지명의 연계성 오류이며, 화살선형의 표기 오류, 노선번호 표기 오류, 표지규격 오류, 방위표기 오류 등으로 볼 수 있으며 그 중 안내지명 연계성 오류가 운전자에게 가장 혼란을 줄 수 있는 것이라 할 수 있다. 안내지명의 연계성 결여란 운전자가 원하는 목적지를 안내 시

작부터 도착 시 까지 지속적으로 안내하는 것을 말한다. 2014년 국토교통부의 기존 도로표지 실태조사 및 개선방안 제시에 따르면, 방향표지 4,187개 대비 정비 필요 도로표지가 757개로 나타났다. 일반국도의 관리청인 국토관리사무소별 최근 5년간 도로표지 정비현황을 보면 아래 그림과 같다. 연계성과 관련된 도로표지판의 정비 사항을 보면 문안수정, 반사지 정비, 판정비, 판교체로 나눌 수 있고 이 중 문안수정이 안내지명의 오류를 정비한 것으로 볼 수 있다. '14년도 일반국도의 약 10% 도로표지정비 필요 개수가 757개인데 반해 5년간 정비 개수가 3,198개로 다소 정비실적이 떨어진다고 할 수 있다.

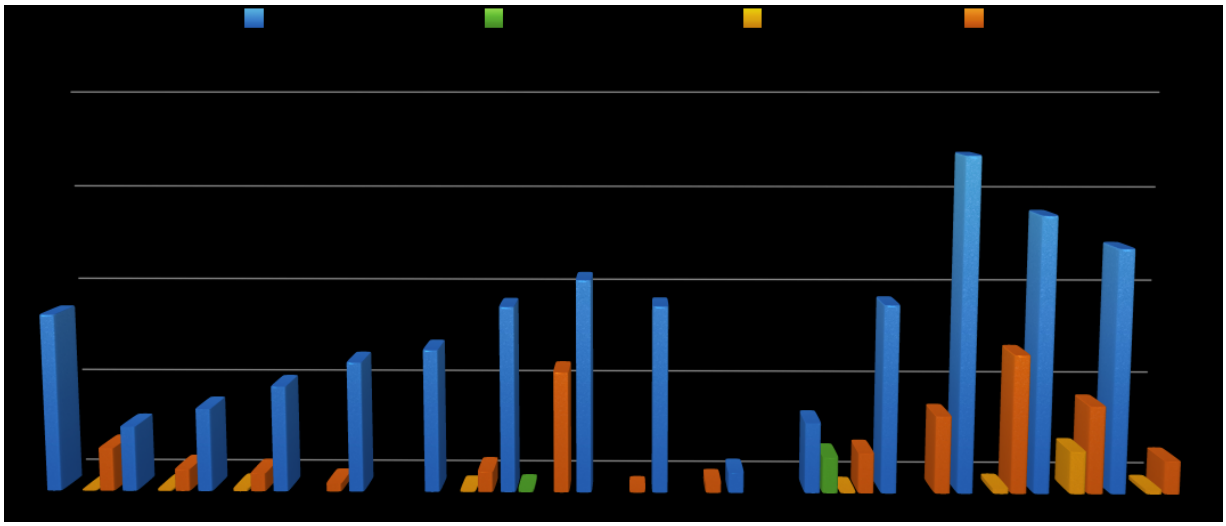


그림 5-5 국토관리사무소 도로표지 정비 현황 (최근 5년간)

RRAP를 이용한 도로표지 자동조사 및 데이터베이스 구축은 이러한 국민 불편 해소에 가장 기본적 사항이라 할 수 있다. 현재 도로표지시스템에서는 도로표지 이용자 불편신고 창구가 있으며 이를 통한 민원이 제기되고 있다. 하지만, 데이터베이스의 현시성이 떨어진다면 불편신고 시 정확한 위치 및 대상표지를 제시할 수 없고, 관리자 측면에서는 신고된 사항을 신속히 파악할 수 없는 것이다. 이러한 측면에서 본 연구개발 장비는 데이터베이스 구축의 편의성을 제고하는 직접적 효과와 정보 현시성 확보로 관리자의 업무효율 제고, 이용자의 편의성 제고가 이루어질 것이다. 이는 국가적 및 개인적 예산절감에 간접적 영향을 미치는 것이며, 궁극적으로 도로이용률 증가와 같은 국가 경쟁력 강화와 연계되는 것이다.

제5장 연구성과의 활용 및 추가연구 필요성

제1절 연구성과의 향후 활용방안

본 연구개발 성과품은 도로표지를 대상으로 하는 것으로써 그 하드웨어의 경우 GPS, INS, 전방위카메라, 레이저스캐너 등으로 구성된 타 MMS와 유사하다. 따라서, 성과품 중 소프트웨어 부분을 타 MMS와 연계활용이 가능하다. 다만, 타 MMS에서 수집되는 데이터의 종류와 품질을 고려하여 상호 보완 장비를 개발할 수 있을 것이다.

본 연구개발 결과물의 활용을 위해 관련 분야 전문가 의견 수렴을 수행하였다. 전국 도로표지 실무자를 대상으로, RRAP의 개발 현황을 설명하고 그 활용도에 대한 설문을 실시하였다. 대상자는 국토교통부 산하 관리기관, 지자체 관련 담당자들로서, 지자체, 지방청, 도로공사 등 91개 기관 이였으며, 도로표지 담당공무원 및 관련 기관 담당자 137명이 참여하였다.

표 5-1 기관별 설문 참여자 현황

기관	국토관리청	지방자치단체	한국도로공사	민자도로	관련업체
참가자(명)	16	119	26	2	3

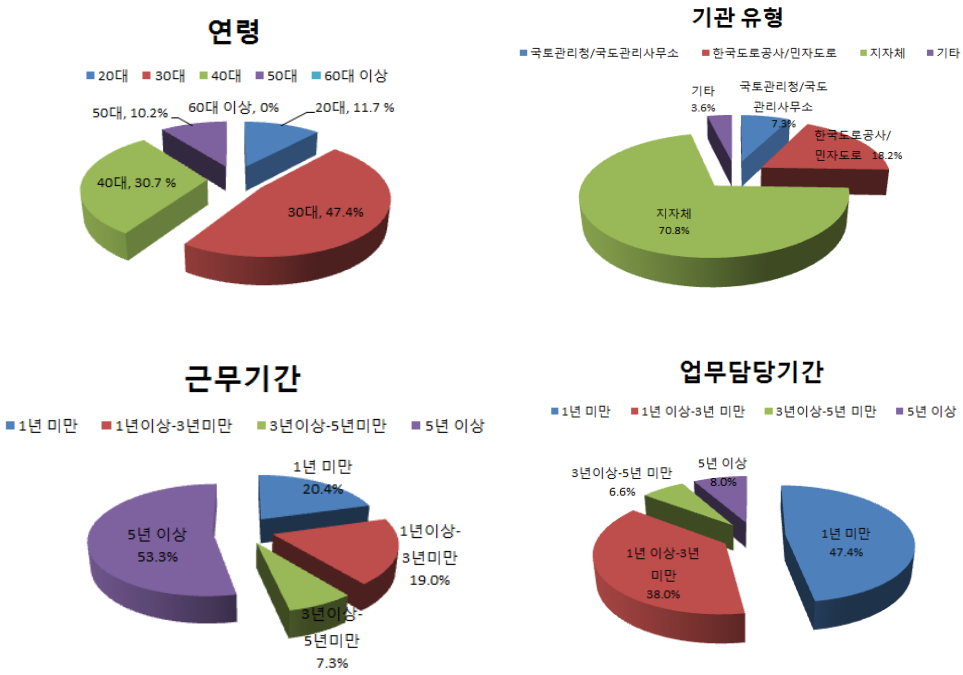


그림 5-1 설문응답자 특성

설문응답자의 특성은 위 그림과 같이, 응답자 연령대는 30~40대가 대부분을 차지하였고, 30대의 교육 참가자가 47.4%로 가장 많았고, 40대의 교육 참가자 30.7% 이었다. 관리기관별로는 지자체가 70.8%로 가장 많은 비중을 차지했고, 근무기간은 5년 이상의 비율이 53.3%로

가장 높게 나타났다. 도로표지 업무 담당기간이 1년 미만인 경우가 47.4%로 가장 높은 비율을 보였고, 1년 이상 ~ 3년 미만의 비율이 38% 로 업무 담당기간이 3년 미만인 응답자가 전체 참가자의 85.4%에 달하였다.

설문 참가자를 대상으로 RRAP 개발의 필요성, 구입 및 활용의향, 가격, 활용분야에 대한 설문 실시 결과는 아래 그림과 같았다. 더욱 효율적으로 도로표지에 대한 정보 수집 및 분석할 수 있는 RRAP 도로표지 수집 분석 장비에 대한 '개발 필요성'을 물었을 때, 72.5%가 '필요'하다고 응답하였다. 'RRAP 장비에 대한 구입, 활용할 의향'으로는 41.2%로 아직 '모르겠다'는 결과를 보였다. 'RRAP의 적정 가격 정도'로는 1억원 이하가 66.4%로 가장 높게 나타났다. RRAP의 기본적인 목적 이외에 RRAP의 활용이 필요한 타분야에 대해서는 38.3%의 높은 응답으로 '사설표지에 대한 정비'와, 근소한 차이를 보인 32.6%로 '불법 간판 정비'에 활용하자는 의견을 보여 향후 사설표지와 불법표지에 대한 정비에 활용하는 등 추가 개발 후 다양한 Use case 모색하는 것이 필요하다고 판단된다.

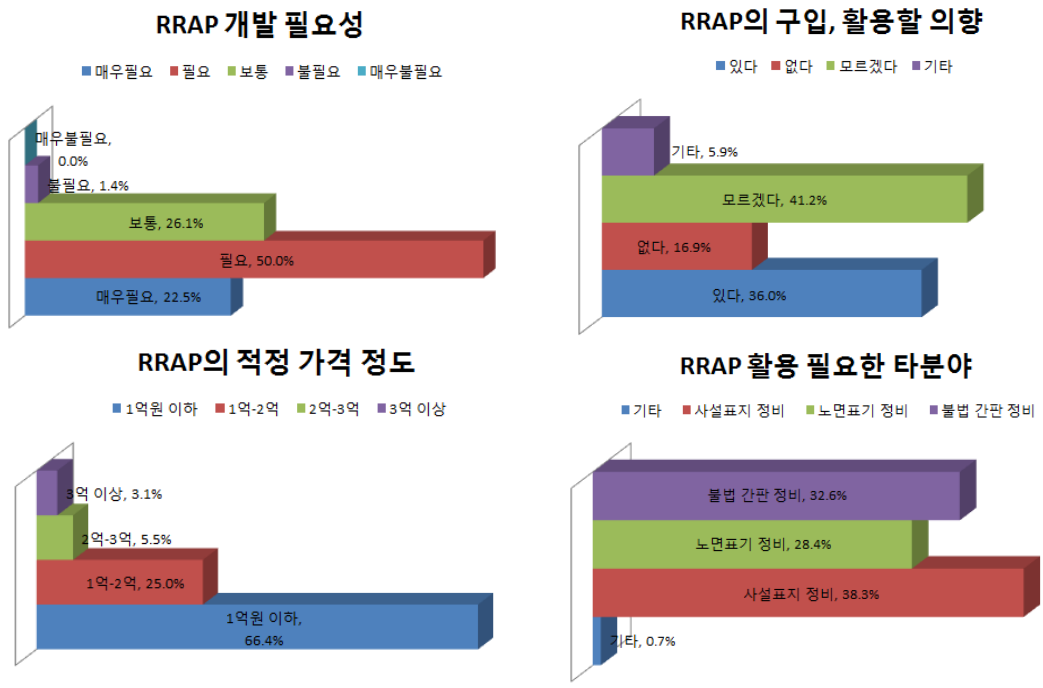


그림 5-2 RRAP 도로표지 수집 분석 장비에 대한 설문 결과

현재, 정부 3.0에 따른 정보공개를 시행하고 있으며 민간 및 공공에서 도로표지 정보를 요구하고 있다. 이에 국토교통부에서는 도로표지 정보의 정확도 제고 및 위치기반의 데이터 제공을 위해 데이터베이스 갱신 용역을 추진하고 있다. 일반국도 51개 노선에 대해 약 5개년에 걸쳐 수행할 예정으로, 일반국도의 도로표지 오류 개선 계획과 동시에 진행하고 있다. 이에 RRAP를 활용하여 목적에 부합한 데이터베이스 갱신 및 예산절감 효과를 볼 수 있을 것이다. 또한, 데이터베이스 갱신 이후 신설, 정비 및 철거되는 도로표지의 데이터베이스 현시성 유지를 위해 도로관리청별 RRAP 도입을 추진하고 있다.

특히, 도로표지 DB를 효율적으로 관리하는데 활용도가 매우 높다. RRAP에 의한 갱신 여부에 따라 도로표지도로표지 DB 관리 유형은 크게 두 가지로 나누어 볼 수 있는데, 첫째, RRAP를 이용하여 자동갱신 되는 부분으로 최초 DB 구축시 대부분이 이에 해당하며 약 5년 정도의 관리주기로 갱신되는 유형이다. 둘째, RRAP를 통해 자동갱신이 되지 않는 부분으로 최초 DB 구축시 도로표지의 철거, 훼손, 가로수 등의 영향으로 영상정보 인식이 제대로 되지 않은 부분에 대해서는 현장조사를 통한 DB 관리가 필요하며, 이는 상시 또는 이벤트 발생시 이루어진다. 신규도로의 경우에는 RRAP를 통해 DB 구축이 이루어지는 부분이나 주기적으로 관리되지 않고 이벤트성으로 관리되므로 별도의 관리유형으로 구분하였다. 또한 이외에도 도로표지 영상정보 수집시 도로표지의 RGB에 대한 정보를 수집하여 노후된 도로표지를 추출해냄으로써 조사계획 및 유지관리 예산의 근거자료로 활용할 뿐 안라 도로표지의 시인성 및 도로이용자의 편의를 제고하는데에도 활용할 수 있을 것으로 기대된다.

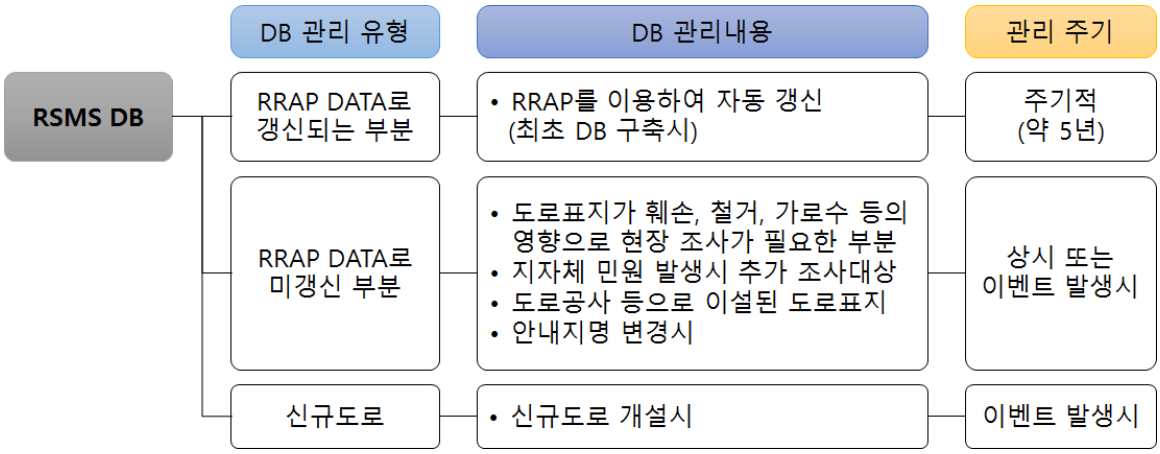


그림 5-3 RRAP를 활용한 RSMS DB 관리방안

민간 및 공공에서 도로표지 정보의 활용은 특히 내비게이션에 적용하기 위한 것이 많은 부분을 차지한다. 내비게이션 업체에서 많은 예산을 투자하고 있는 POI 조사 및 구축은 자동화가 가능하며, 본 연구개발 결과를 적용하기 위해서는 다음 절에서 기술하는 다양한 정보의 형태에 따른 추가개발을 통해 가능할 것이다. 국가 차원의 POI 데이터베이스 구축 및 민간 차원의 데이터베이스 갱신은 정보 공유 및 예산 절감을 위한 최적의 활용방안이라 할 수 있다.

도로표지 데이터베이스 갱신 사업 등을 통해 위치기반의 도로표지 데이터베이스를 구축할 수 있는 기술 및 경험을 축적하고 이를 바탕으로 위치기반의 각종 도로시설물과 POI 정보를 획득 및 데이터베이스화 하는 사업 분야로의 확대 및 궁극적으로는 GIS 시장을 확대, 선도할 수 기술력을 확보하고자 한다.

도로표지 관리기관의 도로표지 데이터베이스 신규 구축 및 수정, 갱신사업을 주 대상으로 본 연구의 성과를 활용할 예정이며, 추가로 본 성과를 통해 수집되는 영상공간정보를 응용

할 수 있는 분야, 즉, 각종 도로시설물 및 다양한 POI를 수집하여 활용 및 관리하는 사업분야와 수치지도를 신규 구축 및 수정, 갱신하는 분야에도 폭넓게 적용할 예정이다. 현재 국토교통부와 지방자치단체에서 진행하고 있는 3차원 공간정보 구축사업 또는 도로시설물 DB 구축 사업 등 현장조사를 위한 핵심기술로 활용이 가능하다.

도로표지조사차량의 멀티센서 수집 자료 등을 이용하여 도로 기반 시설물 정보에 대한 신규, 변경 DB 등을 구축함과 동시에 지자체 공간정보시스템에 반영함으로써 과학적이고 합리적인 도로시설물 관리 행정을 수행하는데 기여할 수 있다.

표 5-2 연구성과 활용방안

활용분야		활용방안	비고
공공	DB 구축 및 관리	국토교통부 도로표지관리시스템 데이터베이스 갱신	DB 현시성 제고 및 유지관리 효율화
	시설물 DB 구축	영상정보 수집 대상 확대를 위한 핵심기술로 활용	3차원 공간정보 구축사업, 도로시설물DB 구축사업 등
	타 시스템 통합	도로기반시설물 정보에 대한 신규, 변경 DB등을 구축함과 동시에 지자체 공간정보시스템에 반영	도로시설물 통합관리 수행
	도로표지 유지관리	영상정보 수집시 RGB 색정보를 통해 보수가 필요한 도로표지 선별	조사계획 수립, 유지관리 예산 근거자료로 활용
민간	POI	네비게이션 데이터베이스 갱신을 위한 POI 조사 및 구축 자동화	공공과 민간의 정보 공유를 통한 사회적 비용 절감

본 연구개발 결과물 중 장비 부분에 대해 기존 개발 완료된 도로교통 안전점검 장비(ARASEO) 장비와 연계활용 부분을 검토하였다. 도로교통안전점검장비는 교통안전점검 및 진단을 수행함에 있어 신속하고 객관적으로 점검을 수행할 수 있는 시스템으로써, 도로 기하구조 정보 수집, 시설물 정보 수집, 노면정보 수집을 통한 안전분석을 목적으로 아래 그림과 같이 개발되었다. 도로 상의 조사 장비라는 공통 목표를 고려할 때 사용된 센서와 장비를 연계활용 할 수 있는지에 대해 검토해 보았다. 아래 표는 도로교통안전점검 장비에 사용된 센서들로써, GPS, IMU, DMI, 카메라, 레이저스캐너 이외에 온도센서가 사용되었다.

도로교통안전점검장비는 기본적으로 도로선형 정보의 수집을 위해 하향으로 조정되어 있으며, 노면 물고임의 측정 등을 위한 1mm단위의 정확도를 위해 고사양, 고가의 장비를 사용하고 있다. 또한, 아래 그림과 같이 차량 개조에 따른 일체형 장비로써 타 분야에 활용하기 위해서 센서들의 재조합 및 조정이 매우 어렵다.

본 연구개발 장비인 RRAP의 경우 도로표지 조사를 위한 최소사양의 센서들을 조합하여 초소형으로 제작된 것으로써, 위의 도로교통안전점검장비와 별도로 특화 장비라고 할 수 있다. 즉, 기존 장비를 재조정하고 RRAP 중 소프트웨어 부분만 적용하여 활용할 수는 있으나 비전센서의 상향조정 또는 추가가 필요하며, 레이저스캐너의 전후방 조정이 필요하다.

표 5-3 도로교통안전점검 장비 센서

모듈 이름	세부항목	사용 제품명	수량
데이터서버	데이터서버	사양 참조	1식
비전 센서	Camera	Manta G-125	3EA
	Vision PC	Adlink Eos-1200	1식
DGPS	DGPS	Novatel SPANSE	1식
	IMU	Novatel IMU-FSAS	
	GPS broadcaster	UMS-broadcaster	
도로 폭 측정 센서	Leaser scanner	LMS291	2EA
	레이저스캐너 동기화장치	MOXA Uport 1250	1EA
동기화 장치	리얼타임 모듈	NI cRio-9014	1식
	확장모듈 렉	NI cRio-9103	
	외부 추가 입출력장치	NI USB-6501	
	DMI 센서	UMS-DMI	
표지판 인식센서	4 layer 스캐너	LD-MRS 400001	2EA
노면온도/ 대기온도센서	노면과 대기온도 측정용	Surface Patrol Model 999J	1식

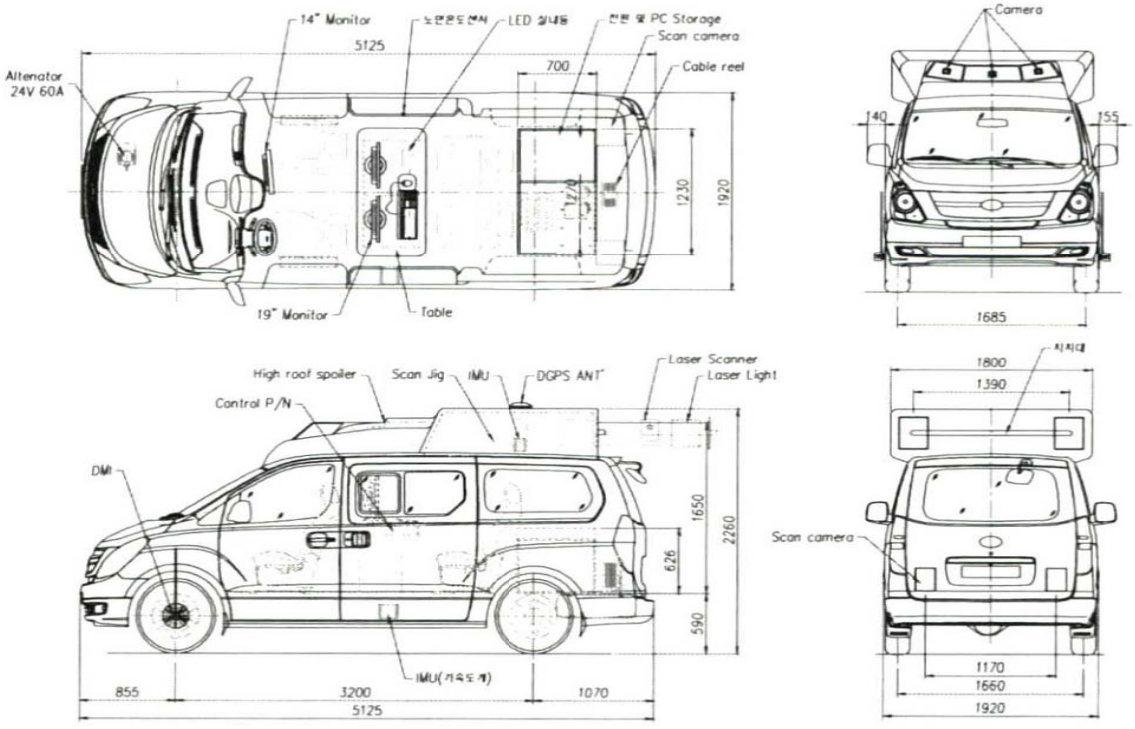


그림 5-4 도로교통안전점검장비(ARASEO)

제2절 추가연구필요성

본 연구개발은 ‘산돌고딕’ 폰트를 가지는 기존 도로표지 형태를 대상으로 하였다. 현재 국도 위치기반 도로표지데이터베이스 구축 사업이 추진되고 있으며, 최근 설치되고 있는 아래 표와 같은 새로운 형태의 도로표지인 고속국도의 출구중심 안내표지, 도시지역의 도로명안내표지 등을 대상으로 하기 위해서는 그 형태에 맞는 도로표지 정보 인식 기술의 추가개발이 필요하다. 도로명안내표지 및 출구중심 안내표지의 경우 그 패턴이 일정하고 속성정보가 제한되어 있으므로 기존 일반국도의 도로표지 속성정보 추출에 비해 효율적 결과가 예상된다.

표 5-4 신규 글씨체 도로표지 비교

산돌고딕 도로표지	한길체 도로표지
	

속성정보 분석측면에서 좌표 기반의 대규모 도로표지 DB를 활용하는 방안에 대한 다양한 추가연구가 필요하다. 첫째, 도로망과 연계된 도로표지 안내지명의 연계성을 탐색하는 알고리즘 개발함으로써 특정 지점 중심이 아닌 경로(path) 개념의 도로표지 안내지명을 선정할 수 있고, 이 경우 도로 이용자의 편의성 제고를 기대할 수 있다. 현재 도로표지관리시스템의 경우 좌표기반이 아니기 때문에 단순히 도로 진행방향과 교차로에 설치된 도로표지 안내지명과의 연계성에 대한 분석을 수행하고 있으며, 경로(path)에 따른 안내지명 연계성 분석 개념이 적용되어 있지 않다. 특히 도시별로 반복되는 빈도수가 높은 안내지명(예를 들어, 시청, 경찰서, 주요 역 등)에 대해서는 좌표기반의 도로표지 빅데이터를 이용하여 공간적 영향권을 설정하는 알고리즘 고도화 및 SW 개발이 필요하다. 이제까지는 공간정보가 없어 많은 량의 데이터를 효과적으로 분석하는데 한계가 많았다. 그러나 RRAP를 통해 좌표기반의 도로표지 데이터가 수집되어 DB의 현행화가 효율적으로 이루어질 것으로 예상된다. 따라서 안내지명에 대한 공간적 영향권 설정 알고리즘 고도화 및 SW 개발을 통해 그동안 과학적인 근거자료 없이 선정되어 온 안내지명에 대한 신뢰성과 타당성을 제고할 수 있을 것으로 기대된다. RSMS DB 활용을 통한 안내지명 선정시 도로표지 관련 지침의 개정이 필요할 수 있다.

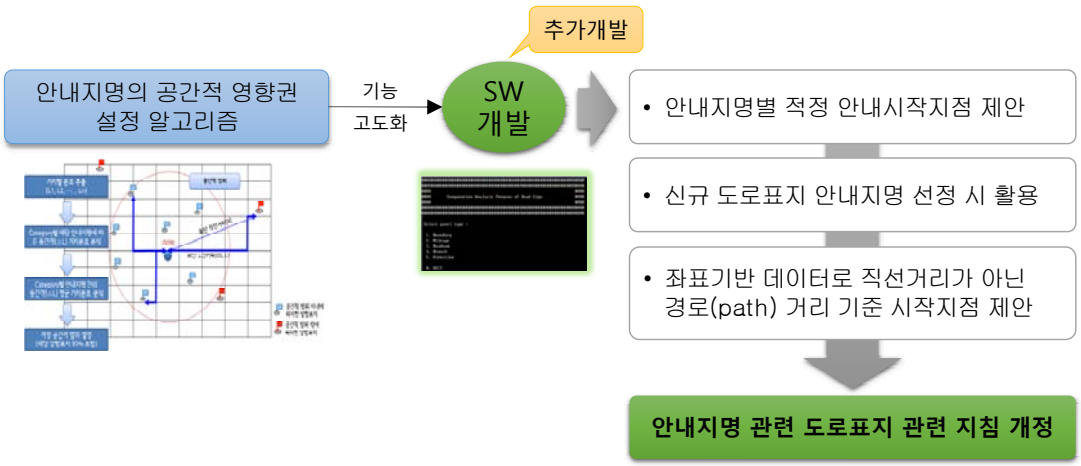


그림 5-7 RSMS DB를 활용한 안내지명 선정절차 개선

둘째, 도로표지 빅데이터를 활용하여 도로표지의 보수 및 유지관리 패턴을 분석하는 방법론에 대한 추가연구를 통해 개별 도로표지별 보수 주기를 도출함으로써 합리적인 유지관리를 도모할 수 있다. 예를 들어, 도로표지 영상정보 수집시 도로표지의 RGB에 대한 정보를 수집하여 노후된 도로표지를 추출하고 이를 토대로 조사 및 유지관리계획 수립 및 예산 추정이 가능하다. RRAP의 개발을 통해 개별 도로표지가 ID값이 아니라 위치값을 고유값으로 가지게 됨으로써 개별 도로표지별 다양한 관련 DB 분석을 통한 패턴 분석이 가능하다.

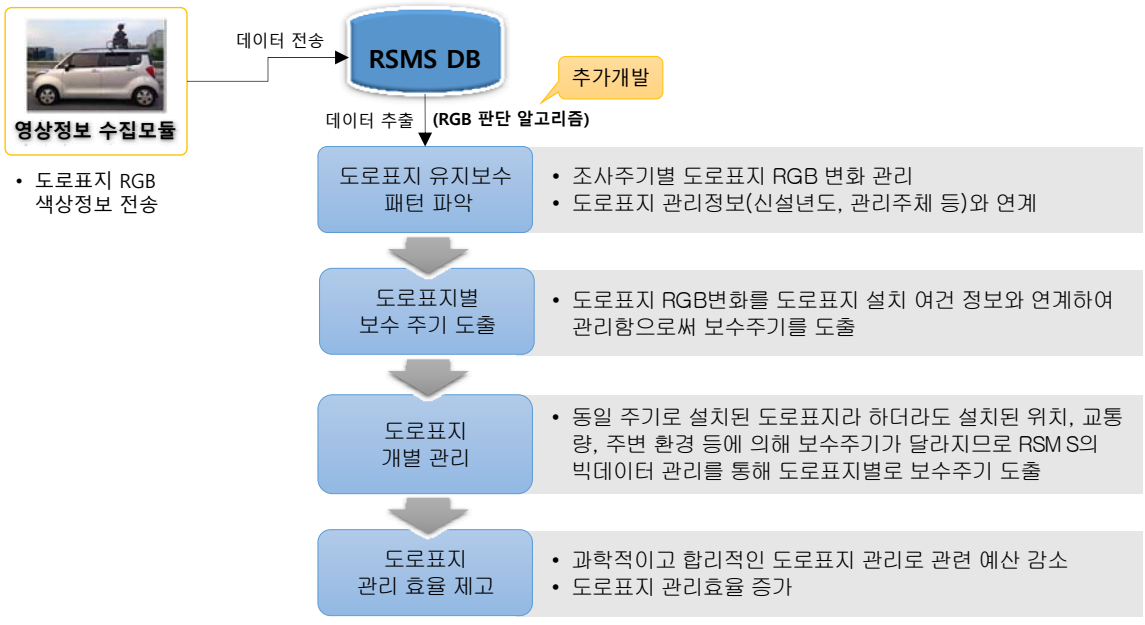


그림 5-8 RSMS DB를 활용한 도로표지 관리 효율 제고방안

셋째, 기존 데이터 특성을 고려하여 설계된 도로표지관리시스템의 분석기능을 좌표기반 데이터의 특성을 고려하여 분석기능의 고도화 및 다양화를 위한 추가 연구가 필요하다. RRAP를 이용하여 RSMS DB가 갱신될 경우 좌표기반 데이터로 전환되므로 궁극적인 이용자는 도로표지 담당 실무자 및 일반 국민의 이용편의를 위해 기능의 재편 또는 기능 제고가 필요한 부분에 대한 면밀한 검토가 필요하다.

영상정보 수집 대상의 다양화 측면에서 본 연구개발은 도로표지를 대상으로 하였으나 국토교통부에서 구축하고 운영하고 있는 도로관리통합시스템의 데이터베이스를 갱신하기 위해서는 교통표지, 신호등 등의 도로 부대시설의 자동조사가 필요할 것이다. 또한 서울시에서는 공공근로사업으로 시설물 데이터베이스구축사업 추진하였고, 이후 추가 사업 및 유지보수 시 자동화가 필요하다는 견해를 보이고 있으며, 시설물 형태에 따른 인식기술의 추가개발은 본 연구개발 결과의 확대적용을 위해 필요하다고 할 수 있다. 이와 같은 도로 부대시설물 이외에 지방자치단체 등에서 문제가 되고 있는 공공 및 상업용 간판의 경우 크기, 형태 및 문자가 다양하므로 이러한 다양성을 수용할 수 있는 조사차량 플랫폼을 개발할 필요가 있다. 도로의 시설물별, 정보의 형태별, 목적별 자동조사가 가능할 수 있는 툴을 추가할 수 있다면 필요하고 다양한 데이터베이스 구축이 가능할 것이다. 특히, 도로안전 등 다수 분야에서 개발되고 있는 MMS기반의 장비들을 운용할 수 있는 플랫폼의 개발은 장비의 통합 및 유지보수가 용이토록 할 수 있을 것이다.

사업화 측면에서 현재 SOC사업의 추진이 활발히 진행되고 있는 몽골, 베트남 등의 개발도상국에서는 시행착오를 생략할 수 있는 도로시설물 데이터베이스 구축 및 운영 시스템 개발 사업이 다방면으로 추진 중에 있다. 이에 본 연구개발 결과를 활용하여 해외 현지화를 위한 추가개발을 통해 다분야의 사업으로 확대 적용할 수 있을 것이다.

개발도상국 뿐만 아니라 선진국에서도 도로시설문 관리를 위한 데이터베이스 구축 사업이 다방면으로 추진되고 있다. 중국에서는 조사 범위가 넓음에 따라 수동적 조사가 불가능하므로 특히 자동화 조사장비가 반드시 필요하며, 본 연구개발 결과를 활용하여 추가개발을 할 경우 대형 조사 사업에 적용할 수 있을 것으로 판단된다.

참고문헌

건설교통부 (2002) 도로표지 전산관리시스템 구축사업. pp. 291~299.

국토해양부, 도로명 안내체계 표지 제작·설치지침 전부개정안.

국토해양부 (2009), 도로명 안내체계 표지 제작설치 지침, pp. 8-9.

국토해양부 (2012), 도로명 안내체계 표지 제작·설치지침 전부개정안, pp. 2-4.

국토해양부 (2012), 도로교통 안전점검을 위한 차세대 장비개발, 제2차년도 최종보고서

김기홍, 윤준희, 정규수, OpenCV를 이용한 도로표지 영상에서의 방향정보 자동인식, 한국측량학회지, Vol. 31, No. 4, 2013.

김상철, 이제민, 김대윤, 낭종호, "겹침과 훼손, 회전에 강건한 교통표지판 인식을 위한 SIFT 적용 방법," 한국컴퓨터종합학술대회 논문집, vol. 39, no. 1, pp. 351-353, 2012.

김의명, 조두영, 정규수, 김성훈 (2011) 도로표지의 효율적인 데이터베이스 구축방안. 한국지형공간정보학회지, vol. 19, no. 3, pp. 91-98.

김종민, 조환명(2007), 도로표지 판독성 실험을 위한 도로주행 시뮬레이터 개발, 대한교통학회 제56회 학술발표 논문집, 대한교통학회, p.409-413

노관섭, 이종학, 김종민(2007), 도로표지의 안내지명 표기에 대한 개선, 교통기술과 정책, 제4권, 제4호, 대한교통학회, p.135-141.

박재홍, 윤덕근, 성정곤, 강원의 (2011), 도로표지 결로방지 예방기술에 관한 제언, 교통 기술과 정책, 제8권 제5호, 대한교통학회, p.27-32.

안수연, 김다해, 정규수, 이영인, 도로표지 자동 검출 및 분석 장비 개발 방안 연구, 68회 대한교통학회 춘계학술발표, 2013. 2

우병대, 최영우, 변혜란, "교통표지판 검출을 위한 다중 색상 임계값 모델," 한국정보처리학회 춘계학술발표대회 논문집, vol. 20, no. 1, pp. 226-228, 2013.

윤영선, 강점자 (2009), 말소리와 음성과학 제1권, 레벤스타인 거리에 기초한 위치 정확도를 이용한 고립 단어 인식 결과의 비유사 후보 단어 제외.

이기영, 유태호, 이군상, 오영태 (2006), 도로표지내 글자간 적정 여백률에 관한 실험적 연구, 대한교통학회지, 제24권 제6호, 대한교통학회, p.21-32

이성환 (1994) 문자인식: 이론과 실제, 홍릉과학출판사

이승재 (2013), 보간법을 통한 영상 복원, Report, pp. 1-5

이종학, 노관섭 (2008), 도로표지의 지명 판독 성패에 영향을 미치는 인자 분석, 대한교통학회지, 제26권 2제 5호, 대한교통학회, p.195-204

이준석, 윤덕근 (2013), 도로시설물 관리를 위한 교통안전표지 인식 및 자동위치 취득 방법 연구, 한국도로학회 논문집, Vol. 15, No. 1.

이지선, 이병수 (2007), ASP Programming with a Workbook, 이한출판사.

일본도로표지표시업협회(2004), "도로표지핸드북"

임희철, 2009, "교정된 도로표지판에서 음절구분 및 지역의 계층적 분석에 기반한 효과적인 지명인식," 울산대학교 석사학위논문.

정봉조, 이현석, 서임기, 허정철(2010), 고속도로 표지체계 개선 방안에 대한 고찰, 교통기술과 정책, 제7권, 제4호, 대한교통학회, p.51-56

정인택, 이경아, 정규수, 이영인, 도로표지관리시스템 데이터베이스 자동분석 방안 연구, 68회 대한교통학회 춘계학술발표, 2013. 2

차인영, 양훈, 서민구 역 (2009), "오라클 PL/SQL 프로그래밍 개정 3판", 한빛미디어

천승훈, 권성근, 남대식, 임현섭, 이영인 (2011), 지방지역 일반국도 도로표지 안내지명의 공간적 영향권 분석 (Variable radius buffer model을 이용하여), 대한교통학회지, 제29권 제2호, 대한교통학회, p.71-80.

최기주, 최병운 (2001), 도로표지 시인거리에 관한 연구. 대한교통학회지, 제19권 제4호, 대한교통학회, p.123-136

최기주, 홍원표(2003), 지방도 도로표지의 안내체계개선(안내지명 선정을 중심으로), 대한교통학회지, 제21권, 제6호, 대한교통학회, p.17-26

최준석, 강준묵 (2012), 수치영상처리 및 패턴 인식에 의한 도로교통시설물 DB의 효율적 갱신방안 연구, 한국지형공간정보학회지, Vol. 20, No. 2, pp. 31-37.

황선규 역 (2009), "LEARNING OPEN CV 제대로 배우기 OPEN CV 라이브러리를 활용한 컴퓨터 비전 프로그래밍", 한빛미디어.

A. Gonzalez, L. M. Bergasa, J. Yebes, and M. A. Sotelo (2010) Automatic information recognition of traffic panels using SIFT descriptors and HMMs. Conf. on Intelligent Transportation Systems, Portugal, September, pp. 1289~1294.

A. Gonzalez, L. M. Bergasa, J. Yebes, and J. Almazan (2012) Text recognition on traffic panels from street-level imagery. Intelligent Vehicles Symposium, Spain, June, pp. 340~345.

A. Ruta, Y. Li, and X. Liu (2010) Real-time traffic sign recognition from video by class-specific discriminative features. Pattern Recognition, vol. 43, pp. 416~430.

AASHTO(2004), "List of Control Cities for Use in Guide Signs on Interstate Highways"

A. Soetedjo, K. Yamada, and F. Y. Limpraptono (2010) Segmentation of road guidance sign symbols and characters based on normalized RGB chromaticity diagram. Int. J. of Computer Applications, vol. 3, no. 3, pp. 10~15.

A. Vavilin and K-H Jo (2006) Road guidance sign recognition in urban areas by structure. Int. Forum on Strategic Technology, pp. 293~296.

B. Epshtein, E. Ofek, and Y. Wexler (2010) Detecting text in natural scenes with stroke width

transform. IEEE Conf. on Computer Vision and Pattern Recognition, pp. 2963-2970.

E. Horowitz and S. Sahni (1984) Fundamentals of Computer Algorithms, Computer Science Publisher.

Epshtein, B., Ofek, E., and Wexler, Y. (2010), Detecting text in natural scenes with stroke width transform, 2010 IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, 13-18 June, San Francisco, USA, pp. 2963-2970.

Fang, C. Y., Fuh, C. S., Yen, P. S., Cherng, S., and Chen, S. W. (2004), An automatic road sign recognition system based on a computational model of human recognition processing, Computer Vision and Image Understanding, Vol. 96, pp. 237-268.

Hu, Z. (2013), Intelligent road sign inventory (IRSI) with image recognition and attribute computation from video log, Computer-Aided Civil and Infrastructure Engineering, Vol. 28, No. 2, pp. 130-145.

Huang, X., Liu, K., and Zhu, L. (2012), Auto scene text detection based on edge and color features, 2012 International Conference on Systems and Informatics, 19-20 May, Yantai, China, pp. 1882-1886.

J.-E. Ha (2011) Grouping contents on Korean road signs. Int. J. of Control, Automation, and Systems, vol. 9. no. 6, pp. 1187~1193.

Khan, J. F., Bhuiyan, S. M. A., and Adhami, R. R. (2011), Image segmentation and shpae analysis for road-sign detection, IEEE Transaction on Intelligent Transportation Systems, Vol. 12, No. 1, pp. 83-96.

Lopez-Sastre, R.J., Lafuente-Arroyo, S., Siegmann, P., Gin-Jimenez, P., and Vazquez-Reina, A. (2005), Recognition of mandatory traffic signs using the hausdorff distance, Proceedings of the 5th WSEAS Int. Conf. on Signal Processing, Computational Geometry & Arpngicial Vision, Malta, pp. 216-221.

Mariano Malpili.PH D(2005), " GIS Model for the Identification of a Variable Width Buffer Zone" Saskatchewan Institute of Applied Science Woodland Campus

Miura, J., Janda, T., and Shirai, Y. (2000), An active vision system for real-time traffic sign recognition, Intelligent Transportation Systems Conferrence Proceedings, Dearborn(MI), USA, pp. 52-57.

Otsu, N. (1979), A threshold selection method from gray-level histogram, IEEE Transaction on Systems, Man, and Cybernetics, Vol. 9, No. 1, pp. 62-66.

Reina, A. V., Sastre, R. J. L., Arroyo, S. L., and Jimenez, P. G. (2006), Adaptive traffic road sign panels text extraction, Proceedings of the 5th WSEAS International Conference on Signal Processing, Robotics and Automation, 15-17 February, Madrid, Spain, pp. 295-300.

R. Smith (2007) An overview of the Tesseract OCR engine. Proc. of Int. Conf. on Document Analysis and Recognition, pp. 629-633.

R. Smith, D. Antonova, D-S. Lee (2009) Adapting the Tesseract open source OCR engine for multilingual OCR. Proc. of the Int. Workshop on Multilingual OCR.

Sastre, R. J. L., Arroyo, S. L., Siegmann, P., Jimenez, P. G., and Reina, A. V. (2005), Recognition of mandatory traffic signs using the hausdorff distance, Proceedings of the 5th WSEAS International Conference on Signal Processing, Computational Geometry & Artifical Vision, 15-17 September, Malta, pp. 216-221.

Shi, J. and Tomasi, C. (1994), Good features to track, 1994 IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, 21-23 June, Seattle, USA, pp. 593-600.

Tim Aunan(2003), "GIS Approach for Delineation Variable-Width Riparian Buffer based od Hydrologicla Function" USDA Forest Service North Central Research Station Grand Rapid

US DOT Federal Highway Administration(2003), "Manual on Uniform Traffic Control Devices for streets and highways 2003 Edition"

Vavilin A. and Jo, K. H. (2006), Road guidance sign recognition in urban areas by structure, The 1st International Forum on Strategic Technology, 18-20 October, Ulsan, Korea, pp. 293-296.

Vavilin A. and Jo, K. H. (2009), Graph-based approach for robust road guidance sign recognition from differently exposed images, Journal of Universal Computer Science, Vol. 15, No. 4, pp. 786-804.

W. Wu, X. Chen and J. Yang (2005) Detection of text on road signs from video. IEEE Trans. on Intelligent Transportation Systems, vol. 6. no. 4. pp. 378~390.

Wu, W. and Yang, J. (2005), Detection of text on road signs from video, IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems, Vol. 6, No. 4, pp. 378-390.

Yang, X. (2013), Enhancement for road sign images and its performance evaluation, Optik - International Jounal for Light and Electron Optics, Vol. 124, No. 14, pp. 1957-1960.

Leptonica, http://www.leptonica.com/

Oracle® Spatial Developer's Guide 11g Release 1 (11.1) B28400-05 (2011), Oracle.

Tesseract, http://code.google.com/p/tesseract-ocr

http://www.labbookpages.co.uk/software/imgProc/otsuThreshold.html

주 의

1. 이 보고서는 국토교통부에서 시행한 국토교통기술촉진연구사업의 연구보고서입니다.
2. 이 보고서 내용을 발표하는 때에는 반드시 국토교통부에서 시행한 사업의 연구결과임을 밝혀야 합니다.
3. 국가과학기술 기밀유지에 필요한 내용은 대외적으로 발표 또는 공개하여서는 아니됩니다.