

차세대 무선통신 신호제어 시스템 개발 최종보고서

2008. 02.

주관연구기관 / 한국교통연구원

건 설 교 통 부
한국건설교통기술평가원

차세대 무선통신 신호제어 시스템 개발 최종보고서

2008. 02.

주관연구기관 / 한국교통연구원

건 설 교 통 부
한국건설교통기술평가원

제출문

건설교통부장관(한국건설교통기술평가원장) 귀하

본 보고서를 “차세대 무선통신 신호제어시스템 개발”의 최종보고서(안)으로 제출합니다.

2008. 02. .

주관연구기관 : 한국교통연구원
원장 김 형 진

■ 총괄연구책임자 / 연구원위원 문영준 업무총괄

■ 과 제 참 여 연 구 원 / 책임연구원 김규옥, 김태형 세부책임
연 구 원 박순용 외 20명 연 구 진

요 약 문

I. 제 목

차세대 무선통신 신호제어시스템 개발

II. 연구개발의 목적 및 필요성

본 연구의 최종 목표는 신호교차로에 접근하는 차량과의 실시간 무선통신 방식을 이용한 개별 차량 감응식 차세대 신호제어시스템 즉, 차세대 무선통신제어기 및 신호제어전략을 개발하고 현장시험 및 평가를 통해 실용화를 위한 시작품을 제작하는 것이다.

III. 연구개발의 내용 및 범위

본 연구 개발은 2003년 1차년도 사업을 시작하여 현재 3차년도(1단계)까지 진행 되었으며 1단계(1~3차년도) 연구내용을 요약하면 다음과 같다.

<1차년도 연구내용>

- 무선통신 신호제어시스템 요구사항 및 개발전략 연구
 - 무선통신기반 신호제어시스템 개념 정립
 - 신호제어시스템 개술개발 및 시스템 요구조사 분석
 - 유·무선 통신시스템 기술 분석을 통한 신호제어시스템 응용 연구
 - 무선통신 신호제어시스템 요구기능설정 및 개발전략 연구
 - 교통류 특성 분석
 - 신호시스템 기술특성 분석
- 신호제어시스템 H/W, S/W 및 인터페이스 분석
 - 국내외 신호시스템 기술 분석
 - 신호시스템 적용 제어 알고리즘 분석

- 무선통신 모듈 신호시스템 개발방향 설정
- 무선통신 모듈 기반 신호제어 알고리즘 연구

○ 검지기 체계와의 무선통신 모듈 개발

- 모의실험 모형 요소기술 개발
- 무선검지기 체계와 신호시스템을 연계한 프로토타입 개발 및 실험

<2차년도 연구내용>

○ 무선통신 신호제어시스템 아키텍처 구축

- 무선통신 신호제어시스템 요구사항 및 개발전략을 기반으로 한 시스템 아키텍처 구축
- 시스템 구성요소별 통신체계 구성 및 논리적 아키텍처 설정
- 기초분석

○ 무선통신 신호제어 전략 및 알고리즘 개발

- 무선통신 기반 검지데이터를 이용한 새로운 신호제어 전략 연구
- 신호제어 전략을 기반으로 한 실시간 신호제어 알고리즘 개발/적용
- 버스 및 응급차량을 위한 우선신호제어전략 및 알고리즘 개발/적용
- 차량군 제어 방법 및 딜레마구간 제어 방법 개발
- 알고리즘 실험 평가

○ 시스템 시험평가를 위한 모의실험 프로그램 개발

- 모의실험 프로그램 및 프로토타입 개발
- 모의실험을 위한 HILSS 제작 및 평가
- 시스템 모듈별 실내실험

○ 무선통신 검지기술 및 신호제어기 개발

- 무선통신기반 검지기술 개발 및 적용
- 센터시스템, 현장제어기의 S/W 및 H/W 개발

<3차년도 연구내용>

- 무선통신 신호제어시스템 체계종합 및 시작품 제작
 - 신호제어시스템 및 제어알고리즘 구현
 - 무선통신기반 검지기체계 및 제어기 체계종합
 - 무선통신 신호제어시스템 시작품제작
 - 차내단말기 활용 및 수집체계 검토
- 시험평가를 위한 평가사이트 구축 및 현장실험, 평가분석
 - 현장시험을 위한 교통류 특성 분석
 - 시험평가를 위한 평가사이트 설계 및 구축
 - 현장실험을 위한 시험평가 전략 및 시나리오 구성/제시
 - 현장실험
 - 시스템평가를 위한 효과척도 제시 및 평가분석
- 1단계 개발 시작품 시연회
 - 1단계 개발 시작품 시연회 개최

<4차년도 연구내용>

- 개별차량검지기와의 무선통신기반 신호제어시스템 개발(단말기 부착율에 따른 사용화 가능성, 효과, 시기 등을 제시 함)
 - 시스템 체계 종합
 - 제어기 Database 종합
- 개별차량감응제어를 위한 신호제어 전략 및 알고리즘 개발
 - 통행시간기반제어
 - cycle-free
 - 기타 개별차량 기반의 알고리즘 적용
- 모의실험을 통한 차세대 신호제어시스템 평가(기존 신호제어기(COSMOS)와의 비교 평가 실시)
 - 알고리즘 모의 평가
 - 기존 시스템과의 비교

- 개별차량감응식 차세대 무선통신 신호제어시스템 체계종합 및 시작품제작
 - 개별차량감응식 신호제어시스템 체계종합
 - 2단계 시작품 제작
- 시험평가를 위한 평가사이트 구축 및 현장실험, 평가분석
 - 현장실험
 - 실험결과 분석

IV. 연구개발 결과

본 연구의 최종 목표는 신호교차로에 접근하는 차량과의 실시간 무선통신 방식을 이용한 개별 차량 감응식 차세대 신호제어시스템 즉, 차세대 무선통신제어기 및 신호제어전략을 개발하고 현장시험 및 평가를 통해 실용화를 위한 시작품을 제작하는 것으로 1차년도에는 무선통신 신호제어시스템 요구사항 및 개발전략 개념을 수립하고, 신호제어시스템 H/W, S/W 및 인터페이스를 분석하여 검지기체계와의 무선통신 모듈을 개발·제시하였다. 2차년도에는 무선통신 신호제어시스템의 아키텍처를 구축하고 무선통신 신호 운영 제어 전략 및 데이터베이스를 구성하였으며, 실시간 수집데이터를 기반으로 한 신호 제어 알고리즘 및 시스템 시험평가를 위한 모의실험 프로그램을 개발하였다. 또한 3차년도에는 1, 2차년도의 연구개발 성과를 종합하여 무선통신 신호제어시스템 체계종합 및 시작품 제작하였으며, 이를 시험평가하기 위한 평가 사이트 구축 및 현장실험, 평가분석을 실시하였다. 그 결과는 1단계 개발 시작품 시연회를 통해 관련 산·학·연 관계자들에게 신연되었다. 이어 4차년도에는 WISDOM 무선통신 신호제어시스템의 체계종합을 통한 시작품을 제작하였으며, 이를 기반으로 개별차량감응제어를 위한 신호제어 전략 및 알고리즘에 대한 평가 사이트를 구축하고 현장실험을 실시하였다. 또한 기존 신호제어시스템과의 비교 평가를 위해 HILLS 개발을 완료하여, TOD체계 및 COSMOS(표준화제어기)체계와의 비교 평가를 실시하였다. 그 결과 교통량의 변화가 있는 부분에서는 Cycle-Free가 타 시스템에 비해 지체 값이 감소한 것으로 나타났으며, 통행시간기반제어는 이동류별 통행시간의 균등화를 확보한 것을 확인할 수 있었다.

더욱이 4차년도 현장 실험 평가를 통해 대상교차로에서 운영되었던 신호제어 알고리즘(Cycle-Free 및 통행시간기반제어)이 효과가 있는 것으로 평가 되었다.

이와 더불어 WISDOM 체계를 통해 교통정보 수집 및 제공을 위한 틀을 만들 수 있었다.

V. 연구개발결과의 활용계획

연구개발의 1단계 결과 현재의 신호제어시스템을 대체하고 교차로 지체, 사고, 유지보수에 따른 비용을 획기적으로 감소할 수 있는 실시간 교통제어 및 운영과 버스 및 긴급차량의 개별차량속성정보를 차별화한 특별차량 우선신호 제어 및 운영에 활용되어야 하며, 2단계(5차년도) 결과 개별차량 검지기반 센서 네트워크 제어 및 운영, 실시간 교통정보 수집 및 제공, 충돌사고 방지 등의 교통사고 감소로 지능화도로 및 차량 시스템의 기반기술로 활용이 가능할 것으로 판단된다.

Abstract

I . Title

Development of Wireless Interface Signal control systems for Dynamic and Optimum Management (WISDOM)

II . Objective

This research develops a new concept of traffic signal control system that is operated with realtime individual vehicle information available from wireless communications among the signal controller, vehicles, and traffic detection systems. This project is one of the national transportation technology development projects funded by the Ministry of Construction and Transportation (MOCT). The technologies presented in this project include integrated system development of the new type of signal controller utilizing wireless communications such as dedicated short range communication (DSRC), etc. Field tests and evaluation of a prototype of WISDOM developed in this year were fulfilled at the real site of the urban traffic networks utilizing DSRC infrastructures both on the roadside and in the vehicle.

III . Contents

Contents in the first year of the project are as follows.

- System Requirements and Development Strategies of Wireless Communication Traffic Signal Controller
- Conceptual Design of Wireless Communication Traffic Signal Controller

- Analysis on System Requirements and Technologies for the System
 - Application Methodologies Based on the Wire- and Wireless Communication System Technologies
 - Study on Functional Requirements and Development Strategies for Wireless Traffic Signal Controller
 - Traffic Flow Fundamental Analysis
 - Traffic Signal Control Technology Analysis
- Analysis of Hardware, Software, and Interface on Traffic Signal Control System
 - Trends Analysis for the Traffic Signal System Technologies
 - Analysis of Application Algorithms on Traffic Signal Control System
 - Establishment of Development Plan for the Wireless Traffic Signal Controller Module
 - Provision of Traffic Signal Control Algorithm based on Wireless Communication Module
 - Development of Wireless Communication Module Interfacing with Traffic Detector Systems
 - Development of Simulation Technologies
 - Development and Test of Wireless Communication Module between Wireless Detecting Systems and Adaptive Signal Control Systems

Contents in the second year of the project are as follows.

- Development of the Logical and Physical System Architectures for Wireless Interface Signal control systems for Dynamic and Optimum Management (WISDOM)
- Development of the Physical Architecture of WISDOM based on Functional Requirements and Operation Strategies Developed in the Previous Year

- Development of Communication Layout between Pairs of the System Components and Logical Architecture of WISDOM
- Preliminary Analysis of these Architectures of WISDOM
- Development of Signal Control Strategies and Algorithms
 - Development of the First Versions of Signal Control Strategies Effectively Utilizing Wireless Vehicle Detection Systems
 - Development of Adaptive Traffic Control Algorithms Realizing Advantages of the Signal Control Strategies Developed in the Previous Stage
 - Development of Bus Priority and Emergency Vehicle Preemption Signal Control Algorithms
 - Development of an In-Vehicle Red-Light-Running Warning Scheme and Signal Control Algorithm Assisting Drivers to Avoid Being in Danger due to Dilemma Zone at Signalized Intersections
 - Establishing a Development Environment for Five Other Signal Control Algorithms Handling Such Data as Link Travel Speeds and Directional Traffic Volumes in Upstream.
- Development of Test Environment
 - Development of Software(Algorithm) Test Environment Using Microscopic Simulation Technologies
 - Development of Hardware Test Environment Using Hardware In Loop Simulation Technologies
 - Development of Laboratory Test Environment for System Protocols
- Development and Field Implementation of the Initial Version of Wireless Detector Systems and WISDOM Traffic Signal Controller
 - Development of H/W and S/W of WISDOM Local Controller and Wireless Detector Systems
 - Implementation of H/W and S/W of WISDOM Local Controller and

Wireless Detector Systems

- Development and Implementation of the System Protocols

The followings are fulfilled in the third year of the project.

- System Integration of WISDOM for Manufacturing a Prototype
 - Implementation of the Logical Architecture with Signal Control Strategies and Algorithms based on Functional Requirements
 - Implementation of Physical Architecture with Wireless Communication for Roadside and Vehicle Infrastructure and System Components of Signal Controller
 - Production of a Prototype for the First Versions of WISDOM
 - Establishment of a Development Environment for Data Interface between Vehicles and Signal Controllers as Link Travel Speeds and Directional Traffic Volumes in Upstream
- Field Test and Evaluation
 - Analysis of Traffic Flow & Stream Characteristics on the Test Sites for Field Test and Evaluation
 - Physical and Logical Design of Test Sites for Implementing Wireless Communication Environment and WISDOM Infrastructure
 - Implementation of the WISDOM System Protocols according to the Test Scenarios and Algorithms
 - Evaluation of the WISDOM System by the Comparison with the Conventional Traffic Control Systems
 - Demonstration of Field Evaluation for WISDOM System

The followings are fulfilled in the fourth year of the project.

- System Integration of WISDOM for Manufacturing a Prototype

- Production of a Prototype for the Second Step of WISDOM
- Establishment of a WISDOM Database between OBE, Local WISDOM and WISDOM Management Center
- Improvement of WISDOM Algorithms & Strategies
 - Cycle-Free & Travel Time based Signal Control Algorithms, etc.
 - Traffic Information Collecting Strategies by Utilizing Dedicated Short Range Communication
- Simulation and Estimation of WISDOM by using Hardware In Loop Simulation System connected with CORSIM & VISSIM
 - Simulator Development for Estimation
 - Comparison of WISDOM with the Other Systems
- Field Test and Evaluation
 - Field Test for Implementing Wireless Communication Environment and WISDOM Infrastructure & Acquisition of System Stability on Field Condition
 - Measure of Effectiveness Analysis about WISDOM Algorithms on the Test Sites
 - Evaluation of the WISDOM System by the Comparison with the Conventional Traffic Control Systems
 - Second Step Demonstration of Field Evaluation for WISDOM System

IV. Results

The final goal in the research is to develop the traffic signal controller that is based on wireless communication systems, with new signal control strategies and wireless realtime traffic data. The research includes the preparation of new signal control strategies, the evaluation of proposed signal

system, and the demonstration of research product through the field test. In research of the first year, the requirements and development strategies for the wireless traffic signal control system was defined and established. In addition, analysis of hardware, software, and interface on the system was performed and finally wireless communication module that is interfaced with traffic detector systems was developed. In the second year, the logical and physical architectures, communication layout, database and protocols between pairs of system components were developed. Test environment for the WISDOM H/W and S/W was established in both simulation and field environment. In this year, field tests and evaluation of a prototype of WISDOM developed were fulfilled at the real site of the urban traffic networks utilizing DSRC infrastructures both on the roadside and in the vehicle. The results of the field tests indicate that the WISDOM system would considerably improve the mobility and safety at the intersections based on the comparison with the conventional signal control systems.

V. Implementation of results

In urban and rural areas, the signal control system has been mostly run with inductive loop detectors that often cause problems in maintenance and signal operations. The proposed signal system, WISDOM based on wireless communication technologies would result in the dramatic reduction of maintenance and operations costs. The research would provide traffic engineers with fundamental methodologies of signal priority strategy for bus, and emergency vehicles utilizing individual vehicular attributes. It would also provide technical databases for the applications to the vehicular sensor detection system, signal control and operations, vehicle collision avoidance systems, real time traffic information, and automated highway system.

제 목 차 례

제1장 연구개요	1
제1절 연구개발의 필요성	1
제2절 연구개발의 목표	4
1. 연구개발의 최종목표	4
2. 4차년도 연구개발 목표	5
제3절 연구개발의 내용 및 범위	6
1. 총 연구기간	6
2. 연차별(5개년) 연구목표 및 내용	6
3. 1차년도 연구개발 내용(2003. 6. 30~2004. 4. 30)	7
4. 2차년도 연구개발 내용(2004. 6. 1~2005. 5. 31)	11
5. 3차년도 연구개발 내용(2005. 6. 1~2006. 5. 31)	13
6. 4차년도 연구개발 내용(2006. 8. 14~2008. 1. 13)	15
제4절 연구개발의 추진방법 및 체계	18
1. 연구개발 추진방법	18
2. 연구개발 추진체계	19
 제2장 국내외 기술개발 현황	 20
제1절 국내 현황	20
1. 지역별 현황	21
2. 관련 시스템 기술 동향	29
제2절 국외 현황	39
1. 신호제어기	39
2. 무선통신기반 신호제어시스템 개발	46
3. 기술동향 및 향후 전망	47
 제3장 WISDOM 개발 수행 내용 및 결과	 49
제1절 WISDOM 요구사항 및 개발전략	49

1. 무선통신 신호제어시스템 요구사항 및 개발전략	49
제2절 WISDOM 체계 종합	79
1. WISDOM 신호제어시스템 및 알고리즘 구현 체계	79
제3절 WISDOM 운영 및 제어방안	85
1. 무선통신 신호제어시스템 운영 및 제어방안	85
2. 딜레마감응제어 및 긴급차량 신호제어	141
3. 교통정보수집	172
제4절 WISDOM 현장실험	178
1. 개 요	183
2. 1단계 딜레마감응제어 신호제어알고리즘 현장실험	186
3. 2단계(4차년도) 개별차량기반 서비스 현장실험	190
제5절 연구 결과	214
1. 1차년도 연구 결과	214
2. 2차년도 연구 결과	214
3. 3차년도 연구 결과	215
4. 4차년도 연구 결과	217
5. WISDOM 최종 결과분석(결과요약)	219
제4장 연구개발목표 달성도 및 대외기여도	220
제1절 1차년도 연구목표 달성도 및 대외기여도	220
제2절 2차년도 연구목표 달성도 및 대외기여도	224
제3절 3차년도 연구목표 달성도 및 대외기여도	227
제4절 4차년도 연구목표 달성도 및 대외기여도	229
제5장 연구개발결과의 활용계획	233
제6장 참고문헌	235

표 차례

<표 1- 1>	5개년 연구목표 및 내용	6
<표 1- 2>	1차년도 연구개발 내용	7
<표 1- 3>	2차년도 연구개발 내용	11
<표 1- 4>	3차년도 연구개발 내용	13
<표 1- 5>	4차년도 연구개발 내용	15
<표 2- 1>	국내 실시간 신호제어기 현황	20
<표 2- 2>	국내 실시간신호제어기 구축 현황	21
<표 2- 3>	서울시 COSMOS 시스템 개발 과정	22
<표 2- 4>	도시부 간선도로 교통신호제어 시스템 효과	24
<표 2- 5>	제주시 주요 교차로별 신호제어시스템의 효과	24
<표 2- 6>	대전광역시 주요교차로별 신호제어시스템의 효과	25
<표 2- 7>	전주시 주요교차로별 교통신호제어 효과	26
<표 2- 8>	지역별 실시간 신호제어시스템 사례	27
<표 2- 9>	지역별 실시간 신호제어시스템 사례	28
<표 2-10>	실시간 제어시스템 운영 효과	28
<표 2-11>	차량 검지기 평가 사례	30
<표 2-12>	국내 검지체계 기술수준 요약	31
<표 2-13>	검지기 기술 수준 분석	31
<표 2-14>	공정단위별 기술수준 평가(외국)	32
<표 2-15>	공정단위별 기술수준 평가(국내)	32
<표 2-16>	개발되었거나 개발 중인 새로운 검지 기술	33
<표 2-17>	기존 공정방법 대비 기술의 평가	34
<표 2-18>	국내 ITS 관련 표준화 현황	36
<표 2-19>	국내 기존 실시간 신호제어시스템과 본 제안시스템의 차이	38
<표 2-20>	국가별 실시간 신호시스템	39
<표 2-21>	주요 실시간 신호제어시스템별 운영 현황 및 효과	40
<표 2-22>	중요 기능개선 UG 프로그램	41
<표 2-23>	국내외 신호시스템 비교	45
<표 2-24>	외국의 개별차량기반의 검지기체계 적용 사례 (버스우선신호)	46
<표 3- 1>	검지 및 가공데이터 종류	55
<표 3- 2>	정보제공	56
<표 3- 3>	무선 통신센서 특성 비교	67
<표 3- 4>	WISDOM 신호제어알고리즘 구분	79
<표 3- 5>	WISDOM 신호제어기 구성	83

<표 3- 6>	단계별 연구 대상 상황	86
<표 3- 7>	지역 통신환경에 따른 WISDOM 운영전략	87
<표 3- 8>	통신망 구성	89
<표 3- 9>	통신자료 및 자료저장수준	89
<표 3-10>	자료저장 메모리 및 용도	90
<표 3-11>	Data Packet 크기검토	91
<표 3-12>	WISDOM 적용 가능 대안 검지기 종류	92
<표 3-13>	유선 LOOP 검지기와의 무선 LOOP 검지의 비교	94
<표 3-14>	제어 DB 포함 변수	109
<표 3-15>	인접 L/C 연계 제어 DB 포함 변수	110
<표 3-16>	Network 연계 DB 포함 변수	112
<표 3-17>	교통여건에 따른 적용가능 알고리즘	113
<표 3-18>	알고리즘 공영 전역변수	113
<표 3-19>	cycle-free DB 포함 변수	114
<표 3-20>	cycle-free DB 포함 변수(유전자 알고리즘)	116
<표 3-21>	긴급차량우선처리 DB	116
<표 3-22>	버스우선신호제어 DB	117
<표 3-23>	통행시간기반 신호제어 DB	117
<표 3-24>	딜레마감응제어 DB	118
<표 3-25>	신호운영 DB포함 변수	119
<표 3-26>	신호자료 처리방안별 WISDOM 신호제어알고리즘 구분	137
<표 3-27>	복합 WISDOM 신호제어 알고리즘 운영전략	139
<표 3-28>	현장 적용알고리즘 변수값	149
<표 3-29>	신호제어 알고리즘 및 서비스 현장실험 목표	178
<표 3-30>	1단계 현장실험 개요	182
<표 3-31>	현장 적용알고리즘 변수값	183
<표 3-32>	딜레마 감응 제어 수집 데이터 분석	188
<표 3-33>	현장 실험 시나리오 구분(1)	192
<표 3-34>	현장 실험 시나리오 구분(2)	193
<표 3-35>	통행시간기반 신호제어 알고리즘 현장실험 개요	193
<표 3-36>	시나리오 1 현장실험 결과	196
<표 3-37>	시나리오 2 현장실험 결과	198
<표 3-38>	시나리오 3 현장실험 결과	199
<표 3-39>	이동류별 번호	201
<표 3-40>	①번 이동류 수집 정보	201
<표 3-41>	시나리오 2의 예측치와 실측치 결과	211
<표 3-42>	시나리오 3의 예측치와 실측치 결과	212

<표 4- 1>	무선통신 신호제어시스템 요구사항 및 개발전략(달성도,%)	221
<표 4- 2>	신호제어시스템 H/W, S/W 및 인터페이스 분석(달성도,%)	222
<표 4- 3>	검지기 체계와의 무선통신 모듈 개발(달성도,%)	223
<표 4- 4>	무선통신 신호제어시스템 아키텍처 구축(달성도,%)	224
<표 4- 5>	무선통신 신호제어전략 및 알고리즘 개발(달성도,%)	225
<표 4- 6>	시스템 시험평가를 위한 모의실험 프로그램 개발(달성도,%)	226
<표 4- 7>	무선통신 검지기 및 신호제어기 개발(달성도,%)	226
<표 4- 8>	무선통신 체계종합 및 시제품제작(달성도,%)	227
<표 4- 9>	시험평가를 위한 평가사이트 구축 및 현장실험, 평가분석	228
<표 4-10>	1단계 개발 시제품 시연회 개최	228
<표 4-11>	개별차량검지기와의 무선통신기반 신호제어시스템 개발(달성도,%)	229
<표 4-12>	개별차량감응제어를 위한 신호제어 전략 및 알고리즘 개발(달성도,%)	230
<표 4-13>	모의실험을 통한 차세대 신호제어시스템 평가(달성도,%)	230
<표 4-14>	개별차량감응식 차세대 무선통신 신호제어시스템 체계종합 및 시제품제작(달성도,%)	231
<표 4-15>	시험평가를 위한 평가사이트 구축 및 현장실험, 평가분석(달성도,%)	231

그림 차례

<그림 1- 1>	단계별 연구 목표	4
<그림 1- 2>	차세대 무선통신 신호제어시스템 개념도	5
<그림 1- 3>	연구 방법	10
<그림 1- 4>	추진 방법	18
<그림 1- 5>	연구개발 추진체계	19
<그림 2- 1>	NTCIP 표준 개발 개념도	37
<그림 2- 2>	미국의 신호제어기 개발 추이	43
<그림 3- 1>	무선통신 기반 신호제어 및 운영 구성도	52
<그림 3- 2>	신호제어 및 운영 데이터 흐름도	52
<그림 3- 3>	무선통신 기반 안전제어 및 운영 구성도	54
<그림 3- 4>	안전제어 및 운영 데이터 흐름도	54
<그림 3- 5>	교통정보 제공 구성도	57
<그림 3- 6>	교통정보 제공 데이터 흐름도	57
<그림 3- 7>	(a) WISDOM 아키텍처 Layer 1 및 데이터 구성도	61
<그림 3- 7>	(b) WISDOM 아키텍처 Layer 2	62
<그림 3- 7>	(c) WISDOM 아키텍처 Layer 2-2	63
<그림 3- 8>	유/무선 데이터의 개발 방향 개념도	65
<그림 3- 9>	신호제어 가능 데이터	66
<그림 3-10>	IR-DSRC 무선센서 설치 개념도	66
<그림 3-11>	RF-DSRC 무선센서 설치 개념도	67
<그림 3-12>	DSRC의 검지영역별 사용 영역	68
<그림 3-13>	제어범위 구성도	70
<그림 3-14>	개발 제어기 아키텍처	73
<그림 3-15>	개발 API 아키텍처	74
<그림 3-16>	표준안제어기 제어모드별 구분	80
<그림 3-17>	신호제어 알고리즘 구현 단계의 흐름도	82
<그림 3-18>	WISDOM 신호제어기 구성도	84
<그림 3-19>	WISDOM 신호제어기 설치 예	84
<그림 3-20>	시스템 통신망 및 운영개념 구성도	88
<그림 3-21>	유선 루프검지체계	93
<그림 3-22>	무선 루프검지체계	93
<그림 3-23>	무선통신 영상검지기 활용	95
<그림 3-24>	무선통신 지자기검지기 활용	96
<그림 3-25>	무선통신 Ultra Sonic 검지기 활용	97

<그림 3-26>	단일고리기반 현시조합체계 예	99
<그림 3-27>	이중고리기반 현시조합체계 예	100
<그림 3-28>	다중고리기반 현시조합체계	104
<그림 3-29>	제어기의 내부 Database 종속관계도	107
<그림 3-30>	저장 공간기준 제어기 내부 Database 배치도	108
<그림 3-31>	offset reference point의 이동경로	110
<그림 3-32>	Network 연계 범위	111
<그림 3-33>	WISDOM 제어기 DB 구축을 위한 기존제어기 DB 변환 방법	121
<그림 3-34>	CORSIM RTE를 이용한 네트워크 DB Test 구성	137
<그림 3-35>	각 알고리즘별 자료가공시간 및 수집주기	138
<그림 3-36>	각 알고리즘별 특성 분포	140
<그림 3-37>	딜레마구간 개념도	142
<그림 3-38>	현장의 딜레마 존 구간	143
<그림 3-39>	딜레마 감응제어 개념도	146
<그림 3-40>	딜레마존에 영향을 미치는 요소	150
<그림 3-41>	딜레마존 개념도	152
<그림 3-42>	속도와 신호변경간격에 따른 딜레마 구간 길이 변화	153
<그림 3-43>	황색 신호시 차량의 위치와 속도	155
<그림 3-44>	차량의 진입 속도와 위치에 따른 영역	155
<그림 3-45>	정적 딜레마 감응 알고리즘	158
<그림 3-46>	속도의 변화 패턴	161
<그림 3-47>	동적 딜레마감응서비스 구성도	168
<그림 3-48>	동적 딜레마감응 개념도	169
<그림 3-49>	동적 딜레마 서비스 흐름도	170
<그림 3-50>	동적 딜레마감응서비스 차량단말기	171
<그림 3-51>	딜레마 감응시 차량단말기 정상통과시	171
<그림 3-52>	보행신호상황별 preemption call 수신	172
<그림 3-53>	IR-DSRC 방식의 정보수집 시스템 개념도	174
<그림 3-54>	RF-DSRC 방식의 정보수집 시스템 개념도	175
<그림 3-55>	1단계 현장 실험 사이트	179
<그림 3-56>	최초 2단계 현장 실험 사이트(안)	180
<그림 3-57>	재구성된 2단계 현장 실험 사이트	180
<그림 3-58>	현장 평가사이트 구성 및 수집데이터	184
<그림 3-59>	딜레마감응시 경고 메시지	185
<그림 3-60>	딜레마 존	186
<그림 3-61>	딜레마감응제어 데이터 수신 화면	188

<그림 3-62>	동적딜레마 서비스 구간	190
<그림 3-63>	교통정보 수집 서비스 구간(1)	191
<그림 3-64>	교통정보 수집 서비스 구간(2)	191
<그림 3-65>	시나리오 1 현장실험 결과	197
<그림 3-66>	시나리오 2 현장실험 결과	199
<그림 3-67>	시나리오 3 현장실험 결과	200
<그림 3-68>	1번 교통류 통행시간 결과	203
<그림 3-69>	2번 교통류 통행시간 결과	203
<그림 3-70>	3번 교통류 통행시간 결과	204
<그림 3-71>	3번 교통류 통행시간 결과	204
<그림 3-72>	5번 교통류 통행시간 결과	205
<그림 3-73>	6번 교통류 통행시간 결과	205
<그림 3-74>	7번 교통류 통행시간 결과	206
<그림 3-75>	8번 교통류 통행시간 결과	206
<그림 3-76>	1번 이동류 통과주기 결과	207
<그림 3-77>	2번 이동류 통과주기 결과	207
<그림 3-78>	3번 이동류 통과주기 결과	208
<그림 3-79>	4번 이동류 통과주기 결과	208
<그림 3-80>	5번 이동류 통과주기 결과	209
<그림 3-81>	6번 이동류 통과주기 결과	209
<그림 3-82>	7번 이동류 통과주기 결과	210
<그림 3-83>	8번 이동류 통과주기 결과	210
<그림 3-84>	오전 비점두시 통행시간 비교	212
<그림 3-85>	오후 점두시 통행시간 비교	213
<그림 3-86>	2차년도 실외 시험 사이트 및 시스템 구성	215
<그림 3-87>	3차년도 실외 시험 사이트 및 시스템 구성	216
<그림 3-88>	4차년도 개발 완료된 시작품 구성	217
<그림 3-89>	동적 딜레마 서비스(경고 및 정보제공)	218

제1장 연구개요

제1절 연구개발의 필요성

최근의 혁신적인 정보통신기술의 발달로 시·공간적인 제약 없이 필요한 정보를 얻을 수 있게 됨에 따라 사무실뿐만 아니라 도로나 차량내부 등과 같은 이동 환경에서도 인터넷이나 온라인 서비스, 메시지, 전자우편 등을 이용하려는 요구가 증가하고 있다.

2005년 12월 말 현재 국내 이동전화 가입자 수는 3,832만 명을 넘어서고 있으며 이동통신업체들은 텔레매틱스 서비스 등 더욱 다양하고 고급화된 서비스를 제공하며 시장점유 경쟁을 하고 있다.

2005년 12월 1일 부터는 국내 지상파DMB 방송이 시작되었으며 이는 2004년 시작된 위성DMB 서비스와 마찬가지로 가정·차량·야외 등에서 고음질 다채널의 오디오 서비스와 고속 이동 중에도 끊김 없는 비디오 서비스, 방송정보·뉴스·교통정보와 같은 다양한 데이터서비스를 하나의 DMB 전용 단말기를 통해 24시간 듣고 볼 수 있는 서비스를 무료로 제공하고 있다. 또한 성남, 판교, 청계, 인천, 남인천, 하남, 토평, 김포, 시흥, 구리 고속도로 영업소에서는 달리는 차안에서 무선 또는 적외선 통신을 이용하여 통행료를 지불하는 최첨단 전자요금징수시스템(Electronic Toll Collection System, ETCS)이 도입되어 운영되고 있다.

이러한 무선통신 시장의 폭발적 성장세는 앞으로도 계속될 전망이다. 국내뿐만 아니라 국외에서도 서비스 이용을 위한 시장이 빠르게 형성되어 가고 있는 추세이다.

또한 정보통신기술의 발달은 현재 추진 중인 지능형교통시스템(Intelligent Transportation System, ITS) 개발에도 기여하는 바가 매우 크며 특히, 국가 ITS 기본계획에서 제시된 ITS 서비스 분야인 교통관리최적화, 전차지불처리, 교통정보유통활성화, 여행자정보고급화, 대중교통활성화 분야에 교통정보의 수집, 가공, 제공 및 제어에 이르기까지 시스템의 기본핵심기술로서 정보통신기술이 활용되어져 왔다. 최근 도로변 기지국과 통신영역을 통과하는 차량들 사이에 양방향 고속 통신할 수 있는 능동형 단거리전용통신(Dedicated Short Range

Communication, DSRC) 기술은 국내에 이미 구축된 통신기반 하에 다양한 개별 차량정보를 수집, 가공 및 제공을 가능하게 하고 있다.

그리고 유·무선 통합을 실현할 수 있는 차세대 핵심통신기술로 여겨지는 Software Defined Radio(SDR)를 도입한 통신서비스가 2006년 이후부터 도입될 예정으로 ITS 분야에 통신기반 기술을 활용하기 위한 기술개발 연구가 더욱 가속화될 전망이다.

1960년대 computer-based controller의 등장이후 최적의 교통신호제어 시스템을 구현하기 위한 많은 연구가 진행되어 왔지만 대부분의 신호제어 전략이 신호 교차로의 검지기로부터 제공되는 제한된 정보에 의한 교통수요 예측에 의존하게 되어 제어운영의 질을 높이는 데 한계가 있었으나 최근의 신호제어 전략 연구는 교통 수요를 실시간으로 예측하여 신호 제어에 적용하려는 추세로 가고 있다.

제어전략의 성패는 실제 교통류 특성을 실시간으로 반영하는 모형을 통한 시스템개발에 달려있으며 다양한 차량검지기기술의 개발과 교통 및 통신기술의 첨단화로 다양한 교통상황에 교통류를 실시간으로 대응할 수 있어야 한다. 따라서 새로운 개념의 차세대 무선통신 신호제어 시스템과 신호제어전략을 개발하여 첨단 교통관리체계에 기본이 되는 핵심기술의 하나로 발전시킴으로써 구체적인 기술 우위성을 확보할 필요가 있다고 판단된다.

또한 computer-based controller는 신호제어기 및 검지기 등 관련 신호제어시스템 개발을 촉진하여 도심지 및 국도의 단속류 대부분에 설치함으로써 산업발전에 상당히 기여해 왔다. 그러나 현존의 신호제어시스템은 유선통신을 이용한 고정된 검지기로부터 전송되는 매우 제한적인 교통정보를 통해 제어 및 운영이 되고 있기 때문에 교통 지체 및 사고로 인한 시간적 물적 손실을 줄이는데 한계에 이른 상황이다. 즉, 기존의 전자식 신호제어기의 한계를 무선통신 방식의 실시간 제어를 통해 극복하여 신호교차로 운영의 효율성과 안전성을 획기적으로 향상시켜 인명, 재산손실 및 물류비용 감소로 국가 경쟁력을 증대시킬 필요가 있다.

그리고 우리나라의 최첨단 정보 및 통신 기술을 활용한 신호제어시스템을 개발함으로써 국가 IT 산업의 국제 경쟁력 제고에 기여할 뿐만 아니라 국제 신호제어시스템 시장을 선점할 것으로 기대된다.

본 과제를 통해 개발되는 실시간 무선통신 신호제어기는 불필요한 정지 및 지체를 획기적으로 감소시켜서 신호체계에 대한 운전자의 신뢰성을 제고하여 신호

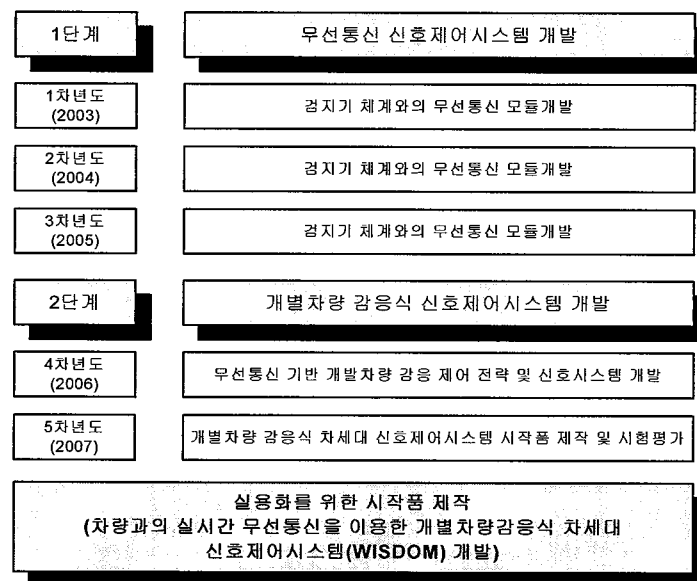
준수 의무 이행에 대한 책임의식을 고취시킴으로써 전반적인 운전문화를 성숙시킬 것이다. 도심지 네트워크 상의 교통수요로 인한 정체유발은 주거, 이동 및 자연 환경 등에 심각한 환경문제를 유발하고 있어, 이러한 기존의 환경 및 경제문제를 무선통신 기반의 신호제어시스템을 통해 시민에게 신속하고 편안한 21세기 신교통환경 구축에 기여한다.

제2절 연구개발의 목표

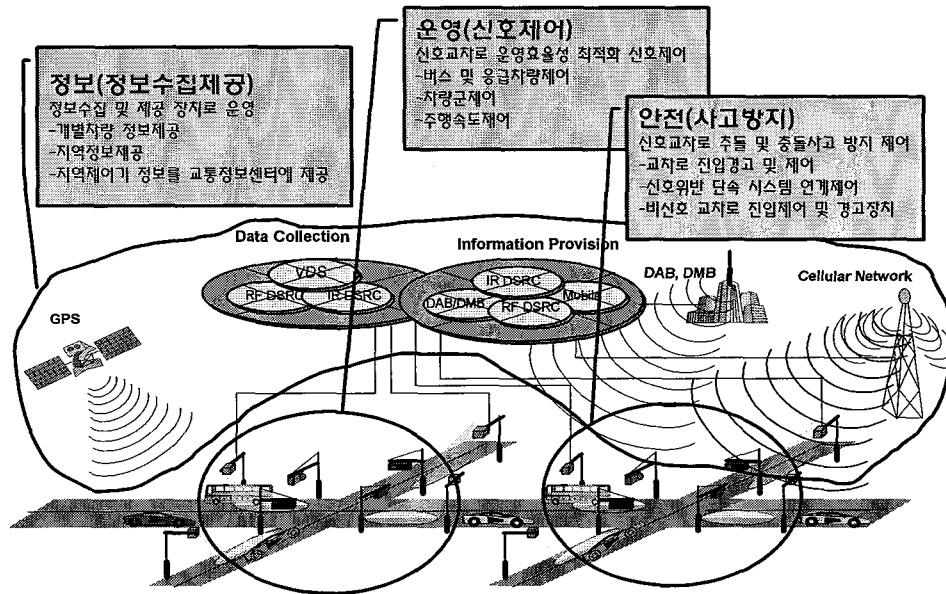
1. 연구개발의 최종목표

연구개발의 최종 목표는 신호교차로에 접근하는 차량과의 실시간 무선통신 방식을 이용한 개별 차량 감응식 차세대 신호제어시스템 즉, 차세대 무선통신제어기 및 신호제어전략을 개발하고 현장시험 및 평가를 통해 실용화를 위한 시작품을 제작하는 것으로 2단계에 걸쳐 개발된다.

1단계 목표는 3년간에 걸쳐 무선통신 신호제어시스템 시작품 제작 및 시험평가를 완료하여 기존의 매설식 검지기 기반으로 운영된 현 신호제어시스템을 국내의 무선통신 기술을 접목시킴으로써 신호제어 및 운영에 있어 효율성 및 안전성을 극대화하고 유지보수비용을 최소화시키는 대체 시스템을 제시하며, 2단계 목표는 1단계 시작품을 기반으로 그 후 2년 동안 개별차량 단말기를 통한 신호제어시스템과의 무선통신 및 네트워크 기술을 응용하여 최종 목표인 개별차량 감응식 신호제어시스템을 개발하고 이를 차세대 신호제어시스템으로 제시하는 것이다. 4차년도 연구개발 목표 및 내용 중 당초 5차년도 내용 이었던 시작품 제작 및 시험평가를 조기 완료하는 것으로 조정하였으며, 이에 따라 일부 내용이 추가 되었다.



<그림 1- 1> 단계별 연구 목표



<그림 1- 2> 차세대 무선통신 신호제어시스템 개념도

2. 4차년도 연구개발 목표

4차년도의 연구개발 목표는 개별차량감응식 신호제어시스템 개발, 시제품 제작 및 시험 평가로 이를 위해 신호제어 전략 및 알고리즘 개발 후 모의실험을 통한 차세대 신호제어시스템 평가를 실시하며, 현장 평가 사이트 구축하여 실제 적용 가능성을 확인하고, 기존체계와의 비교 평가분석을 실시한다.

제3절 연구개발의 내용 및 범위

1. 총 연구기간

○ 2003. 6. 30 ~ 2008. 8. 30(5개년)

2. 연차별(5개년) 연구목표 및 내용

<표 1- 1> 5개년 연구목표 및 내용

구분	연구개발목표	연구개발내용 및 범위
1차년도 (2003)	검지기체계와의 무선통신 모듈 개발	- 무선통신 신호제어시스템 요구사항 및 개발전략 연구 - 신호제어시스템 H/W, S/W 및 인터페이스 분석 - 검지기체계와의 무선통신 모듈 개발
2차년도 (2004)	무선통신 신호제어시스템 개발	- 무선통신 신호제어시스템 아키텍처 구축 - 무선통신 신호제어 전략 및 알고리즘 개발 - 시스템 시험평가를 위한 모의실험 프로그램 개발 - 무선통신 검지기 기술 및 신호제어기 개발
3차년도 (2005)	무선통신 신호제어시스템 시작품제작 및 시험평가	- 무선통신 신호제어시스템 체계종합 및 시작품제작 - 시험평가를 위한 평가사이트 구축 및 현장실험, 평가분석 - 1단계 개발 시작품 시연회
4차년도 (2006)	개별차량감응식 신호제어시스템 개발, 시작품제작 및 시험평가	- 개별차량검지기와의 무선통신기반 신호제어시스템 개발(단말기 부착율에 따른 사용화 가능성, 효과, 시기 등을 제시 함) - 개별차량감응제어를 위한 신호제어 전략 및 알고리즘 개발 - 모의실험을 통한 차세대 신호제어시스템 평가 (기존 신호제어기(COSMOS) 와의 비교 평가 실시) - 개별차량감응식 차세대 무선통신 신호제어시스템 체계종합 및 시작품제작 - 시험평가를 위한 평가사이트 구축 및 현장실험, 평가분석
5차년도 (2007)	종합 시험평가 및 시연회	- 2단계 차세대 신호제어시스템 개발 시작품 시연회

3. 1차년도 연구개발 내용(2003. 6. 30~2004. 4. 30)

<표 1- 2> 1차년도 연구개발 내용

구분	연구개발목표	연구개발내용 및 범위
1차년도 (2003)	검지기체계와의 무선통신 모듈 개발	무선통신 신호제어시스템 요구사항 및 개발전략 연구
		- 무선통신기반 신호제어시스템 개념정립 - 신호제어시스템 기술개발 및 시스템요구조사 분석 - 유·무선 통신시스템 기술 분석을 통한 신호제어시스템 응용 연구 - 무선통신 신호제어시스템 요구기능설정 및 개발전략연구 - 교통류 특성 분석 - 신호시스템 기술특성 분석
		신호제어시스템 H/W, S/W 및 인터페이스 분석
		- 국내외 신호시스템 기술 분석 - 신호시스템 적용 제어 알고리즘 분석 - 무선통신 모듈 신호시스템 개발방향 설정 - 무선통신 모듈 기반 신호제어 알고리즘 연구
		검지기체계와의 무선통신 모듈 개발
		- 모의실험 모형 요소기술 개발 - 무선검지기 체계와 신신호시스템을 연계한 프로토타입 개발 및 실험

1차년도 연구개발 목표는 무선통신 신호제어시스템 요구사항 및 개발전략 연구이며 세부 연구수행 내용은 다음과 같다.

가. 무선통신 신호제어시스템 요구사항 및 개발전략 연구

- 무선통신기반 신호제어시스템 개념정립:
기존 운영되는 유선통신 기반 전자식 혹은 신신호제어시스템의 검지 및

제어방식을 무선통신 기반의 검지 및 제어체제로 전환함에 따라 검지기로부터 제어기로 전송되는 무선통신 방식과 이에 따른 검지방식 및 다양한 실시간 교통정보를 처리하는 새로운 제어방식에 대한 개념을 정립

- 신호제어시스템 기술개발 및 시스템 요구조사 분석:

정립된 개념에 따라 검지기로부터 제어기로의 무선통신 기반 신호제어시스템 기술 개발에 필요한 관련 기술에 관한 조사분석을 통해 시스템의 성능 및 평가를 위한 요구사항 제시

- 유·무선 통신시스템 기술 분석을 통한 신호제어시스템 응용 연구:

정립된 개념과 시스템 성능 및 평가 요구사항을 기반으로 유·무선 통신시스템 기술 분석을 통해 검지기로부터 제어기로의 데이터 종류 및 흐름과 이를 신호제어시스템의 H/W 및 S/W에 응용할 수 있는 전략, 방법론 및 알고리즘에 대한 연구 수행

- 무선통신 신호제어시스템 요구기능 설정 및 개발전략 연구:

개발될 무선통신 신호제어시스템의 검지기 체계, 통신체계, 데이터 종류, 신호제어기 H/W 및 S/W에 대한 요구기능 및 사양을 규정하고 이를 개발하기 위한 세부적인 전략 제시

나. 신호제어시스템 H/W, S/W 및 인터페이스 분석

- 국내외 신호시스템 기술 분석:

국내에서 개발 적용되고 있는 전자식 혹은 신신호시스템에 대한 기술 및 시스템 성능개선 계획에 따른 기술 분석을 실시하고, 미국을 비롯한 선진국의 신호시스템 기술을 분석 비교하여 신호시스템에 대한 미래 기술을 예측하고 본 연구개발에의 적용성 검토

- 신호시스템 적용제어 알고리즘 분석:

전자식 혹은 신신호시스템에 대한 적용제어 알고리즘을 분석하여 본 연구개발에의 적용성 검토

- 무선통신 모듈기반 신호시스템 개발방향 설정:

위에서 설정된 무선통신 모듈기반 신호시스템의 요구사항 및 개발전략과 기존 신호시스템의 제어전략 및 알고리즘을 기반으로 시스템 개발방향을

H/W, S/W 및 인터페이스 측면으로 설정하여 이에 따른 시스템 체계종합 및 시험평가 수행

- 무선통신 모듈기반 신호제어 알고리즘 연구:

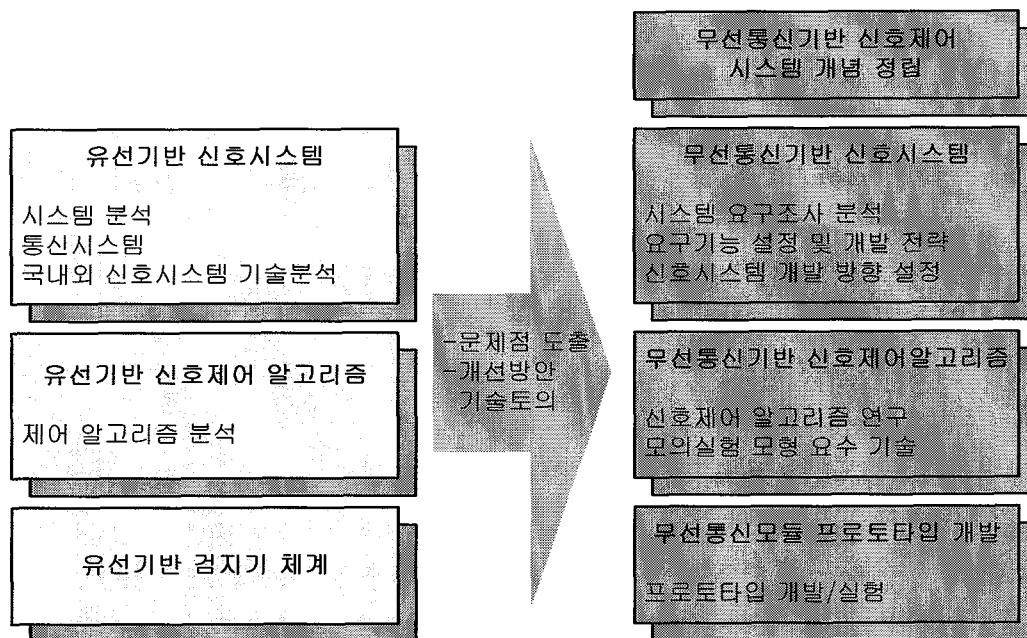
전자식 혹은 신신호시스템에 대한 적용제어 알고리즘의 분석 결과를 토대로 무선통신 모듈기반에 따른 다양한 실시간 데이터를 이용한 다음과 같은 새로운 적용제어 알고리즘 연구

- 대중교통 우선제어: 신호 제어를 통해 버스, 노면전차 등 대중교통에 우선적인 서비스를 제공해 주는 운영 전략으로 신호 교차로에서 대중교통의 대기 및 지체를 최소화시켜 대중교통의 이동성, 안전성, 신속성을 향상시키고 대중교통의 서비스 개선 및 운영비 절감 효과를 얻는 제어전략
- 통행시간기반 제어: 각 도로구간에서 수집된 통행시간 정보를 센터수준에서 통합하여 시스템의 전체적인 소통완화를 위한 제어전략으로 교차로 수준이 아닌 네트워크 수준에서 전체 시스템의 제어전략을 제시하여 독립교차로 및 간선도로상에서 이를 적용하여 특정구간의 정체가 인접구간으로 확산되는 것을 예방하는 제어전략
- 주기변동 기반 제어: 현장교통상황에서 연동값은 대기차량의 길이에 따라, 신호주기에 따라 변해 기존의 신호시간 계산방법으로는 실시간으로 적정 신호주기와 적정 연동값을 동시에 산출하는 것이 어렵기 때문에 혼잡한 교차로를 찾아내어 그 혼잡이 다른 교차로로 확산되는 것을 방지하고, 신속한 최적화 절차를 통해 각 현시의 변환시간을 결정하는 제어전략
- 동적 딜레마 구간 제어 : 신호교차로에서 차량이 신호변경시 진입할 때, 차량군의 상태와 차량의 실시간 속도변화 및 운전자의 정지 혹은 진입에 대한 의사결정에 따라 딜레마 구간의 위치 및 범위가 동적으로 변화하여 신호교차로의 사고위험성을 증대시키므로 이를 동적으로 최소화시키는 실시간 제어전략
- 교통대응 신호제어: 실시간으로 검지기에서 수집한 자료를 온라인 상에서 처리하여 최적신호계획을 설정하는 교통대응 신호제어 전략으로 사전에 신호주기와 신호현시와 같은 신호시간계획을 결정할 필요가 없는 감응 제어
- 개별차량기반 신호제어: 이동통신, GPS 등 개별차량의 단말기와 지역제어기(Local Controller, LC)간의 무선통신에 기반 하여 신호를 제어하는 전략으로 차량자동항법장치 (Car Navigation System, CNS) 등 차내단말기(On-board Unit, 차내단말기) 장착차량의 정보와 미장착 차량의 검지정보를 활용하는 신호제어 전략

- 무선 지점검지기 자료처리 알고리즘: 지자기 검지기는 차량이 센서를 통과할 때 발생하는 좌계의 변화를 전류량의 차이로 변화시켜 차량의 통과 여부 및 교통량, 속도, 점유율, 평균차량길이 및 유고를 감지하므로 설치가 간편하고 무선화가 가능하며 도로표면에서 깊이 매설할 수 있어 도로 및 센서의 파손이 적어 이를 이용하는 알고리즘

다. 검지기체계와의 무선통합모듈 개발

- 검지기 체계와 신호시스템을 연계한 프로토타입 개발 및 실험:
검지기 체계와 신호시스템을 연계한 무선통신 모듈개발을 위해 지자기 검지기, IR 검지기, Microwave 검지기 등 다양한 검지기 기반의 데이터 전송 및 처리 아키텍처를 설계하고 이를 신호제어기에서 처리할 수 있는 프로토타입을 개발하여 실내 실험을 통해 시스템 성능 평가



<그림 1- 3> 연구 방법

4. 2차년도 연구개발 내용(2004. 6. 1~2005. 5. 31)

<표 1- 3> 2차년도 연구개발 내용

구분	연구개발목표	연구개발내용 및 범위
2차년도 (2004)	무선통신 신호제어시스템 개발	무선통신 신호제어시스템 아키텍처 구축
		- 무선통신 신호제어시스템 요구사항 및 개발전략을 기반으로 한 시스템 아키텍처 구축
		- 시스템 구성요소별 통신체계구성 및 논리적 아키텍처 설정
		- 기초분석
		무선통신 신호제어 전략 및 알고리즘 개발
		- 무선통신기반 검지데이터를 이용한 새로운 신호제어 전략연구
		- 신호제어 전략을 기반으로 한 실시간 신호제어 알고리즘 개발/적용
		- 버스 및 응급차량을 위한 우선신호제어전략 및 알고리즘 개발/적용
		- 차량군 제어 방법 및 딜레마구간 제어 방법 개발
		- 차량주행속도 제어를 위한 알고리즘 개발
		시스템 시험평가를 위한 모의실험 프로그램 개발
		- 모의실험 프로그램 및 프로토타입 개발
		- 모의실험을 위한 HILSS 제작 및 평가
		- 시스템 모듈별 실내실험
		무선통신 검지기술 및 신호제어기 개발
		- 무선통신기반 검지기술 개발 및 적용
		- 센터시스템, 현장제어기의 S/W 및 H/W 개발

가. 무선통신 신호제어시스템 아키텍처 구축

- 무선통신 신호제어시스템 요구사항 및 개발전략을 기반으로 한 시스템 아키텍처 구축 :

무선통신 검지 기반으로 신호제어시스템의 요구사항 및 개발전략을 2차년도 개발할 시스템의 특성에 맞게 운영, 안전, 정보제공 측면에 따라 보완하고 이를 기반으로 데이터 종류 및 흐름과 신호제어시스템의 H/W 및 S/W 아키텍처를 개발

- 시스템 구성요소별 통신체계 구성 및 논리적 아키텍처 설정:
차량-검지기-노변장치-제어기, 차량-검지기-제어기, 차량-제어기, 차량-차량, 제어기-제어기, 제어기-센터의 시스템 구성요소별 통신체계를 구성하고 검지기-제어기-차내장치까지의 논리적 아키텍처를 설정
- 기초 분석:
현장실험을 위한 장소 및 교통조건 등의 주위 환경을 조사하여 적절한 현장실험 장소를 선정

나. 무선통신 신호제어 전략 및 알고리즘 개발

- 무선통신기반 검지데이터를 이용한 새로운 신호제어 전략 연구:
정립된 무선통신 신호제어시스템 아키텍처를 기반으로 무선통신기반으로 얻어지는 데이터 종류 및 교통조건에 따른 운영제어 전략
- 신호제어 전략을 기반으로한 실시간 신호제어 알고리즘 개발/적용:
1차년도에 개발된 버스우선신호제어와 딜레마구간제어는 실제 현장시험에 적용되며, 긴급차량제어, 동적 딜레마 구간 제어 등의 알고리즘은 2차년도까지 계속 개발

다. 시스템 시험평가를 위한 모의실험 프로그램 개발

- 모의실험 프로그램 및 프로토타입 개발:
교통류 시뮬레이션 모형 이외 각종 인터페이스 S/W, Target 장비에 탑재되는 제반 Embedded S/W 및 신호제어 센터에 탑재되는 제어 S/W의 모의실험 프로그램 및 프로토타입을 개발
- 모의실험을 위한 HILSS 제작 및 평가:
본 연구에서 제어기 수준에서 이루어지는 기술적인 제어와 센터수준에서의 전략적인 제어로 전략적 제어 평가용 Macro 평가모형, 기술적 제어 평가용 Micro 평가모형을 모두 수용하여 종합적인 평가 수행이 가능하도록 HILSS를 제작하고 알고리즘을 평가
- 시스템 모듈별 실내실험:
세계적으로 가장 많이 사용되고 있는 교통류 시뮬레이션 모형인 CORSIM에서 제공하는 외부 모듈과 연계 동작시킬 수 있도록 개발된 RTE(Run

Time Extension)모듈과 연계된 형태로 HILSS를 구성하여 평가

라. 무선통신 검지기술 및 신호제어기 개발

- 무선통신기반 검지기술 개발 및 적용:
검지기 체계와 신호시스템을 연계한 무선통신 모듈개발을 위해 지자기 검지기, IR 검지기술을 개발하여 현장에 적용
- 센터시스템, 현장제어기의 S/W 및 H/W 개발:
총괄 관리 및 분석을 할 수 있는 센터 시스템을 구축하고 현장에 구축된 제어시스템 실행을 위한 S/W 및 H/W를 개발

5. 3차년도 연구개발 내용(2005. 6. 1~2006. 5. 31)

<표 1- 4> 3차년도 연구개발 내용

구분	연구개발목표	연구개발내용 및 범위
3차년도 (2005)	무선통신 신호제어시스템 시작품제작 및 시험평가	무선통신 신호제어시스템 체계종합 및 시작품제작
		- 신호제어시스템 및 제어알고리즘 구현
		- 무선통신기반 검지기체계 및 제어기 체계종합
		- 무선통신 신호제어시스템 시작품제작
		- 차내단말기 활용 및 수집체계 검토
		시험평가를 위한 평가사이트 구축 및 현장실험, 평가분석
		- 현장시험을 위한 교통류 특성 분석
		- 시험평가를 위한 평가사이트 설계 및 구축
		- 현장실험을 위한 시험평가 전략 및 시나리오 구성/제시
		- 현장실험
		- 시스템평가를 위한 효과척도 제시 및 평가분석
		1단계 개발 시작품 시연회

가. 무선통신 신호제어시스템 체계종합 및 시작품 제작

- 신호제어시스템 및 제어알고리즘 구현 :
무선통신 검지 기반의 신호제어시스템을 개발하고 무선 검지 및 실시간

제어 가능한 제어알고리즘을 적용하여 차세대 무선통신 신호제어시스템을 구현

- 딜레마감응제어
- 긴급차량우선제어
- 버스우선제어
- Cycle Free
- 통행시간기반제어
- 무선통신기반 검지기체계 및 제어기 체계종합:
표준화 신호제어기 기반위에 IR/RF-DSRC 등의 최신의 무선통신 기술을 적용하고 ID 기반의 차량검지기기술과 신호제어기법을 통해 차세대 무선통신 검지기 및 제어기 체계 종합
- 무선통신 신호제어시스템 시작품제작:
최신의 무선통신 기술과 신호제어 전략을 적용시켜 신호제어와 운영의 효율성 및 안전성을 극대화하고 유지보수비용을 최소화하는 신호제어시스템 시작품을 제작
- 차내단말기 활용 및 수집체계 검토:
실시간 무선통신 검지 기반의 신호제어시스템 개발을 위하여 기존 표준안 제어기의 프로토콜을 기반으로 시스템 모듈간 프로토콜을 보완하고 각 검지기 그룹과의 연계방식을 통합

나. 시험평가를 위한 평가사이트 구축 및 현장실험, 평가분석

- 현장시험을 위한 교통류 특성 분석:
2, 3차년도에 구축된 현장의 오전, 오후 첨두시간 및 비첨두 시간의 교통량을 조사하여 교통류 특성을 분석
- 시험평가를 위한 평가사이트 설계 및 구축:
차량 ID 기반의 주기기반 신호제어 및 차후 개별차량 감응제어 적용을 위해 중앙교차로 중심으로 3개의 교차로를 대상으로 하는 시험평가사이트를 구성
- 현장실험을 위한 시험평가 전략 및 시나리오 구성/제시:
실시간 무선 검지를 이용한 신호제어의 시험평가를 위해 실차시험의 시나리오를 구성하며, 현장의 교통류를 반영한 실질적이고 종합적인 시나리오 제시
- 현장실험:
실제 도로환경에서의 적합성을 평가하기 위해 현장 시험평가 시나리오 전

략에 따라 실시간 무선 검지를 통한 신호제어를 현장 평가사이트에서 실행

- 시스템평가를 위한 효과척도 제시 및 평가분석:

지체도, 통행시간, 교통량 등 시스템 효과척도를 제시하고 분석하여 평가함

다. 1단계 개발 시작품 시연회

- 1단계 개발 시작품 시연회

6. 4차년도 연구개발 내용(2006. 8. 14~2008. 1. 13)

<표 1- 4> 4차년도 연구개발 내용

구분	연구개발목표	연구개발내용 및 범위
4차년도 (2006)	개별차량감응식 신호제어시스템 개발, 시작품제작 및 시험평가	개별차량검지기와의 무선통신기반 신호제어시스템 개발(단말기 부착율에 따른 사용화 가능성, 효과, 시기 등을 제시 함)
		- 시스템 체계종합
		- 제어기 Database 종합
		개별차량감응제어를 위한 신호제어 전략 및 알고리즘 개발
		- 통행시간기반제어
		- cycle-free
		- 기타 개별차량 기반의 알고리즘 적용
		모의실험을 통한 차세대 신호제어시스템 평가 (기존 신호제어기(COSMOS) 와의 비교 평가 실시)
		- 알고리즘 모의 평가
		- 기존 시스템과의 비교
		개별차량감응식 차세대 무선통신 신호제어시스템 체계종합 및 시작품제작
		- 체계종합
		- 시작품제작
		시험평가를 위한 평가사이트 구축 및 현장실험, 평가분석
		- 현장실험
		- 실험결과 분석

가. 개별차량검지기와의 무선통신기반 신호제어시스템 개발(단말기 부착율에 따른 사용화 가능성, 효과, 시기 등을 제시 함)

- 시스템 체계종합:

3차 년도까지 개발된 프로토타입(prototype)을 기반으로 IR/RF-DSRC 로 검지되는 ID기반 개별차량 정보를 활용하여 차세대 무선통신 검지기 및 제어기 체계 종합을 하였으며, 그 효과와 관련된 모의실험 결과를 통해 향후 사용화 가능성 확인

- 제어기 Database 종합:

개별차량감응제어를 위한 WISDOM 신호제어기의 Database를 구축하였으며, 센터시스템과의 연계를 위한 data 표준안 프로토콜을 정의

나. 개별차량감응제어를 위한 신호제어 전략 및 알고리즘 개발

- 통행시간기반제어 :

개별차량 ID기반의 통행시간을 수집하여 접근로별 통행시간지체 균등화를 위한 신호제어 알고리즘을 개발, 실내평가 및 현장평가를 실시

- cycle-free :

무선통신을 이용한 신호제어 전략 분석을 실시, 전략 구현을 위한 알고리즘 검토를 통하여 주기변동기반(cycle-free) 신호제어를 개발하였으며, 미시적 교통류 모형 및 HILSS TEST를 통한 타 신호제어 방법과의 비교·평가로 개발 알고리즘의 효과를 확인

- 기타 개별차량 기반의 알고리즘 적용 :

개별차량 기반의 정보수집체계를 통해 동적딜레마 감응제어를 구현 하였으며, 정보제공이 가능하도록 센터시스템과 노변, 차량 단말기의 연계 알고리즘을 개발

다. 모의실험을 통한 차세대 신호제어시스템 평가(기존 신호제어기(COSMOS)와의 비교 평가 실시)

- 알고리즘 모의 평가 :

3차년도까지 개발된 교통류 시뮬레이션 모형인 HILSS의 보완을 실시하여, 현장에서 적용하기 힘든 전략적 신호제어를 평가

- 기존 시스템과의 비교 :

4차년도에 개발된 WISDOM 신호제어기와 기존 현장에서 적용되고 있는 TOD형태의 신호제어시스템 및 서울시에서 적용되고 있는 COSMOS 신호 제어시스템과의 운영효과를 모의실험을 통해 비교 확인

라. 개별차량감응식 차세대 무선통신 신호제어시스템 체계종합 및 시작품 제작

- 체계종합 :

시스템 모듈간 표준화된 프로토타입을 정의하여 검지체계(IR/RF-DSRC)-지역제어기(Local WISDOM), 지역제어기(Local WISDOM)-지역제어기(Local WISDOM), 지역제어기(Local WISDOM)-센터시스템과의 체계 종합

- 시작품 제작 :

교차로 효율성 및 안전성을 확보하고 개발된 신호제어 알고리즘을 탑재한 WISDOM 신호제어기를 제작

마. 시험평가를 위한 평가사이트 구축 및 현장실험, 평가분석

- 현장실험 :

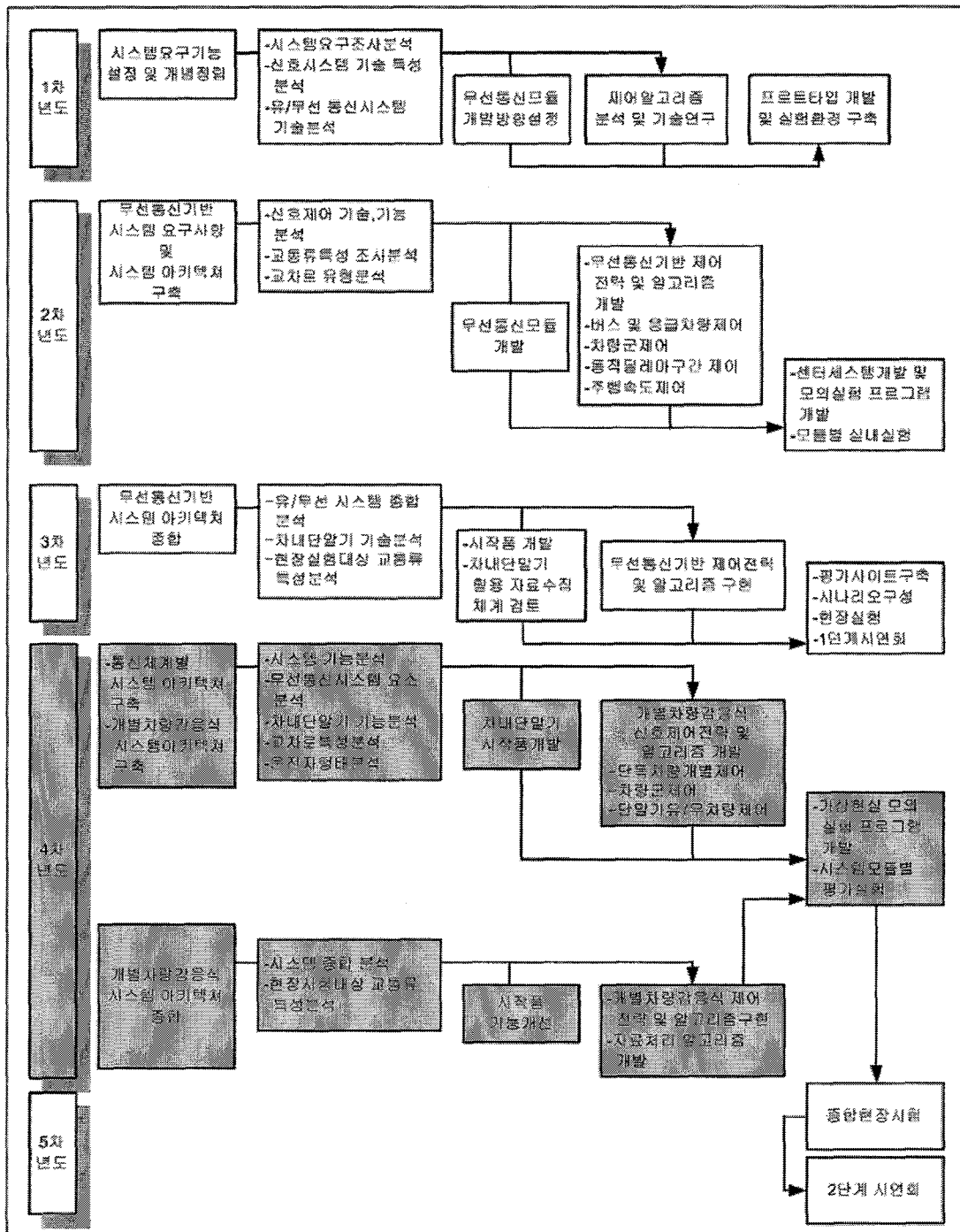
4차년도에 구축된 현장 사이트에서 기존 신호운영 체계인 TOD 신호제어 방식과 개별차량감응식 알고리즘인 통행시간기반신호제어와 주기변동신호 제어(cycle-free)를 실제 운영

- 실험결과 분석 :

현장실험시 비디오 촬영을 통해 얻어진 자료를 기반으로 각 개별차량감응식 알고리즘과 기존 TOD 신호제어 방식과의 효과분석을 실시

제4절 연구개발의 추진방법 및 체계

1. 연구개발 추진방법



<그림 1- 4> 추진 방법

2. 연구개발 추진체계

구분	주관연구기관 (한국교통연구원)	공동연구기관 (도로교통안전관리공단)	협동연구기관(학) (서울시립대, 서울대, 한양대)	협동연구기관(산) (주)세원시스템, (주)KTI, (주)MTS	참여기업 (일반전자시스템)
	총괄관리, 시스템전략, 체계분석 및 시험평가	시스템 개발총괄, 시스템 구현 및 시험평가	신호처리 및 무선통신 핵심요소기술 개발	신호처리 HW와 SW개발 및 시험총괄, 현장시험	협동연구기관 (산)과 연계
1차년도 2003년	무선통신기반 신호처리시스템 기본구상 -시스템 아키텍처 기본구상 -시스템 계층구조 -요구기능분석 및 전략연구 -신호시스템 기술분석 분석	무선통신기반 신호처리시스템 전략개발 -신호시스템 기술분석 -유/무선 통신시스템 -기술분석 및 응용연구	무선통신기반 신호처리 및 무선통신 요소기술 전략개발 -신호처리 알고리즘 분석 -무선통신 모듈개발 제어 및 알고리즘 연구 -무선시스템 개발 환경설정	무선통신방역시스템 기반 표준화전략 개발 -시스템 SW 및 HW 프로토타입 개발 -무선통신체계 기술 분석 및 중심모듈 개발	무선통신 연혁회사 -지자기 감지기 무선통신 연혁회사
	무선통신기반 신호처리시스템 아키텍처구축 -시스템 요구사항 및 개발전략 -아키텍처 설계 -시스템 구성요소, 통신체계 분석 및 아키텍처 설정	무선통신기반 신호처리시스템 개발 -신호시스템 요구기능설정 -검지기제거제거 -신호시스템 SW 및 HW 기능평가 -유/무선통신시스템 연계	무선통신기반 신호처리 알고리즘 및 무선통신 요소기술 개발 -무선통신 요소기술 개발 -신호처리전략 및 알고리즘 개발 -배스 및 응용전략, 차등 분석 및 알고리즘, 주파수 제어	무선통신기반 감지기, 통신 모듈, 신호처리제거 개발 -센서시스템 개발 -모듈화 수납장치 환경구축 -제거제거 모듈 개발 -제거제거 모듈 개발	해당없음
	무선통신기반 신호처리시스템 체계분석 및 시험평가 -무선통신기반 감지기제거 및 제거제거 분석 -제거제거 분석 -시험평가전략 및 시나리오 구축 제시	무선통신기반 신호처리시스템 구현 및 시험평가 -시스템 구현 -검출률도 제시 -시험평가전략 분석 -계통평가, SW, HW	무선통신기반 신호처리 알고리즘 및 무선통신 요소기술 구현 -무선통신기반 제어전략 구현 -무선통신기반 제어알고리즘 구현 -제거제거 기술 분석	무선통신기반 신호처리제거 시작을 제작 및 현장시험 -검거제거구축 -1단계 시작을 시험제	해당없음
2차년도 2006년	개발전략분석 신호처리시스템 기본구상 및 아키텍처 구축 -통신체계 시스템 아키텍처 구축 -개발전략 분석 -신호시스템 아키텍처 구축 -통신체계 분석 -시스템 구성요소 분석 -시스템 구성요소 분석 -시스템 구성요소 분석 -시스템 구성요소 분석	개발전략분석 신호처리시스템 개발 -개발전략 분석 -신호시스템 아키텍처 구축 -통신체계 분석 -시스템 구성요소 분석 -시스템 구성요소 분석 -시스템 구성요소 분석 -시스템 구성요소 분석	개발전략분석 신호처리시스템 알고리즘 및 무선통신 요소기술 개발 -개발전략 분석 -신호시스템 아키텍처 구축 -통신체계 분석 -시스템 구성요소 분석 -시스템 구성요소 분석 -시스템 구성요소 분석 -시스템 구성요소 분석	개발전략분석 신호처리시스템 알고리즘 및 무선통신 요소기술 개발 -개발전략 분석 -신호시스템 아키텍처 구축 -통신체계 분석 -시스템 구성요소 분석 -시스템 구성요소 분석 -시스템 구성요소 분석 -시스템 구성요소 분석	해당없음
	개발전략분석 신호처리시스템 알고리즘 및 무선통신 요소기술 개발 -개발전략 분석 -신호시스템 아키텍처 구축 -통신체계 분석 -시스템 구성요소 분석 -시스템 구성요소 분석 -시스템 구성요소 분석 -시스템 구성요소 분석	개발전략분석 신호처리시스템 알고리즘 및 무선통신 요소기술 개발 -개발전략 분석 -신호시스템 아키텍처 구축 -통신체계 분석 -시스템 구성요소 분석 -시스템 구성요소 분석 -시스템 구성요소 분석 -시스템 구성요소 분석	개발전략분석 신호처리시스템 알고리즘 및 무선통신 요소기술 개발 -개발전략 분석 -신호시스템 아키텍처 구축 -통신체계 분석 -시스템 구성요소 분석 -시스템 구성요소 분석 -시스템 구성요소 분석 -시스템 구성요소 분석	개발전략분석 신호처리시스템 알고리즘 및 무선통신 요소기술 개발 -개발전략 분석 -신호시스템 아키텍처 구축 -통신체계 분석 -시스템 구성요소 분석 -시스템 구성요소 분석 -시스템 구성요소 분석 -시스템 구성요소 분석	해당없음
5차년도 2007년	개발전략분석 신호처리시스템 알고리즘 및 무선통신 요소기술 개발 -개발전략 분석 -신호시스템 아키텍처 구축 -통신체계 분석 -시스템 구성요소 분석 -시스템 구성요소 분석 -시스템 구성요소 분석 -시스템 구성요소 분석	개발전략분석 신호처리시스템 알고리즘 및 무선통신 요소기술 개발 -개발전략 분석 -신호시스템 아키텍처 구축 -통신체계 분석 -시스템 구성요소 분석 -시스템 구성요소 분석 -시스템 구성요소 분석 -시스템 구성요소 분석	개발전략분석 신호처리시스템 알고리즘 및 무선통신 요소기술 개발 -개발전략 분석 -신호시스템 아키텍처 구축 -통신체계 분석 -시스템 구성요소 분석 -시스템 구성요소 분석 -시스템 구성요소 분석 -시스템 구성요소 분석	개발전략분석 신호처리시스템 알고리즘 및 무선통신 요소기술 개발 -개발전략 분석 -신호시스템 아키텍처 구축 -통신체계 분석 -시스템 구성요소 분석 -시스템 구성요소 분석 -시스템 구성요소 분석 -시스템 구성요소 분석	해당없음

<그림 1- 5> 연구개발 추진체계

제2장 국내 · 외 기술개발 현황

제1절 국내 현황

실시간 신호제어기는 90년대에 우리나라에서 개발한 첨단교통신호제어기로 실시간으로 변화하는 교통량을 토대로 교차로 운영포화수준을 산정하고 이를 토대로 실시간으로 신호시간을 설계·적용하는 시스템에 사용되는 제어기이다.

온라인(On-line) 시스템으로 센터에서 교차로 신호시스템 상황감시가 가능하나 신호제어 알고리즘을 센터에서 관할하기 때문에 센터가 없이 독립적으로 설치된 실시간신호제어기의 기능은 많은 부분에 제약이 있다. 실시간신호제어시스템에서 적용하는 현시구현체계는 이중고리기반 현시조합체계(Dual-ring Phase Representation Scheme)로 일반신호제어기 및 전자신호제어기에서 사용하는 단일고리기반 현시조합체계(Single-ring phase Representation Scheme)의 기능을 기본적으로 구현이 가능하면서 보다 정밀한 수준으로 중첩협시(overlap)구현이 가능하다. 199~2002년 세 차례에 걸쳐 실시간 신호제어 시스템 기능개선 수행기관(도로교통안전관리공단, 서울시립대학교, 아주대학교)이 있었으며 이러한 실시간 신호제어시스템의 검증평가를 2002~2003년에 걸쳐 서울시 시정개발연구원이 수행하였다.

<표 2- 1> 국내 실시간 신호제어기 현황

시도	실시간 신호제어기 대수
전국	1,485
서울	423
부산	100
울산	318
경기	32
강원	1
충남	223
전남	142
경북	147
제주	99

<표 2- 2> 국내 실시간신호제어기 구축 현황

구분	실시간 신호제어기 대수
교차로신호	280
단일로신호	144
계	424

1. 지역별 현황

가. 서울시 사례

서울시에 설치 운영 중인 COSMOS 시스템의 경우, 개발형태는 산학연 합동과 제형태로서, 도로교통안전관리공단과 교통개발연구원 및 아주대학교가 연구기관과 학교로서 참여하고 산업체로서 LG산전이 공동개발팀으로 구성되어 시스템 개발을 시작한 후 시제품 개발까지 3년여의 시간이 소요된다.

개발된 시제품은 강남 논현동 일원의 6개소를 대상으로 극히 제한적으로 시범 운영이 이루어졌으며, 한국과학기술원의 성공적인 평가결과를 바탕으로 실용화가 시작된다.

이후 강남구일원에서 대규모 교차로를 대상으로 시범운영이 이루어졌고, 그 결과 19%정도의 소통개선효과가 나타난 것으로 보고되었으며, 일부 기능보완이 이루어진다.

<표 2- 3> 서울시 COSMOS 시스템 개발 과정

시기	개발 단계	개발 내용
91 - 93	신신호시스템 시제품 개발	제어알고리즘 : 도로교통안전관리공단, 교통개발연구원 검지기 체계 : 아주대학교 소프트웨어 제작 : LG산전(주)
94 - 95	시제품 기능테스트 (강남논현로 6개소)	시스템 검증 : 한국과학기술원 (평가 결과 일단 성공적, 실용화 건의)
96 - 97	시범설치 및 운영 사업	강남 서초 지역 61개소 대상 지체시간, 주행속도 측면에서 19% 정도 개선 지속적 보완 건의
설치사업 진행과정		1996년 61개소 시범설치 및 시범운영 1999년(82개소),2000년(48개소),2001년(40여개소)확장 등 강남지역 99개소 추가 설치 등 현재 417개소 운영 중

“신신호시스템 운영소프트웨어개선에 관한 연구(3단계)” 2002.12 도로교통안전관리공단

나. 과천시 사례

국가 지능형교통시스템 기본계획의 연계 사업으로서 기본계획에서 제시된 각종 서비스와 업체에서 개발 중인 관련 시제품들을 통합시켜 시범 지역을 선정하여 실제 도로상에서 설치·시범운영을 함으로서 시스템 및 효율성, 관련 기술들을 종합평가 하는 것을 목표로 한다(14개소 제어).

지능형교통체계의 본격적인 확장에 대비하며, 시민들에게는 교통체증의 감소 및 실시간 교통정보제공 등 편익을 제공함으로써 첨단교통체계(ITS)의 인식을 고취하고, 대외적으로는 '98 ITS World Congress 기간 중에 시범지역으로 소개, 국내 기술 개발에 대한 홍보 목적을 겸하고 있다.

ITS 기본 계획에서 제시된 시스템 중 교통관리시스템, 교통정보시스템, 대중교통시스템의 일부 서비스만을 시행할 계획으로 있다. 이에 대한 서비스 부체계로는 교통관리시스템(교차로교통제어시스템, 통행요금자동징수시스템, 자동단속시스템, 중차량관리시스템), 교통정보시스템(주행안내시스템, 주차안내시스템, 동화

상정보제공시스템), 대중교통시스템(대중교통정보시스템)으로 구성된다.

2차레의 보완사업이 시행되었으며, 이 과정에서 제어교차로수가 14개소에서 16개소로 증가하였다.

최근 서울통신기술에서 총 사업비 24억원을 들여 남태령로·경마공원길·과천대로·중앙로 등 시내 10개 도로 25.7km 구간의 노후장비를 교체하고, 교통상황감지기와 CCTV 5개소, 속도위반 카메라(4곳)와 신호위반 카메라(2곳)를 교체하였다. 또한 기존 루프감지기에다 영상으로 차량의 흐름을 파악할 수 있는 영상검지기를 도입, 보다 과학적으로 수집된 데이터를 분석한 후 자동신호시스템에 실시간으로 반영토록 해, 교통량에 따라 신호주기를 달리하도록 하였다.¹⁾

다. 제주시 사례

제주시 첨단교통모델도시 건설사업은 새로운 도로의 건설 없이 기존 시스템의 효율성을 극대화 시켜 교통체증, 교통사고 등 교통문제를 해결하기 위해 교통부문의 정보화와 첨단기술의 제어기술을 도입 적용하기 위한 목적이다. 도로, 차량, 이용자가 센터를 중심으로 유기적인 관계를 형성하고, 인공위성, 도로변 통신장비 등 첨단기술을 활용하여 차량의 소통상태 및 정보의 흐름을 확인하는 11개의 지능형 교통 시스템으로 구성되었다.

2000년10월 건설기술연구원과 사업관리계약 체결을 시작으로 '01.9.14 제주시 첨단교통모델도시 건설사업 기공 후 39개 교차로 실시간 신호체계 및 문자식도로전광표지(VMS) 9개소, 도형식 도로전광표지(GIB) 4개소, 동영상도로전광표지(MPIB) 1개소, 기상정보수집기(WIS) 5개소 등에 대하여 2002년 5월 구축을 완료하였다.

교통 신호제어 부문에서는 제주시 권역 내 사업대상도로인 국도 12호선축과 연삼로축, 공항로~도령로축, 서귀포시 권역의 지방도 1116호선/국도 15호선 축과 국도 12호선 축의 특성에 따라 실시간 신호체계 및 전자신호제어 체계를 구축하여 효율적인 교통류 관리를 목적으로 한다. 기존의 주요 동서간선축의 전자신호제어구간을 실시간제어체계로 변경, 구축하는 과정에서 도시부의 실시간 제어구간과 외곽부의 전자제어구간으로 구분하여 구축되었다. 제어범위는 크게 동서광

1) 디지털타임즈 2005. 4. 20

로의 '제주서중에서 6호광장'구간, 연삼로의 '신광사거리에서 거로사거리'구간, 도령도 '신광사거리에서 한라대학교'구간을 6개의 Sub Area로 구분하여 실시간 제어체제로 구축하였으며, 시외유출입지점인 서회선과 동회선, 노형로를 3개의 Sub Area로 전자신호제어구간으로 구축되었다.

<표 2- 4> 도시부 간선도로 교통신호제어 시스템 효과

평가척도(정량)	평가결과
교통량변화	· 사전에 비해 0.1%증가 - 오전 첨두 1.8%증가 - 오후 첨두 1.5 감소
교차로지체도변화	· 사전에 비해 31.9감소 - 오전 첨두 24.9%감소 - 오후 첨두 39.4%감소

참고자료 : 첨단교통모델도시 건설사업 효과분석(제주시), 건설교통부, 2004

<표 2- 5> 제주시 주요 교차로별 신호제어시스템의 효과

구분		사전		사후		증감율			교통량고려 지체도변화(%)		시스템 효과 <실제증감율 (%)>
		교통량	지체도	교통량	지체도	교통량	지체도	비율(%)	교통량	지체도	
8호광장	오전 첨두	5,757	662.3	3,336	387	-2,421	-275.3	-41.6	-42.1	-68.0	26.4
	오후 첨두	5,516	498.5	2,903	105.8	-2,613	-392.7	-78.8	-47.4	-76.0	-2.8
	오전 첨두	4,875	283.5	5,289	182.6	-100.9	-100.9	-35.6	8.5	2.0	-37.6
광장 로터리	오후 첨두	5,097	222.9	5,817	227.6	4.7	4.7	2.1	14.1	39.0	-36.9
	오전 첨두	6,428	1,271	7,251	475	-796.1	-796.1	-62.6	12.8	3.0	-65.6
	오후 첨두	6,413	1,294	6,674	329.7	-964.7	-964.7	-74.5	4.1	1.0	-75.5

참고자료 : 첨단교통모델도시 건설사업 효과분석(제주시), 건설교통부, 2004

라. 대전광역시

도시부 간선도로의 교차로를 통과하는 차량들의 원활한 소통을 위해 교차로 신호주기 및 현시 등 신호체계를 교통상황에 따라 실시간으로 제어하는 시스템

이다. 신호제어를 위한 실시간 정보는 교차로 부근에 설치된 검지장치를 통해 수집하며, 이를 센터 또는 지역제어기에서 최적변수를 산정하여 제어 한다. 대전광역시의 도시부 간선도로 교통신호제어시스템은 21개 Sub-Area내의 187개 교차로에 설치된 제어기가 교통정보센터의 지역제어컴퓨터에 연결되고, 이는 다시 Dual로 구성된 Host로 연결되도록 구성되어 있다. 기존의 전자제어부문을 개선하여 69대의 전자제어기를 활용하고 신규로 실시간 신호제어기 118대를 설치하여 첨단 신호제어 부문으로 나누어 통합적으로 운영하고 있다. 간선도로 21개 축, 대상교차로 187개소에 첨단신호제어기 118개, 전자신호제어기 69개, 검지기 890개가 설치되어 있다.

<표 2- 6> 대전광역시 주요교차로별 신호제어시스템의 효과

구분		사전		사후		증감율			교통량고려 지체도변화(%)		시스템 효과 <실제증감율 (%)>
		교통량	지체도	교통량	지체도	교통량	지체도	비율(%)	교통량	지체도	
계룡 사거리	오전 첨두	4609	98.4	5647	42.5	1038	-55.9	-65.8	22.5	68.0	-124.8
	오후 첨두	7640	106.6	6973	80.4	-667	-26.2	-24.6	-8.7	-16.0	-8.6
	오전 첨두	7025	184	8678	87.6	1653	-96.4	-52.4	23.5	72.0	-124.4
오정동 사거리	오후 첨두	8035	173.2	9927	65.9	1892	-107.3	-62.0	23.5	72.0	-134.0
	오전 첨두	6637	106.4	6510	73.1	-127	33.3	-31.3	-1.9	-4.0	-27.3
	오후 첨두	7496	134.1	9011	96.2	1515	-37.9	-28.3	20.2	6.0	-34.3

참고자료 : 첨단교통모델도시 건설사업 효과분석(대전광역시) 설교통부, 2004

마. 전주시

전주시의 교통신호 제어 시스템은 혼잡이 국심하고 통행량이 많은 도심지 주요간선도로에 교통신호제어 시스템을 도입하였다. 남북축(녹두길-기린로), 동서축(백제로-곰솔달래길)에 해당하는 60개 교차로에 전자신호제어기를 교통신호제어기로 교체하여 7개의 Sub-Area로 구분하여 운영하고 있다.

<표 2- 7> 전주시 주요교차로별 교통신호제어 효과

구분		사전		사후		증감율			교통량고려 지체도변화(%)		시스템 효과 <실제증감율 (%)>
		교통량	지체도	교통량	지체도	교통량	지체도	비율(%)	교통량	지체도	
전주역 사거리	오전 첨두	4834	80.1	4252	99.6	-582	19.5	24.3	-12.0	-24.0	48.3
	오후 첨두	5212	162.7	4596	155	-616	-7.7	-4.7	-11.8	-24.0	19.3
명주골 사거리	오전 첨두	6622	269.7	5170	107.5	-1452	-162.2	-60.1	-21.9	-29.0	-21.1
	오후 첨두	6825	230.9	5899	167.4	-926	-63.5	-27.5	-13.6	-27.0	-0.5
운동장 사거리	오전 첨두	9293	287	6894	84.5	-2399	-202.5	-70.6	-25.8	-44.0	-26.6
	오후 첨두	9154	270.4	7289	206.5	-1865	-36.9	-23.6	-20.4	-38.0	14.4

참고자료 : 첨단교통모델도시 건설사업 효과분석(전주시) 설교통부, 2004

바. 광주광역시권

광주광역시를 중심으로 주변 주요도시를 연결하는 국도나 지방도의 교차로신호체계를 교통상황에 따라 실시간으로 제어하여 통행차량의 소통을 원활하게 함으로써 통행시간 감소 및 교통혼잡 방지와 더불어 교통사고 감소를 목적으로 한다.

첨단신호제어방시기는 중요교차로(C.I)와 비중요교차로(M.I)로 구분하여 설치하며, 중요교차로에는 모든 진입방향교통량, 대기길이 및 앞막힘 등을 관리할 수 있도록 시스템을 설치하고, 비중요교차로에는 진입교통량을 파악하여, 중요교차로와 연동·운영할 수 있도록 시스템을 설치한다. 광주권의 경우 광주광역시와 주변 주요 도시를 연결하는 국도 및 지방도를 대상으로 실시간 교통제어 서비스를 구축하는 점을 감안하여 광주광역시 및 주요 도시의 도시부와 지방부를 구분하여 시스템을 구축한다.

사. 지역별 실시간 신호제어시스템 운영 사례

한국형 실시간 신호제어시스템의 기본 알고리즘이 공개된 이후 1998년부터는

민간기업에서 공개된 기본알고리즘을 수용하는 독자적인 제어시스템이 선보이기 시작하였고 그 첫 설치 사례로 과천시에서 지능형교통시스템과 통합되어 설치·운영되기 시작하여, 현재는 다음 표와 같은 분포로 전국적으로 설치되기 시작하였다.

<표 2- 8> 지역별 실시간 신호제어시스템 사례

적용사례	적용 내용
서울시	• 강남구/서초구 일원, 도봉로, 성산수색로, 월드컵구장일대 등 417개소 운영중
과천시	• 설치 및 운영중 (16개소)
원주시	• 설치 및 운영중 (91개소)
포항시	• 설치 및 운영중 (100여개소)
대전시	• 설치 및 운영중 (111개소)
전주시	• 설치 및 운영중 (11개소)
제주시	• 설치 및 운영중 (39개소)
울산시	• 설치 공사중 (265개소)
수원시	• 설치 및 운영중 (275개소)

아. 지역별 실시간 신호제어시스템 운영 사례

한국형 실시간 신호제어시스템의 기본 알고리즘이 공개된 이후 1998년부터는 민간기업에서 공개된 기본알고리즘을 수용하는 독자적인 제어시스템이 선보이기 시작하였고 그 첫 설치 사례로 과천시에서 지능형교통시스템과 통합되어 설치·운영되기 시작하여, 현재는 다음 표와 같은 분포로 전국적으로 설치되기 시작하였다.

<표 2- 9> 지역별 실시간 신호제어시스템 사례

적용사례	적용 내용
서울시	• 강남구/서초구 일원, 도봉로, 성산수색로, 월드컵구장일대 등 417개소 운영중
과천시	• 설치 및 운영중 (16개소)
원주시	• 설치 및 운영중 (91개소)
포항시	• 설치 및 운영중 (100여개소)
대전시	• 설치 및 운영중 (111개소)
전주시	• 설치 및 운영중 (11개소)
제주시	• 설치 및 운영중 (39개소)
울산시	• 설치 공사중 (265개소)
수원시	• 설치 및 운영중 (275개소)

자. 국내 실시간 신호제어시스템 운영 효과

국내에 적용된 실시간 신호제어시스템은 서울시의 경우 2002년 도로교통안전관리공단에서 개선효과를 평가한 결과가 보고되었으며 그 결과는 다음의 표와 같다.

<표 2-10> 실시간 제어시스템 운영 효과

구 분	기존 신호제어시스템	실시간 신호제어시스템	증감량	개선율(%)
여행속도(km/h)	17.7	21.9	▲ 4.2	23.7
지체시간(초/km)	118.1	82.6	▼ 35.5	30.1
정지율(%)	39.5	26.4	▼ 13.1	33.2

“서울시특별시 실시간 신호제어시스템 기술운영 보고서” 2003.2 도로교통안전관리공단

2. 관련 시스템 기술 동향

가. 무선통신 부문

IR-DSRC(Infrared-Dedicated Short Range Communications : 적외선 단거리 전용 무선통신)과 CALM-IR(Communications , Air Interface, Long and Medium Range-Infrared : 광대역 적외선 통신) 모듈 및 기타 FM 모듈, GPS 모듈 등 제품들이 상용화되어 실험을 위한 다양한 매체기술이 확보되어 있다.

COSMOS 신호제어기의 컴퓨팅 능력은 현재 32비트 수준으로 향상되어 개발되고 있어 본 과제를 개발하기 위한 기반여건으로 호조건으로 판단된다.

하드웨어적 성능이 보장된 신호제어기로 기존의 루프검지기를 포함하는 다양한 검지기의 입력신호를 전달하기 위한 다양한 현장 여건별 시험과정이 개발성과 많은 관련이 있을 것으로 판단된다.

실시간 교통신호제어시스템 기술은 1992년부터 국내 ITS 기반산업개발노력으로 도로교통안전관리공단과 교통개발연구원을 중심으로 개발되어 현장 적용중인 기술이므로 중요한 기반기술은 많은 부분 확보된 상태라고 판단된다.

추가로 DSRC 모듈과 차량과의 개별차량정보 인터페이스에 대한 기술적 규격 개발 등이 현재까지 개별 시스템으로 발전해 왔던 BIS 나 기타 민간기업체에서 정보 수집용으로 설치한 시스템들과의 호환성 여부와 연계되어 판단되어야 할 것으로 보인다.

한편 개별차량정보의 수집이 가능하게 되는 시점부터 센터의 기능과 신호제어 기기능 구분에 의한 제어기술의 개발이 필요하다.

나. 자료수집 부문(검지기체계)

○ 검지기 기술 관련 연구사례

- 그간 검지기 기술 관련연구 사례를 보면 아직까지는 루프검지기가 자료의 신뢰도면에서는 가장 우수한 것으로 분석됨
- 영상검지기의 경우는 거시적인 교통류 자료용으로는 적응성이 인정되고 있으나 신호제어와 같이 마이크로한 수준의 교통상황 계측용으로는 아직은 미흡한 실정임. 단, 차량 대기길이와 같은 매크로 한 변수는 신호제어용으로 그 활용성이 기대됨

<표 2-11> 차량 검지기 평가 사례

구 분	실험결과	평가기관	비 고
루프(사각)	우수	아주대학교 교통연구센터	교통량, 속도, 점유율 모두 우수
루프(원형)	우수		교통량, 속도, 점유율 모두 우수
영상	양호		대체로 우수하나 기후조건에 많은 영향을 받음
초음파	보완필요		속도 우수, 교통량, 점유율 보완 필요
지자기	보완필요		속도, 교통량 우수, 점유율 보완 필요
자석	양호		속도, 교통량 우수, 점유율 보완 필요
RF	양호		RF를 이용 루프검지기 자료를 제어기로 전송

“첨단교통신호시스템 실험 운영 결과 보고서” 중 실험부분 참고 1997.12 도로교통안전관리공단

“RF Modem을 이용한 VDS자료 전송 검증” 2003.03 아주대학교 교통연구센터

“고속도로상에서 자석검지기 평가 실험” 1998.04 아주대학교 교통연구센터

“영상식 차량감지장치 성능평가” 1999.10 아주대학교 교통연구센터

“마이크로웨이브 검지기(RTMS) 성능평가” 2002.11 아주대학교 교통연구센터

○ 검지기 기술 동향

- 실시간 신호시스템에 적용중인 대표적인 검지기로는 루프검지기가 아직까지는 주류로 자리 잡고 있음. 하지만 루프검지기의 문제점은 이미 알려진 바와 같이 유지관리 문제, 높은 공사비용 등 뿐 아니라 지점중심의 검지기로서 수집 정보의 활용도 면에서 제고되어야 할 명제를 안고 있음
- 루프 검지기를 대체할 검지기 체계로 그 동안 영상검지기, 지자기 검지기 등 여러 대안들이 도입, 실험된 바 있었으나 지자기 검지기 외에는 아직까지는 신호제어용으로 활용하기에는 미흡한 바, 신뢰도 측면에서 더욱 성숙된 기술개발이 요망됨
- 센싱 방식에 대한 위와 같은 대안 외에 현재의 설치 및 유지관리, 자료의 활용성 개선 측면에서도 여타 대안의 검토가 필요한 시점임. 따라서 현재의 유선 중심의 검지체계에서 무선방식으로의 전환에 따른 인터페이스 기술 등 제반 기술적 검토와 개별 차량 단위의 정보수집 등이 가능해짐에 따라 정보의 질적 향상에 따른 제어기법의 철학까지도 변할 수 있는 바, 향후 이에 대한 제어개념의 정립 또한 필요한 시점임

<표 2-12> 국내 검지체계 기술수준 요약

기술 내용	기준 외국	기술수준 (상/중/하)	비 고
DSRC 및 RF 기반기술	미국·일본	중	ETRI 등에서 지속적인 연구개발 성공과 민간 기업에서의 모듈화된 제품들이 공급이 많음
유선 Loop 검지기 기술	유럽·호주	상	국내제어기의 루프검지기의 정보신뢰도는 여러 차례의 시행착오를 거쳐 완성되었음
유선 대체검지기 기술	미국	중	영상검지기의 경우 정보내용에 따라 우열이 달라 비슷한 수준을 보이나 자자기검지기 개발사례 등이 국내에 적용되고 있음
무선 Loop 검지기 기술	미국	하	신호제어기에 적용사례가 없으나 미국의 경우 제어기용 모듈들이 생산되고 있음
무선 대체검지기 기술	미국	하	신호제어기에 적용사례가 없으나 미국의 경우 제어기용 모듈들이 생산되고 있음
유선검지기를 활용한 제어기의 교통감응 제어기술	미국	상	국내 제어기의 앞막힘 제어기술 등은 국내환경에서 유리함

<표 2-13> 검지기 기술 수준 분석

기술 내용	기준 외국	기술수준	비고
DSRC 기반기술	미국·일본	평이	ETRI 등에서 지속적인 연구개발 성공과 민간 기업에서의 개발노력
DSRC의 ITS응용기술	미국·일본	평이	ETCS, 교통카드지불시스템, 스마트태그, 버스 안내시스템 등에 활용
유선 Loop 검지기 기술	유럽·호주	높음	국내제어기의 루프검지기의 정보신뢰도는 여러 차례의 시행착오를 거쳐 완성
유선 대체검지기 기술	미국	평이	영상검지기의 경우 정보내용에 따라 우열이 달라 비슷한 수준을 보이나 자기검지기 개발 사례 등이 국내에 적용되고 있음
무선 Loop 검지기 기술	미국	낮음	신호제어기에 적용사례가 없으나 미국의 경우 제어기용 모듈들이 생산되고 있음
무선 대체검지기 기술	미국	낮음	신호제어기에 적용사례가 없으나 미국의 경우 제어기용 모듈들이 생산되고 있음
유선검지기를 활용한 제어기의 교통감응 제어기술	미국	높음	국내 제어기의 앞막힘 제어기술 등은 국내환경에서 유리함
실시간 교통감응신호제어기술	유럽·호주	평이	국내시스템의 경우 다양한 현장 적용성시험을 통한 경험적 기술이 앞섬.

<표 2-14> 공정단위별 기술수준 평가(외국)

공정 단위	주요 기술사항 및 평가	참조국
DSRC 및 RF 기반기술 개발	• 1세대 능동형/수동형 기술은 높음 • ITS 응용서비스의 적용 기술도 높음 • 2세대 DSRC 기술은 모두 연구단계임	미국 • 일본
무선검지기체계 개발	• 상용제품으로 보급중	미국, 일본
무선검지기를 활용한 신호제어기 개발	• 신호제어기의 인터페이스장치 개발 및 보급이 활발히 이루어 짐	미국, 일본
무선검지기를 활용한 신호제어시스템 개발	• 다양한 우선제어시스템 적용사례 있음 • 개별차량정보 활용도는 높지 않음	유럽 캐나다
개별차량정보를 활용한 신호제어알고리즘 개발	• 개별차량 감응제어, 딜레마존 제거 제어에 대한 연구사례가 많음 • 적용사례 평가 결과보고 사례 없음	영국, 일본 스웨덴
개별차량정보를 활용한 실시간 신호제어시스템 개발	• 경로우선제어 또는 정책적 개입제어, 우선제어시의 실시간 신호전이알고리즘, 우선권 부여 후 회복 등에 대한 센터차원의 처리 필요	유럽, 미국

<표 2-15> 공정단위별 기술수준 평가(국내)

공정 단위	주요 기술사항 및 평가
DSRC 및 RF 기반기술 개발	• 1세대 능동형/수동형 기술 확보 • ITS 응용서비스의 적용 기술도 높음 • 2세대 DSRC 기술은 모두 연구단계임
무선검지기체계 개발	• 일부 시험용으로 개발되었음 • 고속도로 외에 도시부도로의 현장 적용 실험적용 사례 있음
무선검지기를 활용한 신호제어기 개발	• 신호제어기용 모듈개발 사례는 없음 • 신호제어기의 인터페이스장치 개발 및 보급이 가능한 기술수준임
무선검지기를 활용한 신호제어시스템 개발	• 시험 적용 사례는 있으나 본격 적용 사례 없음 • 개별차량정보 활용도는 높을 것으로 기대
개별차량정보를 활용한 신호제어알고리즘 개발	• 도로교통안전관리공단을 중심으로 딜레마존 제거 제어에 대한 연구사례 및 실험 사례가 있음 • 개별차량감응제어 관련 연구내용은 보고된 적 없음
개별차량정보를 활용한 실시간 신호제어시스템 개발	• 개별차량정보 수집수단에 대비한 우선제어 또는 정책적 개입제어, 우선제어시의 실시간 신호제어알고리즘에 대한 연구사례가 있음

<표 2-16> 개발되었거나 개발 중인 새로운 검지 기술

공정 단위	기술 사항
DSRC 및 RF 기반기술 개발	• 1세대 능동형/수동형 기술 확보 • ETCS/TCS/BIS/교통지불수단 등 ITS응용서비스의 적용 기술 개발 • 신호제어부문에의 응용기술은 개발사례 없음 • 2세대 DSRC 기술은 개발 단계
무선검지기체계 개발	• 신호제어부문에서 개발 사례 없음
무선검지기를 활용한 신호제어기 개발	• 신호제어기용 모듈개발 사례는 없음 • 신호제어기의 인터페이스장치 개발을 위한 신호제어기의 하드웨어 규격개발은 이루어짐
무선검지기를 활용한 신호제어시스템 개발	• 개발사례 없음
개별차량정보를 활용한 신호제어알고리즘 개발	• 사례 없음
개별차량정보를 활용한 실시간 신호제어시스템 개발	• 개별차량정보 수집수단 확보에 대비한 우선제어 또는 정책적 개입제어, 우선제어시의 실시간 신호제어알고리즘 개발사례 있음

<표 2-17> 기존 공정방법 대비 기술의 평가

기존 공정방법 비교	기술적 평가	경제적 평가	파급 효과
• 기존 유선검지기체계 대비 무선검지기체계의 평가	다양한 도로환경에 대한 적용의 난이성 예상	자재비용은 증가할것이나 설치 및 유지관리비용 절감효과가 클 것으로 예상	실시간 신호제어시스템 설치와 유지관리가 단순화하여 지방 확산 효과 기대
• 기존 유선검지기를 활용 대비 무선 검지기 신호제어기 평가	수 msec 단위 정보 주기 확보 등 높은 기술수준 요구	신호제어기 단가가 상승할 것으로 예상	민간 위주로 응용범위 확대 노력이 나타날 것으로 기대
• 기존의 MASS FLOW 정보단위 처리방법 대비 개별차량정보를 활용한 신호제어 알고리즘 기술 평가	기존의 신호운영방법의 체계 안에서 개별차량 행태 제어 적용성 어려움 예상	소통효율 증가 및 안전사고 감소에 의한 사회적 비용 감소 효과 기대	도시부는 물론 지방부/국도 등으로 확산
• 기존의 포화도 기반 대비 개별차량정보 기반 실시간 신호제어시스템 개발	(상동)	신호제어시스템 통신속도의 향상이 요구되는 등 운영비용 증가 예상	-

다. 신호제어 부문

○ 운영현황

- 국내에서는 1996년 2,5세대형 실시간 교통신호제어시스템이 개발 및 설치된 이후 서울지역에 COSMOS라는 프로젝트로 현재 약 400여개소 교차로에 운영중임
- 또한 월드컵을 계기로 일부 지방도시에 첨단 모델도시 건설사업을 통해 민간기업에서 COSMOS 표준 실시간 제어알고리즘을 호환성이 있는 독자적인 제어시스템을 개발하여 설치 운영중에 있으나 서울시의 COSMOS와 달리 그 제어효율성이 검증되지 않은 형편임
- COSMOS시스템의 경우 지속적인 기능개선이 이루어지고 있으나 주요 개선 방향이 단위교차로 및 교통축 최적화 기능에 초점이 맞추어져 있음

○ 신호제어 기법상의 보완할 점

- 현재의 실시간 신호제어시스템은 지엽적인 교통상황에 대한 이해(단위교차로의 포화도 또는 대기길이)를 기반으로 단위교차로나 교통축을 제어하는

기술을 사용하고 있어 복잡한 도시 가로망에 대한 전체적 효율성을 증대시키는데는 한계가 있음

- 검지정보체계도 이러한 목표에 따라 가공된 정보항목의 제약이 있으며, 단위 노선에 대한 교통소통효율화에는 충분한 효과를 보이고 있으나 수요 집중으로 인하여 발생하는 지역적 혼잡에는 미흡한 점을 가지고 있으며 더욱이 지역과 지역 간의 연계제어 등과 같은 광역신호제어 기법 등의 개발이 필요함
- 따라서 즉시적 수요관리전략의 시스템화가 필요하며 이를 위한 제어알고리즘들의 개발이 요구되고 있음. 대안 중 하나로 여행시간 기반 신호시간작성 모형의 개발이 시급히 요구되고 있으며, 이를 위한 기반 검지기술, 정보가공기술, 정보처리기술 등이 요구되고 있음
- 또한 대중교통이용 활성화 정책 측면에서나 보다 많은 수혜자에게 혜택이 돌아가도록 하는 버스우선신호체계를 비롯, 앰블런스, 119차량 등 긴급차량에 대한 Preemption 제어 기능 등의 추가 개발이 필요함
- 교통감응형 교통신호제어기술 관련 연구 사례를 보면 현재는 국내에서는 개별차량에 대한 정보가 없이 기존의 검지기 기반의 감응제어 알고리즘을 연구, 적용하고 있으나, 개별차량에 대한 정보를 획득할 수 있는 여건이 조성된다면, 해당 알고리즘 및 전략부분은 활용가능성이 대단히 크다고 할 수 있음

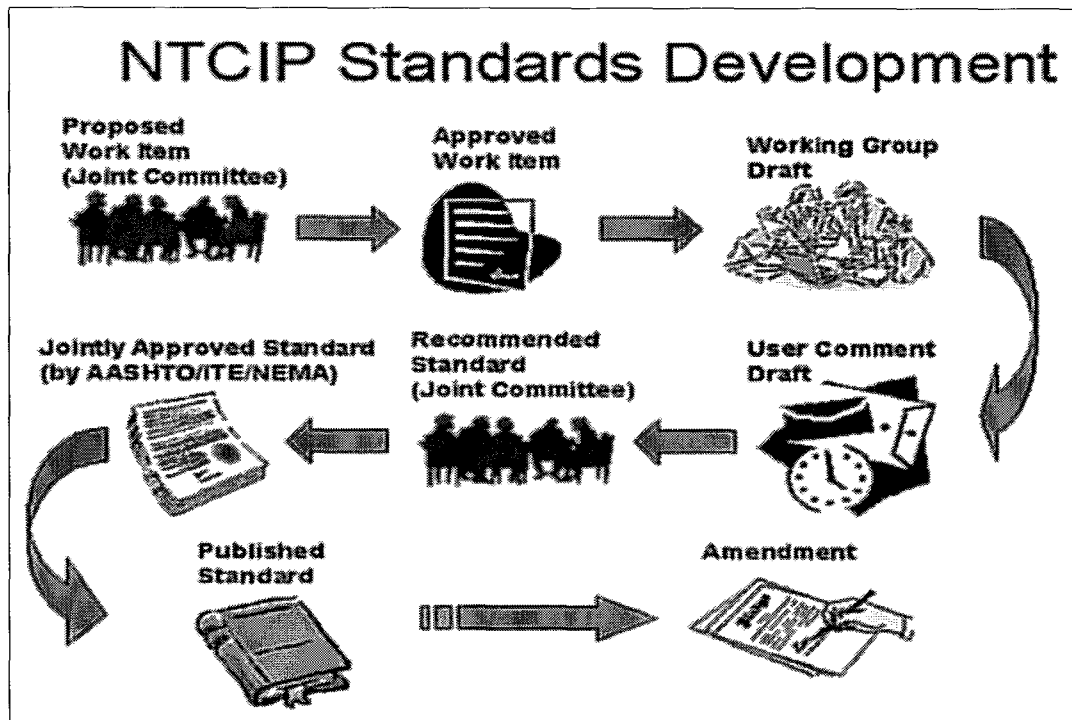
라. 표준화 부문

- 국내의 ISO/TC204 표준화 활동은 산업자원부 산하 국립기술품질원이 주관하여 추진중임
- 1995년 3월 ISO/TC204 국내위원회(운송정보전문위원회)를 구성하였고, 1995년 4월 ISO/TC204의 옵서버에서 정회원으로 등록하여 활동 중에 있으며, 1998년 현재 ITS 표준화 연구를 수행하는 부처들로는 건설교통부, 정보통신부, 경찰청 등이 있으며 활동내역은 다음과 같음

<표 2-18> 국내 ITS 관련 표준화 현황

기관명	표준화 관련활동
도로교통안전관리공단	실시간신호제어기(COSMOS) 및 센터 S/W 규격화 연구
국토개발연구원	국가 ITS 기술표준화 1단계 연구
한국전산원	ITS 정보통신 부문 표준화연구, NGIS 표준화
전파진흥협회	ITS 관련 무선주파수 표준
서울대 IC카드 연구 센터	DSRC 표준연구(PASSIVE 방식)
전자통신연구소	DSRC 표준연구(ACTIVE 방식)
한국정보통신기술협회	ITS 통신연구위원회 활동
국립기술품질원	ISO/TC204 국내대응기관
산업표준원	차량 및 도로 시설물에 관한 표준
자동차부품연구원	차량탑재용 전자 수치지도 구축

- 국제표준화 분야에서도 국내 움직임과 동일한 방향으로 ITS 관련 장치들의 표준화노력이 있어 왔으며, 일부 선진국을 중심으로 국제표준과 호환성을 갖춘 경쟁력 있는 규격화를 진행중인 실정임
- 한편 신호제어분야를 보면 NTCIP (National Transportation Communications for ITS Protocol) 규격은 ITS 센터 간 그리고 센터와 현장장치 간의 통신 규약에 관한 표준으로 미국에서 (안)을 제정, 현재 Draft 버전별로 발표하고 있으며 이를 적용 시험하고자 하는 연구에 많은 노력을 기울이고 있음
- 결국 ITS의 가장 중요한 기반시설인 교통신호제어부문에서도 이에 대한 국제적 기술추이에 대응하고 국제경쟁력을 확보하기 위해 표준규격으로 유력한 후보국인 미국의 NTCIP(National Transportation Communications for ITS Protocol) 규격을 적용하기 위한 연구가 필요함
- 이에 따라 도로교통안전관리공단에서는 NTCIP 국내 적응성에 관한 연구가 현재 진행 중에 있음. 본 과업은 NTCIP 규격(안)을 만족하는 국내 실시간 교통신호제어기의 구현·시험을 통해 NTCIP 규격 만족하면서 현 제어 성능을 유지하는 시스템 확보는 물론 향후 국제경쟁력 체제에서의 우위를 점하는데 의의가 있음



<그림 2- 1> NTCIP 표준 개발 개념도

- 기존 COSMOS 시스템과 본 과제 개발 시스템의 차이
 - 현재의 신신호제어시스템은 포화도와 몇 개의 대기길이점지기로 예측되는 대기길이를 이용한 자동 주기길이결정, 현시율 결정, 연동방향결정 알고리즘을 적용하고 있음
 - 개발될 제어시스템은 주기길이 및 현시율, 연동값 등을 루프점지기 포화도 및 속도정보를 이용하는 것은 물론 개별차량정보에 의해 측정된 여행시간과 각종 개별차량 정보를 이용하여 계산함으로서 기존 제어알고리즘과 선택적으로 적용할 수 있도록 함
 - 장차 개별차량 검지장치의 장착이 일반화 될 때의 신호제어 패러다임 정립 필요

<표 2-19> 국내 기존 실시간 신호제어시스템과 본 제안시스템의 차이

현재 실시간 신호제어시스템		차세대 (본 제안) 실시간신호제어시스템	
주요 변수	주요제어알고리즘	주요변수	주요제어알고리즘
이동류별 포화도	주기길이결정 알고리즘	여행시간	포화도/여행시간 선택
교통량	녹색시간 배분알고리즘	개별차량정보	주기길이결정 알고리즘
속도	연동결정알고리즘	이동류별 포화도	녹색시간 배분알고리즘
대기길이	앞막힘 예방제어	교통량	연동결정알고리즘
앞막힘 상태		속도	앞막힘 예방제어
		대기길이	여행시간 기반 제어
		앞막힘 상태	긴급차량 우선제어
			버스우선/정책제어
			딜레마 존 제어
			개별감응제어

제2절 국외 현황

1. 신호제어기

외국은 1970년대 중반부터 주요도시의 도시부 간선도로 교통신호제어시스템으로 주로 2.5세대 이상의 신호시스템을 <표 2- 8>과 같이 운용하고 있으며 그 중 SCOOT과 SCATS이 여러 국가에 설치 운영되고 있다.

<표 2-20> 국가별 실시간 신호시스템

국 가	신호시스템
영 국	SCOOT(Split Cycle and Offset Optimization Technique)
호 주	SCATS(Sydney Coordinated Adaptive Traffic System)
미 국	OPAC(Optimized Policies Adaptive Control) RT-TRACS(Real-Time Traffic Adaptive Control System)
일 본	ATCS(Area Traffic Control System)
프랑스	PRODYN
이태리	UTOPIA(Urban Traffic Optimization Technology)
한 국	COSMOS (Cycle Offset Split MOdel for Seoul)

주요 실시간 신호시스템별 운영현황 및 운영효과는 다음의 표와 같다.

<표 2-21> 주요 실시간 신호제어시스템별 운영 현황 및 효과

종류 항목	SCOOT	SCATS	UTOPIA	ATCS	COSMOS
운 영 현 황	-1975년 개발 -1983년 시범운영 (50개소) -영국, 중국, 홍콩 등	-1974년 개발 -1989년 현재 -호주이외 4개국 27개 도시 설치·운영중	-1983년 개발 -1984년 시험운영 (43개 교차로) -이태리 운영	-1991년 개발 -일본 동경 지역 운영	-1993년 개발 -1997년 시범운영 (61개소) -서울 지역 (423개소)
제 어 방 식	온라인 실시간 신호제어				
개 선 효 과	-지 체: 20% -연료비: 8~10%	-정 지 수: 46% -여행속도: 23% -교통사고: 20% -연 료 비: 13%	-속 도: 35% (첨두시) -연료비: 6%	-지 체: 13-31% -속 도: 14-15% -연료비: 10% -편 익: 148억엔	-여행속도: 23.7% -지체시간: 30.1% -정 지 율: 33.2%

○ 최근 SCOOT System 평가사례 (2000.11.)

- 사례 지역 : 지체, 여행시간이 전반적으로 약 12% 개선
 - 평상시 : TOD제어에 비해 효과가 미미
 - 운동경기, 퍼레이드 등의 특별행사 : 19%정도 소통 개선
- 기존시스템 지역과 SCOOT System 운영지역을 관통할 경우 : 여행시간이 15%정도 증가

가. 대도시 지역 신호제어시스템

(1) 영국 (런던 교통신호제어시스템)

1996년 이후 SCOOT UTCS의 계획기관이 런던교통부에서 TRL로 이전되어 기존 SCOOT의 기능개선은 UG프로그램을 통해 이루어지고 있다.

주요 기능개선 사항은 혼잡한 도로망에 대한 제어전략, 대중교통우선처리, 독립 교차로 최적화 신호제어모드(MOVA) 등으로 <표 2-10>와 같다.

<표 2-22> 중요 기능개선 UG 프로그램

프로그램명	개요	내 용
NMAM112	혼잡네트워크의 UTC전략	• 혼잡 상태 하에서 도시교통통제 특별 전략 개발 • 자동 혼잡완화 전략 기술 개발
UG102	혼잡 네트워크 SCOOT 전략	• 혼잡상태에서 교통신호를 통제하는 SCOOT의 Onstreet 용량 최대화 전략 개발
UG17	UTC 시스템의 버스 우선	• 버스가 신호교차로에 도착할 때 특별한 버스에게 우선권을 부여
UG94	SCOOT 대중교통우선	• 혼잡시 버스에게 우선권 부여 • AVL(Automatic Vehicle Location)시스템과 함께 SCOOT 운영 기술 범위가 확대됨.
UG104	MOVA 개발	• 독립교차로 최적화 교통신호제어 전략 • 기존 NOVA에 버스우선과 자동단계선택기능 추가

(2) 일본 (동경 교통신호제어시스템)

- 교통신호제어 방식 : 정주기식(연동제어 포함), 감응제어 패턴선택제어 및 대응제어(STREAM)
 - 교통상황에 따른 STREAM제어 전략
 - 근포화 미만 : 지체 정지수 최소화, 안전속도 확보
 - 근포화 : Congestion Alleviation Control (CAC) 실시(혼잡 억제)
 - 주요교차로에서 주기, 현시 자동계산(2.5분 간격)
 - 읍셋패턴 선택
 - 좌회전 감응제어
 - 과포화이상 : 혼잡방향을 우선 제어하기 위해 Intentional Priority Control 실시

(3) 미국의 교차로 안전 정책

미국에서는 2002년 충돌사고의 50%가 320만 교차로에서 발생하였고 발표하였다. 사망자(전체 사망자의 22%) 9,612명에, 사고에 대한 사회적 비용은 연간 960억 달러에 이르는 것으로 보고되었다. 교통신호에서의 치명적 충돌사고도 전국적으로 그 외 치명적인 충돌사고보다 빠르게 증가하고 있는 것으로 나타났다.

이에 대해 Federal Highway Administration, the Institute of Transportation Engineers, AASHTO와 같은 기관들과 AAA와 민관과 공공기관들이 문제를 줄이는데 도움이 되도록 힘을 기울이고 있다.

또한 세계에서 최초로 연구되는 국내의 국가교통핵심기술사업인 “차세대 무선 통신 신호제어시스템”과 같은 신호 운영, 안전제어 및 정보제공 시스템을 도입하려는 움직임을 보이고 있다.

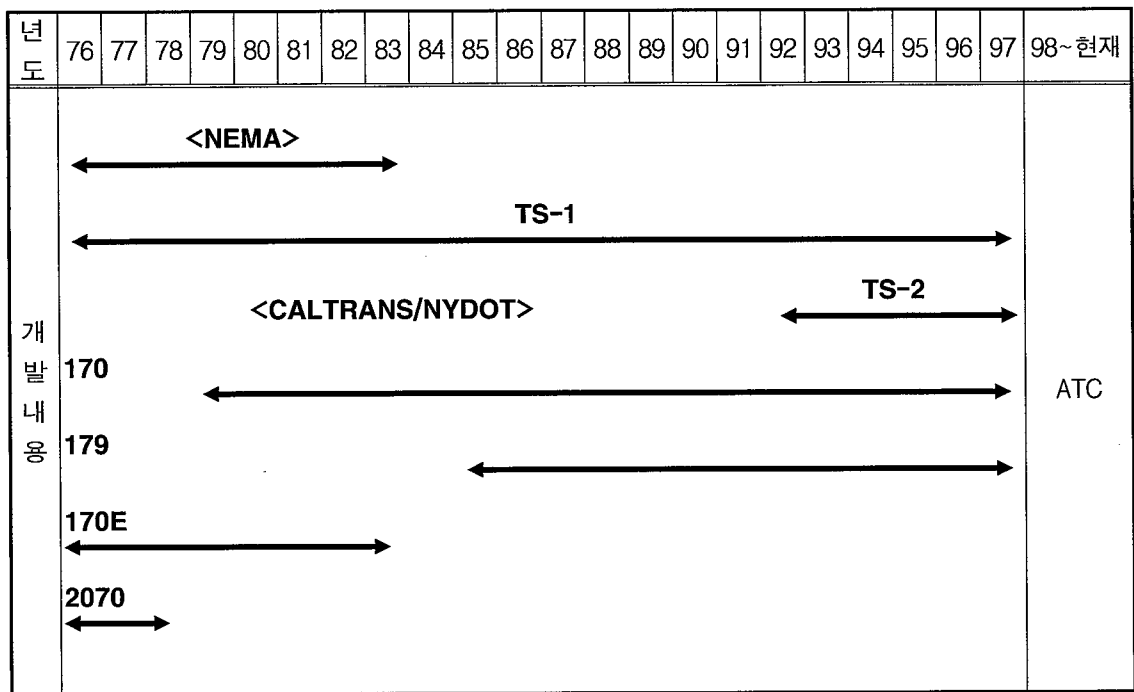
나. 제어기 개발현황

선진 외국의 신호제어기술 개발 전략을 분석해 보면 크게 네 가지 분야 즉, 교통신호제어기, 교통신호제어시스템, 교통신호제어전략, 시스템과 전략을 평가할 수 있는 Hardware-in-the-loop(HILS) 모의실험 프로그램 개발 등으로 세분화되어 산학연이 체계적이고 유기적인 협력체계를 이루며 진행되고 있다. 미국의 대표적인 신호제어기 제조업체들은 Eagle, Econolite, McCain, Naztec, Peek, U.S. traffic 등이 있으며 현재 두 종류의 신호제어기 표준이 사용되고 있다. 1998년부터 QK르게 바뀌고 제어접지 기술과 NEMA, Type 170, Type 2070의 기능을 최대한 활용한 ATC(Advanced Traffic Controller)를 개발 평가중이다.

- connector, 이용자 인터페이스, 소프트웨어, 통신, 내부 네트워크, 컴퓨터, 모델 모듈 등이 다른 업체와 상호 호환될 수 있는 호환성에 역점을 두고 개발됨
- 개방성, 유연성, 호환성을 고려해 개발된 ATC 제어기 표준이 교차로제어, 실시간 관제시스템, 대중교통 시스템, communication hubs, field masters, 램프미터링, 신호제어, ITE beacon, 비디오 시스템, 환경시스템, weigh-in-motion 시스템 등에 활용될 수 있도록 개발됨

NEMA, ITE, AASHTO가 중심이 되어 ATC 표준을 정하기 위해 연구중이다.

- 유럽 : 유럽지역 특성을 고려한 EU-1 등 개발



<그림 2- 2> 미국의 신호제어기 개발 추이

다. 기술발전 동향

외국 실시간 신호시스템의 기술발전 추이와 운영효율성 평가결과에 따른 관련
향후 도시부 교통신호제어시스템의 발전추세는 다음과 같다.

(1) 다단계 분산구조

분산컴퓨팅 기술발전과 컴퓨팅 환경 분산화에 따른 알고리즘 적용방안이 요구된다.
구별된 계층적 계산 모델적용으로 호스트, 지역장치, 통신장치 각각의 역할 분
담이 강화되고 있다.

(2) 제어전략의 다양성

현재 1~3가지 제어모드의 실시간 신호제어에서 각 지역의 교통특성에 따른 다양한 제어모드를 자동으로 결정하는 방법이 도입되고 있다.

- 1970년대 미국 FHWA에서 제어개념 및 제어전략을 개발하고 평가하기 위한 Urban Traffic Control System(UTCS) 프로젝트가 시작되면서 본격적인 연구가 시작됨
- 1980년대부터는 전세계적으로 adaptive control에 연구 집중됨
 - 영국의 SCOOT, 호주의 SCATS, 이태리의 UTOPIA, 일본의 STREAM, 프랑스의 PROLYN, 미국의 OPAC과 RHODES, 대만의 TTSCS 등이 이러한 연구 노력으로 개발됨
- 개발된 신호제어전략 전략을 비교 평가하기 위한 hardware-in-the-loop 모의실험 프로그램 개발 노력은 미국의 많은 대학을 중심으로 활발히 진행중에 있으며, 신호제어기 등 하드웨어와의 통신 및 인터페이스 개발에 초점을 맞추어 진행 중에 있음
- 위에서와 같이 미국은 수십년간 새로운 개념의 신호제어 시스템 및 전략을 개발하면서 이 분야에서 선두적인 역할을 해오고 있지만 무선통신을 이용한 신호제어 전략 및 신개념의 신호제어시스템 개발에는 착수하지 않은 것으로 사료됨
- 유럽 등은 유럽지역 특성에 맞는 EU-1 등 신호제어기를 개발해 사용하고 있으며 일본은 신호제어전략에 관한 연구를 계속하는 한편 적외선(IR) 및 DSRC 등을 통한 성능 개선을 시도중인 것으로 판단됨

(3) 교통혼잡 관리전략

외국의 대도시 교통문제가 심각해짐에 따라 대도시 혼잡해소 전략이 강조되었다. 특히 교통축 정체 해소전략인 임계교차로 관리전략에서 일정영역에 대한 정체지역(Grid-Lock Area) 해소전략으로 관련 알고리즘 개발요구가 강조되고 있다.

(4) 교통류예측 및 최적전략 선택 시 사전평가기능 및 실시간 평가기능 도입

교통류의 단기예측 및 실시간 최적화방법 결정시 Knowledge-based system simulation을 통해 사전평가가 시행된다.

특히 실시간 수집정보를 즉시 교통류 평가 시뮬레이션과 평가 기능을 통해 평가하고 있다.

라. 국내 · 외 신호시스템 비교

<표 2-23> 국내외 신호시스템 비교

항 목	SCOOT (영국)	SCATS (호주)	ATCS (일본)	COSMOS (한국)
목표	지체와 대기길이 최소화	지체와 정지수 최소화	정체감소와 관리	지체와 대기길이 최소화
제어단위	중요교차로 중심 교차로 그룹	중요교차로 중심 교차로 그룹	중요교차로 중심 교차로 그룹	중요교차로 중심 교차로 그룹
검지기 체계	상류 100-200m지점 루프, 영상	정지선 루프, 영상	30-40, 300, 500, 1000m 초음파, 영상, microwave	정지선, 100, 200, 400 루프, 영상
교통상황변 수	포화도, 대기길이	포화도	포화도, 대기길이	포화도, 대기길이
신호제어전 략	포화도비 제어	포화도비 제어	포화도비 제어	포화도비 제어
과포화 전략	대기길이 감응 스필백 제어	스필백 제어	대기길이 감응 스필백 제어	대기길이 감응 스필백 제어, 좌회전 대기길이 감응 제어
신호시간 결정	2.5분 ~ 5분 주기증감: 4, 8, 16초	매 주기 주기증감: 6초, 9초	주기: 5, 15분 녹색시간: 5분 연동값: 15분	매 주기(2-3분) 주기증감: 5 - 10초
제어용량	200 대	30, 80, 120 대	128, 256, 400 대	128 대
기타 제어	버스교통우선제어	대중교통 우선제어	버스, 긴급차량 우선제어	운영자개입 및 정책적 신호제어

2. 무선통신기반 신호제어시스템 개발

외국의 경우 아직 기존검지기와 신호제어기 사이에 무선통신 방식이 적용된 사례는 없는 것으로 나타난다. 무선통신기반 신호제어시스템 개발운영에 대한 외국의 사례는 주로 버스우선제어시스템의 요소기술로서 개별차량기반의 검지기 기술이 적용된 사례는 있다.

그러나 루프와 같은 기존검지기와 검지기 컨트롤러 간 무선통신에 의한 정보 수집 부문은 주로 고속도로관리시스템 등 주로 모니터링용에 국한된 것으로 보인다.

신호제어기와 센터시스템 간 무선통신에 의한 제어시스템 구현은 현재 거의 사례가 없는 것으로 보인다. 이는 신호제어기 자체 기능이 상당히 지능화 되어 있기 때문에 아직은 필요성을 인식하지 못한 것으로 판단된다.

<표 2-24> 외국의 개별차량기반의 검지기체계 적용 사례 (버스우선신호)

명 칭	장 소	제어 방법	검지 방법	비 고
SCOOT	영국 Leeds외	녹색현시 연장 및 재 현시 비우선차량의 포화도를 조사하여 우선 제어를 제한하는 기능 포함	Transponder AVL시스템을 이용한 SVD	버스 지연시간이 20~30% 감소
SPOT*	Leeds	루프검지기를 이용하여 버스의 도착시간을 예상하여 제어	루프검지기	버스 여행시간이 약 10%감소
SPRINT	London	녹색현시 연장 및 재 현시 차량 검지후 알고리즘에 의한 제어	Transponder 루프검지기	3km 11개 정류장 교차로 2초 감소, 부도로 6초 감소
UTOPIA	Bologna	GPS를 이용하여 버스를 모니터링 170개의 교차로에 설치 운영 녹색현시 연장 및 재 현시	GPS	-
MODERA TO*	일본	Infrared Beacon을 이용 교차로간 녹색시간 연동으로 통과시간 최소화	Infrared Beacon 차내외 VMS	버스통행시간 약 6% 감소
Aalborg	덴마크	entry line과 report line을 설치하여 TPC에 의한 제어	DGPS, 속도계	-

<표 2-24> 외국의 개별차량기반의 검지기체계 적용 사례(버스우선신호)(계속)

명 칭	장 소	제어 방법	검지 방법	비 고
BLISS RAPID	호주 Brisbane	advance loop와 stopline loop를 이용하여 우선권 부여	VID(AVL) 루프검지기	-
CELTIC*	Lyon Toulouse	상황 분석과 최적화를 매초 실시하는 조건적 우선제어 전략	루프검지기 전용차선	-
CGA 시스템	프랑스	Beacon으로 차량의 접근을 감지하고, 차량정보 및 현시를 PT AVL 컴퓨터에 의해 제어	AVL system	-
OPTICOM	미국 유럽 40,000개의 교차로	고속도로 노선에 우선권 부여 AVI기반시스템 queue jumping, 고속버스 우선, 연장 및 재 현시의 세 가지 전략	Emitter Detector GPS를 이용한 INFO 시스템	-
MOVA	영국 London Winchester	우선제어 차량에 대해 녹색현시 연 장 또는 재 현시 긴급차량 최상위 우선제어	Transponder 루프검지기	-
PRODYN	Brussels Pau Toulouse	각 교차로의 우선제어 차량을 종합 하여 최적화 운영	GPS odometer	-

주) *표시는 개별차량기반 검지기체계 아님.

3. 기술동향 분석 및 향후 전망

미국은 1998년부터 ATC개발 평가 및 표준화 연구에 초점을 맞추어 신호제어 시스템을 개발하고 있고, 일본은 통신기술을 이용한 신호운영전략을 도모하고 있지만 DSRC를 이용한 새로운 개념의 신호제어시스템 및 전략개발 부분은 연구 초기단계이다.

따라서 우리나라는 무선통신 신호제어시스템 기술을 개발·발전시켜 무선통신을 이용한 신호제어 시스템 개발 부분에 독보적인 기술력을 확보할 수 있다. 무

선통신기술의 급속한 발달로 교통분야에서 이를 이용한 실시간 교통류 제어 및 운영, 정보제공서비스가 가능케 되어 향후 수년 내에 전세계적으로 무선통신기반 신호제어 시스템의 개발이 가속화될 것으로 전망된다.

따라서 본 과제를 통해 우리나라의 세계적인 정보통신 기술 및 인프라를 활용하여 차세대 신호제어시스템을 개발할 경우 국제적으로 이 분야의 기술을 선도할 뿐만 아니라 국제시장을 선점할 수 있을 것으로 전망된다.

제3장 WISDOM²⁾ 개발 수행 내용 및 결과

제1절 WISDOM 요구사항 및 개발전략

1. 무선통신 신호제어시스템 요구사항 및 개발전략

가. 무선통신기반 신호제어시스템 개념 및 요구기능 설정

기존 매설식 검지체계기반 실시간 신호제어시스템에 의한 차량 검지기와 지역 제어기간의 데이터 전송체계를 무선통신 기반의 데이터 전송체계로 전환한 신호 제어시스템의 전략개념 및 요구기능을 설정한다.

(1) 무선통신 기반 실시간 신호제어 및 운영

차세대 무선통신 신호제어시스템의 역할은 크게 신호제어, 교차로안전운영, 정보제공의 3가지 역할로 구분되며, 주 기능은 효율적인 최적화 신호제어와 운영이며, 부 기능을 무선통신을 이용한 신호교차로 충돌 및 충돌사고 방지 제어 및 운영으로 분류하여 개념을 설정 한다

(가) 신호교차로 효율성 최적화 신호제어 및 운영

○ 무선통신기반 신호제어를 위한 데이터 수집 및 전송 방식

기존의 신호제어 시스템에서 운영되고 있는 루프 검지기를 통한 차량의 검지 방식으로는 제한된 영역 내에서만 차량검지가 가능할 뿐만 아니라 전차로를 대상으로 한 차량의 실시간 검지를 할 수 없었다. 최근의 무선통신 기술발달로 전차로 및 교차로의 제어영역에 들어오는 모든 차량을 대상으로 하는 실시간 차량 추적 검지 방식이 가능하므로 이를 이용한 새로운 제어 전략을 수립하여 신호제어에 적용한다.

2) 차세대 무선통신 신호제어시스템 : Wireless Interface Signal control systems for Dynamic and Optimal Management, WISDOM

이를 위해 우선 무선통신 검지 방법을 차량검지영역에 따라 근거리 전용통신(Dedicated Short Range Communication, DSRC) 등을 이용한 통신방식을 설정하고 이에 따른 무선데이터의 수집, 전송 및 수신 방법을 제시한다.

차량의 검지는 노변에 설치된 노변장치(Roadside Equipment, RSE)를 통해 차내 단말기와 무선통신으로 차량의 속도, 위치, 차종, 앞차와의 간격 등 실시간 교통류 및 차량데이터를 송수신하고 이는 노변장치를 통해 지역제어기와 유선 혹은 무선통신으로 데이터가 전송 및 수신된다.

또한 기존 매설식 검지기를 통해 유선방식으로 전송되던 차량데이터를 검지기 와 지역제어기간에 무선통신 전송체계로 전환하는 방법을 설정하고 이를 통한 기존 데이터의 유지 또는 데이터 질의 향상을 위한 방법을 제시한다. 기존 매설식 검지기로는 루프검지기와 자석식 검지기를 고려하는데 특히 자석식 검지기는 매설된 위치에서 데이터를 적당한 시간간격으로 수집하여 지역제어기로 전송하는 방법을 제시하고, 이를 위한 지역제어기내의 인터페이스를 구성한다. 향후 기존검지기 체계 중 극히 제한적으로 이용되고 있는 영상검지기(Image Detector)를 통해 기존 매설식 검지기를 대체하여 교통류 및 차량 데이터를 수집하고 지역제어기로 전송할 수 있는 무선통신체계를 구성한다.

○ 무선통신기반 실시간 신호제어

기존 매설식 검지기를 통해 지역제어기로 전송되는 교통량 및 점유율 등 극히 제한적인 차량의 데이터를 새로운 방식의 무선 통신체계로 전환함으로써 차량의 속도, 위치, 차종, 교통량, 앞차와의 간격, 점유율 등 실시간 차량의 추적데이터와 교차로 내의 교통류의 특성이 수집·전송됨에 따라 새로운 무선통신기반 제어알고리즘의 개발을 통해 차세대 신호제어 전략을 제시한다.

특히 여기에는 교차로내의 특정 구간(예를 들어, 교차로 진입구간)에서의 차량의 실시간 통행시간 및 속도변화에 따라 교차로 전체의 개별차량 통행시간 균등배분(Equity)을 기반으로 신호시간을 배분하여 개별차량에 배정하도록 알고리즘을 구성한다. 이는 소통을 원활하게 하여 지체 및 정체를 줄이는데 효과적이다.

또한 기존 신호제어 시스템에서는 차량추적의 문제 때문에 적용이 어려웠던 대중교통차량 즉, 버스 및 긴급차량의 우선신호체계가 무선통신방식을 통해 실현 가능하게 되어 교차로 내 버스의 위치와 대수 등에 따라 우선신호를 Priority와

Preemption으로 나누어서 제어할 수 있는 전략을 수립하고 한다.

무선통신기반의 신호제어는 궁극적으로 개별차량 감응식 신호제어를 실현하기 위한 기반을 구축하는데 이를 위해 차내단말기와 차내단말기를 통해 수집되는 단말기 보유 차량의 데이터(무선데이터)와 기존 매설식 검지기를 통해 수집되는 단말기 비보유 차량의 데이터(유선데이터)를 융합·처리하고 실시간 차량 감응식 신호제어와 변동주기기반 방식의 신호제어를 구축하여 실질적으로 교차로 내에서 정지로 인한 지체시간을 감소시켜 효율성을 극대화하는 전략을 제시한다.

○ 무선통신기반제어를 위한 지역제어장치(LC) 및 중앙제어장치(RC) 제어전략

기존 신호제어방식에서는 몇 개의 신호교차로의 지역제어기를 연결하고 이를 중앙제어기(Regional Controller, RC)와 네트워크를 구성하여 관련 교차로의 신호 최적화를 수립하는 전략으로 구성되어 있다.

무선통신 방식의 실시간 신호제어체계에서는 지역제어기에 중앙제어기의 역할을 담당할 수 있도록 기능을 부여할 수 있으며, 실시간 차량 데이터에 따라 유동 방식의 네트워크를 가변적으로 구성할 수 있도록 전략을 수립한다.

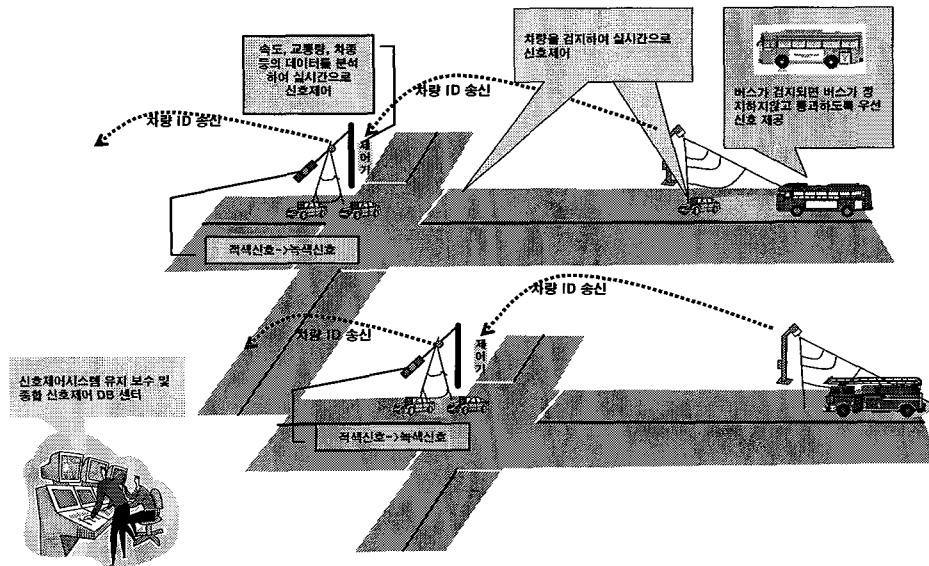
이를 위해 지역제어기에 기능 중 오프라인/온라인 제어기능, 네트워크 제어기능, 정보수집 및 처리기능, 실시간 통신 인터페이스 기능 등을 기본기능으로 하고 중앙제어기의 데이터 저장 및 가공기능, 신호시간 배정 기능 등을 추가하여 그 역할을 부여한다.

① 지역제어장치(Local Controller, LC)의 기능

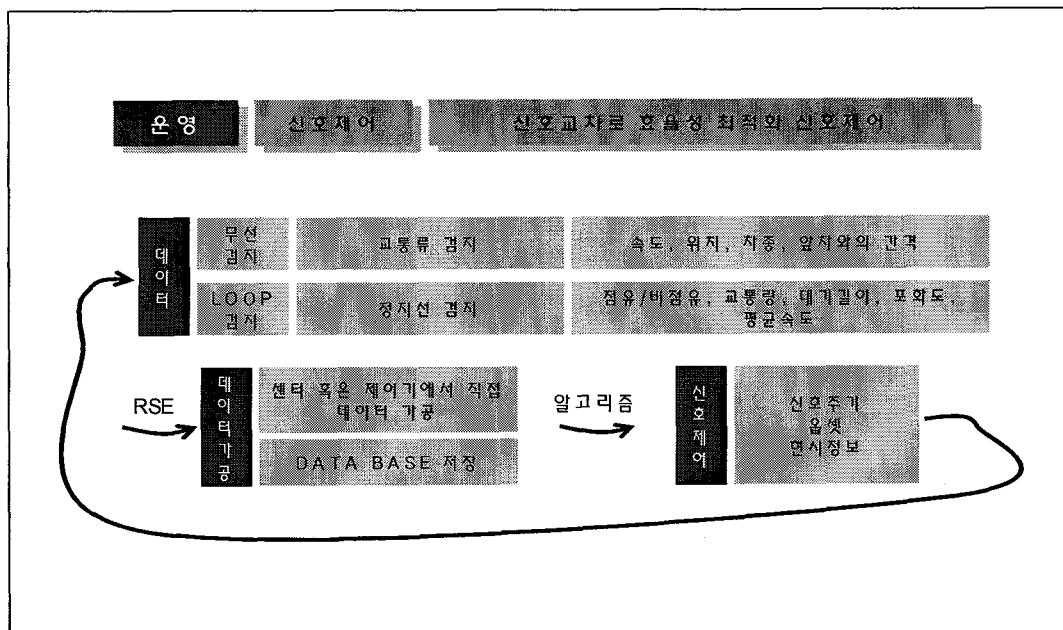
차세대 무선통신 신호제어시스템의 지역제어장치는 기존의 신신호 신호제어 시스템과의 차이를 두고 있으며 가장 큰 차이는 LC가 RC 및 센터의 기능을 담당하는 것으로 데이터를 수집/처리하여 알고리즘을 수행하여 신호기로 구동하는 것을 모두 제어기에서 담당하는 것이다.

② 센터의 기능

센터의 기능은 최소한으로 하고 시스템의 유지/관리 기능, 통합 DB 기능 및 정보제공의 기능을 부여한다.



<그림 3- 1> 무선통신 기반 신호제어 및 운영 구성도



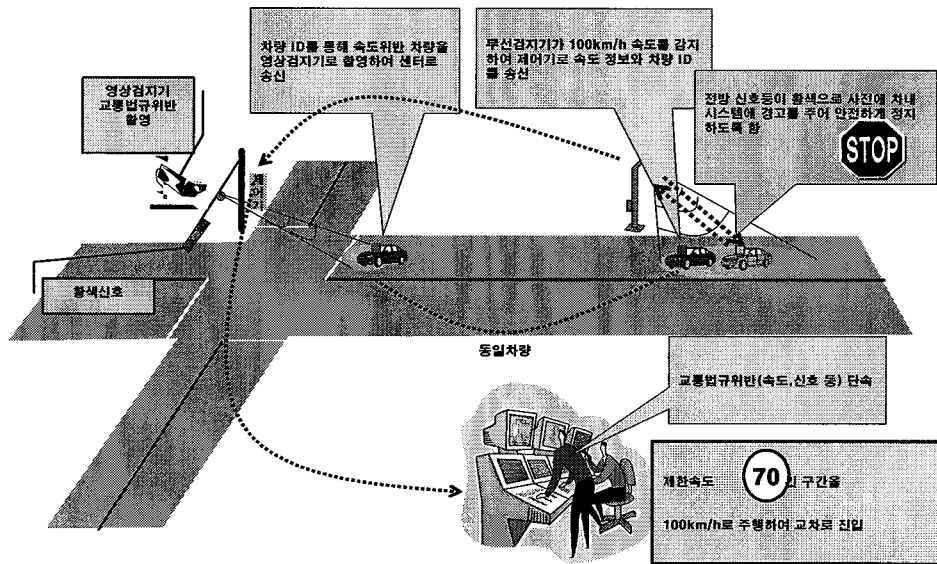
<그림 3- 2> 신호제어 및 운영 데이터 흐름도

(나) 신호교차로 충돌 및 충돌사고 방지 제어 및 운영

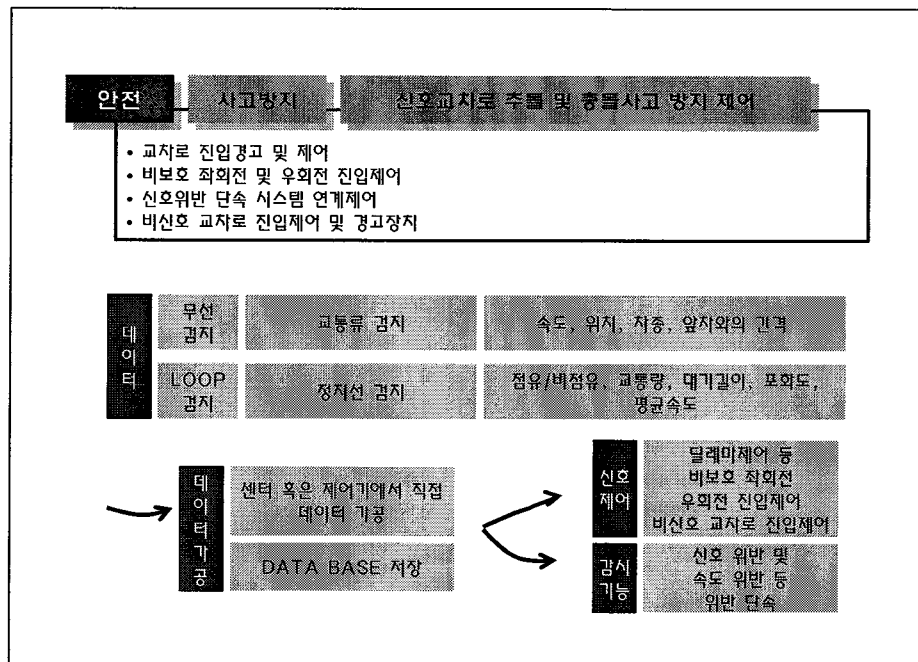
무선통신 기반의 실시간 신호제어시스템에서는 기존의 신호제어시스템에서는 제어할 수 없었던 신호교차로의 충돌 및 충돌사고 방지를 위해 차내경고장치를 통한 차량의 교차로 진입경고 및 제어, 비보호 좌회전 및 우회전 진입제어, 신호 위반 단속시스템 연계제어 등과 관련된 차내 경고 및 차량제어를 수행한다.

교차로 진입경고 및 제어는 차량이 교차로에 진입하면서 무선통신 기반제어시스템으로부터 교차로 신호현시에 관한 정보를 노변장치를 통해 수신 받고 이를 차량의 단말기에서 차량의 속도 및 위치, 가·감속 등을 통해 계산된 알고리즘에 의해 딜레마 구간 존재 여부 등을 판단하여 음성 및 시각 디스플레이로 운전자에게 경고하고, 향후 첨단안전차량(Advanced Safety Vehicle, ASV)의 개발과 병행하여 차량의 전자제어장치에 차량제어 명령을 전달한다.

무선통신기반 신호제어시스템은 기존의 신호제어시스템의 고정 주기를 통한 4현시 혹은 8현시 방식 등 다현시체계에 따른 차량의 정지 지체로 인한 효율성 문제를 해결하기 위해 현시 수를 최대한 단순화하여 차량의 실시간 감응을 통한 변동주기 기반으로 운영전략이 구성된다. 이 경우 교차로에서의 좌회전 및 우회전은 차량의 실시간 수요 및 횡단보도 보행자 존재여부에 따라 비보호 현시체계 혹은 회전현시 금지(생략) 등의 제어로 변환되기 때문에 이에 따른 좌회전 및 우회전 차량에 대한 진입경고 및 제어를 차내 장치에 전달 운전자에게 경고하고 향후 첨단안전차량의 개발과 병행하여 차량의 전자제어장치에 차량제어 명령을 전달한다. 무선통신 신호제어시스템은 다양한 상황에서 실시간 차량감응에 따라 주기 및 현시를 변동식으로 배정하기 때문에 운전자들의 신호 명령 준수 여부가 이슈화 될 수 있다. 이에 따라 운전자들의 신호준수를 유도하기 위해 일정기간 신호위반 단속시스템과 연계하여 교차로 진입경고, 좌회전 및 우회전 진입경고에 대한 운전자의 경고순응에 따라 신호위반 단속 적절성 여부를 판단할 수 있어야 하며 위반 내용을 차량에 실시간으로 전달하여야 한다. 특히 이 시스템은 교차로 내 CCTV 등을 설치하여 제어기에 연결하고 교차로 내에서 충돌 및 추돌 사고 발생시 사고원인 규명을 정확히 하고 사고정보를 모든 관련 시스템에 전달하며 사고처리를 신속하게 할 수 있도록 관련 네트워크의 통신체계 및 영상분석체계 등을 포함한다.



<그림 3- 3> 무선통신 기반 안전제어 및 운영 구성도



<그림 3- 4> 안전제어 및 운영 데이터 흐름도

(2) 무선통신기반 신호제어시스템의 정보제공 플랫폼 운영

(가) 차량 검지데이터를 이용한 정보 가공

최근의 무선통신 기술발달로 인한 차량검지 방식은 교차로 내에 진입하는 전차로의 모든 차량을 대상으로 실시간 차량추적 방식을 통한 검지가 가능하게 되어 교통류 및 차량관련 데이터를 신호제어 및 운영에 활용할 뿐만 아니라 이를 가공하여 필요한 교통정보를 생성할 수 있게 된다.

무선통신기반 신호제어시스템은 수집되는 실시간 교통류 및 차량관련 데이터를 가공하는 기능을 지역제어기에 포함하고 이를 관련 네트워크 혹은 각종 교통정보센터에 전송할 수 있다.

수집되는 교통류 및 차량 관련 데이터는 개별차량 데이터와 일정구간내의 군집차량의 데이터로 나눌 수 있으며, 개별차량 데이터는 차량의 속도, 가·감속도, 위치, 앞차와의 간격, 차종 등이 있으며 군집차량 데이터로는 교통량, 점유율, 대기길이 등이 있다. 이를 신호제어시스템에서 신호제어정보로 이용할 뿐만 아니라 교통정보로 가공할 수 있는 기능이 부여되는데 가공되는 교통정보로는 개별차량 정보로 차량주행궤도, 차량추종변수 등이 산출되고 군집차량 정보로 평균통행속도, 주행시간, 지체도, 밀도, 충격파 등이 생성된다.

<표 3- 1> 검지 및 가공데이터 종류

구분	수집데이터	가공데이터
개별차량	-속도 -가·감속도 -위치 -차간격(차두시간) -차종	-차량주행궤도 -차량추종변수
군집차량	-교통량 -점유율 -대기길이	-평균통행속도 -주행시간 -지체도 -밀도 -충격파

(나) 교차로 및 주변 네트워크 교통 정보 제공

교차로 내에 진입하는 차량에 대한 교통류 및 차량관련 데이터를 통해 가공된 정보는 관련 교통정보센터에 전송하여 교통정보로서 활용할 수 있도록 제공하며, 지역제어기간 정보연계를 통해 교차로 네트워크의 신호제어 및 운영의 최적화를

이를 수 있도록 송·수신된다. 또한 교차로 내 제어를 위해 필요한 신호정보는 교차로 내에 진입하는 차량에 직접 송신함으로써 운전자의 차내단말기를 통해 여행 및 경로 정보로 제공 할뿐만 아니라 차량의 개별 정보는 역으로 신호제어 및 운영에 활용할 수 있어야 한다.

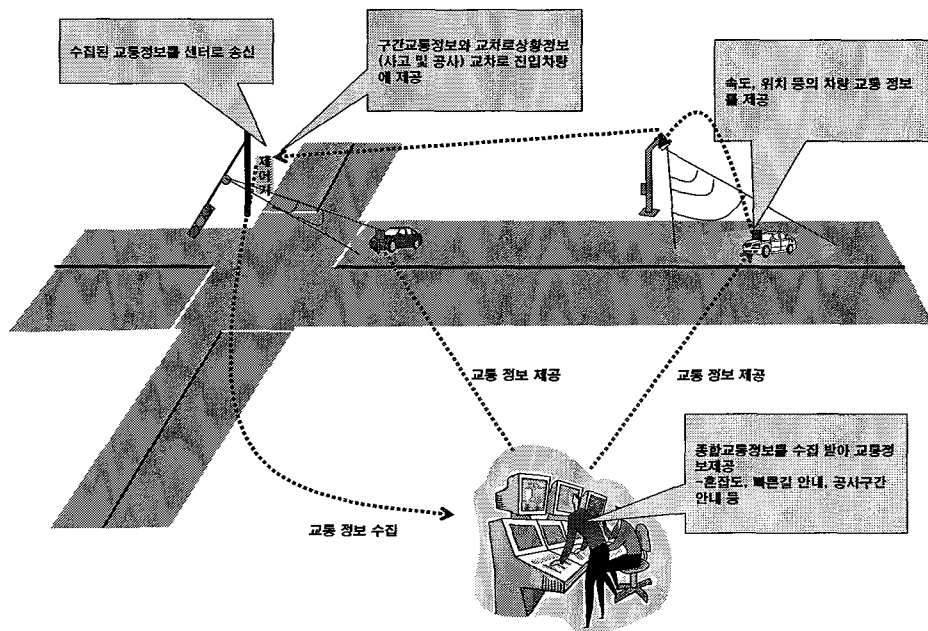
관련 교통정보센터로 전송되는 정보로는 대상 교차로의 지체도, 평균주행시간, 평균통행속도, 평균대기길이 등이 실시간으로 제공된다.

지역제어기간 연계되는 정보로는 신호교차로 내의 교통정보(링크 속도, 교통량, 대기 차량, 통행시간 등), 신호 정보(신호 주기, 녹색시간, 오프셋, 현시정보 등), 교차로 상태정보(혼잡도, 교통사고 유무, 공사 구간 등) 등이 있으며, 이를 일정한 시간간격에 따라 송수신하여 대상교차로의 신호제어 및 운영에 활용함과 동시에 연계 네트워크간의 신호운영 상태를 최적화할 수 있도록 하여야 한다.

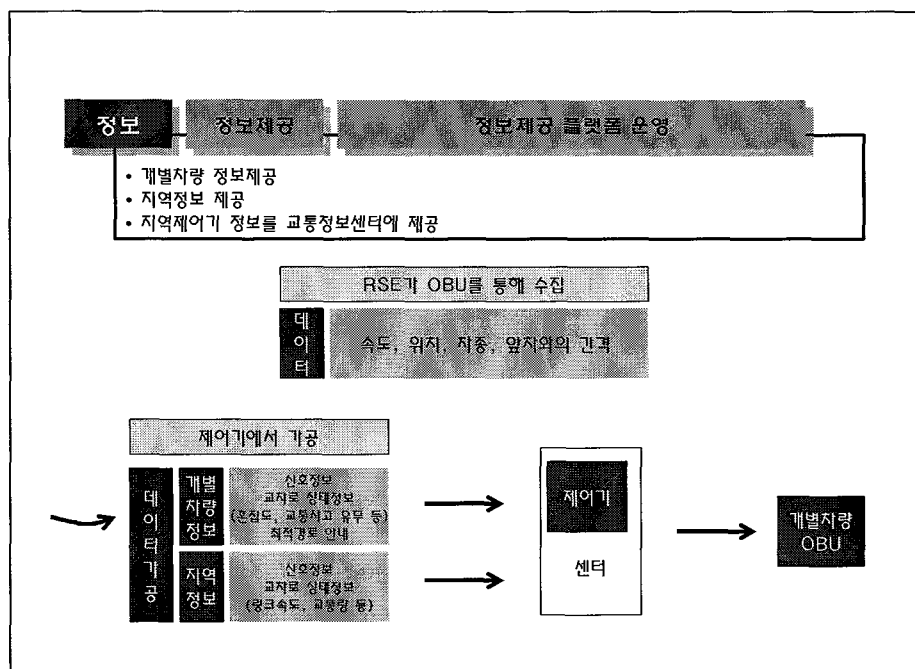
차량에 제공되는 정보로는 주변 지역제어기로부터 수신된 현시정보 등 신호 정보와 혼잡도 등 교차로 상태정보, 최적경로 안내정보 등을 노변장치를 통해 실시간으로 전송한다.

<표 3- 2> 정보제공

구분	제공 정보
지역제어기->교통정보센터	-교차로의 지체도 -평균주행시간 -평균통행속도 -평균대기길이
지역제어기->지역제어기	-교통정보 · 링크 속도, 교통량, 대기 차량, 통행시간 등 -신호 정보 · 신호 주기, 녹색시간, 오프셋, 현시정보 등 -교차로 상태정보 · 혼잡도, 교통사고 유무, 공사 구간 등
지역제어기->개별차량	-신호 정보 · 신호 주기, 녹색시간, 오프셋, 현시정보 등 -교차로 상태정보 · 혼잡도, 교통사고 유무, 공사 구간 등 -최적경로 안내정보



<그림 3- 5> 교통정보 제공 구성도



<그림 3- 6> 교통정보 제공 데이터 흐름도

나. 차세대 무선통신 신호제어시스템 아키텍처 구성

차세대 무선통신 신호제어시스템의 구성은 「교통신호제어기 표준규격서, 경찰청, 2004,」에서 제안한 표준 규격을 따르며 여기에 필요한 시스템을 추가적으로 확장하여 구성하였다. 우선 제어기는 신호주제어부(MCU : Main Control Unit)와 신호등기구동부(SCU : Signal Control Unit)로 분리되어 있으며 MCU에서 루프검지기, 영상검지기, 단거리무선통신검지기 등의 검지시스템으로 부터의 실시간 데이터를 수집 받아 차세대 무선통신 신호제어시스템의 실제 데이터 처리 및 신호 운영을 담당하는 HOST를 통해 실시간 운영제어, 안전제어(돌발상황이나 딜레마존 처리 등), 정보제공 기능 등을 수행하게 된다. SCU는 교통신호제어기 표준규격서와 같은 기능을 담당하며 그 기능은 주제어부(MCU)의 명령에 따라 신호등의 점등과 소등을 전담하며, 주제어부의 장애 발생시 기본 신호출력제어를 수행하는 안전제어(Fail-Safe Control) 기능을 통해 시스템의 안정성을 제고한다. 기존 실시간 신호제어기와 가장 큰 차이점은 HOST의 기능으로 예전 CPU와 센터가 담당한 기능을 모두 종합하여 담당한다는 점이다. 신호제어기 하나 만으로 독립교차로 제어 및 지역제어가 가능해지며, 고지능의 고급형 신호제어기라고 설명할 수 있다.

(1) 무선통신 신호제어시스템 아키텍처 Layer 1

무선통신 신호제어기는 무선통신을 이용하여 신호제어용 데이터를 실시간으로 수집·가공하여 운영한다. 기존 신호제어기와 차별화 된 점은 무선통신을 이용하는 것으로 신호제어기에 무선검지 시스템이 도입되었으며 IR DSRC, RF DSRC를 이용한다.

이에 대한 신호제어시스템의 아키텍처 Layer 1(1단계)은 신호주제어부(MCU)와 신호등기구동부(SCU)로 구분하여 구성하였으며 신호주제어부에는 호스트(HOST)를 주 CPU로 하여 무선검지기와 연계되어 중추적인 업무를 담당하도록 하였다. 또한 통신전용선과 같은 고속통신망을 이용하여 실시간 데이터를 받을 수 있도록 구성하였다. 본 신호시스템 아키텍처는 기존의 신호시스템을 그대로 이용하면서 호스트만 설치하여 부가기능을 수행하는 시스템으로 기존 시스템과 호환하여 이용할 수 있다.

무선통신 신호제어시스템의 기능은 다음과 같다.

(가) 신호제어시스템의 기능

○ 주제어부(MCU : Main Control Unit)

주제어부는 교통신호기의 중추적 역할을 하는 단위 컴퓨팅 시스템으로서 하나 이상의 중앙처리장치 보드(CPU, HOST)와 1-8개의 루프검지기보드, 무선검지기보드, 직류전원장치 및 무선통신 연결장치, 필요한 경우 통신모뎀과 각종 옵션 보드가 하나의 버스 시스템으로 연결되어 있는 장치임

① CPU

- 주제어부에 장착된 컨트롤러보드로 루프검지기, 영상검지기 등의 유선 검지기로부터 올라오는 신호데이터를 저장·가공하여 HOST로 송신하고, 신호 운영에 관련된 중요한 데이터들을 메모리 백업기능에 의해 정전시에도 항상 데이터를 유지함. 또한 유지보수가 가능하도록 메모리 백업기능과 CPU 관리기능에 대해 모뎀을 통해 센터로 송신함

② HOST CPU

- 주제어부에 장착된 주 컨트롤러보드를 의미하며 신호계획의 작성 및 운영, 데이터베이스의 관리, 유/무선 검지정보의 가공, 외부기기와의 통신을 담당하는 중추적 역할을 수행하고 신호운영에 관련된 중요한 데이터들은 메모리 백업기능에 의해 정전시에도 항상 데이터를 유지함
- 또한 무선검지기로 올라오는 신호데이터는 HOST에 직접 저장되며 유지보수가 가능하도록 메모리 백업기능과 CPU 관리기능에 대해 모뎀을 통해 센터로 송신함
- 무선을 이용한 차량 검지·인식장치로 IR DSRC, RF DSRC 검지기 등이 있으며 차종, 아이디, 시간 및 가공된 속도 데이터를 실시간으로 HOST로 보내줌

③ 전용통신선로

- 교통신호기간에 데이터 통신 및 운영을 가능하게 하는 통신장치임

④ 모뎀

- 신호제어기의 유지보수 및 통합 DB 구축을 위하여 센터와 통신을 가능하게 하는 통신장치임

⑤ 검지기보드(LDU : Loop Detection Unit)

- 검지기보드는 도로상에 차량을 검지하여 교통상황에 따라 능동적으로 처리할 수 있는 시스템으로 루프(Loop), 영상(Image), 초음파(Ultrasonic)등이 사용될 수 있음

⑥ MMI(운전자 입력 장치, Man-Machine Interface)

- 교통신호기에 필요한 데이터를 입력 또는 수정할 수 있는 장치로서 화면 표시장치를 통해 운전자가 쉽게 데이터를 확인하도록 함

⑦ VME BUS(VERSA Module Eurocard Bus)

- VME 버스를 통해 주제어부 컨트롤러보드, 전용통신선로, 모뎀, 검지기보드, 옵션보드간 전원 공급 및 신호전달이 이루어짐

⑧ 전원장치(Power Supply, PWR)

- 외부에서 공급되는 AC전원을 받아서 장치를 동작하기 위한 안정된 DV 전원으로 변환하여 교통신호기내에 공급하는 장치임

○ 신호구동부(Signal Control Unit, SCU)

주제어부의 신호진행명령을 받아 신호등의 전기 출력을 수행하고 출력 결과를 감시하는 일련을 장치임

① Controller 보드(SCU)

- 주제어부의 신호 구동 데이터를 근거로 시간진행에 EKC라 직접 등기구동장치(LSU)를 제어하여 등기를 구동하며, 신호등 점등 상태의 모순이 발생하였을 때 적색 또는 황색 신호등을 점멸시킴

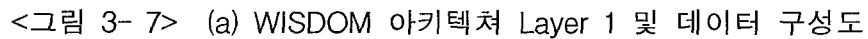
② 점멸기(Flasher Unit, FLU)

- 직류전원 이상, 컨트롤러보드 이상, 컨트롤러로부터의 점멸 지시, 등기구동장치로부터의 점멸 신호가 있을 때 독립된 전원에 의해 신호등을 점멸시킴

③ 등기구동장치(Load Switch Unit, LSU)

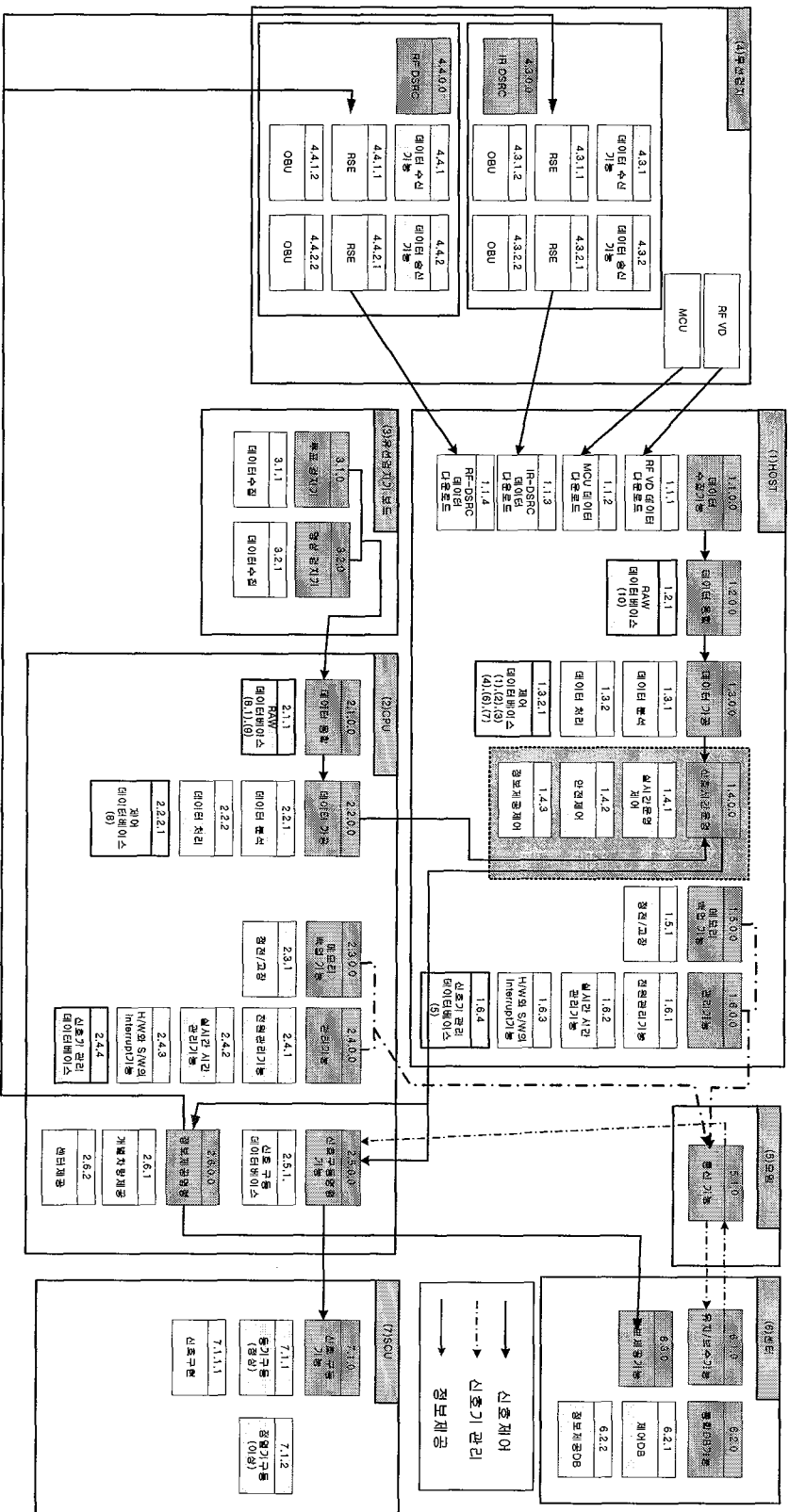
- 신호등에 공급되는 전력을 직접 제어하며, 그 제어 결과에 대한 궤환신호를 발생하여 컨트롤러보드에 제공하는 기능을 수행함

아래 <그림 3- 7>은 무선통신 신호제어시스템의 아키텍처 Layer 1을 도식화한 것으로 데이터의 흐름도 함께 표현하였다.

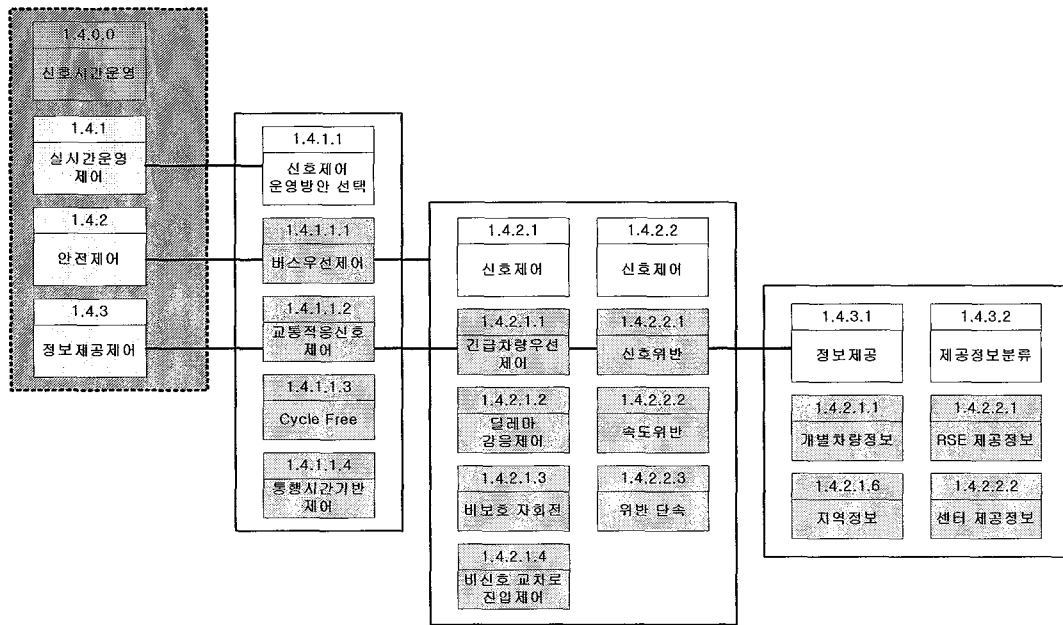


- 61 -

(2) 무선통신 신호제어시스템 아키텍처 Layer 2



<그림 3-7> (b) WISDOM 아키텍처 Layer 2



<그림 3- 7> (c) WISDOM 아키텍처 Layer 2-2

다. 무선통신 신호제어시스템 개발전략 연구

차세대 무선통신 신호제어시스템 개발을 위한 연구는 2단계로 나뉘어 수행된다. 제 1단계는 기존의 매설식 유선 검지기의 신호제어시스템에서 비매설식 무선 검지 및 신호제어 시스템으로 전환하기 위한 무선통신 기반 신호제어시스템을 개발 및 구축하는 것을 목표로 한다. 두 번째 단계는 루프검지기에서 얻어진 점유 및 비점유시간을 가공한 포화도, 교통량, 대기길이 등의 군집자료에 국한된 기존의 신호제어 운영에서 무선통신 기술을 활용한 개별차량 검지시스템의 정보를 이용한 개별차량 감응식 신호제어시스템을 개발하는 것을 목표로 한다. 이러한 목표를 달성하기 위해서는 개발 전략 및 추진 전략을 수립할 필요가 있다.

먼저 개발 전략 측면에서 살펴보면 다음과 같은 중요한 4 요소를 고려해야 한다.

- 신호제어를 위한 수집정보의 종류
- 교통정보 검지체계

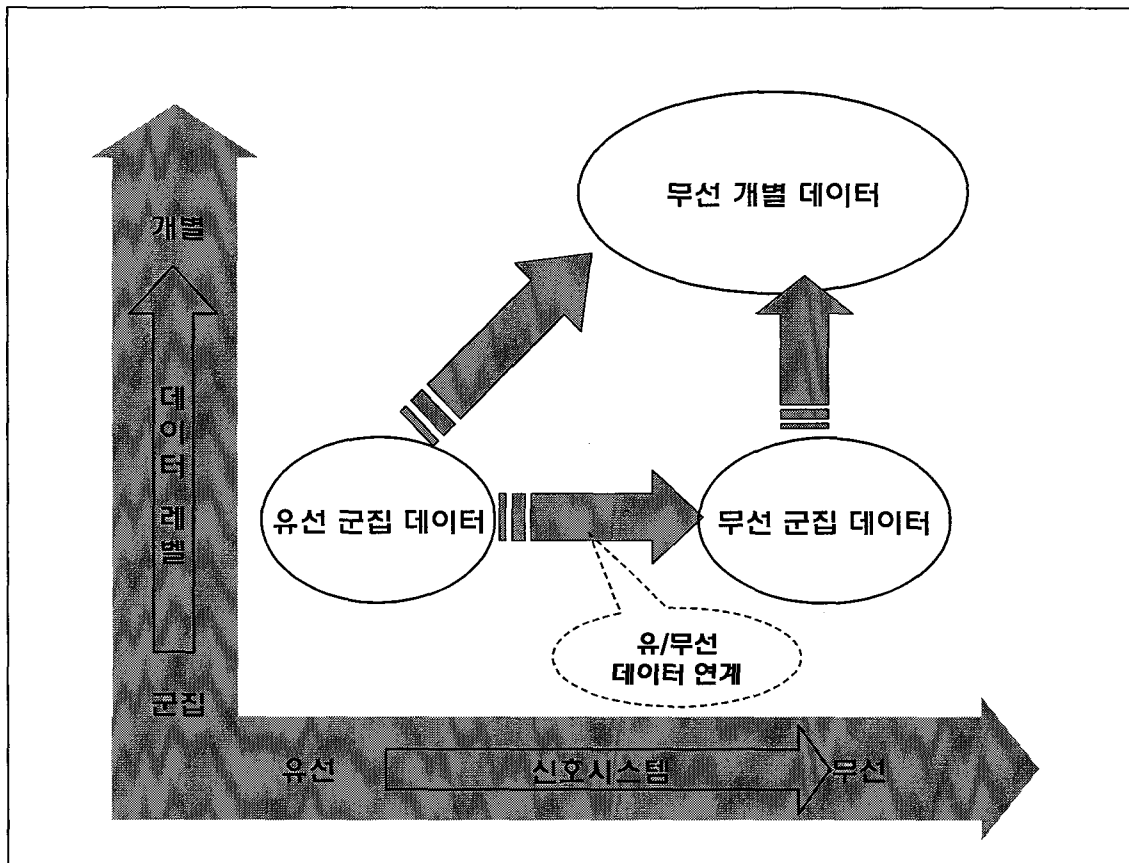
- 신호제어의 알고리즘 및 전략
- 신호제어기의 H/W, S/W 및 통신체계 등 시스템 기능

기존의 신호시스템과 차세대 신호시스템의 차별성 측면에서 살펴보면 첫째 신호제어를 위한 교통정보의 disaggregation 수준과 둘째 정보 수집 및 처리 시스템의 유선에서 무선으로의 전환 수준을 기준으로, 위에서 언급한 개발 전략 4개 요소를 개발 단계의 영역으로 나누어 검토할 필요가 있다.

(1) 수집교통정보 종류

<그림 3- 8>처럼 유선기반 신호제어 시스템에서 무선기반 신호제어 시스템으로 전환할 때 수집교통정보는 크게 4개의 영역으로 구분될 수 있다. 먼저 기존의 시스템의 경우는 영역 1(유선&군집 영역)에 해당하며, 최종 목표 시스템은 영역 4(무선&개별 영역)이다. 향후 시스템의 전환은 점진적으로 이루어 질 것으로 판단되며, 결국 현 영역 1에서 영역 2(무선&군집 영역)로 전환된 후, 신호제어에 개별차량정보를 이용하는 영역 4로 전환될 전망이다. 시스템 전환의 속도는 텔레메틱스, DSRC 등의 차량 및 무선통신 기술의 개발 속도에 따라 정해지게 된다.

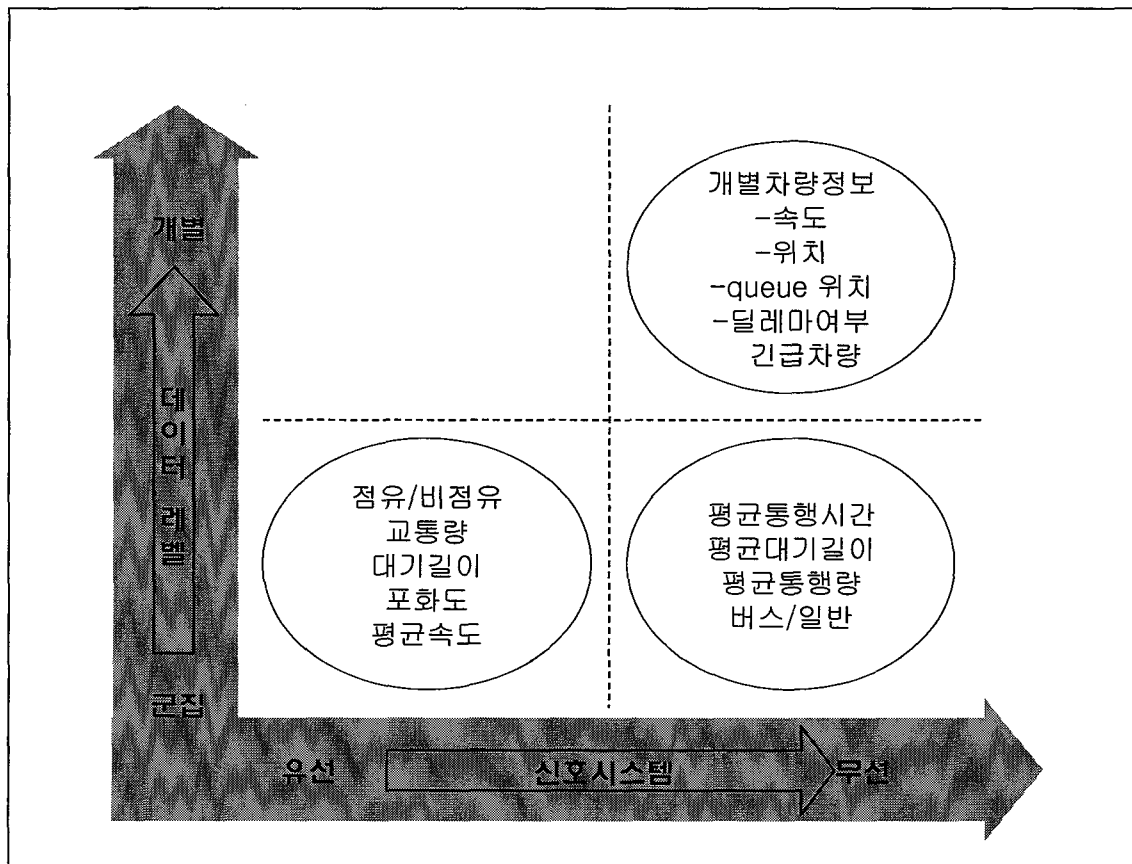
지역제어기에서 얻어지는 검지자료는 보통 20-30초 단위로 가공되어 처리되지만, 개별 차량의 정보는 실시간으로 처리될 수 있다. 무선기반 교통정보의 정보 처리 시간, 자료수집 간격 및 수집 데이터 종류 등에 대한 연구는 신호제어전략 뿐만 아니라 시스템의 H/W, S/W, 통신체계와의 인터페이스를 개발하는 데 필수적인 요소이다.



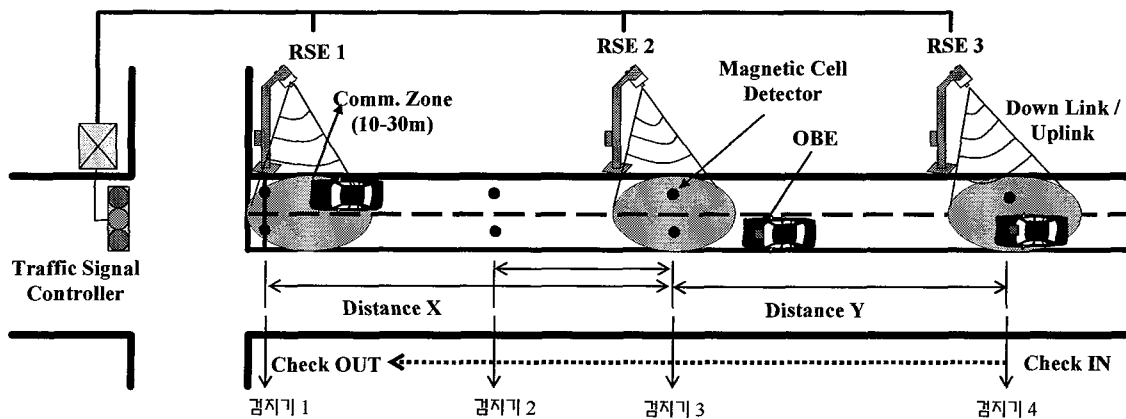
<그림 3- 8> 유/무선 데이터의 개발 방향 개념도

(2) 교통정보 검지체계

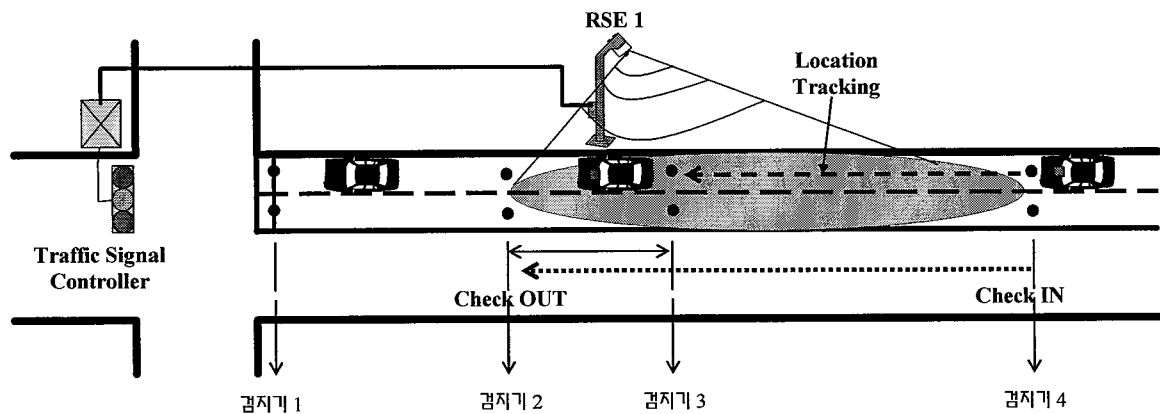
지금까지 교통정보 검지체계에 대한 많은 연구는 매설식 검지기에 국한되어 왔지만, 향후에는 차량의 속도, 위치, 가속속 등의 정보가 UWB, DSRC, IR, RFID등을 활용한 노변장치를 통해 수집 될 뿐만 아니라 비매설식 검지기를 통해서도 수집되는 등 검지체계에 많은 발전이 예상된다. 이러한 검지체계를 통해 얻어지는 교통정보는 <그림 3- 9>와 같으며, 향후의 예상되는 검지 체계는 <그림 3-10>과 <그림 3-11>과 같다.



<그림 3- 9> 신호제어 가능 데이터



<그림 3-10> IR-DSRC 무선센서 설치 개념도



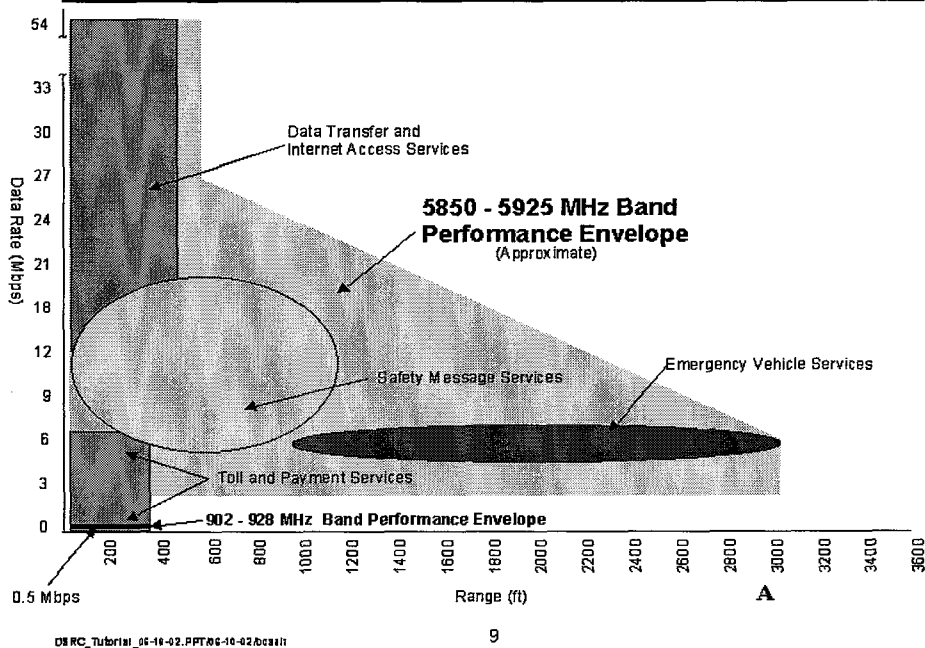
<그림 3-11> RF-DSRC 무선센서 설치 개념도

<표 3-3>은 UWB, DSRC, IR, RFID 등의 무선센서 특성을 나타내며, <그림 3-12>는 DSRC의 검지영역별 사용 영역을 나타낸다. 현재 무선센서를 이용한 차량의 검지는 약 100m 이내에서 가능하지만 기술의 발달은 차량의 검지 영역을 보다 넓게 확장할 수 있으리라 판단된다.

<표 3- 3> 무선 통신센서 특성 비교

구 분	UWB	DSRC	RFID	IR
통신반경	수십 미터 이내	100m 이하	0 - 27m	6 - 100m
위치확인 및 추적	우수	우수	보통	우수
데이터 전송속도	1 - 100Mbps	1Mbps (향후 10Mbps)	-	2Mbps (향후 100Mbps)
간섭	없음	대형차량, 난반사	없음	없음 (Incoherent 영향)
인식률	우수	우수	우수	우수
서비스 제공분야	교통관제, 충돌감지 등 ITS분야	ETC 등 ITS 다양한 분야	차량추적, ETC, 주차관리	ITS 분야서비스, CALM-IR 확장

DSRC PERFORMANCE ENVELOPES



<그림 3-12> DSRC의 검지영역별 사용 영역

이러한 검지방법의 새로운 등장으로 인하여, 기존의 유선기반 매설식 검지기 체계에 의존해 왔던 차량의 검지체계가 더욱 다양해지고 비매설식 혹은 이동식 검지체계로의 전환이 이루어질 전망이다. 본 연구에서는 1단계에서 현장 제어기의 무선모듈을 개발하여 유선에서 무선으로 시스템이 전환될 때 고려해야 할 데이터 전송 속도, 데이터의 신뢰성, 유무선 데이터의 융합 및 신호제어에의 응용 처리, 노변의 진동 및 기상조건의 악조건등으로 발생할 수 있는 통신장애 예방처리 등의 연구가 심도있게 진행되어야 한다. 2단계에서는 개별 차량의 정보를 수집하기 위한 지리적 특성, 교통 특성을 반영한 교통정보 검지체계를 구축하여 현장에서 평가하는 연구가 수행되어야 한다.

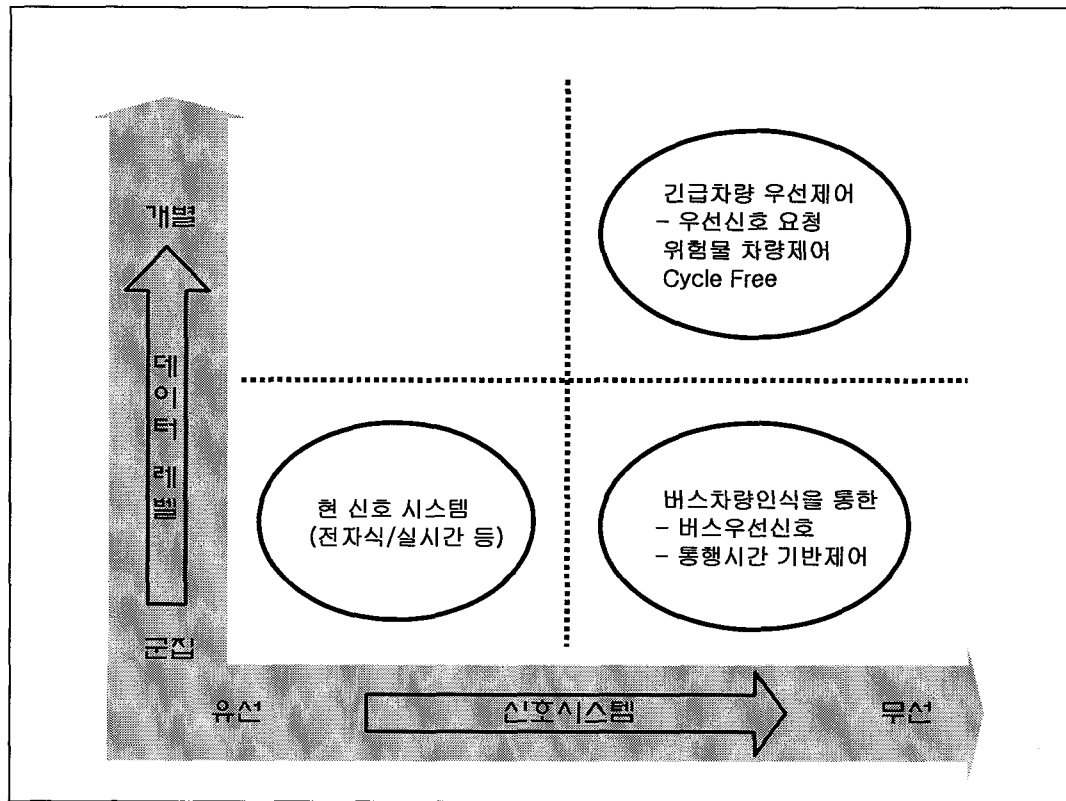
(3) 신호제어의 알고리즘 및 전략

국내외 신호제어시스템의 제어방식은 미리 입력된 신호시간 정보에 의해 운영되던 정주기식 제어에서, 현장의 교통상황에 따라 신호시간이 자동으로 조절되는 실시간 교통류 대응 제어로 발전되어왔다. 그리고 점유율, 포화도, 대기차량 길이, 교통량 등 군집 교통정보가 주요 신호제어의 운영 자료로 이용되고 있다. 기

존의 신호제어 전략 및 알고리즘의 개발이 우선 신호시스템의 고정된 검지기 체계의 지리적 한계성 때문에 제약을 받아왔다. 무선통신 기술을 활용한 검지시스템은 이러한 지리적 한계성을 벗어나게 할뿐만 아니라 개별차량의 정보를 제공하기 때문에 새로운 신호제어 전략과 알고리즘이 필요하게 된다.

<그림 3-13>은 무선 신호시스템과 개별차량 정보가 활성화되는 과정에서 적용 가능한 신호제어 알고리즘 및 전략을 잘 보여주고 있다. 기존의 신호주기 및 녹색시간 분할 등의 변수결정에 필요했던 연산처리 과정에서부터 궁극적인 신호제어 목표에 이르기까지 많은 변화가 예상된다. 기존의 유출교통량의 극대화, 대기행렬 길이의 극소화 등의 제어에서 개별차량인식정보 기술을 활용한 응급차량 우선 제어, 교차로내의 통행시간 최소화 제어 등으로 제어 목표를 확대할 뿐만 아니라, 고정식 주기에 의한 제어에서 cycle-free 제어 등으로 전환 가능하다. 신호제어 알고리즘 및 전략을 개발할 때 다음과 같은 요소를 고려해야 한다.

- 신호제어 방향
- 신호제어 변수
- 신호 현시체계 및 신호시간
- 신호제어 목표
- 신호제어 단위
- 우선 신호 부여 여부 등



<그림 3-13> 제어범위 구성도

(4) 신호제어기의 H/W, S/W 및 통신체계 등 시스템 기능

유선과 무선의 데이터가 수집 및 가공 처리될 뿐만 아니라 교통정보로 재제공됨에 따라 신호제어기에서의 정보처리 기능이 더욱 복잡해지고 다양해질 전망이다. 그러므로, 신호제어기의 데이터 처리 구조는 확장성과 유연성을 확보하는 방향으로 개발되어야 하며, 특히 데이터를 시스템내의 제어목적, 자료수집 단위, 검지시스템의 형태, 데이터의 용도 등에 따라 계층적으로 분할하여 데이터의 가공 및 제공을 효과적으로 할 수 있도록 설계되어야 한다. H/W와 S/W는 향후 확장성을 고려하여 모듈식으로 개발되어야 한다. 즉, 이용자 인터페이스, 통신, 내부 네트워크, 컴퓨터, 모뎀 등이 상호 호환될 수 있도록 개발되어야 한다. 또한 신호제어기 기능의 역할이 신호제어 뿐만 아니라 다른 시스템과의 정보 제공으로 확대될 전망이므로 시스템간 통신체계를 유연성 있게 개발하여야 한다.

○ 개발 추진 전략

- 전략 1. 현 유선기반 검지시스템의 데이터 송수신을 무선화 하도록 하고 개발은 모듈화하여 추진한다.
- 전략 2. 유선에서 무선으로 전환할 때 현장제어기의 데이터 융합 및 가공 처리를 위한 차량-지역제어기, 지역제어기-지역제어기간의 시스템 기능을 제시하고 지역제어기에서 각 시스템간 데이터를 처리할 수 있는 API를 개발한다.
- 전략 3. 무선시스템을 도입할 때는 DSRC 등의 무선통신 기술을 이용한 교차로 충돌 예방시스템 개발 등 신호교차로 내에서의 안전성을 향상시키는 연구개발을 병행하여 차세대 무선신호 시스템의 개발의 효과를 높인다.
- 전략 4. 개별차량 감응식 신호제어 전략은 먼저 응급차량 및 버스 등 대중교통 차량에 우선신호를 제공할 수 있도록 추진한다.
- 전략 5. 데이터를 송수신할 수 있는 차내장치가 갖추어진 차량의 비율을 고려한, 신호제어 전략을 수립하여 궁극적으로 군집 및 개별 차량의 정보를 활용한 신호제어시스템을 구축한다.

라. 무선통신 신호제어시스템 기능 요구사항

(1) 제어기 기능

제어기는 무선기반의 신호 제어기능 뿐만 아니라 기존의 유선기반 제어기능을 갖추어야 하며 기본적으로 제어기가 갖추어야 할 기능은 다음과 같다.

- 독립교차로 제어, 간선도로 연동제어, 중앙제어장치에 의한 원격제어
- 각각의 접근로상의 교통정보에 따라 신호시간이 변화하는 감응제어모드
- 조사된 교통량 자료에 의해 설정된 신호시간 자료로 운영되는 시간대제어 모드
- 수동동작에 의해 운영되는 수동제어모드
- 중앙제어장치에서 내려지는 명령에 따라 운영되는 원격제어모드
- DB 오류가 있는 경우 기본 신호시간으로 운영되는 정주기제어모드

- 정주기 DB 오류시 ROM에 저장된 자료에 따라 정주기로 신호 운영할 수 있는 기능
- 현장에서 Man machine interface (MMI)에 의해 데이터를 입출력하는 기능
- 노트북으로 데이터를 입출력하는 기능
- 중앙장치와의 신호제어 및 자료의 송수신 기능
- 신호운영에 관련된 중요 데이터를 backup 하는 기능

무선통신에 의한 차량 검지시스템 및 무선 교통자료를 기초로 신호를 운영할 수 있고, 관련 기술 개발 속도에 따라 업데이트될 수 있는 기능을 갖추어야 하며 그 기능은 다음과 같다.

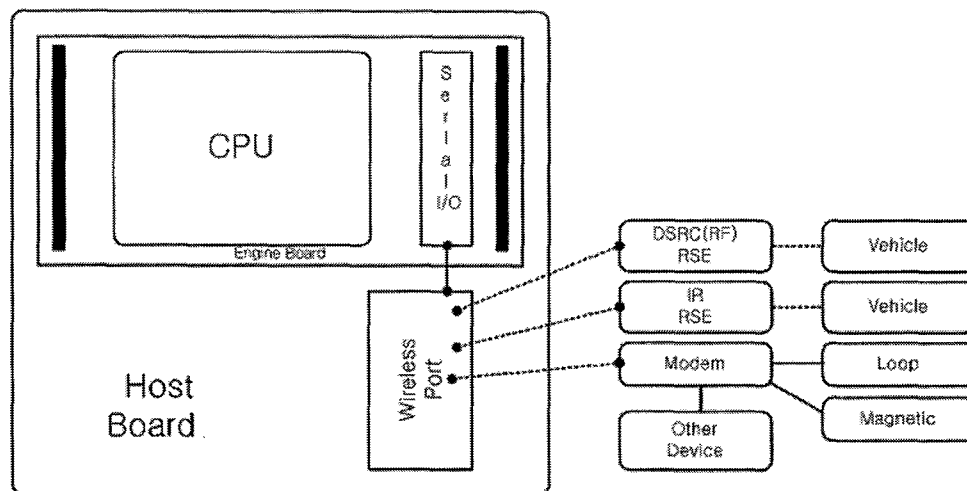
- 특정한 제품이나 장치에 국한되지 않고 통합할 수 있는 모듈화 기능
- Application programming interface(API)를 통한 H/W, S/W 통합 기능 (Operating 기능, Control 기능)
- 유·무선 데이터 등과의 네트워크 통신 인터페이스 기능
- 각종 검지기 체계의 시스템과 통합할 수 있는 기능
- 유무선 데이터를 송수신 및 유무선 데이터 융합 기능
- 실시간으로 동시에 다목적으로 사용할 수 있는 multi-tasking 기능
- 유선시스템과 무선시스템의 독립적으로 운영 기능 및 상호 보완 기능
- 외부환경(교통혼잡, 전파장애, 진동, 도로 시설물 등)에 최소한의 영향을 받고 송수신 장애를 최소화하는 기능
- CPU, serial communication, 드라이버, 메모리칩 등의 호환성

(가) API

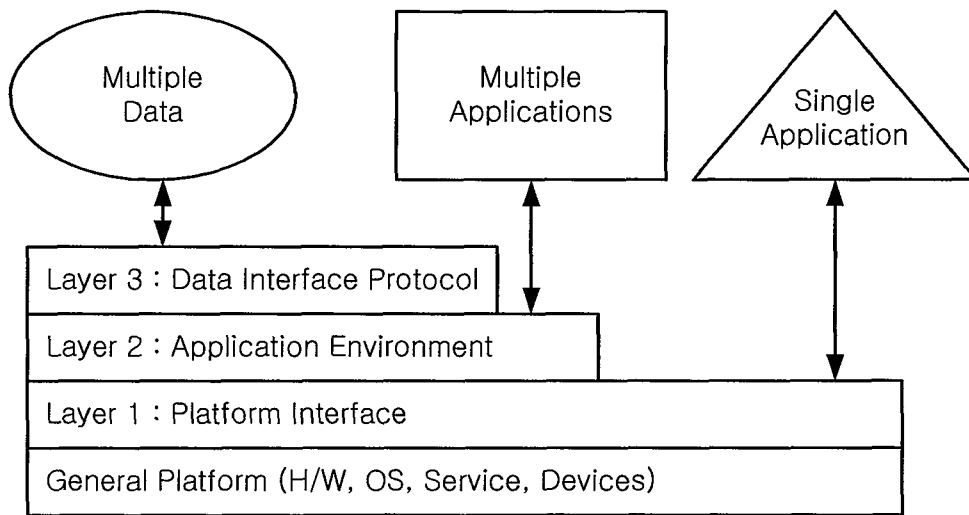
제어기는 독자적인 소프트웨어 프로그램으로 운영되는 오픈 아키텍처 하드웨어 기준으로 설계되며, Application, Applications programming interface(API), Operating System(OS)등 세 가지 소프트웨어로 구성되며 이를 통해 실시간으

로 동시에 다목적으로 사용할 수 있도록 Multi-tasking 이 가능해 진다. 특히, API는 시스템의 핵심부분으로 Application program, operating system, CPU /hardware의 인터페이스를 구성하는것으로 API 표준은 “C” function과 header 정보로 정의되는 소스코드 수준의 인터페이스이며 API 표준을 따르는 API Library를 통해 H/W와 실시간 운영체제가 인터페이스를 이루며 각각의 application을 위해 API와 컴파일하고 연결하게 된다.

- Application 프로그램, operating system, CPU, H/W 연결
- 다양한 CPU, operating system하에서도 작동
- 상위 레벨의 “C”프로그램 계열로 프로그램
- API library 구성
- 다양한 데이터 형식의 데이터 인터페이스



<그림 3-14> 개발 제어기 아키텍처



<그림 3-15> 개발 API 아키텍처

(2) 시스템간 기능

(가) 무선통신기반 차량검지시스템

① 차량과 노변장치간의 무선통신 검지체계

차량과 노변장치 간의 무선통신 검지 방식으로 RF DSRC와 IR DSRC 등의 통신 방식을 이용하여, 도로변 노변 장치와 차량의 탑재 장치 사이에 양방향 고속 송수신이 가능해야 하고 교차로의 각 접근로상의 개별 차선을 검지할 수 있어야 하며 개별 차선에서의 정보 수집 및 전송이 가능해야 한다.

노변장치에서는 차량의 존재, 차량의 통과, 동작 정지 등의 출력 모드(mode)가 가능해야 하며, 차선별로 개별 차량의 차종, 속도, 가속감속 정보 등을 수집하는 기능이 있어야 한다. 또한 검지 영역을 통과한 교통량, 검지 구간 속도 등을 수집, 차량검지 속도는 0km/h에서 160 km/h 이상까지 검지하고 노변장치는 지역제어기까지 최대 250m 까지 무선통신이 가능해야 한다.

차량의 정보수집 단위는 노변장치 및 지역 제어기에서 결정하며 실시간 차량 개별 데이터를 수집하여 오정보를 제거, 일정시간 단위로 저장 및 전송하는 기능을 가진다. 또한 교차로 접근로별 차선별 위치판단 정보제공 기능을 가진다.

② 노변장치와 지역제어기간의 무선데이터 전송체계

노변장치에서 수집된 정보를 지역제어기에 전송하여, 신호제어 및 운영을 하기 위한 체계로써 다양한 검지데이터의 처리기능과 이를 바탕으로 한 신호처리 기능이 필요하다.

그 기능으로는 노변장치에서 수집된 정보를 신호제어에 사용할 수 있도록 신뢰성 있게 전송하는 기능과 다양한 차량검지기 자료를 통합 제어 및 운영하는 기능이 필요하며, 노변장치에서 수집된 자료는 신호제어운영에 이용될 수 있도록 기본적으로 3초단위로 가공하고, 무선으로 송신하는 기능을 가져야 한다.

DSRC(RF, IR) 노변장치와 Modem으로 이루지는 무선통신의 정보 가공, 처리, 및 저장을 위한 시간 단위를 결정은 지역제어기에서 결정하며, 지역제어기에서 각각의 다른 장치에서 수집된 정보를 개별적으로 처리하는 기능을 가진다. 또한 지역제어기에서 다양한 종류의 데이터를 일정 단위시간당 가공 또는 처리가 가능해야 하며, 모듈별로 연결된 외부기기와 통신 기능과 데이터의 신뢰성을 높이기 위한 오정보 판단 및 데이터 융합 기능 및 자료 수집 단위 설정 및 변경 기능을 가져야 한다.

③ 기존 매설식 검지기와 지역제어기간의 무선통신 데이터 전송체계

교차로 내의 각 접근로 상에 설치되는 매설식 검지기는 각 차선별로 교통량, 점유시간, 비점유시간, 속도, 차량의 길이, 차종 구분 등의 자료를 지역제어기에 실시간 송신할 수 있어야 한다. 매설식 검지기와 지역제어기간 무선통신은 RF 모뎀을 사용하며, 지역제어기는 신호제어에 필요한 기본 자료인 차선별 교통량, 점유시간/비점유시간 등의 실시간 자료를 수집, 저장 및 일정 시간 단위로 처리할 수 있어야 한다. 지역제어기에서는 차선별로 1개의 검지기를 사용할 때인 경우 교통량, 점유/비점유시간, 평균 속도를 수집하며, 차선별로 2개의 검지기를 사용할 때는 검지기별/차선별 교통량, 검지기별 점유시간, 주기별 평균속도, 주기별 평균 차량길이 등의 데이터 수집이 가능해야 한다.

- 검지기별 차량의 존재, 차량의 통과, 동작 정지 등의 출력 모드(mode) 기능
- 차량검지 속도는 0km/h에서 160 km/h 이상까지 검지 하는 기능
- 매설식 검지기에서 지역제어기까지 최대 250m 까지 무선통신
- 차량의 정보수집 단위는 지역 제어기에서 선택

(나) 무선통신기반 신호제어시스템 네트워크

① 지역제어기 간 무선통신 데이터 송수신체계

지역제어기간 필요한 정보를 주고받을 수 있는 통신 장치로서 지역 장치간 통신을 위한 모뎀 부분과 차량검지기의 데이터를 수집 및 처리하는 부분, 기타 입출력 신호 부분이 필요하다. 통신 장치는 통신의 신뢰도를 높이기 위해 H/W의 데이터 오류를 검출하는 기능, 통신 상태를 육안으로 확인할 수 있는 표시 장치 기능이 필요하다. 필요한 기능을 정리하면 다음과 같다.

- 신호제어 정보(제어모드, 진행 현시상태, 현시별 및 검지기별 포화도 정보, 대기정보 등)를 지역제어기간 무선통신으로 event 발생 또는 실시간으로 전달하는 기능
- 실행되는 신호시간 정보(주기, 옵션, 녹색시간, 현시 순서 등)와 차로 및 필요교통 정보 등을 신호교차로의 신호주기 보다 짧은 일정 단위 및 event 발생시 안정적으로 제공하는 기능
- 제어기간 제공되는 정보를 데이터 표준 형식으로 송수신 되고 일정 기간동안 저장하는 기능
- 각 제어기는 현 R/C의 기능을 수행할 수 있어야 하며, 제어기간 통신 부분은 제어기의 독립적 기능으로 모듈화 되어 운영되어야 함
- 유무선을 통해 전달된 해당 교차로의 신호정보 자료(신호 주기, 옵션, 녹색시간, 적색시간 등)를 차량 내 장치에 송신하는 기능
- 인접 지역 제어기의 상태를 확인하고 비상시에 대처 할 수 있도록 하는 제어기의 운영 상태 전달 메시지 기능

② 지역제어기와 중앙제어기 간 무선통신 데이터 송수신체계

전체 지역을 관리하는 컴퓨터와 신호제어 지역과의 필요한 정보를 송수신 할 수 있는 장치로 구성되고, 제어지역에 대한 시스템 운영 및 관리, 자료 수집 및 보관, 분석 기능, 신호제어 전략 등을 지역제어기에 명령하는 기능이 있어야 한다. 필요한 기능을 정리하면 다음과 같다.

- 중앙 제어기는 개별 교차로의 신호제어 상황, 진행 방향별 평균 속도, 혼잡

도, 교통량, 현시진행정보, 검지기 상태 정보 등을 전송 받아 저장 관리하는 기능

- 중앙제어기는 개별교차로의 신호 구동과 관련된 제어모드, 현장제어기능 관련 자료, DB 관련 자료를 지역제어기에 변경 및 명령하는 기능
- 지역 제어기는 개별 교차로의 진행 방향별 평균 속도, 혼잡도, 교통량, 현시 진행정보, 검지기 및 지역제어기 작동상태정보, 지역제어기의 현시진행 상태정보 등을 매 현시의 시각 시점에 중앙제어기로 전송하는 기능
- 필요 정보를 무선통신으로 event 발생 시, 혹은 실시간으로 통신하는 기능
- 데이터 표준 형식으로 송수신 된 정보를 저장, 분석, 처리 및 명령을 수행하는 기능
- 지역 제어기의 상태를 확인하고 비상시에 대처 할 수 있도록 하는 제어기의 운영 상태 전달 메시지 기능

③ 지역제어기와 정보제공시스템 연계체계

지역제어기에서 지역제어기로의 정보 제공뿐만 아니라, 개별 차량 차내 장치, 교통정보센터 등에 교통정보를 제공 및 공유하는 기능을 한다. 세부적인 필요 기능은 다음과 같다.

- 신호교차로 내의 교통정보(링크 속도, 교통량, 대기 차량, 통행시간 등), 신호 정보(신호 주기, 녹색시간, 옵션, 현시정보 등), 교차로 상태정보(혼잡도, 교통사고 유무, 공사 구간 등)를 교통정보 센터와 송수신하여, 정보를 수집 및 제공하며, 개별 차량에도 운행에 필요한 정보를 제공하는 기능
- 긴급차량 및 버스 등 대중교통 시스템에 정보 제공
- 개별차량 정보의 선택적 수집 및 가공 기능
- 차량 및 교통정보센터와의 실시간 데이터 송수신 기능
- 오정보 판단 기능
- 응급차량 및 특정차량의 긴급차량 판별 기능
- 동시에 다양한 종류의 데이터 처리 및 서비스 용도에 맞는 데이터 선별 등

을 수행 할 수 있는 multi-tasking 기능

각 통신기능 부분을 요약해 보면 다음과 같다.

- 짧은 수집주기로 혹은 실시간으로 신뢰성 높은 데이터가 전송되어야 하며, 무선통신 장애 발생 시에 유선 통신이 이를 보완할 수 있는 기능
- 데이터 수집 주기 선정에 따라 데이터 융합, 필요 데이터의 저장 및 전송
- 통신 장애 발생 시 상황 메시지를 바로 지역제어기에 보내는 기능
- 교통혼잡 시 데이터 전송용량을 충분히 확보
- 전송처리 상태의 모니터링
- 데이터의 송수신 간격 설정

제2절 WISDOM 체계 종합

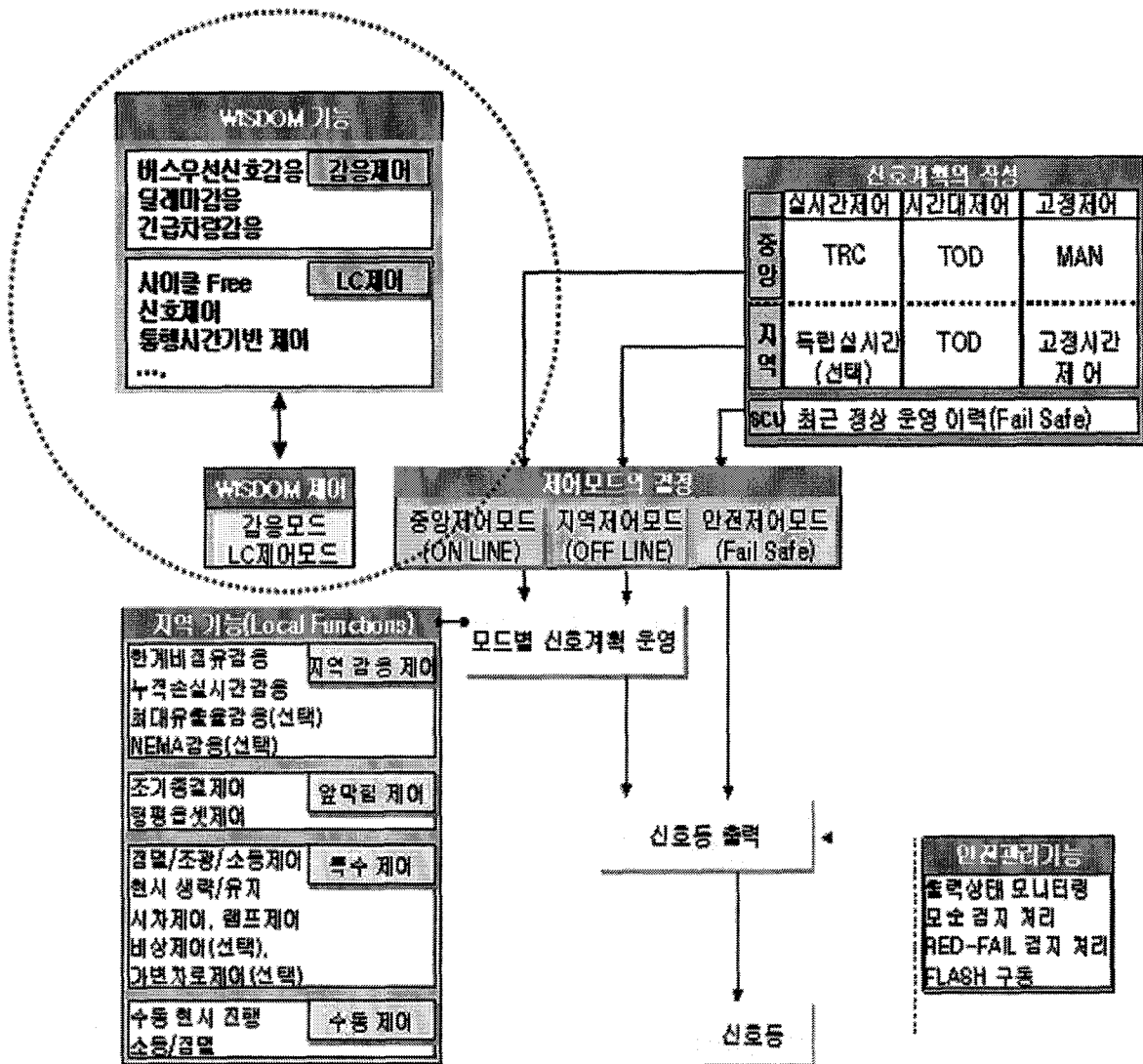
1. WISDOM 신호제어시스템 및 알고리즘 구현 체계

WISDOM에 탑재되는 신호제어 알고리즘은 <표 3-4>와 같이 총 7개이며, 이들은 자료처리 특성에 따라 사건기반(event based)과 시간기반(time based) 신호제어로 구분된다. 이러한 신호제어 알고리즘들은 신호제어 용도에 따라 검지기로 수집되는 필요 데이터의 종류와 검지위치에 따른 특성을 요구한다. WISDOM에 탑재되는 각 7개 신호제어 알고리즘은 <표 3-4>와 같으며, 1단계 연구개발에서는 딜레마 감응제어, 긴급차량우선제어, 버스우선제어, Cycle Free 알고리즘을 적용하여 신호제어시스템을 개발한다.

<표 3-4> WISDOM 신호제어알고리즘 구분

자료처리	신호시간 설계시간 구분	적용 알고리즘
사건기반	현재주기에서의 녹색시간 변동	딜레마 감응제어
		긴급차량우선제어
		버스우선제어
		교통적응신호제어 (독립교차로)
주기기반	차기주기에서의 녹색시간 변동	교통적응신호제어 (연동군교차로)
		Cycle Free
		통행시간기반제어

WISDOM 신호제어시스템은 표준안 제어기의 토대위에 구성되어 있으므로 기본적으로 표준안 제어기에서 수행하는 신호제어 알고리즘을 토대로 구성되어 있다. 표준안 신호제어기에서 수행되는 신호제어는 아래 그림과 같다.



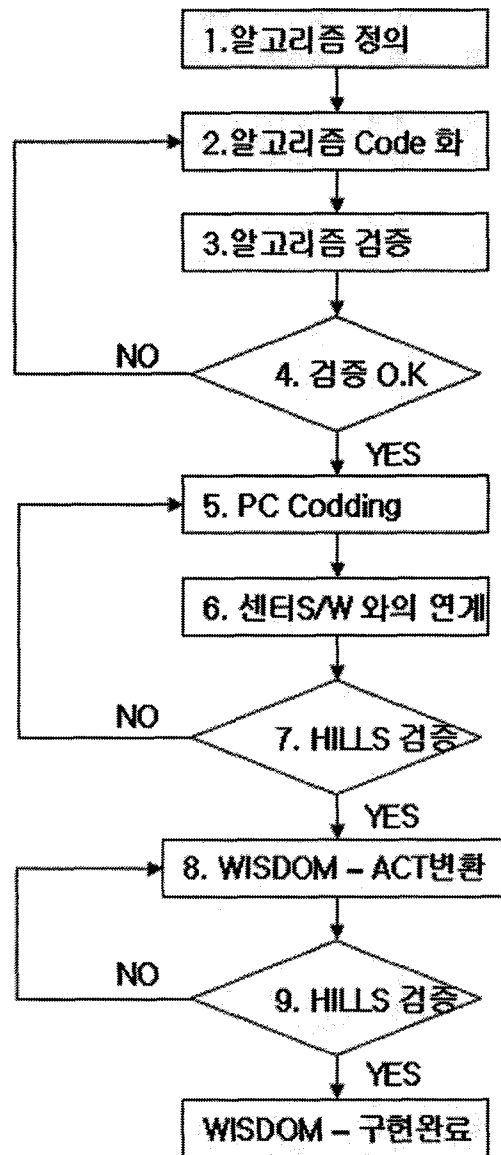
<그림 3-16> 표준안제어기 제어모드별 구분

가. 제어알고리즘 구현방안

WISDOM 신호제어시스템에 적용되는 제어알고리즘은 다음의 과정을 통하여 WISDOM 신호제어기 상으로 구현, 적용된다.

- ① 교통학적인 분석과 요구사항을 토대로 WISDOM 신호제어기의 검지정보와 정보특성을 고려하여 전문 알고리즘 개발팀에 의하여 정의되어 진다.
- ② 정의된 알고리즘은 자체 전용 검증 Tool 내의 프로그램으로 변환한다.
- ③ 정의된 제어 알고리즘은 각기 알고리즘 신뢰성을 Check 하기위하여 전용 검증 Tool(Netsim, Visim 등)에 의하여 다양한 사례분석을 적용하여 검증된다.
- ④ 제어알고리즘의 결과는 요구되는 효과척도 목표를 달성하기 위하여 수정, 보완 되며 점차적으로 신뢰성 및 안정적인 알고리즘으로 보완된다.
- ⑤ 검증된 알고리즘은 우선 PC상의 프로그램으로 구현된다.
- ⑥ PC상에 구현된 알고리즘은 PC상의 센터프로그램에 의하여 수집된 검지정보를 토대로 신호제어 변수(Split, Offset, Force Off 등) 를 생성할 수 있도록 보완, 수정된다.
- ⑦ PC상에 구현된 알고리즘에 의한 신호제어 값을 실제 신호제어기를 대상으로 제어하고 이 결과를 HILLS 시스템과 연동하여 알고리즘 효과를 분석한다.
- ⑧ HILLS 장치로 검증된 알고리즘은 WISDOM HOST 내의 ACT Process로 Coding 하고 실제 HOST 내의 기능 Process로 변환한다.
- ⑨ HOST에 탑재된 알고리즘은 재차 HILLS 시험을 통하여 효과를 분석하고 신뢰성 있고 안정적인 알고리즘이 될 수 있도록 보완 시험한다.

알고리즘 구현단계를 도식화 하면 다음과 같다.



<그림 3-17> 신호제어 알고리즘 구현 단계의 흐름도

나. WISDOM 시스템 하드웨어 체계

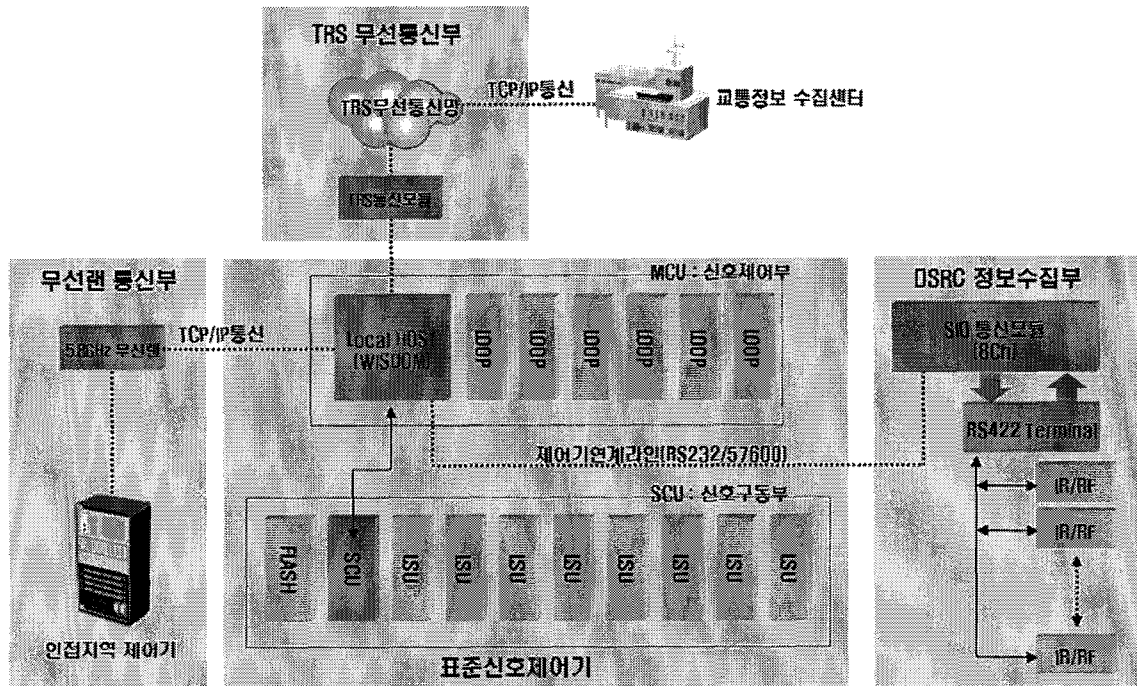
WISDOM 신호제어시스템은 기존의 표준화 신호제어기 기반위에 IR, RF DSRC 등의 최신의 무선통신 시스템을 적용하여 차량내 장착된 프로브 단말기와 무선통신에 의한 개별차량 ID 기반의 차량검지기술과 그에 따른 신호제어 알고리즘을 개발하여 적용한 차세대 신호제어시스템이다. WISDOM 신호제어기는 기존의 경찰청 표준화 신호제어기의 구조위에 차량검지를 위한 DSRC 무선통신 정

보처리를 위한 정보수집부와 센터와의 연계를 위한 TRS 무선통신부로 구성되어 있다.

- WISDOM 신호제어부는 표준 신호제어기 기반위에 무선통신부로부터 수집되는 개별차량정보들을 실시간으로 처리, 가공하여 신호제어 알고리즘에 적용하는 Local HOST 모듈로 구성되며 신호구동부는 표준화 제어기와 동일하게 구성되어있다.
- DSRC 정보수집부는 교차로내 설치된 DSRC RSE(노변기지국)장치와의 다수통신을 위한 SIO 통신모듈과 RS422 Conveter 모듈로 구성되어 있으며 최대 8개의 RSE 장치와 연동이 가능하도록 구성되어있다. SIO 통신모듈은 교차로 대상 검지기 그룹을 구성시 각 검지기 그룹과 통신을 담당하여 검지정보를 추출하는 모듈로 통신라인의 이격거리를(최대 500여 m) 고려하여 RS422/57600bps, 8 Channel로 구성된다.
- TRS 무선통신부는 WISDOM 신호제어기와 상위 수집 센터간 통신연계를 위하여 TRS 무선통신망을 활용하여 무선으로 연계되며, TRS 특성상 고유 IP와 Network 통신방식으로 센터와 연계된다.
- 5.8GHz 무선랜 통신부는 WISDOM 신호제어기와 인접 제어기간 Local 무선연계를 위한 통신망으로 5.8Ghz 대역의 무선랜(802.11a)를 적용한 통신모듈이다. Local HOST와의 연결은 내장된 Network Port를 사용하여 연계되며 최대 10Mbps의 통신속도로 TCP/IP 기반 통신을 수행한다.

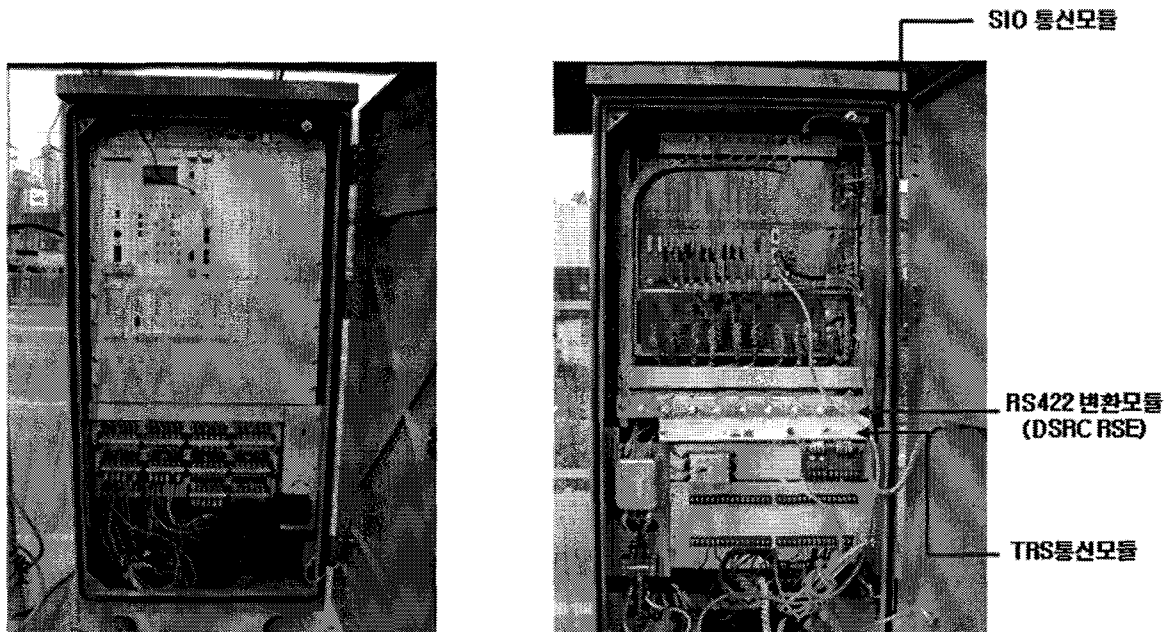
<표 3- 5> WISDOM 신호제어기 구성

구분	구성안	비고
신호제어부	표준신호제어기 신호제어부와 하드웨어 규격은 동일하나, CPU 모듈은 알고리즘 처리를 위하여 기존 CPU 모듈을 Upgrade하여 구성함.	CPU 모듈 신규적용 (Local HOST)
신호구동부	표준신호제어기 신호구동부와 동일함.	표준제어기 동일
DSRC 정보수집부	교차로내 RSE장치와의 통신연계를 위한 통신부	신규추가
무선랜 통신부	인접 교차로간 통신연계를 위한 무선랜 통신부	신규추가
TRS 통신부	수집센터와의 원격 통신연계를 위한 TRS 통신부	신규추가



<그림 3-18> WISDOM 신호제어기 구성도

- WISDOM 신호제어기는 기존 경찰청 표준 신호제어기 기반위에 과제에서 개발된 주요기능모듈을 제어기내 남은 공간을 최대한 활용하여 장착하였다.



<그림 3-19> WISDOM 신호제어기 설치 예

제3절 WISDOM 운영 및 제어방안

1. 무선통신 신호제어시스템 운영 및 제어방안

가. WISDOM(Wireless Interface Signal control systems for Dynamic and Optimal Management) 시스템 구성개발 및 개별요소 검토

차세대 무선통신 신호제어시스템은 아래의 개별 요소로 크게 구분된다.

- 신호교차로 접근로 교통상황을 감지하는 검지체계
- 신호교차로에서 신호등화를 제어하는 신호제어기
- 여러 신호제어기 및 검지체계를 광역수준에서 관리하는 중앙관리센터
- 이들 체계 간 및 체계 내 정보를 처리하는 통신체계

본 연구를 통하여 개발되는 차세대 무선통신 신호제어 시스템은 이들을 개별 요소를 모두 포함하며 해당 시스템을 WISDOM(Wireless Interface Signal control systems for Dynamic and Optimal Management)으로 명명한다. 이러한 WISDOM 개별 요소장비 내 및 요소장비들 간의 통신은 하나의 약속된 자료형태 및 형식으로 규정되어야 할 필요가 있다. 이때의 자료형태 규정을 위하여 다양한 수준에서의 Database (DB)가 설계되어야 하며 이러한 DB는 개별 장비 신호제어 기능에 따라 세부적으로 구분된다. 예를 들어 제어기와 센터간의 통신 프로토콜 및 제어기와 제어기간 통신 프로토콜, 또 검지기와 제어기간 프로토콜의 정립이 그러하다.

본 연구에서는 WISDOM 신호제어를 위하여 7개 수준의 신호제어알고리즘을 개발하고 있으며 이미 1, 2차 년도에 개별 요소기술에 대한 기초핵심장비를 개발하였다. 이들을 기초로 보다 체계적인 WISDOM 신호제어시스템 개발전략을 제시하였으며, 1단계 WISDOM DB를 설계하였다. 각 해당 연구결과를 아래 세부 단락에 정리·제시하였다.

(1) WISDOM H/W 시스템구성

교통신호제어시스템 제반 인프라 설계는 개별 신호제어기(지역제어기) 및 중앙 관제센터 담당 기능을 정의하는 논리적 설계를 기초로 출발한다. 이러한 신호제어기 및 센터의 논리적 시스템 설계는 이들을 지원하는 개별 요소장비 및 교통 환경 특성에 제약을 받는다.

WISDOM 교통신호제어시스템 구성을 설계하기 위하여 개별 요소장비 및 교통 환경 특성을 먼저 검토하였다. 해당 부문은 앞서 언급한 바와 같이 신호시스템 구축을 위한 제반 시설, 시스템 안정화 및 개발 방향에 큰 영향을 미친다. 다양한 시스템 구성 옵션을 점검하여 가장 현실적이며, 신뢰성이 우수한 시스템을 구축함이 목적이다.

연구 1단계에서는 현재까지 개발 제시된 시스템들을 살펴보았으며, 적합한 개별 구성요소들을 제시하였다. 향후 2단계 는 1단계에서 제시된 시스템을 기본으로 구성하되 발전된 기술을 반영할 수 있도록 그 가능성을 열어두기로 한다.

(가) 시스템 설계 교통 환경 정립

본 연구과제는 2단계 추진체계로 구성되어 있다. 각 단계별 연구개발의 목표로 설정된 신호제어시스템 적용대상 교통 환경을 검토하여 <표 3- 6>에 제시하였다. 1단계 연구에서는 무선통신 검지환경을 통하여 수집되는 개별차량 정보가 전체 교통량의 30% 수준인 상황을 대상으로 신호제어시스템을 개발한다. 2단계 연구에서는 무선통신 검지환경을 통하여 수집되는 개별차량 정보가 전체 교통량의 100% 수준인 상황을 대상으로 신호제어시스템을 개발한다.

<표 3- 6> 단계별 연구 대상 상황

구분	대상상황	설정상황	시스템 검지체계
1단계 (1,2,3차년도)	개별차량 단말기 장착 30% 수준	모든 개별차량 정보수집 불가	무선 지점검지기 이용 무선 DSRC 일부 이용 (버스, 긴급차량)
2단계 (4,5차년도)	개별차량 단말기 장착 100% 수준	모든 개별차량 정보수집 가능	무선 DSRC 이용

(나) 시스템 적용범위 및 적용방법

차세대 무선통신신호제어 시스템의 기능설계 범위를 결정하기 위하여 시스템의 적용범위를 설정하였다. WISDOM의 적용범위로 도심부 및 지방부 신호교차로를 설정하였으며 해당 지역 신호교차로에서 효율적인 신호운영이 가능하도록 시스템의 기능을 설계한다. 센터가 설치되지 않은 지방부 지역에 독립적으로 WISDOM 신호제어기가 설치되었을 경우에도 교통대응제어가 가능하도록 기능을 확보하며 이에 적합한 신호제어 알고리즘을 신호제어기 내부에 탑재하도록 한다. 이미 자가망 등 광 통신망이 구축된 지역에서는 해당 통신망을 이용하는 통신체계를 지원하고 그렇지 않은 지역에서는 무선통신망을 이용하는 통신체계를 지원하도록 시스템을 설계한다. 대상 적용지역, 신호운영옵션, 통신프로토콜을 통신환경에 따라 <표 3- 7>과 같이 구분하여 최종목표단계의 결과를 도출한다.

<표 3- 7> 지역 통신환경에 따른 WISDOM 운영전략

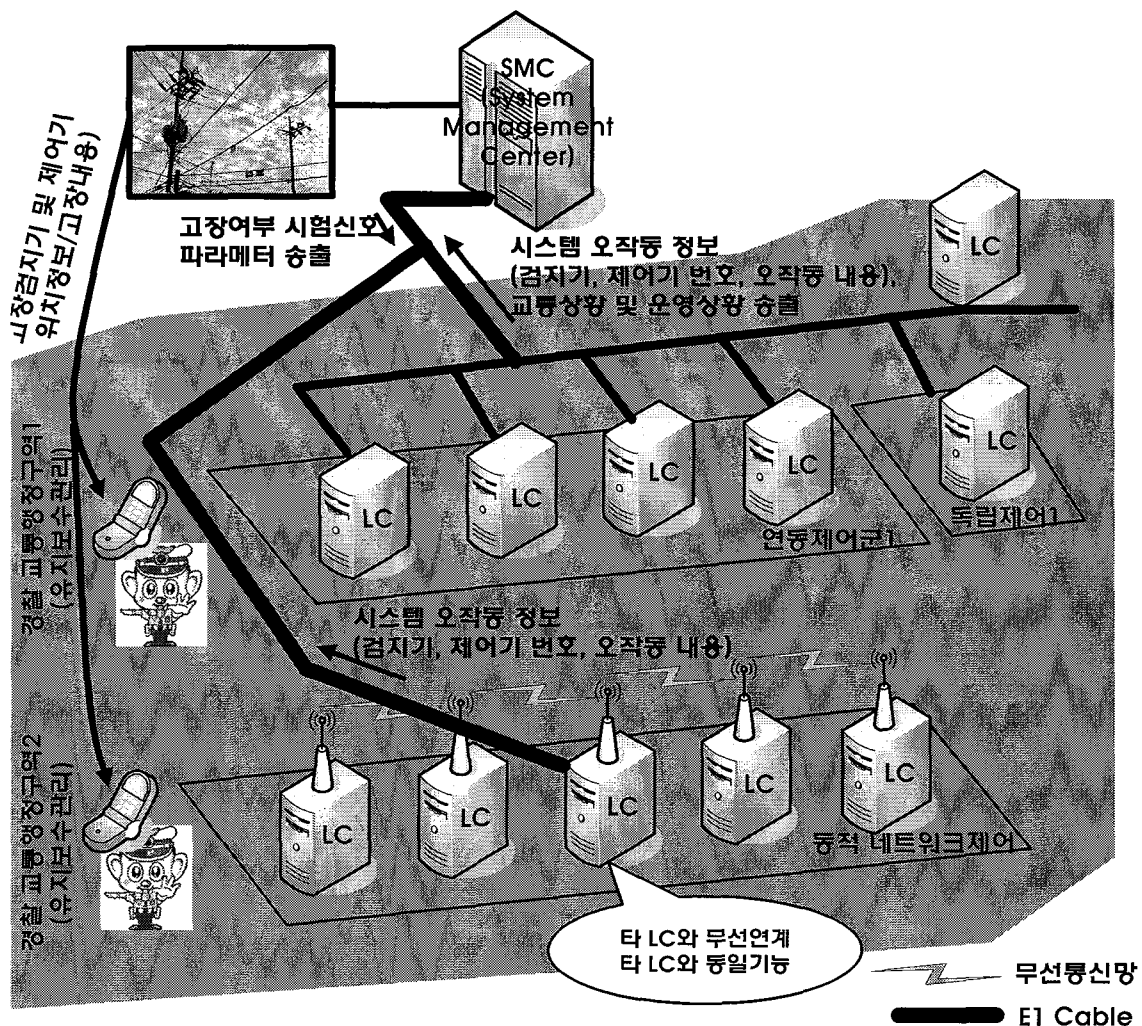
적용지역	구분	신호운영옵션	프로토콜
인프라가 갖추어지지 않은 지역	무선통신망	일부 WISDOM 신호제어 알고리즘 적용	무선통신용 프로토콜 이용
인프라가 갖추어진 지역	케이블 (E1)	모든 WISDOM 신호제어 알고리즘 적용	케이블용 프로토콜 이용

(다) WISDOM 시스템 통신망 및 운영개념 설계

신호제어기간의 통신, 검지기와 신호제어기와의 통신, 신호제어기 간의 통신, 신호제어기와 센터의 통신을 지원하는 통신망 설계를 검토하였다. 통신망은 장기적으로 WISDOM 신호시스템 전체의 운영 및 유지보수관리 비용에 많은 영향을 미치는 중요한 요소이다. 시스템 적합성과 경제성이 확보된 통신망 구축을 이루기 위하여 통신망 구성을 설계하였으며 그 결과는 <그림 3-20>과 <표 3- 8>과 같다.

경찰 교통행정구역별로 WISDOM 신호제어기들을 유선 연계하는 통신 Ring을

구축하고 해당 통신 Ring들을 하나로 묶어 센터로 연결하는데 이는 효율적인 경찰의 유지보수 관리업무를 지원하기 위함이다. 센터에서는 각 신호제어기의 고장유무를 파악하기 위하여 '고장여부 시험신호'를 송출하고 이에 각 신호제어기에서 반송하는 '응답신호'를 점검하여 신호제어기의 고장유무를 점검(monitoring)한다. 개별 신호제어기는 유선 또는 무선으로 서로 자료를 공유하며 이때 사용되는 기술로 IEEE 802.11 기술을 검토하며 광역 센터와 타 광역 센터 간 통신기술로 IEEE 802.16 기술을 검토한다.



<그림 3-20> 시스템 통신망 및 운영개념 구성도

<표 3- 8> 통신망 구성

구분		자료전송 방법	비고	고려사항
L/C간 송수신		Cable (E1)	Infra 구축된 곳	-
		무선데이터망	Infra 미구축된 곳	Plug&play 무선모듈
SMC와 L/C간 송수신	L/C간 유선연결	SMC -> Cable (E1) -> 단위 E1 Cable Ring -> L/C (단위 Cable Ring 내 L/C)	단위 L/C Cable Ring 별 하나의 Cable(E1) 로 SMC과 연결	-Cable을 주요 L/C와 직접연결하여 시스템 관리시 개별 L/C 고장유무 100%감지 불가 -송수신 채널수(Capacity)
	L/C간 무선데이터 망 연결	SMC -> Cable (E1) -> 단위 E1 Cable Ring -> L/C (무선데이터 망 내 L/C)	-	

(라) 신호제어기(L/C)로 연결되는 외부 통신자료

지역제어기에서 그 외부로 송수신하는 통신정보는 <표 3- 9>과 같이 크게 5종으로 분류된다. 각 종 별 통신정보 내용 자료저장 수준은 <표 3- 9>과 같다.

<표 3- 9> 통신자료 및 자료저장수준

구분	내 용	비 고	자료저장수준
1	SMC 와 L/C 간 시스템 연결	1. 시스템 유지/보수 2. L/C ROM 갱신 중앙처리	SMC L/C
2	L/C 간 인근교차로 신호상황 및 운영상황 정보공유 통신	광역제어를 위한 기초자료 확보	L/C
3	L/C 운영등급 설정	제어군 운영수준 L/C 간 기능분담 설정	L/C
4	RSE 와 L/C의 연결	수집자료 송수신	L/C
5	지점검지기와 L/C의 연결	수집자료 송수신	L/C

(마) 신호제어기(L/C) 내부 통신자료

지역제어기 내부에서 수집 및 가공하는 자료의 성격은 그 목적과 사용범위에 따라 (1) 장기적으로 보관할 필요가 있는 것과 (2) 반복적으로 수정 보완하여야 할 필요가 있는 것으로 구분된다. 반복적으로 수정 보완 하여야 할 용도의 자료를 장기적으로 오랜 기간동안 신호제어기 메모리공간에 보유하는 것은 비효율적이다. 이는 WISDOM 신호제어기 정보처리 용량에 큰 영향을 미치므로, 각 자료 별 사용 용도에 적합한 메모리 활용계획이 필요하다. <표 3-10>은 자료저장 ROM 또는 RAM 메모리를 구분하여 사용되는 정보를 대 분류로 구분하여 정리한 내용이다.

<표 3-10> 자료저장 메모리 및 용도

구분	메모리	용도	비고
1	VM 비휘발성	현시조합, 신호등화관련 기초 메모리	-
2	기존 ROM	-	-
3	기존 RAM	-	-
4	추가 ROM	1. 신호제어 알고리즘 2. 다중고리기반 현시구현	-
5	추가 RAM	1. 인근 교차로 운영상황 관련 정보 2. 인근 교차로 시스템 이상 여부 정보	40개 교차로

(바) 인근 교차로 운영상황 관련 정보

앞서 적용범위에서 기술된 바와 같이 개별 WISDOM 신호제어기는 독자적으로 신호운영을 수행할 신호제어 알고리즘을 자체 탑재하여야 하며 경우에 따라 광역 실시간 신호제어 기능을 수행할 수 있도록 설계되어야 한다. 이러한 경우 WISDOM지역제어기는 광역제어 신호운영변수 설계에 소요되는 인근 교차로 교통상황 및 제어변수 정보를 확보하고 있어야 하며 따라서 상류 신호제어기로부터 관련정보를 수령 받아 저장할 공간을 확보하고 있어야 한다. 이때 소요되는

자료의 크기를 파악하여 이에 합당한 적절한 메모리 크기를 할당하여야 하며 이러한 방법으로 메모리 낭비를 예방한다. <표 3-11>은 인근 40개 신호교차로에서의 교통정보 및 신호제어정보를 보관할 수 있는 Data Packet 크기를 검토한 결과이다.

<표 3-11> Data Packet 크기검토

구분	저장 가능 L/C	소요 메모리	총 메모리	비고	
추가 RAM	NB 10개 상류 교차로	1,120 bytes	4,480 bytes + 8 bytes (접근로 방향별 저장대상 L/C 지정에 소요되는 메모리)	ID	4 bytes
	SB 10개 상류 교차로	1,120 bytes		Cycle	4 bytes
	EB 10개 상류 교차로	1,120 bytes		Green	32 bytes
	WB 10개 상류 교차로	1,120 bytes		Offset	8 bytes
				PM	64 bytes

(사) 검지체계 검토

WISDOM 신호운영 전략구현을 우선적 연구목표로 하여 이를 구현함에 적절한 유무선 검지기체계를 대안으로 선별하였으며 해당 검지기의 특성을 비교·검토하였다. 검지체계는 신호교차로 접근로 교통상황을 해석할 수 있을 수준의 교통정보를 수집하여야 한다. 이러한 검지체계는 위치 및 용도에 따라 크게 두 가지로 분류된다. 하나는 정지선 부근에서의 차량검지이며 또 다른 하나는 정지선 상류부에서의 차량검지이다. 정지선 부근의 검지기는 직진·좌회전·우회전 등 각 방향별 움직임에 대한 소통정보를 파악하기 위한 용도이다. 정지선 상류부 검지기는 접근로 링크 상에서의 교통흐름 수준(예; 대기행렬 및 속도)을 파악하기 위한 용도이다. 이러한 검지체계는 검지대상을 기준으로 단말기(OBE; On-Board Equipment)를 장착한 개별차량 주행정보를 수집하는 개별차량검지장비와 단말기를 장착하지 않은 군집차량 주행정보를 수집하는 군집차량검지장비로 구분된다. 이러한 구분에 따라 WISDOM 적용 검지체계를 검토하였다. <표 3-12>는 WISDOM에 적용 가능 대안 검지기 종류를 제시한다.

<표 3-12> WISDOM 적용 가능 대안 검지기 종류

위치별 구분	검지기 종류	검지기 종류	비고
정지선 검지기	군집차량 검지기	1. 무선 LOOP 검지기	개발 (Detector Board 위치 검토)
		2. 유선 LOOP 검지기	-
		3. 무선 지자기 검지기	-
	개별차량 검지기	1. DSRC(IR, RF)	-
상류부 검지기 (150m±a 지점, 설치위치지침 필요)	군집차량 검지기	1. 무선 LOOP 검지기	개발 (Detector Board 위치 검토)
		2. 유선 LOOP 검지기	-
		3. 무선 지자기 검지기	-
	개별차량 검지기	1. DSRC(IR, RF)	-

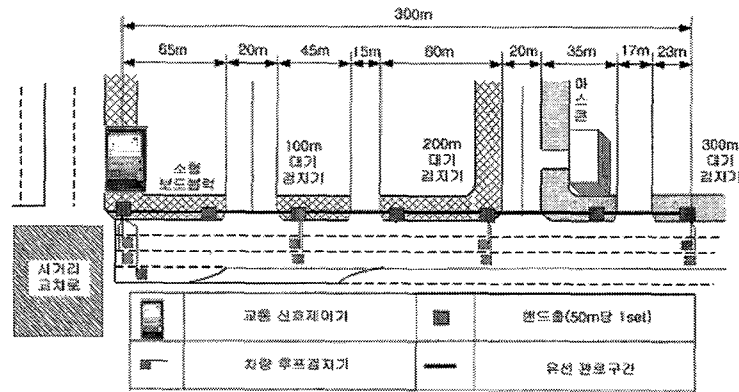
(아) 군집차량 검지기 검토

① 루프검지기

루프검지기는 기존의 유선 루프검지기와 무선 루프검지기로 구분된다. 이들 유무선 루프검지기의 특징을 검토한 후 장단점을 비교하여 <표 3-13>에 제시하였다.

○ 기존 루프검지기

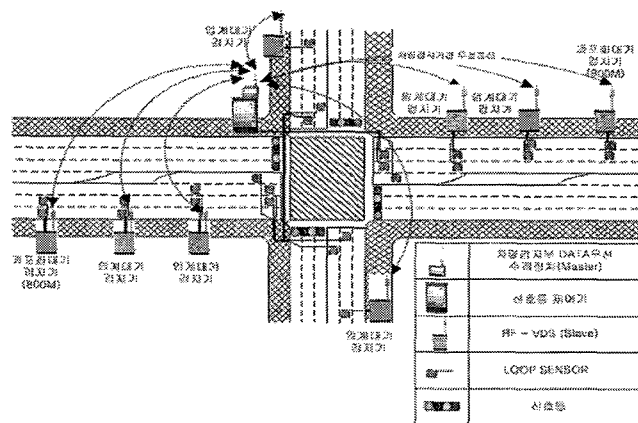
- 기존 루프검지기 체계는 루프 검지기와 교통신호제어기와 유선을 통해 연결
- 검지기 위치에 따라 유선 관로구간 증대 (<그림 3-21> 참조)
- 검지기 피더선 단선문제 존재
- 피더선이 길어짐에 따른 아날로그 파장 유실 및 이로 인한 자료 신뢰성 저하
- 매설 및 복구공사 시 시민 불편 초래



<그림 3-21> 유선 루프검지체계

① 무선 루프검지기

- 루프검지기과 신호제어기를 무선(RF) 통신을 이용하여 연결(<그림 3-22> 참조) 하고
- 검지기 보드를 별도의 외부 함체에서 처리(제어기와 검지기 보드와의 디지털 통신) 하였다
- 디지털 통신을 사용하여 장거리 통신으로 인한 자료유실기회를 소거하고,
- 검지기 위치에 따른 공사비 증가 억제효과(신뢰성 우수)를 보았다
- 매설 및 복구공사 시 차로감소 및 보행도로의 핸드 홀 불필요한 장점이 있다



<그림 3-22> 무선 루프검지체계

자료출처 : 확인 후 명시 예정

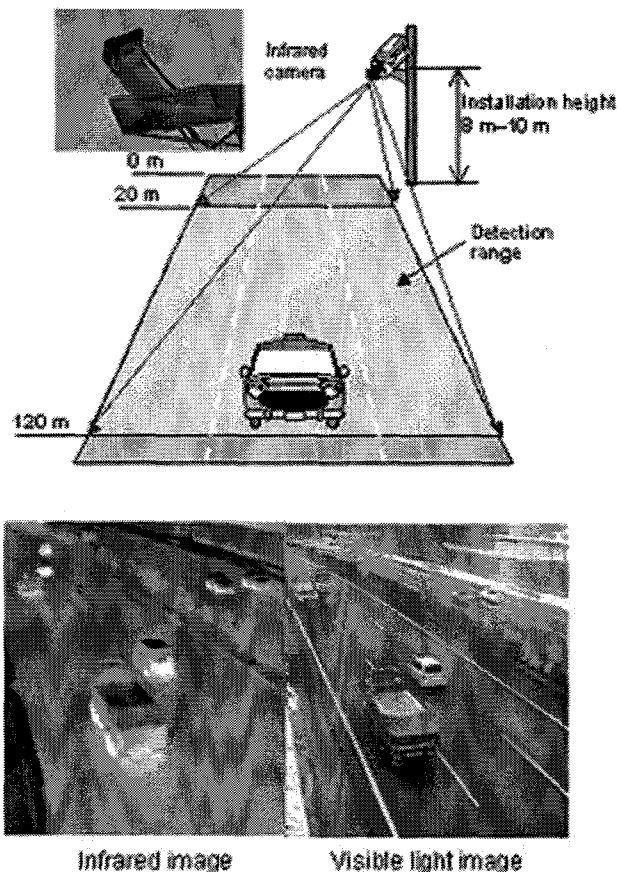
<표 3-13> 유선 LOOP 검지기와의 무선 LOOP 검지의 비교

구분	기존 루프검지기	무선 루프검지기	비고
직접공사 비용	• 도입케이블 길이별 공사비 80 m : 12,734,000원 100m : 15,342,000원 150m : 23,012,000원 200m : 30,684,000원 300m : 46,025,000원	• RF방식 설치비 - 거리에 무관하게 12,631,000원 (전원공사비 포함)	• 300m기준일 때 절감율 : 73% • 도로포장재는 가장 저렴한 소형보도블럭기준 • 설계단가 기준
공사기간	• 교차로 당 20일 정도 소요	• 교차로 당 1~3일 이내	-
도로파손	• 루프도입케이블 길이만큼 보도블럭, 아스팔트 굴착필요	• 도로파손 없음	-
유지보수	• 루프도입선 파손시 장애구간 현장확인 후 파악 가능 • 장애구간 재 공사로 인한 비용발생, 장애조치시간 과다	• 장비 이상시 센터에서 자동파악 • 장애구간 센터에서 자동파악 가능 • 이상부분 장비교체로 즉시 정상화	-
교통체증	• 공사로 인한 1~2개 차로 장기간 차단으로 교통체증 유발	• 공사시 교통체증 없음	-
지하매설물 손괴	• 도로 굴착공사시 가스, 고압, 상/하수도 등 타 지하매설물 손괴 위험성 상존	• 지하매설물 손괴 위험성 없음	-
교통혼잡 비용	• 98년 기준 공사로 인한 전국교통혼잡비용 1조 1,847억원	• 공사로 인한 교통혼잡비용 없음	-
검지정보 신뢰도	• 루프 도입케이블의 길이에 따라 검지정보신뢰도 저하. 900m 경우 신호레벨 Zero	• 검지기 설치거리에 무관하게 동일한 고 신뢰도 유지	-

무선루프검지기를 WISDOM에 적용 여부를 결정하기 전에 검지기보드의 채널별 송수신 방식 (병렬, 직렬) 과 송수신방식에 따른 통신 속도를 보다 세부적으로 검토할 필요가 존재한다.

② 무선통신 영상검지기

동영상 촬영 장비를 통해 수집된 동영상 자료를 신호제어기 합체 내부에 있는 영상검지기로 송신함에 있어(<그림 3-23> 참조) 통신자료 크기 및 이에 따른 통신지체 문제가 존재할 수 있다. 이로 인하여 수집 및 분석된 자료의 정확성 (accuracy including synchronization)에 문제가 존재한다. 영상검지기를 신호제어기 합체에서 분리하여 별도의 외부 합체로 탑재한 후 영상분석 결과만을 외부에서 제어기로 디지털 신호로 송신하는 대안은 고려하지 않았다. 이는 이미 우리나라 교통신호제어기 규격서를 통해 영상검지기의 신호제어기 합체 내 탑재를 명시하고 있기 때문이다.



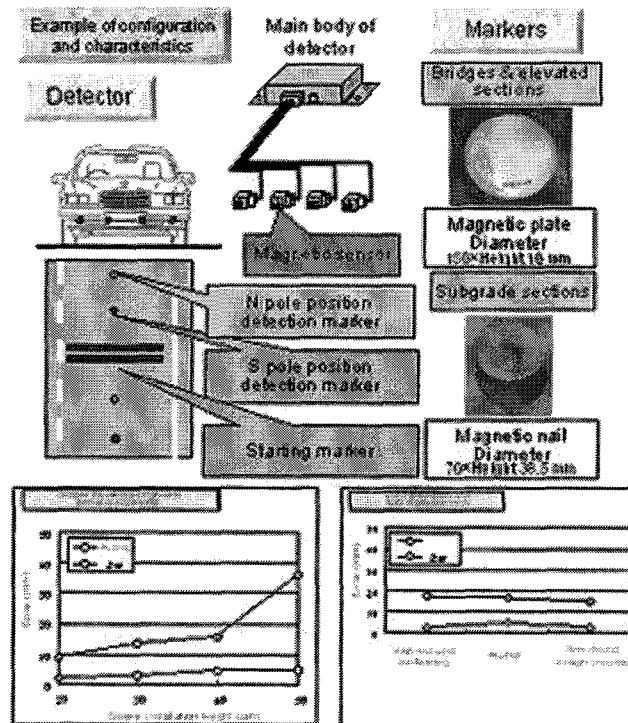
<그림 3-23> 무선통신 영상검지기 활용

자료출처 : http://www.ahsra.or.jp/index_e.html

③ 무선통신 지자기 검지기

지자기 검지기는 대지의 자기력을 활용하여 차량의 존재유무를 검지한다.(<그림 3-24> 참조) 무선 지자기 검지기를 활용하여 WISDOM에 활용하는 방법을 검토한 결과 지자기 검지기는 자료의 신뢰성(약 85% 수준)에 있어 루프검지기(약 95% 수준)보다 떨어지는 것으로 분석되었으나 유지보수관리 측면에서 일부 장점을 보유하고 있다.

지자기 검지기는 내부 전지 전력을 사용하며 매 1년 당 전지의 교체를 필요로 한다. 도로의 덧씌우기 공사 시 유지보수관리 측면에서 기존 루프검지기에서 발생하는 문제점을 최소화 할 수 있다. 루프검지기와 지자기 검지기를 WISDOM이 도로상황에 따라 선택적으로 사용할 수 있을 경우 신호제어 시스템의 최소성능을 한 단계 발전시킬 수 있는 여지가 많기 때문에 향후 해당문제를 적극 검토하기로 한다.

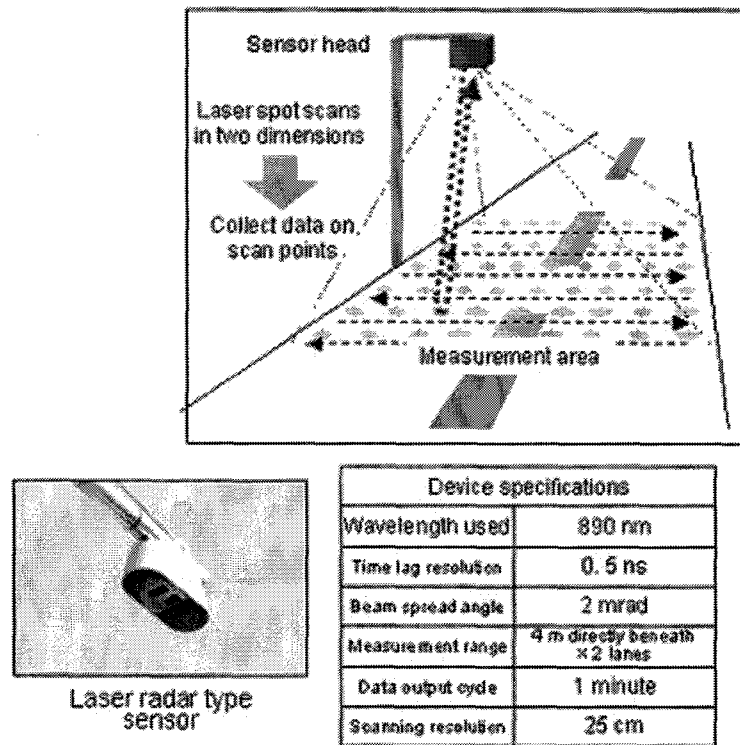


<그림 3-24> 무선통신 지자기검지기 활용

자료출처 : http://www.ahsra.or.jp/index_e.html

④ 무선통신 ULTRA SONIC

<그림 3-97>은 무선통신 Ultra Sonic 검지체계를 도식화하여 제시한다. 해당 검지체계 특성 검토 결과 이로 수집되는 자료의 신뢰성에 문제가 있어 WISDOM으로의 적용은 하지 않는 것으로 판단되었다. Ultra Sonic 검지체계는 안개, 우천 등 열악한 기후 상황에서 신뢰도가 떨어지는 것으로 기존 연구에서 보고되었다.



<그림 3-25> 무선통신 Ultra Sonic 검지기 활용

자료출처 : http://www.ahsra.or.jp/index_e.html

⑤ 무선 군집차량 검지기 특성 비교

검지기	장점	단점	논의사항
무선 루프 검지기	- 우수한 검지능력 유지 - 유선과 비교하였을 시 시공비 및 유지관리비용 절감 - 원시검지신호를 디지털로 가공 후 송신할 시 자료손실 최소화 (검지기보드가 L/C 외부에 위치시킬 경우)	- 별도의 전원공급 및 별도의 외부함체 필요 (검지기보드를 L/C외부로 할 시)	- 검지기보드의 위치(L/C내부 또는 별도의 함체)변경에 따른 VM 규격위반 문제 - 검지기 보드의 채널별 송수신 방식(병렬 vs 직렬) - 무선 송수신 속도 용량 vs 검지기 자료 크기
무선 영상 검지기	- 검지능력 중 - 도로공사에 따른 검지기 손실이 상대적으로 적음 (덧씌우기 공사시 원활한 도로 포장 등)	- 영상자료 송수신 속도에 의한 자료 delay 발생 - 검지자료 신뢰성이 외부요인에 좌우됨 (Full time data accuracy 문제)	-
무선 지자기 검지기	- 검지능력 중상 - 이미 개발된 수준이 높음	- 배터리 교체	- 지자기 검지기와 L/C간 송수신 자료형태
무선 Ultra Sonic	- 검지능력 중상	- 검지자료 신뢰성이 외부요인에 좌우됨 (Full time data accuracy 문제)	-

(자) 개별차량 검지기 추출자료 설계

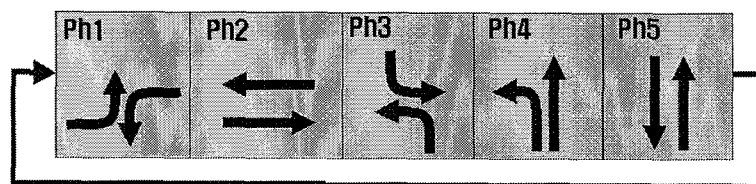
구 분	자료내용	비 고
1	차량 ID	차량 고유번호 (차종구분)
2	차량속도	IR은 속도 추정, RF는 GPS 데이터 활용
3	차량위치	IR은 위치 추정, RF는 GPS 데이터 활용

(2) WISDOM 현시구현체계

기존의 일반신호제어기, 전자신호제어기 및 실시간신호제어시스템의 COSMOS 신호제어기는 단일고리기반(Single Ring)과 이중고리기반(Dual Ring) 현시구현체계를 사용하고 있다. 이들 현시구현체계는 과거에 지점검지기 정보기반 현시표출을 위하여 설계된 것으로 그 기능에 제약이 있어 차세대무선통신 신호제어 신호 알고리즘 개발팀이 개발하는 비주기신호운영 및 가변현시운영 등을 지원함에 한계가 있다. 따라서 본 연구를 통해 단일고리기반 및 이중고리기반 현시구현체계에서 규정하는 기능을 지원하면서 보다 적극적이고 능동적인 첨단 신호제어를 가능케 하는 새로운 현시구현체계를 개발한다.

(가) 단일고리 및 이중고리기반 현시구현체계

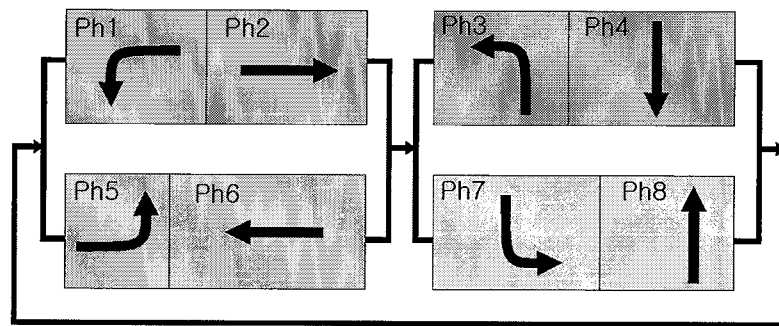
단일고리(Single Ring)기반 현시구현체계는 하나의 고정된 현시조합을 구현하며 다른 현시조합의 표출이 필요한 경우 현시구성의 설정변경이 요구된다. 두 개 이상 방향별 움직임을 하나의 현시에서 진행 허용할 수 있으며 이러한 현시들의 조합으로 한 주기 내 방향별 움직임의 통행을 정리한다. 현시운영 개수에 따라 두 개일 경우 2현시운영, 세 개일 경우 3현시운영이라고 불려진다. 단일고리기반 현시구현체계에서는 현시전환시간 동안에 중첩현시를 자유롭게 표출함에 제약이 있다. 단일고리 현시구현체계는 <그림 3-26>과 같으며 대부분의 신호교차로 운영변수 설계 및 평가 전산모형에서 사용자와의 인터페이스에서 이를 활용하고 있다.



<그림 3-26> 단일고리기반 현시조합체계 예

이중고리(Dual Ring)기반 현시구현체계는 전체 8개의 현시로 구성되며 하나의 현시에는 하나의 보호진행 방향별 움직임이 할당된다. 이중고리기반 현시구현체

계와 그 기본 현시번호체제를 <그림 3-27>에 제시하였다. 해당 현시구현체제에서 현시1,2,3,4의 현시길이 합과 5,6,7,8의 현시길이 합이 모두 주기길이와 동일한 이중고리(Dual Ring)의 구조를 가진다. 이들 8개의 현시는 서로 진행에 상충하는 직진과 좌회전 방향별 움직임을 쌍으로 하는 4개의 동반현시군으로 조합된다. 이러한 동반현시의 사용으로 해당 상충 방향별 움직임이 동시에 진행 허용되지 않는다. 이러한 4개 동반현시들 사이에서 보호진행 방향별 움직임의 교환 배정(swapping)이 가능하며 이러한 교환배정을 통하여 선좌회전 또는 후좌회전 등의 다양한 현시조합을 구현할 수 있다. 현시 1, 2와 현시 3, 4 사이, 그리고 현시 5, 6과 7, 8 사이에는 현시전환벽(Barrier)을 두어 동서와 남북접근로에서 진행하는 방향별 움직임간의 상충을 배제한다.



<그림 3-27> 이중고리기반 현시조합체계 예

동반현시들 중 선행 현시 종료시간 및 후행 현시 시작시간은 고정되어 있을 수 있어 가변적일 수 있다. 따라서 별도의 제어기 수동설정이 필요 없이 중첩현시의 구현이 용이하고 감응식 신호제어에 효율적이다.

이중고리기반 현시조합체계는 최대시간수행요청모드(Maximum Green Recall Mode)³⁾로 운영하여 단일고리기반 현시조합체계의 모사운영(Emulation)이 용이하다. 최대시간수행요청모드로 운영을 할 경우 각 현시의 녹색시간이 최대녹색시간으로 표출되므로 이를 통한 단일고리기반 현시조합체계 기능을 모사할 수 있다. 이중고리기반 현시구현체제는 현재 미국 NEMA 및 국내 실시간신호제어 시스템 COSMOS 신호제어기 등에서 사용되고 있다.

3) 서울지방경찰청, 서울특별시 교통신호제어기 규격서, p135, 2001.

그러나 이중고리기반 현시구현체계는 가변현시표출기능에 제약이 있어 첨단 신호제어 알고리즘을 구현함에 한계가 있다. 예를 들어 현시1번에서 현시2번으로 통행우선권이 전환된 후, 현시2번이 종료되기 전에 또 다시 현시 1번으로 전환할 필요가 있는 경우, 해당 체계에서는 곧 바로 현시1번으로 역 전환이 어렵다.

(나) 새로운 현시구현체계 기능적 요구사항 검토

새로운 현시구현체계의 개발에 앞서 새로운 현시구현체계가 포함하여야 하는 기능적 요구사항들을 검토하기 위하여 현시표출방법, 신호운영변수 설계방식, 활용가능 정보수준 등을 점검하였다. 점검 결과를 아래의 세부단락에 제시하였으며 이를 반영하며 새로운 현시구현체계를 개발하였다.

① 가변현시조합 - 실시간 통행우선권 적절 배분 요구 증가

어떤 운전자가 교차로에서 좌회전을 하기위해 독립운영 신호교차로로 진행하고 있는 도중 좌회전신호가 종료되고 직진신호가 시작되어 운전자가 정지선에서 차량을 멈추었을 때, 해당 교차로 접근로에 다른 방향별 움직임 차량이 존재하지 않는 경우 좌회전차량 운전자는 한주기 미만의 지체를 경험하면서 신호운영이 비효율적이라 판단할 수 있다. 이는 야간이나 한산한 주간 교통시간대에 대부분의 지방 도심부 교차로에서 관측되는 상황이다.

이러한 경우 기존 이중고리기반 현시구현체계에서는 동반현시군 간의 교환 배정이 가능하나 그 역전환은 가능하지가 않아 해당 운전자는 한 주기를 소요하며 다음 현시를 기다려야한다. 해당 상황에서 보다 효율적으로 신호현시를 운영하기 위해 가변현시조합 기능이 요구된다. 가변현시조합 기능은 예를 들어 현시 1번에서 현시 2번으로 전환된 후 필요에 따라 다시 현시 1번으로 역 전환을 가능하게 하는 것에 해당한다. 이러한 가변현시조합을 지원하여 효율적인 첨단신호제어알고리즘의 구현을 뒷받침한다.

가변현시조합은 신호교차로에서의 가변 통행우선권 배분으로 결과 되며 이의 현장적용은 안전측면에서 조심스럽게 고려할 필요가 높다. 그러나 향후 가변현시조합 적용이 필요한 경우 별도의 H/W 변경없이 구현 가능하도록 신호제어기에 기계적 기능을 확보할 필요가 있다.

② 규칙기반연산제어 - 신호운영변수 설계방식 패러다임 전환

기존의 신호운영변수의 설계과정은 장·단기 과거 교통정보자료를 토대로 적용 가능한 범위내에 존재하는 여러 신호운영변수들을 검토한 후 이들 중 가장 최적의 운영상태를 유도할 것이라 판단되는 신호운영변수들을 선정하는 과정으로 설명될 수 있다. 다시 말하면 각 방향별 움직임 소통상태를 평가모형을 통해 추정하고 이렇게 추정된 소통상태 중 가장 최적의 운영상태에 해당하는 신호제어운영변수를 검색알고리즘을 통해 도출하는 과정을 통하여 신호운영변수를 설계하였다. 적용되는 평가모형으로는 과거에 주로 수리모형을 사용하였으나 최근에 전산기술의 발달로 전산처리속도가 빨라짐에 따라 모의실험을 사용하기도 한다. 검색알고리즘으로 경험기반검색(Heuristic Search)방법을 대부분 활용하고 있다.

평가와 검색의 반복 수행을 통한 최적신호운영변수 설계는 "검색기반 연산제어"로 설명될 수 있다. 이러한 검색기반 연산제어는 각 방향별 움직임 소통상태 평가지표가 Off-line Level에서 전산처리 되도록 설계 및 처리되어 있어 효율적인 실시간 신호운영변수 설계에 제약이 있다.

최근에 실시간신호제어를 위하여 개발되고 있는 방식은 빠른 설계시간을 요구하고 있기 때문에 많은 시간이 소요되는 검색과정을 배제한다. 1990년대에 국내에서 소개된 실시간신호제어시스템의 COSMOS 신호제어기는 주기길이 변수값을 기초로하여 이러한 검색과정을 배제하면서 새로운 신호운영변수를 설계한다. COSMOS는 최근 주기동안에 수집된 현시별 포화도자료 값과 새로운 신호주기 길이값과의 관계를 하나의 함수식으로 해석하며 신호설계를 수행한다.

실시간 신호제어는 가까운 일정 시간 이후에 적용될 신호운영변수를 일정 기준 시간 내에 설계를 완료하는 것이 주요 실마리이다. 이러한 실시간 신호제어를 구현함에 있어 (1) 적용가능한 신호운영변수 대안 모두를 고려하는 소모적인(Exhaustive search) 검색을 배제하여야 할 필요가 있으며 (2) 단위검토시간(설계되는 신호운영변수가 적용되는 시간)을 짧게 설정하여 소통상태 평가의 신뢰수준을 향상시켜야 할 필요가 있다. 따라서 실시간 신호제어 신호운영변수 설계에 소요되는 전산처리시간과 분석 대상기간을 단축시켜야 할 필요가 있다. 다소 시간소모적인 특성을 포함하는 탐색기반연산제어가 아닌, 일정 상황(수집된 현장자료를 통해 해석)만을 집중적으로 선택하여 검토하는 규칙기반연산제어의 소용이

증가한다.

따라서 앞으로의 실시간신호제어를 위한 신호제어기는 검색기반연산제어뿐만 아니라 규칙기반연산제어를 지원하는 기계적 기능을 포함할 필요가 있다.

③ 이용가능 교통정보 질적/양적 변화 - 정보활용공간 확보

실시간 신호제어기는 그 기능적인 면에서 다양하게 변화하는 교통상황을 효율적으로 처리하기 위해 여러수준에서 신호제어전략을 구현할 수 있는 기술적인 기능을 확보하고 있어야 한다. 근래에 들어 전자 및 전산기술의 발달로 신뢰도 높은 실시간 교통구간정보의 이용이 가능하고 이를 근거로 교통소통상황을 이해하고 있으며 이러한 구간 하나하나에서의 원활한 소통을 위하여 광역범위에서의 신호제어 기능이 강조되고 있다.

단일고리기반 및 이중고리기반 현시구현체계를 사용하는 기존 교통신호제어기는 지점정보의 활용을 근거로 설계되어 구간정보를 신호제어와 관련하여 응용할 공간을 제공하지 않는다. 따라서 새로운 현시구현체계를 설계할 시 구간정보를 신호제어에 활용할 공간을 확보할 필요가 있다.

(다) 다중고리기반 현시구현체계⁴⁾

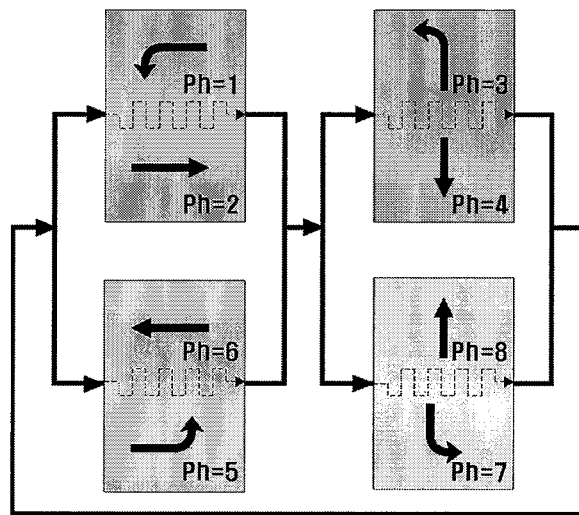
최근에 수행되는 첨단신호제어 연구들은 비주기(Acyclic)기반 신호제어운영을 소개하고 있다. 비주기 기반 신호제어운영은 주기길이 및 녹색시간 길이를 확정하지 않은 상태에서 신호제어를 시작하고 녹색시간이 진행되는 순간순간에 타방향별 움직임들의 소통상황을 검토하며 타 현시로의 통행권전환이 필요할 시 통행권 전환을 수행하는 운영방법이다. 그러나 이러한 연구들은 알고리즘만을 제안하고 있으며 이러한 알고리즘을 현존 이중고리기반 현시조합체계에서 구현함에 어려움이 있다.

비주기 기반 신호제어운영 구현을 지원하기 위하여 다중고리기반 현시구현체계를 개발하였다. 다중고리기반 현시구현체계는 단일고리기반 및 이중고리기반 현시구현체계가 제공하는 모든 기능을 포함하여야 하며 이에 추가로 가변현시조

4) N 번의 현시 역전환 표출에 최대 N+2 개 까지의 Ring이 소요 - 이중고리기반 현시조합 기능을 고려할 경우

합 구현기능을 포함하도록 설계하였다.

개발된 다중고리 현시구현체계를 도식화하여 <그림 3-28>에 제시하였다. 다중고리기반 현시조합운영체계는 이중고리기반 현시조합체계와 마찬가지로 서로 상충하는 방향별 움직임으로 구성된 4쌍의 동반현시가 남북방향과 동서방향을 기준으로 구분되는 구조를 기본으로 한다. 현시 1,2와 현시 3,4 사이, 그리고 현시 5,6과 7,8 사이에는 현시전환벽(Barrier)을 두어 동서와 남북접근로에서 진행되는 방향별 움직임간의 상충을 배제한다.



<그림 3-28> 다중고리기반 현시조합체계

기존의 이중고리기반 현시조합체계는 동반현시들 중 하나의 현시가 먼저 표출 및 종료된 후 나머지 현시가 시작되는 순차적 현시운영을 사용하나, 다중고리기반 현시조합체계는 동반현시들 간의 운영이 순차적이지 않고 필요에 따라 동반현시들 중 하나의 현시를 가변적으로 선택하여 운영할 수 있다. 현시들 간의 통행권부여는 규칙기반연산제어를 토대로 결정한다.

(라) 다중고리기반 현시구현체계의 운용

먼저 개발된 다중고리기반토대 현시구현체계는 현재 사용되고 있는 이중고리기반 현시구현체계와 단일고리기반 현수조합구현체계에서 구현되는 모든 기능을

확보하고 있어야 하며 또 구현가능하여야 한다. 아래의 세부단락에 다중고리기반 토대 현시구현체계를 토대로 이중고리기반 및 단일고리기반 현시체계모사운영방법을 요약하여 제시하였다.

① 이중고리기반 현시체계 모사운영

다중고리기반 현시구현체계에서 다음의 기능을 사용하여 이중고리기반 현시체계운영을 수행할 수 있다. 다중고리기반 현시구현체계에서 4개 동반현시쌍 중 선행표출되는 현시와 후행표출되는 현시를 고정하여 해당 현시에 PhaseReversal 변수값에 0 또는 1을 설정한다. 좌회전움직임 할당 현시 PhaseReversal 값이 0 일 경우는 선행좌회전(Leading Left Turn)을, 1일 경우는 후행좌회전(Lagging Left Turn) 현시조합을 구현한다. 기존 COSMOS 신호제어기는 Phase Swapping 기능을 보유하지 않고 있어 해당기능만의 제공으로 기존 국내 이중고리기반 현시체계보다 현시구성을 원활히 활용할 수 있는 기능을 확보한다.

② 단일고리기반 현시체계 모사운영

이중고리기반 현시체계 모사운영방식을 채택하고 최대녹색시간수행요청(Maximum Recall - 기존 COSMOS 신호제어기에서도 존재하는 기능)기능을 적용함으로써 단일고리기반현시체계의 기능을 모사운영할 수 있다. 단일고리기반 현시체계 모사운영은 이중고리기반 현시체계 모사운영을 기본으로 하고 있어 보다 효율적으로 녹색전환시간(Intergreen time = yellow time + all red time)의 활용으로 기존 단일고리기반 현시구현체계보다 중첩현시를 효율적으로 활용할 수 있는 기능을 확보한다. 해당 방법은 이미 기존 COSMOS신호제어기에 존재하는 기능으로 구현 가능하다.

(마) 검토사항

다중고리기반 현시구현체계 교통적응신호제어의 효율적인 운영은 보행자신호 표출방식과 연관이 높다. 효율적인 운영을 위하여 Pedestrian Push Button의 설치가 수반되어야 하며 따라서 제어기 내부에서 Pedestrian Call 입력신호 처리과정 설계가 필요하다.

나. WISDOM 신호제어시스템 Database

(1) WISDOM 신호제어시스템 Database

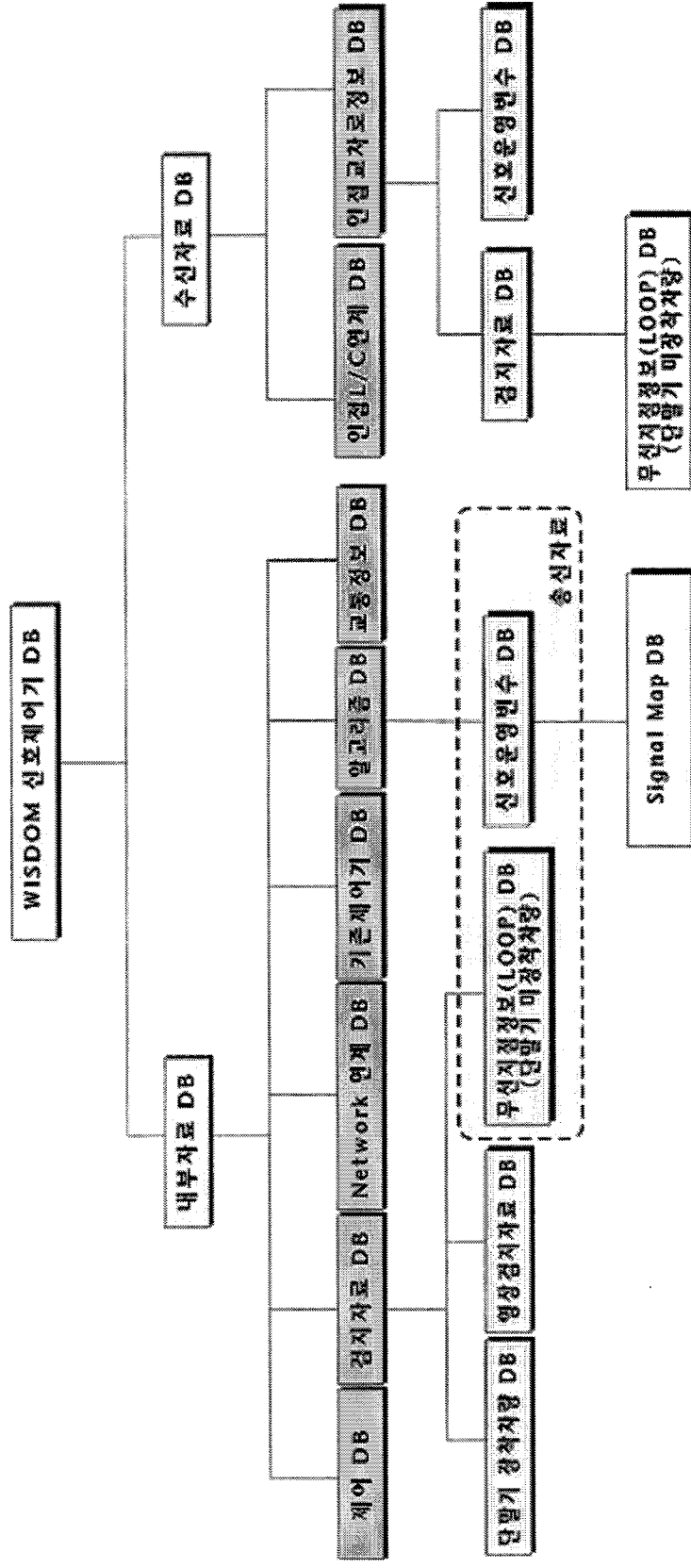
차세대 무선통신 신호제어시스템 개발에서 제어기의 역할은 기존 지역 제어기와는 달리 교통센터의 역할 이었던 알고리즘 구현과 새로운 검지시스템의 통합이 이루어져야 하기 때문에 기존 지역제어기의 Database의 구조로는 이를 해결하기 어렵다. 따라서 제어기에 탑재될 각 알고리즘과 제어 시스템의 유기적인 연결을 위한 Database의 정의 및 구분은 프로그램 개발에 선행되어야 한다. 본 연구에서는 새로운 시스템에 적합한 Database의 구축에 중점을 두었다.

특히 1단계 Database는 지역제어기의 기본 역할뿐 아니라 광역의 중심역할을 하는 제어 기능을 수행하기 위하여 인접한 교차로의 검지자료 및 신호운영 자료 등을 포함하는 구조로 구성되었다.

Database는 기존 신호제어기에서 규정하는 Database 내 변수들을 포함하여야 하며, 차세대 무선통신 신호제어에서 새롭게 개발될 알고리즘에 필요한 변수들을 확보하여야 한다. 따라서 이미 국내 COSMOS 실시간 신호제어기에 대한 내용을 포함하였으며, 또한 개발되는 여러 알고리즘의 효율적인 작업 및 연구진 간 상호 이해를 돕기 위하여 WISDOM 신호제어 알고리즘 Data Dictionary를 개발하고 이를 토대로 1st versoin Database 설계를 실시하였다.

현재까지 설계된 Database는 「교통신호제어기 표준규격서, 경찰청, 2004」에서 제시된 표준화 신호제어기의 데이터베이스 프로토콜 상세 설계를 포함하며, HOST에서 수행하는 7가지 새로운 알고리즘에서 필요한 저장 공간을 확보하는데 중점을 두고 개발하였다. 향후 2단계 연구개발에서 이러한 알고리즘을 융합하여 사용하기 위한 자료융합 알고리즘 DB 설계에 중점을 두어 개발이 이루어져야 한다.

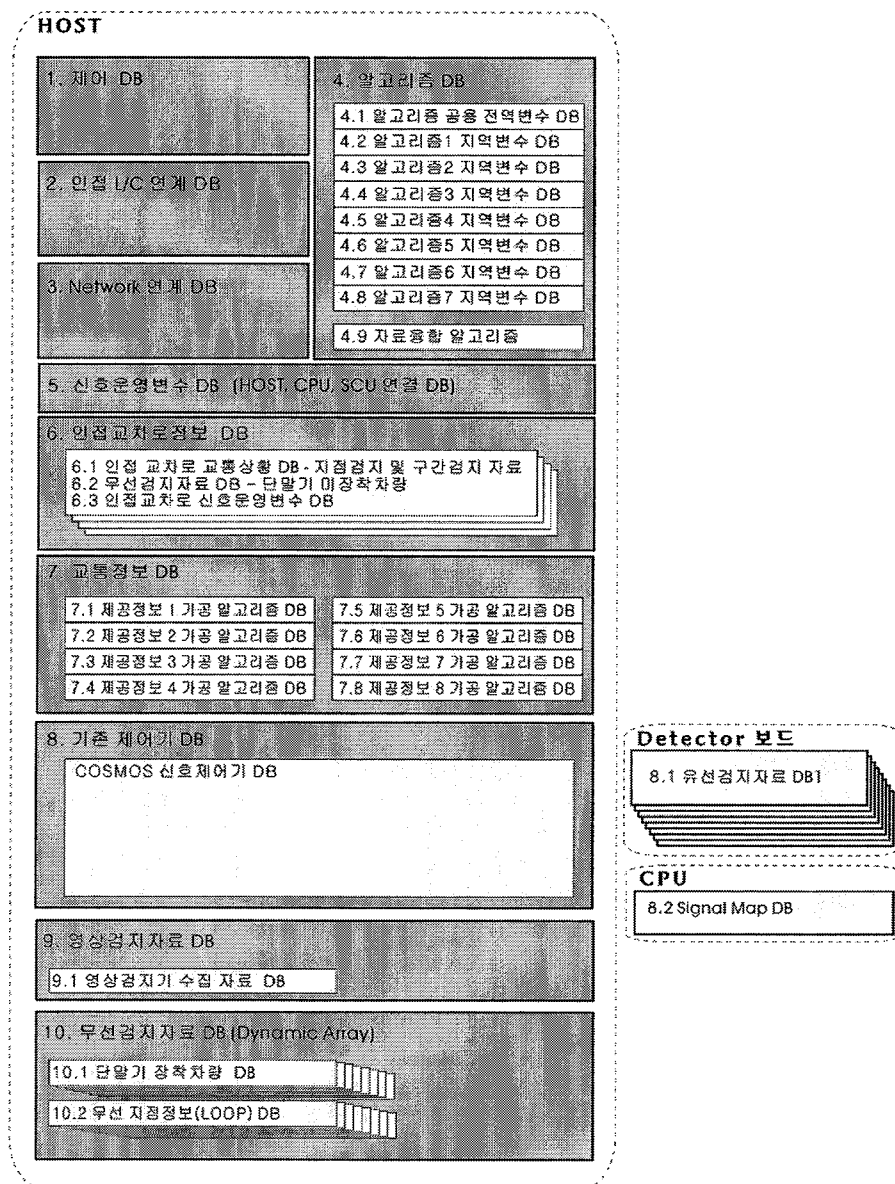
(가) WISDOM Database 구조 설계



<그림 3-29> 제어기의 내부 Database 종속관계도

<그림 3-30>은 차세대 무선통신 신호제어기 상에서 필요한 Database의 종속 관계를 나타낸다. 여기서 내부자료 DB는 제어기 내부에서 알고리즘 적용, 검지 자료 가공 및 저장, 신호등 표출, 교통정보제공 등에 필요한 자료를 운영하기 위해 필요한 Database이며 수신자료 DB는 제어기 운영상에서 인접 제어기로부터 필요한 자료를 저장하는 공간이다.

이러한 제어기의 Database를 제어기 기능 Architecture와 연결하여 정리한 결과 아래 그림과 같은 신호제어기 내부 배치도를 작성하였다.



<그림 3-30> 저장 공간기준 제어기 내부 Database 배치도

(나) WISDOM 세부 Database

제어기 내부에 포함될 DB 변수는 TRC(Transportation Research Center) at University of Florida의 TMML(Traffic Model Markup Language)과 IEEE P1489(Draft Standard for Data Dictionaries for Intelligent Transportation System-Part 1 Functional Area Data Dictionaries)를 참조하여 작성되었으며, 상기 문서에서 제시되었던 방법을 통하여 변수 명을 정하였다.

① 제어 DB

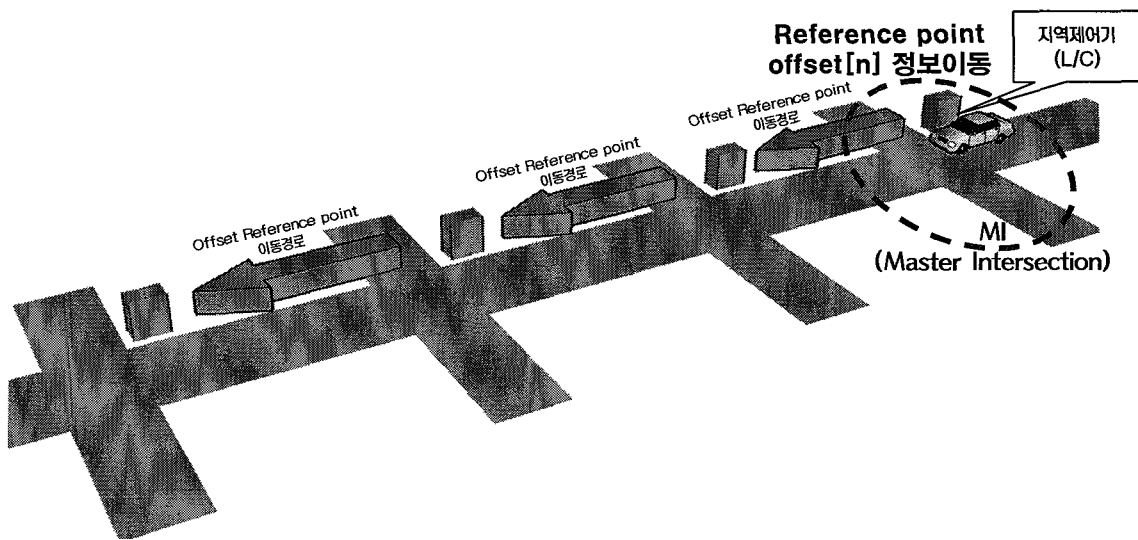
제어기의 기능을 구분하기 위한 DB로서, 그 기능을 센터에서도 필요에 따라 설정 가능토록 구성한다. 제어 DB에 포함되어야 할 내용은 지역제어기 고유번호, 신호제어 Ring Type, 통신방식, 제어기 고장유무, 제어모드(하드웨어 & 소프트웨어, 적용알고리즘 선택) 등이 있음. 아래 표는 제어 DB의 적용 내용이다.

<표 3-14> 제어 DB 포함 변수

구분	변수이름	설명
1	LCID	지역제어기 고유번호
2	RingType	현시조합 구현방식 설정
3	CommunicationMode	통신방식 (프로토콜) 설정
4	FalseAlarm	제어기 고장유무
5	HardwareMode	신호제어 H/W 모드 설정 (Emulation 모드설정)
6	SoftwareMode	신호제어 S/W 모드 설정
7	PreemptionMode	긴급차량우선신호제어 적용여부
8	DilemmaControlMode	딜레마감응제어 적용여부

② 인접 L/C 연계 제어 DB

신호제어에서 간선도로 연동군의 offset reference point를 인접교차로에 연속적으로 전달해야 할 필요가 있다. 따라서 이에 따른 module을 사용할 수 있는 DB구조를 갖추어야 한다. 인접 L/C 연계 제어 DB는 인접한 제어기와의 상호연계를 위한 DB로서 인접 제어기의 형태, 종류, 통신방식 그리고 geometric character와 이동류의 구분을 포함함으로써 이러한 module을 제공하기 위해 작성하였다.



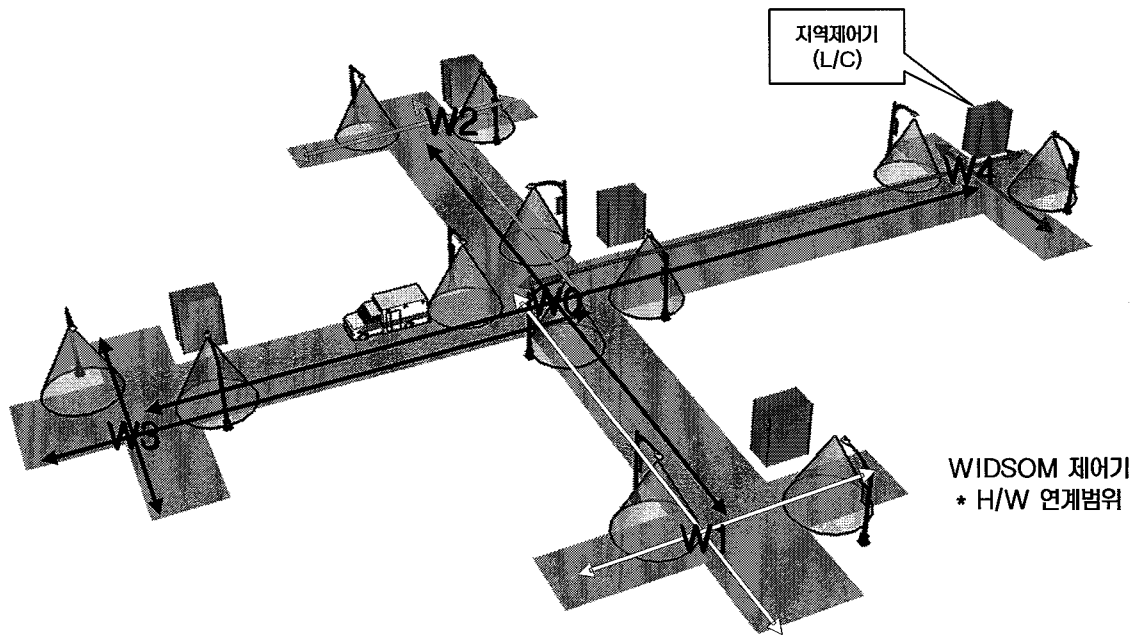
<그림 3-31> offset reference point의 이동경로

<표 3-15> 인접 L/C 연계 제어 DB 포함 변수

구분	변수이름	설명
1	AdjLC_ID	인접 지역제어기 고유번호
2	Orientation	인접 지역제어기 접근로별 구분
3	AdjLC_Type	인접 지역제어기 종류
4	CommunicationMode	개별 제어기간 통신방식
5	AdjLC_PhaseNo_TH	(해당접근로)상류직진현시번호
6	AdjLC_PhaseNo_LT	(해당접근로)상류좌회전현시번호
7	LC_PhaseNo_TH	연계 직진현시번호
8	LC_PhaseNo_LT	연계 좌회전현시번호
9	Distance	상류교차로까지의 거리

③ Network 연계 DB

간선도로 연동군의 제어를 위한 Network 연계 DB는 연동에 필요한 제어기 운영상태, 마스터 지역제어기 ID, 연동주기, 옵션값 등을 포함하고 있다. 특히 각 방향의 접근로상에 있는 인접교차로와의 ID 및 상류 교차로의 운영변수 DB를 포함함으로써 각 지역제어기가 마스터 지역제어기의 역할을 할 수 있도록 하였다.



<그림 3-32> Network 연계 범위

<표 3-16> Network 연계 DB 포함 변수

구분	변수이름	설명
1	OperatioinalMode	제어기 운영상태
2	MasterLC_ID	마스터 지역제어기 ID
3	MajorDirection	주 연동방향 인접 LC ID
4	minorDirection	부 연동방향 인접 LC ID
5	BackgroundCycle	연동주기
6	Offset	오프셋
7	NB_LC_ID_Up[x]	북향접근로 상류의 상류 LC ID
8	SB_LC_ID_Up[x]	남향접근로 상류의 상류 LC ID
9	EB_LC_ID_Up[x]	동향접근로 상류의 상류 LC ID
10	WB_LC_ID_Up[x]	서향접근로 상류의 상류 LC ID
11	DB_LC_ID_Up[x]	타각선 접근로 상류의 상류 LC ID
12	Configuration[x]	상류 개별 인근교차로 운영변수
13	PM_Index	Performace Measure Index
14	PM[x]	Perfofmance Measure Values

④ 알고리즘 DB

본 연구에서 구현하고자 하는 7가지 알고리즘을 처리하기 위한 DB로, 알고리즘별 처리에 필요한 공용 전역변수 DB와 자료융합 DB 변수, 그리고 각각의 알고리즘 지역변수 DB를 포함한다. 7가지 알고리즘은 긴급차량 우선 제어, 버스우선 제어, 교통적응 제어(독립교차로), 교통적응 제어(Network, 연동), Cycle Free 제어, 통행시간기반 제어, 딜레마 제어이다.

<표 3-17> 교통여건에 따른 적용가능 알고리즘

구분	알고리즘	단말기 장착 비율 (%)	자료처리 수준		비고
			event based Local	call based (time based) Global 네트워크 구현 DB 사용	
1	긴급차량 우선제어	≈30	○	-	1단계 : 주요연구
2	버스 우선제어	≈30	○	-	2단계 : 부가연구 (기능개선)
3	교통적응 (독립)	≈99	○	-	2단계 : 주요연구
4	교통적응 (네트워크, 연동)	≈99	△	○	
5	cycle free	≈30	△	○	1단계 : 주요연구
6	통행시간 기반	≈30		○	2단계 : 부가연구
7	딜레마	≈30	○	-	(기능개선)

○ 알고리즘 공용 전역변수 DB

<표 3-18> 알고리즘 공용 전역변수

구분	변수이름	설명
1	OperatioinalMode	제 어기 운영상태(운영중인 알고리즘 정의)
2	MainPhaseNum	주 현시 번호
3	PreCycleLength	전 주기 현시 길이
4	PrePhaseLength_1(~8)	전 주기 주기 길이
5	NowPhaseNum	현재 진행중인 현시 번호
6	NowCycleLength	현재 주기길이
7	NowPhaseLength_1(~8)	현재 현시 값(1부터 8현시)
8	NextCycleLength	다음 주기 주기 길이
9	NextPhaseLength_1(~8)	다음 주기 현시 값(1부터 8현시)

- 알고리즘1 DB(cycle free)

<표 3-19> cycle-free DB 포함 변수

구분	변수이름	설명
1	nNo_Cycle	주기 번호
2	nG[MAX_CYCLE_NO][8]	녹색신호시간 - 주기당
3	nMin_G[8]	최소 녹색시간
4	nMin_Cycle	최소 주기
5	nMax_Cycle	최대주기
6	nYellow	적정황색신호
7	nStep_Size	시간단위
8	nClock	현재시각 (1초부터)
9	nTot_Clock	총 시뮬레이션 시간 : 7200초
10	nCycle_Step	주기내에서의 스텝 단위
11	nCur_Signal_Map[MAX_STEP_][8]	현재 신호시간 맵 (이동류별 시간단위별 녹색 1, 적색 0)
12	nStart_Cycle	주기시작 시점
13	nEnd_Cycle	주기종료 시점
14	Local_Signal_Cycle[4]	상류부교차로의 신호주기 0 : 북 1: 동 2: 남 3: 서
15	rLink_Len[MAX_DETECTOR_]	링크길이 (m)
16	rFree_Spd[MAX_DETECTOR_];	free flow speed(km/h)
17	rC_Time[MAX_DETECTOR_]	free flow link travel time(초)
18	rTurn_Ratio[MAX_CYCLE_NO][8]	회전비율(직진, 좌회전)
19	rAlpha[_MAX_DETECTOR_]	차량군 분산모형 계수
20	rBeta[_MAX_DETECTOR_]	차량군 분산모형 계수

<표계속>

구분	변수이름	설명
21	rF_Value[MAX_DETECTOR_]	차량군 분산모형 계수
22	nB_T[MAX_DETECTOR_]	차량군 분산모형 계수
23	rHeadway[MAX_STEP_][MAX_DETECTOR_]	검지기별 차량 진입 시간
24	rPcar[MAX_DETECTOR_]	앞차량의 진입시각
25	rScar[MAX_DETECTOR_]	뒷차량의 진입시각
26	rD_Flow_Rate[MAX_STEP_][MAX_DETECTOR_]	검지기별 flow rate
27	rQue_Flow[MAX_STEP_][MAX_DETECTOR_]	검지기별 정지선 flow rate(platoon dispersion apply)
28	rFlow_Rate[MAX_STEP_][4];	네방향 정지선 유입 교통유율
29	rTurn_Flow_Rate[MAX_STEP_][8]	8개 이동류별 정지선 교통유율
30	rCum_Flow_Rate[MAX_STEP_][8]	8개 이동류별 정지선 누적 교통유율(신호시간 반영)
31	rCur_Cycle_Delay[MAX_STEP_][8]	8개 이동류별 정지지체
32	rPre_Flow_Rate[MAX_CYCLE_][8]	8개 이동류 다음주기 예측 교통유율
33	rPre_Sum_Flow_Rate[MAX_CYCLE_][8]	신호시간 이후에 정지선에 쌓이는 교통유율
34	rCur_Vol[MAX_CYCLE_][8]	각주기별 교통량
35	rPre_Cum_Flow[MAX_CYCLE_][8]	8개 이동류 다음주기 예측 교통유율
36	rPre_Delay[MAX_CYCLE_][8]	8개 이동류 다음주기 예측 교통유율
37	C_E_G[MAX_CYCLE_][8]	녹색시간 종료시점
38	C_S_G[MAX_CYCLE_][8]	녹색시간 시작시점
39	nLane[8]	이동류별 차로수
40	SumInputVol[MAX_CYCLE_NO][8]	진입교통량
41	nOut_Vol[MAX_CYCLE_NO][8]	진출교통량
42	rReal_Sat[MAX_CYCLE_NO][8]	각이동류별 실제 포화도
43	rAve_Real_Delay[MAX_CYCLE_NO][8]	각 이동류별 실제 평균지체
44	nReal_Vol[MAX_CYCLE_NO][8]	각 이동류별 실제 진입차량대수
45	rCar_Real_Delay[MAX_CYCLE_NO][8]	각 이동류별 실제 지체
46	rFreeflow_Time[8]	각 이동류별 자유통행시간

<표 3-20> cycle-free DB 포함 변수(유전자 알고리즘)

구분	변수이름	설명
1	Iter	유전자 알고리즘 이터레이션 수
2	Genetic_Set	유전자알고리즘 변수 구조체
3	Cycle	다음 후보 주기 길이(초)
4	G[8]	다음 후보 주기 녹색시간
5	Y[4]	다음 후보 주기 현시비율
6	T_Y[4]	다음 후보 주기 임시(n+1 iteration) 현시비율
7	T_Bar;	다음 후보 주기 임시(n+1 iteration) 베리어비율
8	T_Cycle;	다음 후보 주기 임시(n+1 iteration) 주기길이(초)
9	Signal_Map[MAX_CYCLE][8]	다음주기 후보 신호시간 맵 (이동류별 시간 단위별 녹색 1, 적색 0)
10	S_G[8]	녹색신호 시작시간
11	E_G[8]	녹색신호 종료시간
12	Delay[8]	위의 후보 신호시간을 적용했을 때의 지체값
13	Delay_Sum	지체값 합계
14	Avg_Delay	평균 지체
15	Cycle_Vol[8]	유전자 SET별 이동류 교통량
16	Total_Vol	총 교통량
17	rPre_Cum_Flow[MAX_CYCLE][8]	8개 이동류 다음주기 예측 교통유율
18	rPre_Delay[MAX_CYCLE][8]	이동류별 예측지체

○ 알고리즘2 DB(긴급차량우선처리)

<표 3-21> 긴급차량우선처리 DB

구분	변수이름	설명
1	ga_receiv	검지기 입력자료(검지기번호, 차종, 통과시각, 차량 길이 등)
2	EVPDetectTime	긴급차량의 감지시간
3	EVPCheckOut	긴급차량의 교차로 통과여부

○ 알고리즘3 DB(버스우선신호제어)

<표 3-22> 버스우선신호제어 DB

구분	변수이름	설명
1	ga_receiv	검지기 입력자료(검지기번호, 차종, 통과시각, 차량 길이 등)
2	BUSArrivalTime	버스가 정지선에 도착할 때까지의 예상시간
3	PriorityType	우선신호 미적용(0), Green Extention(1), Early Green(2)
4	BUSCheckOut	버스의 교차로 통과여부

○ 알고리즘4 DB(통행시간 기반 제어)

<표 3-23> 통행시간기반 신호제어 DB

구분	변수이름	설명
1	ga_receiv	검지기 입력자료(검지기번호, 차종, 통과시각, 차량 길이 등)
2	DetData	검지기별 차량 통행 자료
3	LinkData	링크별 통행시간 및 통행시간지체
4	LinkAttrib	링크의 기하구조 속성자료
5	SignalData	교차로 신호제어 정보(주기, 현시시간, 오프셋)
6	MinCycle	최소주기길이
7	MaxCycle	최대주기길이
8	OptCycle	다음현시의 결정 주기 길이
9	DetCounter	1주기 동안의 각 검지기별 자료수
10	MatchCounter	1주기 동안 통행시간 자료로 구성되는 자료의 수

○ 알고리즘5 DB(딜레마감응제어)

<표 3-24> 딜레마감응제어 DB

구분	변수이름	설명
1	Init_WanTime	초기경고시간
2	LengthCross_RSE1	RSE1까지의 거리
3	LengthCross_RSE2	RSE2까지의 거리
4	TimeRSE1_RSE2	차량이 RSE1에 도착하여 RSE2까지 걸린 시간(sec)
5	TimeRSE2_RSE2	차량이 RSE2에 도착하여 정지선까지 걸린 시간(sec)
6	ActivationClock_RSE1	경호활성화 이후 RSE1에서 차량이 검지된 시각
7	ActivationClock_RSE2	경호활성화 이후 RSE2에서 차량이 검지된 시각

○ 알고리즘6, 7 DB(교통적응-독립, 네트워크)

- 교통적응 알고리즘은 개별차량 검지기반 알고리즘으로 2단계 연구에서 개발 예정임

○ 자료융합 알고리즘 DB

- 알고리즘 융합은 2단계 연구에서 실시하고 이에 따른 자료 융합 DB 구축 또한 2단계에서 실시함

⑤ 신호운영변수 DB

HOST, CPU, 그리고 SCU와 연결되어 제어기의 신호현시 운영에 필요한 시간 값인 주기시간, 녹색시간, 황색시간, 최소녹색시간, 최대녹색시간, 보행자시간 등을 저장함.

<표 3-25> 신호운영 DB포함 변수

구분	변수이름	설명
1	OpLCID	신호운영을 실시할 지역제어기 ID
2	CycleLength	주기길이
3	RingPhase_A_1	Ring A Phase 1 운영 시간
	...	...
10	RingPhase_A_8	Ring A Phase 8 운영 시간
11	RingPhase_B_8	Ring B Phase 1 운영 시간
	...	...
18	RingPhase_B_8	Ring B Phase 8 운영 시간
19	RingYellow_A_1	Ring A Phase 1 황색 시간
	...	...
26	RingYellow_A_8	Ring A Phase 8 황색 시간
27	RingYellow_B_8	Ring B Phase 1 황색 시간
	...	...
34	RingYellow_B_8	Ring B Phase 8 황색 시간
35	Ringallred_A_1	Ring A Phase 1 all-red 시간
	...	...
42	Ringallred_A_8	Ring A Phase 8 all-red 시간
43	Ringallred_B_8	Ring B Phase 1 all-red 시간
	...	...
50	Ringallred_B_8	Ring B Phase 8 all-red 시간
51	RingMinPhase_A_1	Ring A Phase 1 최소녹색시간
	...	...
58	RingMinPhase_A_8	Ring A Phase 8 최소녹색시간
59	RingMinPhase_B_8	Ring B Phase 1 최소녹색시간
	...	...
66	RingMinPhase_B_8	Ring B Phase 8 최소녹색시간
67	RingMaxPhase_A_1	Ring A Phase 1 최대녹색시간
	...	...
74	RingMaxPhase_A_8	Ring A Phase 8 최대소녹색시간
75	RingMaxPhase_B_8	Ring B Phase 1 최대소녹색시간
	...	...
82	RingMaxPhase_B_8	Ring B Phase 8 최대소녹색시간
83	RingPedst_A_1	Ring A Phase 1 보행자시간
	...	...
90	RingPedst_A_8	Ring A Phase 8 보행자시간
91	RingPedst_B_8	Ring B Phase 1 보행자시간
	...	...
98	RingPedst_B_8	Ring B Phase 8 보행자시간
99	RingBeforePedst_A_1	Ring A Phase 1 보행자이전시간
	...	...
106	RingBeforePedst_A_8	Ring A Phase 8 보행자이전시간
107	RingBeforePedst_B_8	Ring B Phase 1 보행자이전시간
	...	...
114	RingBeforePedst_B_8	Ring B Phase 8 보행자이전시간
115	RingPedstFlash_A_1	Ring A Phase 1 보행자점멸시간
	...	...
122	RingBeforeFlash_A_8	Ring A Phase 8 보행자점멸시간
123	RingBeforeFlash_B_8	Ring B Phase 1 보행자점멸시간
	...	...
130	RingBeforeFlash_B_8	Ring B Phase 8 보행자점멸시간

⑥ 인접교차로정보 DB

신호제어를 위해 필요한 인접교차로의 교통상황과 무선검지자료 그리고 신호 운영 변수를 저장하는 공간으로 인접교차로정보 DB는 다시 3가지 DB로 분리하여 보관하게 됨.

- 인접교차로 교통상황 DB - 지점검지 및 구간검지 자료
- 무선검지자료 DB - 단말기 미장착 차량의 검지 자료
- 인접교차로 신호운영변수 DB - 인접교차로에서 운영되고 있는 신호운영변수 자료

⑦ 교통정보DB

운전자에게 신호제어기를 통해 구간정보(통행시간, 평균속도, 공사구간안내), 안전정보(딜레마 제어여부, 잔여녹색시간) 등을 제공하기 위한 DB로써, 각 정보 제공에 필요한 알고리즘 및 제공하고자 하는 정보를 보관하는 DB임.

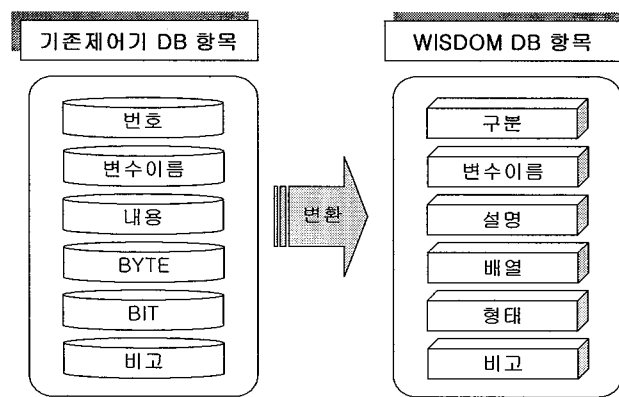
- 제공정보 1 가공알고리즘
- 제공정보 2 가공알고리즘
- 제공정보 3 가공알고리즘
- 제공정보 4 가공알고리즘
- 제공정보 5 가공알고리즘
- 제공정보 6 가공알고리즘
- 제공정보 7 가공알고리즘
- 제공정보 8 가공알고리즘

⑧ 기존제어기DB

기존의 신호구현 방식을 재현하기 위한 DB로서 TOD구현 및 COSMOS 알고리즘 구현을 위한 DB가 포함되어야 함. 또한 신호동화를 제어하기 위한 최소 입력자료인 Signal Map DB를 가지고 있어야 함. Signal Map DB란 한 주기동안

교통신호기에서 표출해야 할 출력 방법을 순서대로 지정하고 각 순서마다 물리적인 최소 시간과 최대 시간 제약을 지정하여 놓은 테이블을 말한다. 이러한 Signa Map을 통해 TOD DB와 알고리즘에서 얻어진 현시DB를 신호등화로 출력할 수 있음.

이러한 기존 제어기의 DB를 WISDOM 제어기 DB각 요구하는 형식에 맞추도록 경찰청에서 2004년 2월에 발간한 “교통신호제어기 표준규격서”의 해당내용을 이용하여 해당 항목별 특성치를 변환하였음.



<그림 3-33> WISDOM 제어기 DB 구축을 위한 기존제어기 DB 변환 방법

㉠ 교차로 제어 정보

구분	변수이름	설명	배열	형태	비 고
1	RNG_cont_mode	RNG 운영 모드	1	7	1: DUAL 0: SINGLE
2	cont_mode_od1	제어모드명령	1	6	0x00: LC SCU 고정제어 0x10: LC 제어모드(OFFLINE TOD 제어) 0x12: LC + ACTUATIONOFFLINE + 감응제어 0x14: RC + ACTUATIONONLINE + 감응제어 0x16: RC 제어모드(ONLINE 제어)
3	cont_mode_od2	제어모드명령	1	5	0x00: LC SCU 고정제어 0x10: LC 제어모드(OFFLINE TOD 제어) 0x12: LC + ACTUATIONOFFLINE + 감응제어 0x14: RC + ACTUATIONONLINE + 감응제어 0x16: RC 제어모드(ONLINE 제어)
4	cont_mode_od3	제어모드명령	1	4	0x00: LC SCU 고정제어 0x10: LC 제어모드(OFFLINE TOD 제어) 0x12: LC + ACTUATIONOFFLINE + 감응제어 0x14: RC + ACTUATIONONLINE + 감응제어 0x16: RC 제어모드(ONLINE 제어)
5	cont_mode_od4	제어모드명령	1	3	0x00: LC SCU 고정제어 0x10: LC 제어모드(OFFLINE TOD 제어) 0x12: LC + ACTUATIONOFFLINE + 감응제어 0x14: RC + ACTUATIONONLINE + 감응제어 0x16: RC 제어모드(ONLINE 제어)

구분	변수이름	설명	배열	형태	비 고
6	cont_mode_od5	제어모드명령	1	2	0x00 : LC SCU 고정제어 0x10 : LC 제어모드(OFFLINE TOD 제어) 0x12 : LC + ACTUATION(OFFLINE + 감응제어) 0x14 : FC + ACTUATION(ONLINE + 감응제어) 0x16 : FC 제어모드(ONLINE 제어)
7	cont_mode_od6	제어모드명령	1	1	0x00 : LC SCU 고정제어 0x10 : LC 제어모드(OFFLINE TOD 제어) 0x12 : LC + ACTUATION(OFFLINE + 감응제어) 0x14 : FC + ACTUATION(ONLINE + 감응제어) 0x16 : FC 제어모드(ONLINE 제어)
8	cont_mode_od7	제어모드명령	1	0	0x00 : LC SCU 고정제어 0x10 : LC 제어모드(OFFLINE TOD 제어) 0x12 : LC + ACTUATION(OFFLINE + 감응제어) 0x14 : FC + ACTUATION(ONLINE + 감응제어) 0x16 : FC 제어모드(ONLINE 제어)
9	RNG_B_phase_a d1	RING B PHASE ADVANCE	1	7	◇RC 모드 : RING B / PHASE 진행 1-8 : Ring-B Phase n 종료(B-RING FORCE-OFF) ◇LC 모드 : 1-8 : JUMP PHASE n 9 : PHASE ADVANCE
10	RNG_B_phase_a d2	RING B PHASE ADVANCE	1	6	◇RC 모드 : RING B / PHASE 진행 1-8 : Ring-B Phase n 종료(B-RING FORCE-OFF) ◇LC 모드 : 1-8 : JUMP PHASE n 9 : PHASE ADVANCE
11	RNG_B_phase_a d3	RING B PHASE ADVANCE	1	5	◇RC 모드 : RING B / PHASE 진행 1-8 : Ring-B Phase n 종료(B-RING FORCE-OFF) ◇LC 모드 : 1-8 : JUMP PHASE n 9 : PHASE ADVANCE
12	RNG_B_phase_a d4	RING B PHASE ADVANCE	1	4	◇RC 모드 : RING B / PHASE 진행 1-8 : Ring-B Phase n 종료(B-RING FORCE-OFF) ◇LC 모드 : 1-8 : JUMP PHASE n 9 : PHASE ADVANCE
13	RNG_A_phase_a d1	RING A PHASE ADVANCE	2	4	◇RC 모드 : RING A / PHASE 진행 1-8 : Ring-A Phase n 종료(A-RING FORCE-OFF) ◇LC 모드 : 1-8 : JUMP PHASE n 9 : PHASE ADVANCE
14	RNG_A_phase_a d2	RING A PHASE ADVANCE	2	3	◇RC 모드 : RING A / PHASE 진행 1-8 : Ring-A Phase n 종료(A-RING FORCE-OFF) ◇LC 모드 : 1-8 : JUMP PHASE n 9 : PHASE ADVANCE
15	RNG_A_phase_a d3	RING A PHASE ADVANCE	2	1	◇RC 모드 : RING A / PHASE 진행 1-8 : Ring-A Phase n 종료(A-RING FORCE-OFF) ◇LC 모드 : 1-8 : JUMP PHASE n 9 : PHASE ADVANCE
16	RNG_A_phase_a d4	RING A PHASE ADVANCE	2	0	◇RC 모드 : RING A / PHASE 진행 1-8 : Ring-A Phase n 종료(A-RING FORCE-OFF) ◇LC 모드 : 1-8 : JUMP PHASE n 9 : PHASE ADVANCE
17	Reserv_1	Reserved	3	-	-
18	Reserv_2	Reserved	4	-	-

㉔ 교차로 상황정보(기본정보일때의 교통신호기 상태정보 형식)

구분	변수이름	설명	배열	형태	비 고
1	Pow_fail	Power FAIL 상태	1	7	0: 정상 1: Power FAIL
2	contact	MCU와 SCU간 통신 상태	1	6	0: 정상 1: FAIL
3	light_fail	조광 제어 상태	1	5	0: 정상 1: 조광 제어중
4	RNG_control	RING 운영 방식	1	4	0: SINGLE-RING 1: DUAL-RING
5	BANK_num	BANK 번호	1	3	0: BANK 1 & 2 1: BANK 3 & 4
6	contol_mode1	교통신호기 운영 모드	1	2	0: SCU 고정주기 모드 1: 감응하지 않는 OFFLINE 제어모드 2: 감응되는 OFFLINE 제어모드 4: 감응되는 온라인 제어모드 5: 감응하지 않는 온라인 제어모드
7	contol_mode2	교통신호기 운영 모드	1	1	0: SCU 고정주기 모드 1: 감응하지 않는 OFFLINE 제어모드 2: 감응되는 OFFLINE 제어모드 4: 감응되는 온라인 제어모드 5: 감응하지 않는 온라인 제어모드
8	contol_mode3	교통신호기 운영 모드	1	0	0: SCU 고정주기 모드 1: 감응하지 않는 OFFLINE 제어모드 2: 감응되는 OFFLINE 제어모드 4: 감응되는 온라인 제어모드 5: 감응하지 않는 온라인 제어모드
9	Phase_A1	RING A의 PHASE	2	7	0 ~ 7
10	Phase_A2	RING A의 PHASE	2	6	0 ~ 7
11	Phase_A3	RING A의 PHASE	2	5	0 ~ 7
12	Phase_A4	RING A의 PHASE	2	4	0 ~ 7
13	Step_A1	RING A의 STEP	2	3	0 ~ 31
14	Step_A2	RING A의 STEP	2	2	0 ~ 31
15	Step_A3	RING A의 STEP	2	1	0 ~ 31
16	Step_A4	RING A의 STEP	2	0	0 ~ 31
17	Phase_B1	RING B의 PHASE	3	7	0 ~ 7
18	Phase_B2	RING B의 PHASE	3	6	0 ~ 7
19	Phase_B3	RING B의 PHASE	3	5	0 ~ 7
20	Phase_B4	RING B의 PHASE	3	4	0 ~ 7
21	Step_B1	RING B의 STEP	3	3	0 ~ 31
22	Step_B2	RING B의 STEP	3	2	0 ~ 31
23	Step_B3	RING B의 STEP	3	1	0 ~ 31
24	Step_B4	RING B의 STEP	3	0	0 ~ 31
25	Police_pasive	POLICE PANEL 수동진행 SW 상태	4	7	1: ON 0: OFF
26	Police_pres	POLICE PANEL 수동 SW 상태	4	6	1: ON 0: OFF
27	Police_on	POLICE PANEL 점멸 SW 상태	4	5	1: ON 0: OFF
28	Police_off	POLICE PANEL 소등 SW 상태	4	4	1: ON 0: OFF
29	conflict_fail	모순 상태	4	3	1: 모순 0: 정상
30	light_off_fial	소등 상태	4	2	1: 소등 0: 정상
31	light_on_fial	점멸 상태	4	1	1: 점멸 0: 정상

구분	변수이름	설명	배열	형태	비 고
32	db_fail	DATABASE 상태	4	0	1: 이상, 0: 정상
33	Flash_reas1	점멸 동작 원인	5	7	1: Power ON FLASH(초기화동작 점멸) 2: NORMAL FLASH(명령에 의한 점멸) 3: P.P. SW FLASH(수동 점멸) 4: CONFLICT FLASH(모순 점멸) 5: DB ERROR FLASH(DB 에러 점멸) 6: 소등(진입/해제) 점멸
34	Flash_reas2	점멸 동작 원인	5	6	1: Power ON FLASH(초기화동작 점멸) 2: NORMAL FLASH(명령에 의한 점멸) 3: P.P. SW FLASH(수동 점멸) 4: CONFLICT FLASH(모순 점멸) 5: DB ERROR FLASH(DB 에러 점멸) 6: 소등(진입/해제) 점멸
35	Flash_reas3	점멸 동작 원인	5	5	1: Power ON FLASH(초기화동작 점멸) 2: NORMAL FLASH(명령에 의한 점멸) 3: P.P. SW FLASH(수동 점멸) 4: CONFLICT FLASH(모순 점멸) 5: DB ERROR FLASH(DB 에러 점멸) 6: 소등(진입/해제) 점멸
36	Flash_reas4	점멸 동작 원인	5	4	1: Power ON FLASH(초기화동작 점멸) 2: NORMAL FLASH(명령에 의한 점멸) 3: P.P. SW FLASH(수동 점멸) 4: CONFLICT FLASH(모순 점멸) 5: DB ERROR FLASH(DB 에러 점멸) 6: 소등(진입/해제) 점멸
37	time_left	시차제 좌회전 여부	5	3	1: 수행중, 0: 수행 안함
38	manual_fail	MANUAL ENABLE /DISABLE 상태	5	2	1: ENABLE, 0: DISABLE
39	conflict_fail	CONFLICT ENABLE /DISABLE 상태	5	1	1: ENABLE, 0: DISABLE
40	door_open	DOOR OPEN 상태	5	0	1: OPEN, 0: CLOSED
41	conflict_ssr1	CONFLICT가 발생한 SSR번호	6	7	0 ~ 7
42	conflict_ssr2	CONFLICT가 발생한 SSR번호	6	6	0 ~ 7
43	conflict_ssr3	CONFLICT가 발생한 SSR번호	6	5	0 ~ 7
44	conflict_ssr4	CONFLICT가 발생한 SSR번호	6	4	0 ~ 7
45	conflict_ssrN1	CONFLICT가 발생한 회로번호	6	3	0PR, 1PG, 2R 3Y, 4A, 5G
46	conflict_ssrN2	CONFLICT가 발생한 회로번호	6	2	0PR, 1PG, 2R 3Y, 4A, 5G
47	conflict_ssrN3	CONFLICT가 발생한 회로번호	6	1	0PR, 1PG, 2R 3Y, 4A, 5G
48	conflict_ssrN4	CONFLICT가 발생한 회로번호	6	0	0PR, 1PG, 2R 3Y, 4A, 5G
49	detec_db1	DETECTOR DATA	7	-	채널별한재점유상태(1=점유,0=비점유)
50	detec_db2	DETECTOR DATA	8	-	채널별한재점유상태(1=점유,0=비점유)
51	detec_db3	DETECTOR DATA	9	-	채널별한재점유상태(1=점유,0=비점유)
52	detec_db4	DETECTOR DATA	10	-	채널별한재점유상태(1=점유,0=비점유)
53	cycle_count	주기 COUNTER	11	-	초
54	pre_cyc_time	전 주기 길이	12	-	초

구분	변수이름	설명	배열	형태	비 고
55	phase_time	현 주기	13	-	초
56	offset_time	연동값	14	-	OFFLINE 시
57	now_phase_N	유지 현시 번호	15	-	PHASE HOLD 명령을 받은 현시번호 1-8
58	skin_phase_N	생략 현시 번호	16	-	PHASE OMT 명령을 받은 현시번호 1-8
59			17	-	

(확장정보일 때의 ITS 연계장치 상태정보 형식)

구분	변수이름	설명	배열	형태	비 고
1	inport_ID	입력 포트 ID	1		통신포트 인덱스, 직렬이 아닌 경우 10 이상
2	Time_Stamp1	Time Stamp	2		샤분초
3	Time_Stamp2	Time Stamp	3		샤분초
4	Time_Stamp3	Time Stamp	4		샤분초
5	header_resd1	헤더 예약	5		
6	header_resd2	헤더 예약	6		
7	header_resd3	헤더 예약	7		
8	header_resd4	헤더 예약	8		
9	header_resd4	헤더 예약	9		
10	data_size	데이터 사이즈	10		헤더부를 제외한 데이터 크기
11-200	user_data	User Data	11-(200)	-	

④ DETECTOR INFORMATION UPLOAD

구분	변수이름	설명	배열	형태	비 고
1	deted01_rel	DETECTOR 01 Reserved	1	7	-
2	deted01_vol_err1	DETECTOR 01 VOLUME ERROR	1	6	1(ERROR), 0(정상)
3	deted01_occu_err1	DETECTOR 01 점유 ERROR	1	5	1(ERROR), 0(정상)
4	deted01_nonoctu_err1	DETECTOR 01 비점유 ERROR	1	4	1(ERROR), 0(정상)
5	deted01_dgit1	DETECTOR 01 DIGITAL 부 상태	1	3	1(고장), 0(정상)
6	deted01_anal1	DETECTOR 01 ANALOG 부 상태	1	2	1(고장), 0(정상)
7	deted01_loop1	DETECTOR 01 LOOP 상태	1	1	1(고장), 0(정상)
8	deted01_card1	DETECTOR 01 CARD 실장 상태	1	0	1(실장), 0(실장 안됨)
⋮	⋮	⋮		-	⋮
249	deted01_re32	DETECTOR 01 Reserved	32		-

구분	변수이름	설명	배열	형태	비 고
250	detec01_vol_err32	DETECTOR 01 VOLUME ERROR	32		1(ERROR), 0(정상)
251	detec01_occu_err32	DETECTOR 01 점유 ERROR	32		1(ERROR), 0(정상)
252	detec01_nonoccu_err32	DETECTOR 01 비점유 ERROR	32		1(ERROR), 0(정상)
253	detec01_digi32	DETECTOR 01 DIGITAL 부 상태	32		1(고장), 0(정상)
254	detec01_ana32	DETECTOR 01 ANALOG 부 상태	32		1(고장), 0(정상)
255	detec01_loop32	DETECTOR 01 LOOP 상태	32		1(고장), 0(정상)
256	detec01_card32	DETECTOR 01 CARD 실장 상태	32		1(실장), 0(실장 안됨)
257	detec01_card32	DETECTOR 01 비점유시간	33	-	정지선 : 녹색시간동안 누적 비점유시간 기타 : 주기동안 누적 비점 유시간 Unit = (초)
		:	:	-	
288	detec32_nonoccu62	DETECTOR 32 비점유시간	36	-	
289	detec01_occu_time1	DETECTOR 01 점유시간	65	-	정지선 : 녹색시간동안 누적 점유시간 기타 : 주기동안 누적점유시 간 Unit = (초)
		:	:	-	
340	detec01_occu_time32	DETECTOR 32 점유시간	96	-	
341	detec01_vol1	DETECTOR 01 교통량	97	-	정지선 : 녹색시간동안 교 통량 기타 : 주기동안교통량 Unit(대)
		:	:	-	
372	detec01_vol32	DETECTOR 32 교통량	128	-	
373	detec01_satura1	DETECTOR 01 포화도	129	-	정지선 : 포화도(0-255) 최화전대가 녹색시간 시작 이전 현시동 안 과점유가 발생했는지를 보고 0(발생 안함) 1:과점유발생) 영상검지기 등 대기계측가능 검지기 : (대기길이5 m)를 업로드 기타 : 0 (Reserved)
		:	:	-	
404	detec01_satura32	DETECTOR 32 포화도	160	-	
405	detec01_sat_spd_1	DETECTOR 01 포화교통류율/속도	161	-	직진 : 포화교통류율 (÷ 10) 좌회전 : 0 기타 : 속도(0-255 kph)
		:	:	-	
436	detec01_sat_spd_32	DETECTOR 32 포화교통류율/속도	192	-	
437	detec_sat_occu_t1	DETECTOR 01 포화비점유시간	193	-	직진 : 원래값x20 (UNT 50 MSEC) 좌회전 : 0 좌회전대기 : 해당 녹색시간 시작부터 카운트를 시작하여 녹색종결 후 적색동 안 GAP- CUT 될 때까지의 교통량
		:	:	-	
468	detec_sat_occu_t32	DETECTOR 32 포화비점유시간	224	-	

㉠ 현시정보 DOWNLOAD

구분	변수이름	설명	배열	형태	비 고
1	dwnRING_A_p1_time	RING A PHASE 1 운영 시간	1	-	(초)
2	dwnRING_A_p2_time	RING A PHASE 2 운영 시간	2	-	(초)
3	dwnRING_A_p3_time	RING A PHASE 3 운영 시간	3	-	(초)
4	dwnRING_A_p4_time	RING A PHASE 4 운영 시간	4	-	(초)
5	dwnRING_A_p5_time	RING A PHASE 5 운영 시간	5	-	(초)
6	dwnRING_A_p6_time	RING A PHASE 6 운영 시간	6	-	(초)
7	dwnRING_A_p7_time	RING A PHASE 7 운영 시간	7	-	(초)
8	dwnRING_A_p8_time	RING A PHASE 8 운영 시간	8	-	(초)
9	dwnRING_B_p1_time	RING B PHASE 1 운영 시간	9	-	(초)
10	dwnRING_B_p2_time	RING B PHASE 2 운영 시간	10	-	(초)
11	dwnRING_B_p3_time	RING B PHASE 3 운영 시간	11	-	(초)
12	dwnRING_B_p4_time	RING B PHASE 4 운영 시간	12	-	(초)
13	dwnRING_B_p5_time	RING B PHASE 5 운영 시간	13	-	(초)
14	dwnRING_B_p6_time	RING B PHASE 6 운영 시간	14	-	(초)
15	dwnRING_B_p7_time	RING B PHASE 7 운영 시간	15	-	(초)
16	dwnRING_B_p8_time	RING B PHASE 8 운영 시간	16	-	(초)
17	dwnoffset_time	OFFSET	17	-	(초)

㉡ 현시정보 UPLOAD

구분	변수이름	설명	배열	형태	비 고
1	upRING_A_p1_time	RING A PHASE 1 운영 시간	1	-	(초)
2	upRING_A_p2_time	RING A PHASE 2 운영 시간	2	-	(초)
3	upRING_A_p3_time	RING A PHASE 3 운영 시간	3	-	(초)
4	upRING_A_p4_time	RING A PHASE 4 운영 시간	4	-	(초)
5	upRING_A_p5_time	RING A PHASE 5 운영 시간	5	-	(초)
6	upRING_A_p6_time	RING A PHASE 6 운영 시간	6	-	(초)
7	upRING_A_p7_time	RING A PHASE 7 운영 시간	7	-	(초)
8	upRING_A_p8_time	RING A PHASE 8 운영 시간	8	-	(초)
9	upRING_B_p1_time	RING B PHASE 1 운영 시간	9	-	(초)
10	upRING_B_p2_time	RING B PHASE 2 운영 시간	10	-	(초)
11	upRING_B_p3_time	RING B PHASE 3 운영 시간	11	-	(초)
12	upRING_B_p4_time	RING B PHASE 4 운영 시간	12	-	(초)
13	upRING_B_p5_time	RING B PHASE 5 운영 시간	13	-	(초)
14	upRING_B_p6_time	RING B PHASE 6 운영 시간	14	-	(초)
15	upRING_B_p7_time	RING B PHASE 7 운영 시간	15	-	(초)
16	upRING_B_p8_time	RING B PHASE 8 운영 시간	16	-	(초)

㉮ CLOCK DOWNLOAD

구분	변수이름	설명	배열	형태	비 고
1	dow_year	YEAR	1	-	YEAR % 100
2	dow_month	MONTH	2	-	1 - 12
3	dow_day	DAY	3	-	1 - 31
4	dow_hour	HOUR	4	-	0 - 23
5	dow_mute	MINUTE	5	-	0 - 59
6	dow_sec	SECOND	6	-	0 - 59
7	dow_windex	WEEK INDEX	7	-	일(0), ..., 토(6)

㉯ CLOCK UPLOAD

구분	변수이름	설명	배열	형태	비 고
1	up_year	YEAR	1	-	YEAR % 100
2	up_month	MONTH	2	-	1 - 12
3	up_day	DAY	3	-	1 - 31
4	up_hour	HOUR	4	-	0 - 23
5	up_mute	MINUTE	5	-	0 - 59
6	up_sec	SECOND	6	-	0 - 59
7	up_windex	WEEK INDEX	7	-	일(0), ..., 토(6)

㉔ SPECIAL COMMAND

구분	변수이름	설명	배열	형태	비 고
1	shutdown	SHUTDOWN	1	7	교통신호기 SHUTDOWN
2	flash	FLASH	1	6	점멸 제어 가능
3	light	조광제어	1	5	조광 제어 가능
4	conflict	CONFLICT 상태	1	4	모순 감지 가능
5	passive	수동 기능	1	3	수동 조작 가능
6	CONFLICT RESET	CONFLICT RESET	1	2	모순 해제
7	SCU RESET	SCU RESET	1	1	등기구동부 리셋
8	MCU RESET	MCU RESET	2	0	주제어부 리셋
9	Reserved1	Reserved	2	7	
10	Reserved2	Reserved	2	6	
11	xcnt	운영자개입제어(Xcontrol)	2	5	교통신호기는 해당사항 없음
12	spi_back	Spill Back	2	4	앞면함 제어
13	phase_cmt	PHASE CMT	2	3	현시 생략 제어
14	phase_hold	PHASE HOLD	2	2	현시 유지 제어 현시 유지 제어
15	active_mode	감응제어 실행	2	1	좌회전 감응 제어
16	time_left	시차제 좌회전	2	0	시차제 제어 가능
17	control_cnoff	실행 여부	3	-	1번 2번 B메에 저장내용(1로 세트되어 있는 제어 기능들에 대하여 수행 또는 수행종료를 지시, 실행 ON(1)/OFF(0))
18	HOLD/CMT PHASE	HOLD/CMT PHASE	4	-	현시 유지/생략할 현시 번호
19	Reserved3	Reserved	5	-	
20	sp_back_code	Spill back 방향 Code	6	-	북 : 1, 동 : 2 남 : 3 서 : 4 북동 : 5 남동 : 6 남서 : 7 북서 : 8 주 방향은 Q 기준 방향이며, 스파백용도로 지정된 검지기는 운영자에 의해 이미 Q 기준으로 방향이 지정되어 있는 것으로 전제하므로 전송받은방향값으로 지정된 스파백검지기를 사용
21	minor_sp_back_phN	부현시 Spill back 적용 현시번호	7	7	조기종결할 부현시번호 [1 - 16] 1-8 : Aring 현시 9-16 : Bing 현시(X - 8 현시)
22	minor_sp_back_phN	부현시 Spill back 적용 현시번호	7	6	조기종결할 부현시번호 [1 - 16] 1-8 : Aring 현시 9-16 : Bing 현시(X - 8 현시)
23	minor_sp_back_phN	부현시 Spill back 적용 현시번호	7	5	조기종결할 부현시번호 [1 - 16] 1-8 : Aring 현시 9-16 : Bing 현시(X - 8 현시)
24	minor_sp_back_phN	부현시 Spill back 적용 현시번호	7	4	조기종결할 부현시번호 [1 - 16] 1-8 : Aring 현시 9-16 : Bing 현시(X - 8 현시)
25	maj_sp_back_phN	주현시 Spill back 적용 현시번호	7	3	조기종결할 주현시번호 [1 - 16] 1-8 : Aring 현시 9-16 : Bing 현시(X - 8 현시)
26	maj_sp_back_phN	주현시 Spill back 적용 현시번호	7	2	조기종결할 주현시번호 [1 - 16] 1-8 : Aring 현시 9-16 : Bing 현시(X - 8 현시)
27	maj_sp_back_phN	주현시 Spill back 적용 현시번호	7	1	조기종결할 주현시번호 [1 - 16] 1-8 : Aring 현시 9-16 : Bing 현시(X - 8 현시)
28	maj_sp_back_phN	주현시 Spill back 적용 현시번호	7	0	조기종결할 주현시번호 [1 - 16] 1-8 : Aring 현시 9-16 : Bing 현시(X - 8 현시)

○ 데이터베이스 프로토콜 상세

㉔ STARTUP CODE DOWNLOAD

구분	변수이름	설명	배열	형태	비 고																
1	Ring_control	RING 운영 상태 BIT <table border="1"><tr><td>7</td><td>6</td><td>5</td><td>4</td><td>3</td><td>2</td><td>1</td><td>0</td></tr><tr><td>*</td><td></td><td>①</td><td></td><td></td><td>②</td><td></td><td>③</td></tr></table> *reserved	7	6	5	4	3	2	1	0	*		①			②		③	1	-	①듀얼링가능시간비(최소유지동시시간, def=3, Ring 별 barrier가 이 시간비만큼의 시간차일 때 감응) ②앞마힘(0=안함, 1=MG 무시, 2=MG 유지) ③링구분(DUAL(1), SINGLE(0))
7	6	5	4	3	2	1	0														
*		①			②		③														
2	main_phase	주현시 지정 BIT <table border="1"><tr><td>7</td><td>6</td><td>5</td><td>4</td><td>3</td><td>2</td><td>1</td><td>0</td></tr><tr><td colspan="4">①</td><td colspan="4">②</td></tr></table>	7	6	5	4	3	2	1	0	①				②				2	-	①감응여부(0=감응안함1=GAP, 2=한계손실, 3=GAP+한계감응) ②주현시번호(1=현시, ...; 8=8현시)
7	6	5	4	3	2	1	0														
①				②																	
3	dual_phase	Dual 운영 현시 지정 BIT <table border="1"><tr><td>7</td><td>6</td><td>5</td><td>4</td><td>3</td><td>2</td><td>1</td><td>0</td></tr><tr><td>8</td><td>7</td><td>6</td><td>5</td><td>4</td><td>3</td><td>2</td><td>1</td></tr></table> Ph	7	6	5	4	3	2	1	0	8	7	6	5	4	3	2	1	3	-	각 현시별(1-8현시) Dual/Single여부를 Bit 1/0 로 지정(배리어는 고정이므로 짝수번째는 대부분 0으로 세트되며 Sub-배리어만 지정가능하므로 홀수번째만 지정됨) 예1) 0000001(1) → 1현시만 Dual 운영 예2) 0000100(4) → 3현시만 Dual 운영 예2) 0000101(5) → 1/3현시 모두 Dual
7	6	5	4	3	2	1	0														
8	7	6	5	4	3	2	1														
4	reserved_option	특수 옵션들 BIT <table border="1"><tr><td>7</td><td>6</td><td>5</td><td>4</td><td>3</td><td>2</td><td>1</td><td>0</td></tr><tr><td colspan="6">* (reserved)</td><td colspan="2">①</td></tr></table>	7	6	5	4	3	2	1	0	* (reserved)						①		4	-	① 수동진행시 (0MG유지, 1:MG무시)
7	6	5	4	3	2	1	0														
* (reserved)						①															
5	time_main_phase	시차제어 메인 현시 번호	5	-	주현시번호(1=현시, ...; 8=8현시)																
6	time_dual_phase	시차제어 DUAL 운영 지정	6	-	3번 Byte와 같은 방법으로 지정하되, 지정되어 있지 않으면 시차제어운영시에도 3번을 따름																
7	gap_time	Gap 감응 시간값	7	-	35 (unit = 100 msec) gap time																
8	loss_time	한계손실시간 감응 시간값	8	-	150 (unit = 100 msec)																

㉕ STARTUP CODE UPLOAD

구분	변수이름	설명	배열	형태	비 고
1			1		DOWNLOAD DATA와 동일 형식

㉖ HOLIDAY PLAN DOWNLOAD / UPLOAD

구분	변수이름	설명	배열	형태	비 고
1	hd_month	MONTH(1 ~ 12)	1		
2	hd_day	DAY(1 ~ 31)	2		
3	hd_planN	PLAN NO(1 ~ 10)	3		
⋮		⋮	⋮		
88	hd_month	MONTH(1 ~ 12)	88		
89	hd_day	DAY(1 ~ 31)	89		
90	hd_planN	PLAN NO(1 ~ 10)	90		

㉔ WEEK PLAN DOWNLOAD / UPLOAD

구분	변수이름	설명	배열	형태	비 고
1	planN	PLAN NO(1 ~ 10)	1		일요일
⋮			⋮		⋮
7	planN	PLAN NO(1 ~ 10)	7		토요일

㉕ DAY PLAN DOWNLOAD / UPLOAD

구분	변수이름	설명	배열	형태	비 고
1	planindex1	PLAN INDEX	1	7	10 개 플랜(각 16개의 운영시간표로 이루어진 일반 플랜 5, 시차플랜 5)에 대한 플랜 번호(0 - 9)
2	planindex2	PLAN INDEX	1	6	10 개 플랜(각 16개의 운영시간표로 이루어진 일반 플랜 5, 시차플랜 5)에 대한 플랜 번호(0 - 9)
3	planindex3	PLAN INDEX	1	5	10 개 플랜(각 16개의 운영시간표로 이루어진 일반 플랜 5, 시차플랜 5)에 대한 플랜 번호(0 - 9)
4	planindex4	PLAN INDEX	1	4	10 개 플랜(각 16개의 운영시간표로 이루어진 일반 플랜 5, 시차플랜 5)에 대한 플랜 번호(0 - 9)
5	Entry_index1	ENTRY INDEX	1	3	현재 DOWN(UP)되는 플랜의 16개 시간표 엔트리를 두 번으로 나눔 0 : ENTRY#1~ENTRY#8 1 : ENTRY#9~ENTRY#16
6	Entry_index2	ENTRY INDEX	1	2	현재 DOWN(UP)되는 플랜의 16개 시간표 엔트리를 두 번으로 나눔 0 : ENTRY#1~ENTRY#8 1 : ENTRY#9~ENTRY#16
7	Entry_index3	ENTRY INDEX	1	1	현재 DOWN(UP)되는 플랜의 16개 시간표 엔트리를 두 번으로 나눔 0 : ENTRY#1~ENTRY#8 1 : ENTRY#9~ENTRY#16
8	Entry_index4	ENTRY INDEX	1	0	현재 DOWN(UP)되는 플랜의 16개 시간표 엔트리를 두 번으로 나눔 0 : ENTRY#1~ENTRY#8 1 : ENTRY#9~ENTRY#16
9~28	dayplan_entry1	DAYPLAN ENTRY #01 [#09]	2~21	-	20 Bytes
29~48	dayplan_entry2	DAYPLAN ENTRY #02 [#10]	22~41	-	20 Bytes
⋮		⋮		-	20 Bytes
149~168	dayplan_entry8	DAYPLAN ENTRY #08 [#16]	142 ... 161	-	20 Bytes

㉠ FUNCTION TABLE DOWNLOAD / UPLOAD

DOWNLOAD

구분	변수이름	설명	배열	형태	비 고
1	down_month	월(1 ~ 12)	1	-	
2	down_day	일(1 ~ 31)	2	-	
3	down_day_d	요일(1:일요일 ~ 7:토요일)	3	-	
4	down_start_hour	시작 시(0 ~ 23)	4	-	
5	down_start_min	시작 분(0 ~ 59)	5	-	
6	down_end_hour	종료 시(0 ~ 23)	6	-	
7	down_end_min	종료 분(0 ~ 59)	7	-	
8	down_bit_func	BT 설정 내용 0: 조광제어, 1: 점멸제어, 2: 소등제어 3: 시차제어, 4: 감응제어, 5: 푸시버튼활성 6: 음향발생, 7: 예약	8	FUNCTION (1 - 7)	
:		:	:	:	:
80			80	-	

UPLOAD

구분	변수이름	설명	배열	형태	비 고
1	up_month	월(1 ~ 12)	1	-	
2	up_day	일(1 ~ 31)	2	-	
3	up_day_d	요일(1:일요일 ~ 7:토요일)	3	-	
4	up_start_hour	시작 시(0 ~ 23)	4	-	
5	up_start_min	시작 분(0 ~ 59)	5	-	
6	up_end_hour	종료 시(0 ~ 23)	6	-	
7	up_end_min	종료 분(0 ~ 59)	7	-	
8	up_bit_func	FUNCTION (1 - 7) 1: 조광제어, 2: 점멸제어 3: 소등제어, 4: 시차제어 5: 감응제어, 6: 보행자버튼 활성 7: 음향발생	8	-	
:		:	:	:	:
80			80	-	

㉔ SIGNAL MAP DOWNLOAD

구분	변수이름	설명	배열	형태	비 고															
1	signalmap	MAP INDEX	1		4-7 BIT: 일반제MAP=0, 시차제MAP=F 0-3 BIT: ARING=0, BRING=4 ex) <table><tr><th>맵종류</th><th colspan="2">일반제 맵</th><th colspan="2">시차제 맵</th></tr><tr><td>ARING</td><td>0x00</td><td>0x00</td><td>0xF0</td><td>0x00</td></tr><tr><td>BRING</td><td>0x00</td><td>0x04</td><td>0xF0</td><td>0x04</td></tr></table>	맵종류	일반제 맵		시차제 맵		ARING	0x00	0x00	0xF0	0x00	BRING	0x00	0x04	0xF0	0x04
맵종류	일반제 맵		시차제 맵																	
ARING	0x00	0x00	0xF0	0x00																
BRING	0x00	0x04	0xF0	0x04																
2	com_size	COMPRESSED SIZE	2		압축된 데이터 크기															
3	com_data	COMPRESSED DATA	3~ 압축크기		압축된 데이터 본체															

㉕ SIGNAL MAP UPLOAD

구분	변수이름	설명	배열	형태	비 고
1	map_normal	MAP 종류	1	7	0x00 : 일반제 MAP 0xF0 : 시차제 MAP
2	map_normal	MAP 종류	1	6	0x00 : 일반제 MAP 0xF0 : 시차제 MAP
3	map_normal	MAP 종류	1	5	0x00 : 일반제 MAP 0xF0 : 시차제 MAP
4	map_normal	MAP 종류	1	4	0x00 : 일반제 MAP 0xF0 : 시차제 MAP
5	ring_normal	RING 종류	1	3	0x0C(1100b) : BRING 0x08(1000b) : ARING
6	ring_normal	RING 종류	1	2	0x0C(1100b) : BRING 0x08(1000b) : ARING
7	ring_normal	RING 종류	1	1	0x0C(1100b) : BRING 0x08(1000b) : ARING
8	ring_normal	RING 종류	1	0	0x0C(1100b) : BRING 0x08(1000b) : ARING

㉔ FLASH MAP DOWNLOAD / UPLOAD

구분	변수이름	설명	배열	형태	비 고
1	veh_ssr1	VEH OF SSR 1	1	-	00h : Red Flash, 10h : Yellow Flash 20h : Arrow Flash, 30h : Green Flash
2	ped_ssr1	PED OF SSR 1	2	-	00h : OFF, 10h : Red Flash, 20h : Green Flash
3	veh_ssr2	VEH OF SSR 2	3	-	00h : Red Flash, 10h : Yellow Flash 20h : Arrow Flash, 30h : Green Flash
4	ped_ssr2	PED OF SSR 2	4	-	00h : OFF, 10h : Red Flash, 20h : Green Flash
5	veh_ssr3	VEH OF SSR 3	5	-	00h : Red Flash, 10h : Yellow Flash 20h : Arrow Flash, 30h : Green Flash
6	ped_ssr3	PED OF SSR 3	6	-	00h : OFF, 10h : Red Flash, 20h : Green Flash
7	veh_ssr4	VEH OF SSR 4	7	-	00h : Red Flash, 10h : Yellow Flash 20h : Arrow Flash, 30h : Green Flash
8	ped_ssr4	PED OF SSR 4	8	-	00h : OFF, 10h : Red Flash, 20h : Green Flash
9	veh_ssr5	VEH OF SSR 5	9	-	00h : Red Flash, 10h : Yellow Flash 20h : Arrow Flash, 30h : Green Flash
10	ped_ssr5	PED OF SSR 5	10	-	00h : OFF, 10h : Red Flash, 20h : Green Flash
11	veh_ssr6	VEH OF SSR 6	11	-	00h : Red Flash, 10h : Yellow Flash 20h : Arrow Flash, 30h : Green Flash
12	ped_ssr6	PED OF SSR 6	12	-	00h : OFF, 10h : Red Flash, 20h : Green Flash
13	chan_lane	가변차선 사용	13	-	0 : 무, 1 : 유
14	flash_time	Power ON FLASH TIME	14	-	0~28초 까지 표출 가능

㉔ DETECTOR CONFIGURATION DOWNLOAD

구분	변수이름	설명	배열	형태	비 고
1	detec_type	DETECTOR 01 Type	1	-	0: 1.8x1.8 1: 4.0x1.8 2: 원형 3: 루프호환 4: MAGNETIC 5: 영상 6: 기타
2	detec_direct	DETECTOR 01 방향	2	-	1: 북 5: 북동 2: 동 6: 남동 3: 남 7: 남서 4: 서 9: 북서
3	detec_local	DETECTOR 01 매설 위치	3	-	정지선으로부터의 거리 (m) (대기감지기는 ÷ 10)
4	detec_lane	DETECTOR 01 매설 차로	4	-	중앙선으로부터 1~10 차로
5	detec_purpose	DETECTOR 01 용도	5	-	1: 직진 2: 좌회전 3: 대기행렬 4: 앞막힘 5: 좌회전 대기 6: 기타
6	detec_lring	Ring	6	-	RING A: 1 RING B: 2
7	detec_phase	Phase	7	-	검지기 적용 현시 (1 ~ 8) 대기감지기는 상관 없음 (정지선 및 좌회전 대기감지기는 적용현시 필요)
8~14	-	DETECTOR 2 데이터	8~14	-	
⋮		⋮	⋮		⋮
211~ 217	-	DETECTOR 31 데이터	211~ 217	-	
218~ 224	-	DETECTOR 32 데이터	218~ 224	-	

㉕ DETECTOR CONFIGURATION UPLOAD

구분	변수이름	설명	배열	형태	비 고
-	-	-	-	-	DOWN LOAD DATA 와 동일

⑨ 영상검지자료DB

영상검지기를 통해 수집된 자료의 DB로써 대기행렬길이, 포화도, 차량평균속도 등을 보관한다. 기존의 COSMOS 제어기가 가지고 있는 영상검지기자료DB를

활용하도록 한다.

⑩ 무선검지기 자료

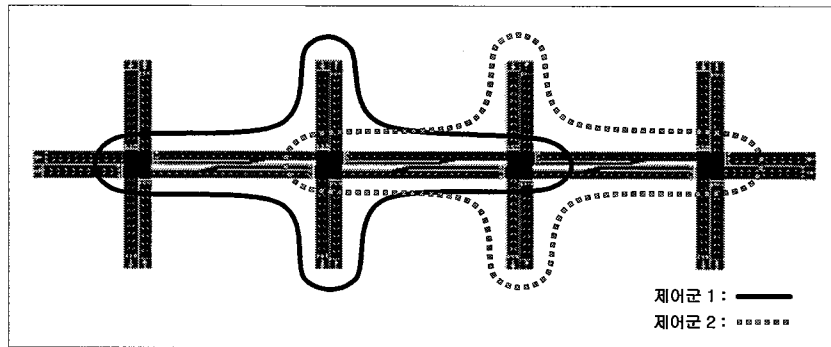
단말기 장착차량 database와 무선지점정보 database를 구분하여 설계한다. 이때 단말기 장착차량 database는 개별차량의 정보를 관리하여야 하므로 dynamic array를 사용한다.

(다) WISDOM Database Data Dictionary

WISDOM 알고리즘 개발과정에 사용 및 기록되는 변수의 통일화 및 이를 통한 WISDOM 신호제어기 활용성 증진을 위하여 WISDOM Data Dictionary를 개발하였다. 우선 개발되는 알고리즘에 사용되는 변수들의 사용수준 (Local/global)을 구분·정리하여 무선통신 Data Packet 설계(ISO/TC204)에 사용하며, Data 활용을 위한 XML 기반 Database scheme 개발 한다. Data Dictionary는 지속적으로 연구 개발 중이며 수정 및 보완작업을 실시하여야 한다.

(라) WISDOM database 평가방법 설계

WISDOM Database 개발과정에서 얻어진 입·출력 변수를 사용하여 앞으로 제어기에 탑재될 Database의 안정성 확인 및 적절성 평가를 위해 시뮬레이션 분석방법을 활용한다. 특히, Network와 연계된 Database의 안정성의 제고를 위해 CORSIM RTE를 이용하여 평가를 실시한다. 아래 그림에서 보듯이 모든 교차로의 제어기는 인접교차로의 정보를 상호 공유(송·수신)함으로써 연동을 맞출 수 있는데, 이를 위해 실제 Network Geometry를 입력하여 Network 연계 DB를 평가한다.



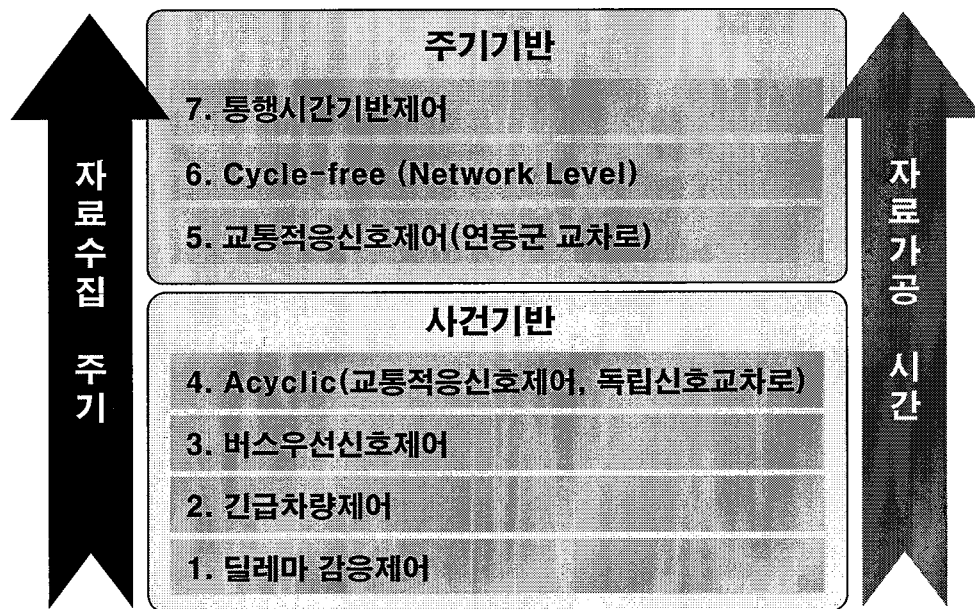
<그림 3-34> CORSIM RTE를 이용한 네트워크 DB Test 구성

다. 알고리즘 개발 개요

WISDOM에 탑재되는 신호제어알고리즘은 <표 3-26>과 같이 총 7개이며, 이들은 자료처리 특성에 따라 사건기반(event based)과 시간기반(time based) 신호제어로 각각 4개와 3개로 구분된다. 이러한 신호제어 특징은 검지기로 수집되는 원시자료를 사용가능한 자료로 가공되는 시간에 따른 특성을 반영한다. 자료가공 시간은 신호제어 용도에 따라 결정지어진다. WISDOM에 탑재되는 각 7개 신호제어 알고리즘의 해당부문 특성은 <그림 3-35>과 같이 도식화될 수 있다.

<표 3-26> 신호자료 처리방안별 WISDOM 신호제어알고리즘 구분

구분	자료처리	신호시간 설계시간 구분	적용 알고리즘
Level 1	사건기반	현재주기에서의 녹색시간 변동	딜레마 감응제어
			긴급차량우선제어
			버스우선제어
			교통적응신호제어 (독립교차로)
Level 2	주기기반	차기주기에서의 녹색시간 변동	교통적응신호제어 (연동군교차로)
			Cycle Free
			통행시간기반제어



<그림 3-35> 각 알고리즘별 자료가공시간 및 수집주기

이들 알고리즘은 신호교차로 및 전체 네트워크 교통상황에 따라 선택적으로 운영되어야 하며 선택된 알고리즘은 해당 상황에 적절하여야 한다. 신호제어 대상지역 알고리즘 운영, 신호운영전략, 현시운영방안을 공간특성과 시간대별 교통량 특성으로 구분하여 <표 3-27>에 제시하였다.

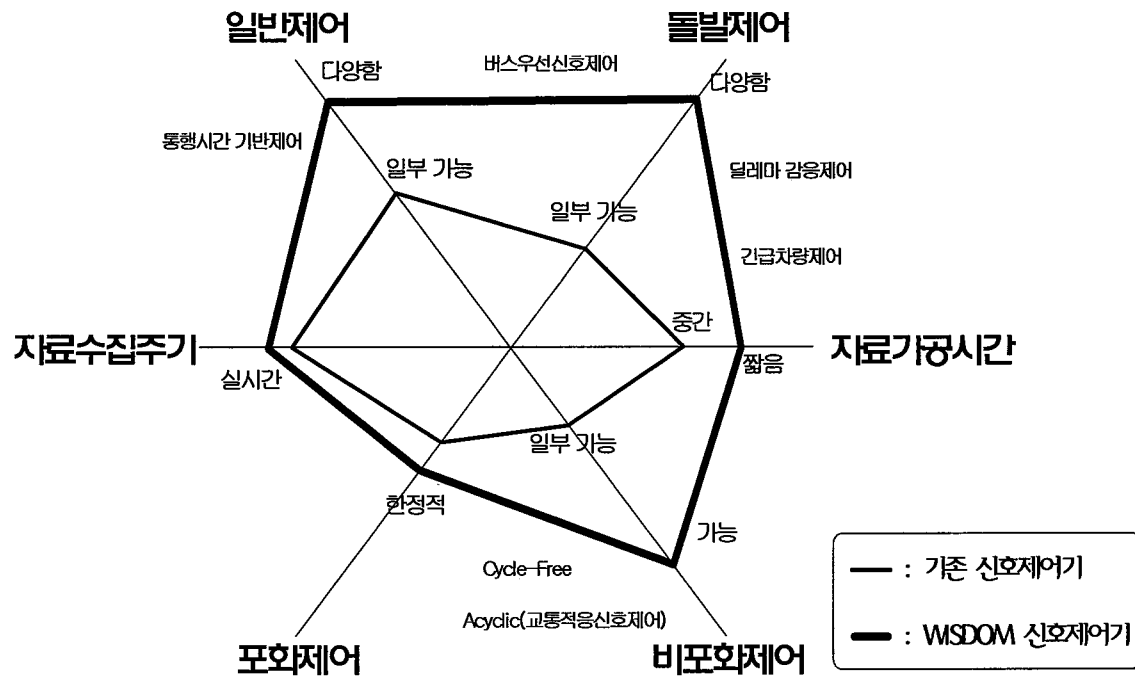
신호교차로 제어군은 기본적으로 연동운행을 위한 간선도로 군과 독립신호교차로 군으로 구분된다. 간선도로는 교통류의 흐름을 연속된 교차로를 원활하게 통과할 수 있게 하는 이동성에 목적을 두며 현시조합 및 신호운영변수를 설계하며, 독립신호교차로는 지체도, 정지 수, 대기행렬길이 등을 최소화함에 목적을 둔다. <표 3-27>은 이러한 전형적인 특성에 따른 도로구분을 토대로 돌발상황, 긴급차량 감지상황, 과포화 상황 등에 따른 복합 WISDOM 신호제어 알고리즘 운영전략을 요약한다.

<표 3-27> 복합 WISDOM 신호제어 알고리즘 운영전략

구 분		독립교차로	간선도로	네트 워크
포화 상태	교통 상태			
비 포 화 (주간)	일반	1. Acyclic Operation 2. 단위변동지체 최소화 (marginal delay minimization) 전략 3. 현시순서 고정운영 및 지역특성에 따른 현시순서 변동운영	1. Cyclic Operation for Progression 2. 다양한 제어전략 적용 가능-연구 중 -통행시간기반 신호제어 -지체최소화 제어 -연동기회 최대화 제어 -버스우선제어 3. 현시순서 고정운영	Cycle Free
	돌발 사고	1. Acyclic Operation 2. 단위변동지체 최소화 (marginal delay minimization) 전략 3. 현시순서 변동운영 (지역특성고려 현시순서 변동)	1. Cyclic & Acyclic Operation - 동적 제어군 조정(제어군분리/결합) 2. 사고발생지점별 운영전략 - Node: 해당교차로 독립운영 - Link: Link 좌우 교차로 독립운영 - 잔여구간 연동제어 (통과교통량 최대화 전략 적용) 3. 현시순서 고정 및 변동운영	동적 제어군 조정 (제어군분 리/결합)
	긴급 차량	1. Signal Preemption - 긴급차량 call 감지 시 긴급차량 진행방향 대상 신호 signal interruption (no hold other phases) 2. 긴급차량우선제어 전략 3. 현시순서 고정운영 - phase sequence holding with a phase interruption and insertion	1. Signal Preemption - 긴급차량 call 감지 시 긴급차량 진행방향 대상 신호 phase insertion - phase sequence holding 2. 긴급차량우선제어 전략 3. 현시순서 고정운영 - phase sequence holding with a phase interruption and insertion	
포 화	대기 공간 포화	1. Acyclic Operation 2. 포화링크의 수에 따른 전략설정 - 1개 link: 대기행렬 최소화 전략 - 2개 이상 link: 단위통과교통량 최대화 (marginal throughput maximization) 전략 3. 현시순서 고정운영	1. Cyclic & Acyclic Operation - 동적 제어군 조정(제어군분리/결합) 2. 포화링크의 수에 따른 전략설정 - 1개 link: 대기행렬 최소화 전략 - 2개 이상 link: 단위통과교통량 최대화 (marginal throughput maximization) 전략 3. 현시순서 고정운영	
	앞 막힘 발생	1. Acyclic Operation - 동적 제어군 결합 - 상류하류교차로 연계제어 실시 2. 하류교차로 신호제어전략 - 대기행렬 최소화 전략 3. 하류교차로 현시순서 변동운영 - 해당교차로 현시순서 고정운영	1. Cyclic & Acyclic Operation - 동적 제어군 조정(제어군분리/결합) 2. 하류교차로 신호제어전략 - 대기행렬 최소화 전략 3. 하류교차로 현시순서 변동운영 - 해당교차로 현시순서 고정운영	
	긴급 차량	1. Signal Preemption 2. 긴급차량우선제어 전략 - 긴급차량 call 감지 시 긴급차량 진행방향 대상 신호 signal interruption (no hold other phases) 3. 현시순서 고정운영 - phase sequence holding with a phase interruption and insertion	1. Signal Preemption - 긴급차량 call 감지 시 긴급차량 진행방향 대상 신호 phase insertion - phase sequence holding 2. 긴급차량우선제어 전략 3. 현시순서 고정운영 - phase sequence holding with a phase interruption and insertion	
비 포 화 (주간)	일반	1. Acyclic Operation 2. 단위변동지체 최소화 (marginal delay minimization) 전략 3. 현시순서 변동운영 Dynamic flashing operation	1. Cyclic Operation for Progression 2. 다양한 제어전략 적용 가능-연구 중 -통행시간기반 신호제어 -지체최소화 제어 -연동기회 최대화 제어 3. 현시순서 고정운영	
	돌발 사고	비포화(주간)과 동일	비포화(주간)과 동일	
	긴급 차량	비포화(주간)과 동일	비포화(주간)과 동일	

※ 1. 운영, 2. 신호운영전략, 3. 현시운영방안

1단계 개발된 알고리즘의 특성은 아래 그림과 같이 기존 신호제어기의 한계 부분 이었던 돌발 상황에 대한 대처능력 향상과 비포화시 특정상황(교통량 변화가 수시로 변화하는 상황)에 대한 대처 능력 향상을 들 수 있다.



<그림 3-36> 각 알고리즘별 특성 분포

이러한 WISDOM 개별 알고리즘에 대한 세부적인 사항은 아래 단락에서 정리·제시되어 있다. 1단계에서는 개별 알고리즘에 대한 개발 단계였으며, 2단계 개발에서는 각 알고리즘의 통합을 시도하며, 이에 대한 안정화 단계를 수행하였다.

2. 딜레마감응제어 및 긴급차량 신호제어

가. 1단계 딜레마감응제어 : 차내경고제어

(1) 기본개념

- 본 연구에서는 차량이 신호교차로 진입 시 신호변경으로 인해 발생할 수 있는 딜레마구간을 차량진입속도로 인한 정지거리(Stopping Distance, X_s), 진입거리(Continuation Distance, X_c) 및 통과거리(Clearance Distance, X_{dr})의 관계로 설정함⁵⁾
- 차량진입속도 v , 인지반응시간(PRT) t_{PRT} , 정지감속도 d , 중력가속도 g 및 교차로 종단구배 G 가 주어졌을 때 신호변경 시 차량의 정지거리는 다음과 같음

$$X_s = t_{PRT}v + \frac{v^2}{2(d + Gg)} \quad (\text{식 1})$$

- 황색시간(y)과 전적색시간(All-red, R)으로 구성되는 신호변경주기 즉, $I_G = y + R$ 동안 차량이 안전하게 신호교차로를 통과할 때 그 거리는 다음과 같음

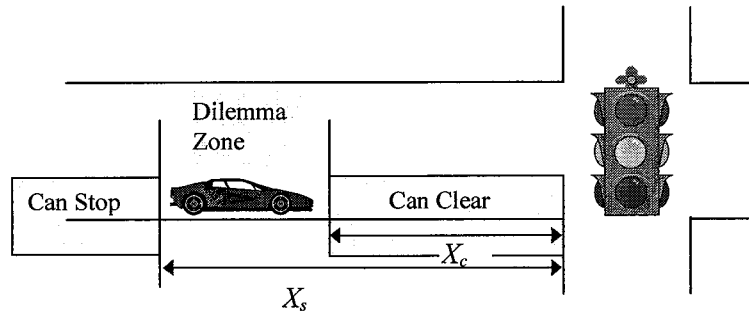
$$X_{dr} = I_G v \quad (\text{식 2})$$

- 차량길이 L 및 교차로폭 W_I 을 고려할 때 신호변경 시 차량의 진입 거리는 신호변경주기 동안의 통과 거리를 통해 다음과 같이 표현할 수 있음

$$X_{dr} = X_{dr} - (W_I + L) \quad (\text{식 3})$$

- 신호변경 시 교차로 정지선으로부터의 차량의 위치(X)에서 운전자가 차량의 속도로 인해 주어진 황색시간동안 교차로 진입 혹은 정지결정을 내리기 어려운 상황에 처할 때. 즉, $X_c < X < X_s$ 일 때의 구간을 딜레마구간, 그 반대의 상태 즉, $X_s < X < X_c$ 를 옵션구간이라고 정의함

5) ITE Technical Committee 4A-16. "Determining Vehicle Change Intervals". Institute of Transportation Engineers(ITE) Journal, May 1985, pp.61-64



<그림 3-37> 딜레마구간 개념도

(자료: 신호교차로 내 딜레마구간 차내경고시스템 개발, 2001)

- 신호변경주기는 위의 딜레마구간과 옵션구간을 제거하여 운전자가 의사결정을 안전하게 내릴 수 있도록 최적의 위치(Safe Decision Location; SDL)를 설정함으로써 결정됨
- 즉, $X_s = X_c$ 로부터 $I_G = y + R$ 를 구하면 다음과 같음

$$I_G = \left\{ t_{PRT} + \frac{v}{2(d + Gg)} + \left\{ \frac{1}{v} (W_I + L) \right\} \right\} \quad (\text{식 4})$$

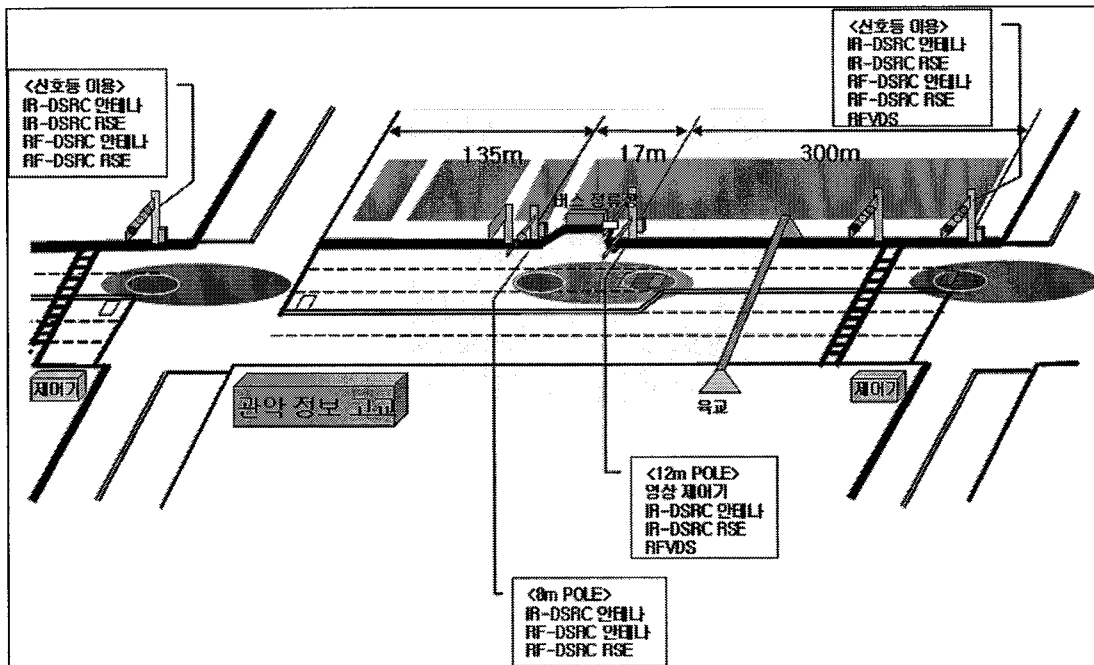
- 위의 식 우변 초항이 황색시간 y 로 ITE에서 제시한 1초의 PRT와 3.05 m/sec^2 의 정지감속도를 이용할 경우 60km/h의 접근속도 구간에서는 약 4.0초, 70km/h에서는 약 4.5초 그리고 80km/h 구간에서는 약 5.0초의 황색시간이 요구됨
- 결국 현재 적용되는 3.0초의 신호변경주기는 신호변경 정보를 미리 알려주기 위해 신호변경 시 진입속도 및 위치를 고려한 최적의 경보시간을 결정하는 것임

(2) 진입속도에 따른 경고체계 알고리즘 개발

① 가정

- 최대속도 : $v_{\max} = 25.8 \text{ m/sec} (93 \text{ km/h})$
- 황색시간 설정을 위한 기본속도 : $v_{\text{BASE}} = 12.5 \text{ m/sec} (45 \text{ km/h})$

- 운전자 인지반응 시간(t_{PRT}) : $t_{PRT} = 1.0\text{sec}$
- 정지 감속률 : $d = 3.05\text{m/sec}^2$
- 교차로 구배 : 평지부, $g = 0$
- 통신지연시간 : $t_{cmd} = 0.0\text{sec}$
- 현재 황색시간 : $y_{curnt} = 3.0\text{sec}$
- 노변안테나 1 위치 : $X_{RA1} = 152\text{m}$ (현장적용 위치)
- 노변안테나 2 위치 : $X_{RA2} = 135\text{m}$ (현장적용 위치)
- 제어기 초기 경고시간 : $T_{init} = 9.12\text{sec}$ (황색시간 이전)
- 차량은 일정한 속도로 교차로를 진입



<그림 3-38> 현장의 딜레마 존 구간

② 안전결정위치(Safe Decision Location, X_{safe})

- 현재의 일반적인 신호교차로 황색시간은 3초로 단지 교차로에 진입하는 차량의 속도가 45km/h일 때, 딜레마구간을 제거하기에 가능한 시간임
- 이것은 신호교차로 내 진입하는 차량의 속도가 45km/h보다 높은 범위로 진입하는 차량들에게는 황색시간 변경 시 딜레마구간에 빠질 가능성이 높다는 것을 의미함
- 딜레마구간을 제거하기 위해서 안전결정위치를 최대값으로 잡아주어야 하며, 여기서 최대값은 진입차량 속도의 85% 또는 95%의 속도로 잡아주어야 함

$$X_{safe} = v_{\max} \cdot (t_{PRT} + t_{cmd}) + \frac{v^2}{2d} \quad (\text{식 5})$$

여기서,

X_{safe} : 정지안전거리(m)
 $v_{\max}$: 교차로접근최대속도(m/s)
 t_{cmd} : 통신지연시간(초)
 d : 감속도

- 이러한 경우 황색시간은 다음과 같음;

$$y_{reqd} = t_{PRT} + \left(\frac{v_{\max}}{2d} \right) \quad (\text{식 6})$$

③ 노변안테나 2의 위치 결정(Determination of Roadside Antenna 2 Location, X_{RA2})

- 진입차량 최대속도($v_{\max}$)의 안전결정위치와 신호제어기로부터 차내장치까지의 통신지연시간(t_{cmd})을 기반으로 노변안테나의 적정위치를 다음과 같이 구할 수 있음

$$\begin{aligned}
X_{RA2} &= v_{\max} \cdot (t_{PRT} + t_{cmd}) + \left(\frac{v^2}{2 \cdot d} \right) \\
&= X_{safe} + (v_{\max} \cdot t_{cmd})
\end{aligned}
\tag{식 7}$$

- 만일, 신호제어기와 차내장치간 통신지연시간이 발생하지 않는다면, 노변안테나 위치는 안전결정위치와 같은 지점임

예를 들면, $X_{RA2}=135\text{m}$, $v_{\max}=93\text{km/h}(25.8\text{m/sec})$, $t_{cmd}=0\text{초}$

- 통신지연시간은 다음의 과정에서 발생함

- 노변안테나에서 차내장치로 전송 시 지연시간(t_{RA-ID})

- 차내장치 자체에서 처리 시 지연시간(t_{ID})

- 이러한 통신전달 과정에서의 지연시간을 공식화하면 다음과 같음;

$$t_{cmd} = t_{RA-ID} + t_{ID} \tag{식 8}$$

- 노변안테나 1의 위치는 노변안테나 2의 이전에 위치하며 이는 차량을 검지하여 차량이 딜레마구간에 걸렸을 때 경고를 줄 수 있도록 준비하는 기능을 함

④ 초기경고시간 결정(Determination of Warning Initiation Time, T_{init})

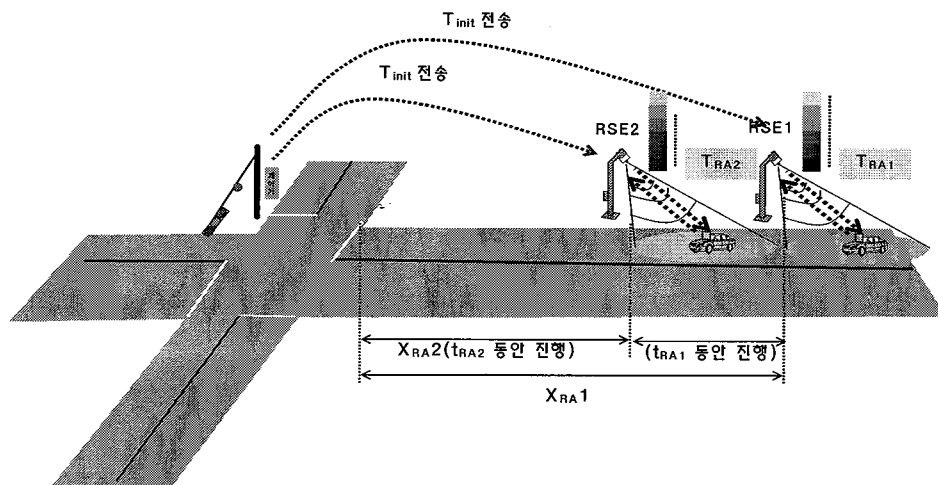
- 초기경고시간은 신호제어기에서 황색신호시작 이전의 신호현시 변화정보를 제공하기 위한 시작점으로 정의함
- 초기경고시간은 현재의 황색시간과 노변안테나의 위치 관계식에서 결정됨
- 초기경고시간은 노변안테나 1의 위치와 45km/h의 기본속도로 설정함. 이를 공식화 하면 다음과 같음;

$$T_{init} = \frac{(X_{RA1} - X_{stopbase})}{v_{\Delta}} \tag{식 9}$$

- 신호제어기는 차량이 노변안테나를 통과할 때 딜레마구간의 유무에 관계없이 황색시간 이전 시간을 노변안테나1과 노변안테나2에 초기경고시간을 전송하여야 함

⑤ 노변안테나의 경고 발생(Roadside Equipment Warning)

- 경고 활성화
 - 신호제어기는 노변안테나1과 노변안테나2에 초기경고시간(T_{init})을 전송하며 노변안테나는 녹색신호가 끝날 때까지의 황색시간 이전의 시간을 발생함
 - 이 정보는 차량이 노변안테나를 통과할 때의 시각점(T_{RA1} , T_{RA2})에서 녹색잔여 시간을 얻는 것을 의미함, $0 < T_{RA2} < T_{RA1} < T_{init}$
 - 노변안테나는 차량 검지시의 시각을 저장하고 있음
- 경고 발생
 - 차량이 노변안테나2를 통과할 때 녹색 잔여시간과 통과 시 녹색잔여시각을 계산하여 딜레마 구간인지를 판단함



<그림 3-39> 딜레마 감응제어 개념도

$$t_{RA2} = \frac{X_{RA2} \times t_{RA1}}{(X_{RA1} - X_{RA2})} < T_{RA2} \quad (\text{식 } 10)$$

X_{RA1} : RSE1까지의 거리(m)

X_{RA2} : RSE2까지의 거리(m)

t_{RA1} : 차량이 RSE1에 도착하여 RSE2까지 걸린 시간(sec)

t_{RA2} : 차량이 RSE2에 도착하여 정지선까지 걸린 시간(sec)

T_{RA1} : 경고활성화 이후 RSE1에서 차량이 검지된 시각(sec)

T_{RA2} : 경고활성화 이후 RSE2에서 차량이 검지된 시각(sec)

- 노변안테나2는 차량에 딜레마 구간을 통과한다고 판단되면 단말기에 경고 명령을 내리며 단말기는 경고음을 발생시킴

(3) 현장적용 알고리즘

① 일반 알고리즘

- 신호교차로 내 차내경고시스템 개발을 위한 알고리즘은 위에서 제시하였으며, 신호교차로에 접근하는 차량 속도군에 따라 적용되는 일반적인 알고리즘은 다음과 같음

㉠ $0 < T_{RA2} < T_{RA1} \leq T_{init}$ 일 경우,

- 경고 활성화 : T_{RA1}, T_{RA2} (황색시간 이전), $0 < T_{RA2} < T_{RA1} \leq T_{init}$

- 경고 표출 : $t_{RA2} = \frac{X_{RA2} \times t_{RA1}}{(X_{RA1} - X_{RA2})} < T_{RA2}$

㉡ $0 < T_{RA2} \leq T_{init} < T_{RA1}$ 일 경우,

- 경고 활성화 : T_{RA1}, T_{RA2} (황색시간 이전), $0 < T_{RA2} \leq T_{init} < T_{RA1}$

- 경고 표출 : $t_{RA2} = \frac{X_{RA2} \times t_{RA1}}{(X_{RA1} - X_{RA2})} < T_{RA2}$

- 경고음 유형

- 경고 지연시간동안 : 단계적으로 저음에서 고음 표출
- 경고 지연 후 : 약 $1.0(t_{PRT})$ 동안 강한 연속음

- 알고리즘

- If, $T_{init} < T_{RA2}$: No Activate
- If, $0 < T_{RA2} < T_{RA1} < T_{init}$: Activate but No Beeper
- If, $t_{RA2} = \frac{X_{RA2} \times t_{RA1}}{(X_{RA1} - X_{RA2})} < T_{RA2}$: Activate and Beeper
- If, $T_{RA2} < 0$: No signal

② 알고리즘 순서

㉓ T_{init} 결정되면 노변안테나1과 2에 경고활성화 명령

㉔ 노변안테나 1과 2는 전송받은 T_{init} 을 100ms으로 count함

㉔-1 : 노변안테나1에 차량이 도착했을 때, 활성화 시간이면 단말기를 활성화, 검지시각(T_{RA1} 저장)

㉔-2 : 노변안테나1에 차량이 도착했을 때, 활성화 시간이 아니면 활성화 없이 그냥 통과

㉔-1 : 노변안테나2에 차량이 도착했을 때, 검지시각(T_{RA1} , T_{RA2})과 노변안테나 거리(X_{RA1} , X_{RA2})로 딜레마 구간 산정

㉔ 딜레마구간으로 판단되면 단말기는 경고음을 표출

○ 현장에 적용될 알고리즘 변수값은 다음 <표 3-140>과 같음

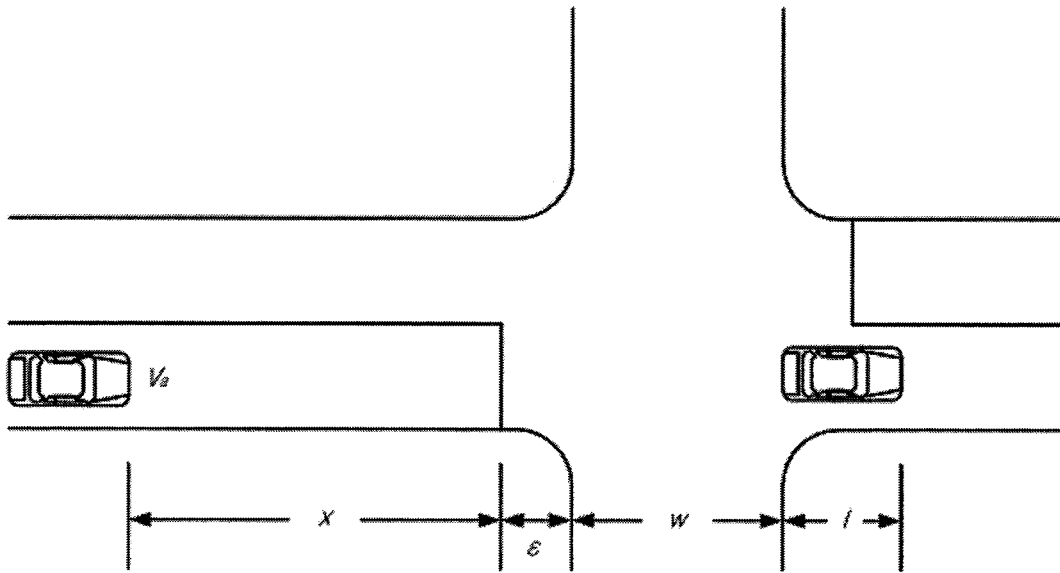
<표 3-28> 현장 적용알고리즘 변수값

속도 (km/h)	m/sec	Xstop (m)	XRA1 (m)	XRA2 (m)	Tinit (sec)	tRA1 (sec)	tRA2 (sec)
93	25.8	134.9	152.0	135.0	9.12	0.66	5.23
85	23.6	114.9	152.0	135.0	9.12	0.72	5.72
80	22.2	103.0	152.0	135.0	9.12	0.77	6.08
75	20.8	91.7	152.0	135.0	9.12	0.82	6.49
70	19.4	81.1	152.0	135.0	9.12	0.88	6.96
65	18.1	71.8	152.0	135.0	9.12	0.94	7.46
60	16.7	62.4	152.0	135.0	9.12	1.02	8.08
55	15.3	53.7	152.0	135.0	9.12	1.11	8.82
50	13.9	45.6	152.0	135.0	9.12	1.22	9.71
45	12.5	38.1	152.0	135.0	9.12	1.36	10.80

나. 1단계 딜레마 감응제어 : 신호현시 변경제어

(1) 딜레마존 (Dilemma Zone) 정의 및 개요

딜레마존은 신호교차로에 접근하는 운전자가 황색신호가 등화된 것을 알았지만 정지선에 안전하게 정지하기가 물리적으로 불가능하고 계속 주행을 해도 황색시간 동안에 교차로를 안전하게 통과하지 못하는 구간을 나타낸다. 딜레마존에 가장 큰 영향을 미치는 황색신호 시간의 설정은 신호교차로 운영 및 안전에 매우 큰 영향을 미치게 된다. 국내 도로교통법 시행규칙(제5조 제2항 별표 3)에 따르면, “황색 신호 등화시 차마는 정지선이 있거나 횡단보도가 있을 때에는 그 직전이나 교차로의 직전에 정지하여야 하며, 이미 교차로에 진입하고 있는 경우에는 신속히 교차로 밖으로 진행하여야 한다”고 규정하고 있다.



<그림 3-150> 딜레마존에 영향을 미치는 요소

즉, 차량은 1) 황색시간 등화시점에 정지선에 멈출 수 있어야 하고, 2) 교차로 내에 있는 차량은 교차로를 벗어날 수 있어야 한다. 첫 번째 조건을 만족시키는 황색시간(Y)은 (식11)을 충족시켜야 하고, 두 번째 조건을 만족시키는 전적색 신호시간(R)은 (식12)를 만족시켜야 한다.

$$Y \geq \frac{V_a \tau + \frac{V_a^2}{2(d+Gg)} + \epsilon}{V_{g0}} \quad (\text{식 11})$$

여기서, V_a : 교차로의 접근로 진입시 차량주행속도(m/sec)

V_{g0} : 교차로 통과시 차량주행속도(m/sec)

τ : 운전자의 반응시간(sec) (기본 값 $\tau=1$)

d : 감속도(m/sec)

G : 교차로 종단 구배

g : 중력가속도(m/sec²)

ϵ : 정지선과 연석까지의 거리(m)

$$R \geq \frac{w+l}{V_{go}} \quad (\text{식 } 12)$$

여기서, w : 교차로 폭(m), l : 차량길이(m)

만약, 차량의 속도에 변화가 없다고 가정하면 (식 11)은 (식 13)과 같이 단순화할 수 있다.

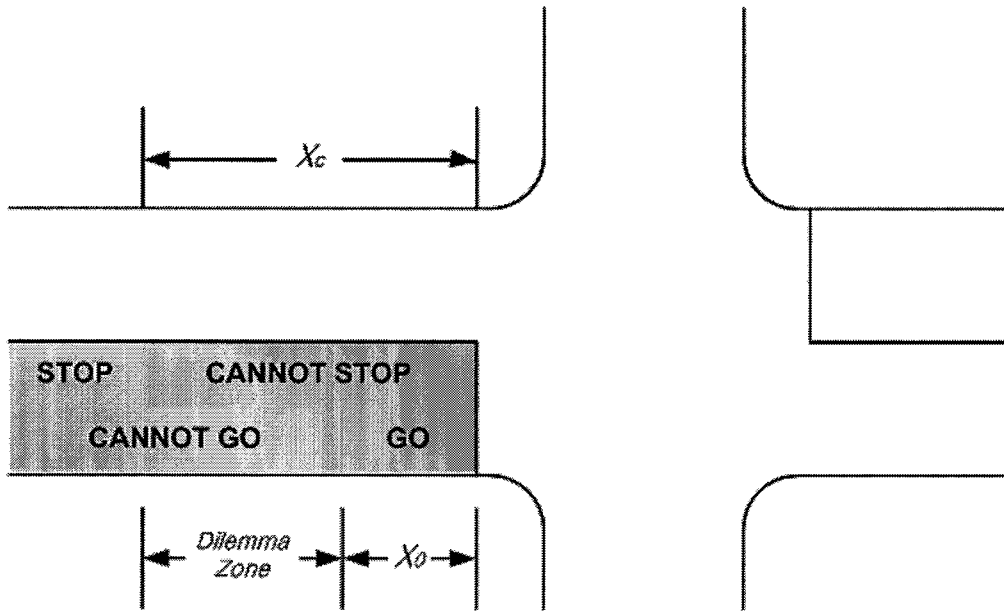
$$Y \geq \tau + \frac{V_a}{2(d+Gg)} + \frac{\epsilon}{V_a} \quad (\text{식 } 13)$$

미국 ITE (Institute for Transportation Engineers)에서 권장하는 신호변경간격(Signal Change Interval(SCI)), 즉 $Y+R$ 은 (식 14)와 같다.

$$Y+R \geq \tau + \frac{V_{85}}{2(d+Gg)} + \frac{\epsilon}{V_a} + \frac{w+l}{V_{15}} \quad (\text{식 } 14)$$

여기서, V_{85} : 85th percentile 속도(m/sec)

V_{15} : 15th percentile 속도(m/sec)



<그림 3-41> 딜레마존 개념도

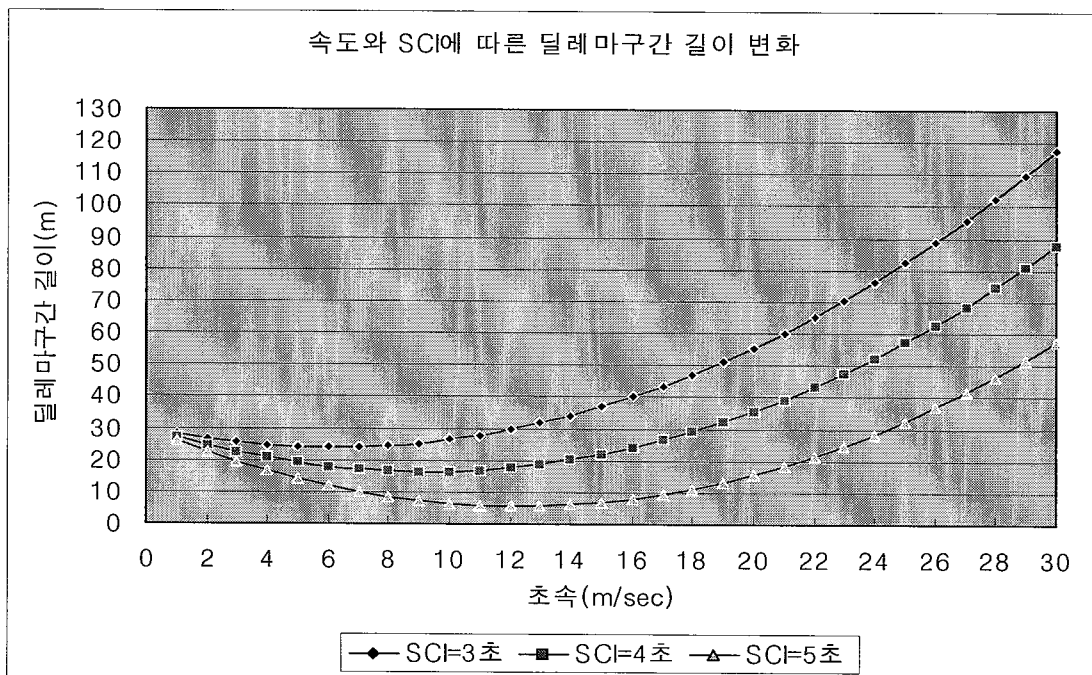
<그림 3-41>에서 차량이 교차로의 정지선에 안전하게 정지할 수 있는 임계정지거리를 X_c , 정지선을 안전하게 통과할 수 있는 임계진행거리를 X_o 로 나타낼 때 딜레마존은 X_c 가 X_o 보다 클 때 발생하게 된다. 즉 딜레마존 영역(D)는 $D = X_c - X_o$ 로 나타낼 수 있으며 (식 15)와 같이 표현되며, 정리하면 (식 16)과 같다. 즉, 딜레마 존을 최소화하는 신호변경간격(SCI)인 (식 14)가 도출된다.

$$D = X_c - X_o = \left[V_a T + \frac{V_a^2 (d + Gg)}{2} \right] - \left[V_a \cdot SCI - (w + l + \epsilon) \right] \quad (\text{식 15})$$

$$D = V_a T + \frac{V_a^2 (d + Gg) + w + l + \epsilon - V_a \cdot SCI}{2} \quad (\text{식 16})$$

(식 6)에서 나타난 바와 같이 딜레마존의 크기에 영향을 미치는 요소는 다음과 같다.

- 차량의 진입 속도
- 교차로 기하구조(차선폭, 구배 등)
- 차량의 종류 및 가감속 성능
- 운전자 반응시간
- 신호변경간격 시간 (Y+R)



<그림 3-42> 속도와 신호변경간격에 따른 딜레마 구간 길이 변화

딜레마존의 일반적인 특성은 다음과 같다.

- 황색신호와 전적색신호 시간이 고정되어 있는 경우 차량의 주행속도가 높을수록 딜레마존은 커짐
- 차량의 주행속도가 일정하였을 경우 황색신호와 전적색신호가 길수록 딜레마존은 커짐
- 운전자의 반응시간이 길수록 딜레마존이 커짐

- 차량의 감속할 수 있는 능력이 작을수록 딜레마존이 커짐
- 중형차량 일수록 딜레마존에 빠질 위험이 더 높음
- 교차로 내부의 크기가 클수록 딜레마존이 커짐

(2) 딜레마 감응제어의 목적과 원리

딜레마 감응제어의 목적은 주로 한산한 교통 상태에서 황색신호 직후의 추돌 사고의 위험성 및 완전한 적색신호 상태에서 교차로에 진입함으로써 발생하는 충돌사고의 위험성을 감소시키는 것을 목적으로 한다. <그림 3-43>는 황색 신호시 차량의 위치와 속도와의 관계를 설명해 주고 있다. <그림 3-44>에서 a는 차량이 가감속 하지 않고 황색시간 중에 주행한 거리를 나타내고, b는 황색 신호시 차량이 감속하여 정지 할 때 까지 주행한 거리를 보여주고 있다.

$$a = V \cdot Y \quad (\text{식 } 17)$$

V: 차량주행속도(m/sec)

Y: 황색 표시시간 (sec)

$$b = V\tau + \frac{V^2}{2(d+Gg)} \quad (\text{식 } 18)$$

V: 차량주행속도(m/sec)

τ : 운전자의 반응시간(sec) (기본 값 $\tau=1$)

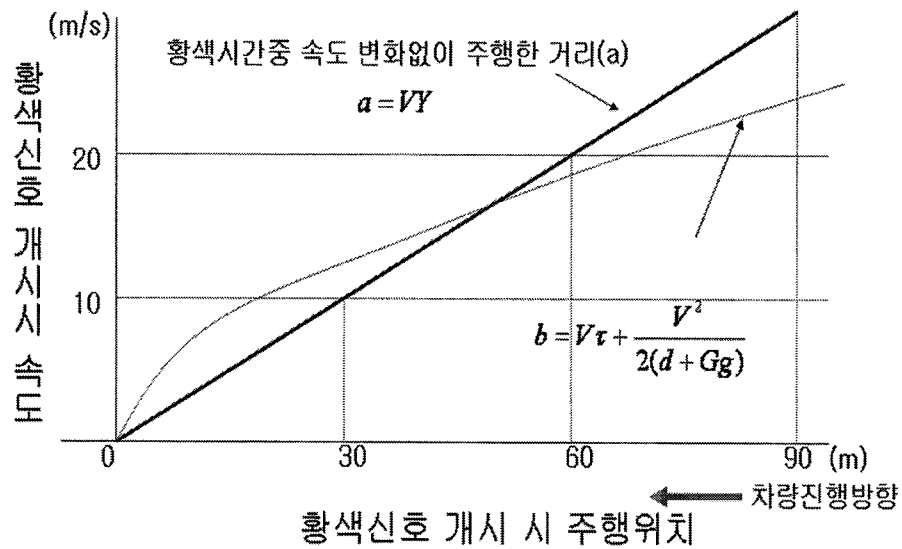
d: 감속도(m/sec)

G: 교차로 종단 구배

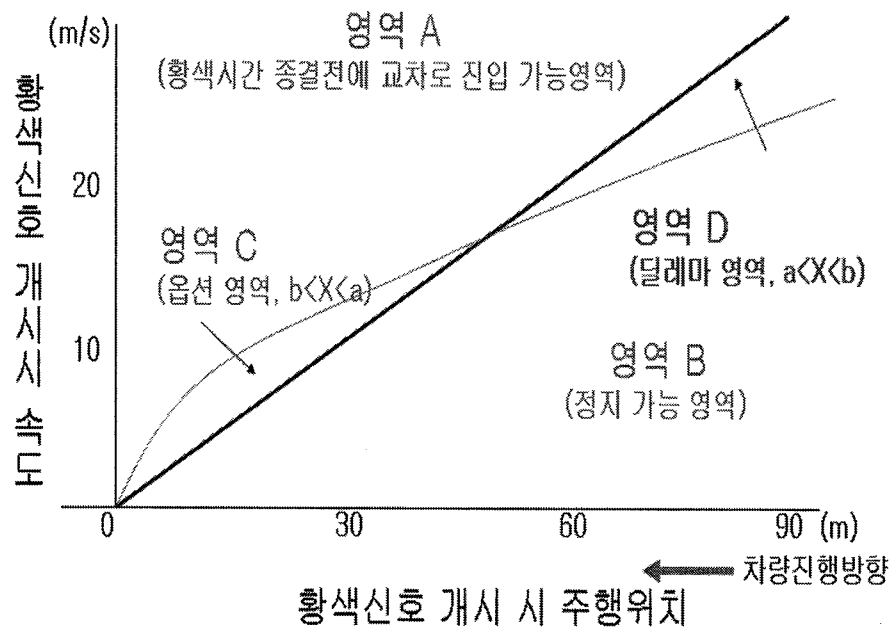
g: 중력가속도(m/sec²)

신호변경시 교차로의 정지선으로부터의 차량의 위치X에서 차량의 속도로 인해 황색시간 동안 교차로에 진입할 수 도 없고 정지할 수 도 없는 상황 즉, $a < X < b$ 일 때를 딜레마 구간이라 하고 진입할 수도 정지할 수도 있는 구간($b < X < a$)을 옵션 구간이라 한다. <그림 3-44>은 황색신호 개시시의 차량주행 위치, 차량속

도 및 황색신호 시간에 따라 결정되는 영역을 나타내 주고 있다.



<그림 3-43> 황색 신호시 차량의 위치와 속도



<그림 3-44> 차량의 진입 속도와 위치에 따른 영역

(3) 제어방식

딜레마존을 최소화하기 위해서는 교차로 상류부에서 차량의 속도 및 위치를 검지하여 황색신호시간이나 녹색시간을 연장하는 방법이 있다. 본 보고서에서는 차량의 진입속도를 일정하다고 가정하고 그에 따라 결정되는 딜레마구간의 고정된 제어영역을 갖는 방식을 정적(시스템) 딜레마감응 제어라고 정의 하고 각각 차량의 진입속도에 따라 차량별로 다르게 형성되는 가변적 딜레마 제어방식을 동적 딜레마 감응제어로 구분한다. 정적 딜레마 감응제어는 딜레마 존을 최소화하기 위해 녹색시간을 조기 종결 혹은 연장하는 방식이고 동적딜레마 감응제어는 황색신호 등화전에 차량의 최적속도를 제공함으로써 딜레마존에 속한 차량의 수를 최소화 하는 방식을 따른다.

① 정적딜레마 감응 방식

매 차량이 상류부 검지기를 통과할 때 차량의 속도를 측정하여 딜레마 구간의 크기와 위치를 결정하는 방식으로 일정시간 동안 딜레마 차량을 검색하여 딜레마 차량에 대해 조기 종결 또는 신호연장을 수행한다. 딜레마 차량에 대해 신호를 연장할 때 최대 녹색연장시간을 초과하지 않게 하고 연장하였을 때 최대녹색연장시간을 초과하게 될 경우는 조기 종결을 결정한다.

여기서 주요 결정 시간 변수는 다음과 같이 결정된다.

딜레마존의 결정은 (식 19)의 결과에 따른다.

$$V_{\tau} + \frac{V^2}{2(d+Gg)} - VY \quad (\text{식 19})$$

황색시간 표출시의 차량의 위치는 상류부 검지기 위치에서 차량이 검지기를 통과한 후 황색신호가 등화 될 때의 시간(t)동안 차량이 주행한 거리를 빼면 얻어지며 (식 20)에 의해 결정 된다.

$$L_d - t \cdot V \quad (\text{식 } 20)$$

신호의 연장 시간과 조기 종결시간은 식 각각 (식 21)과 (식 22)에 의해 결정된다.

$$\frac{L_d - t \cdot V - V \cdot Y}{V} \quad (\text{식 } 21)$$

$$\frac{l_d - (V\tau + \frac{V^2}{2(d+Gg)})}{V} \quad (\text{식 } 22)$$

② 동적 딜레마 감응 방식

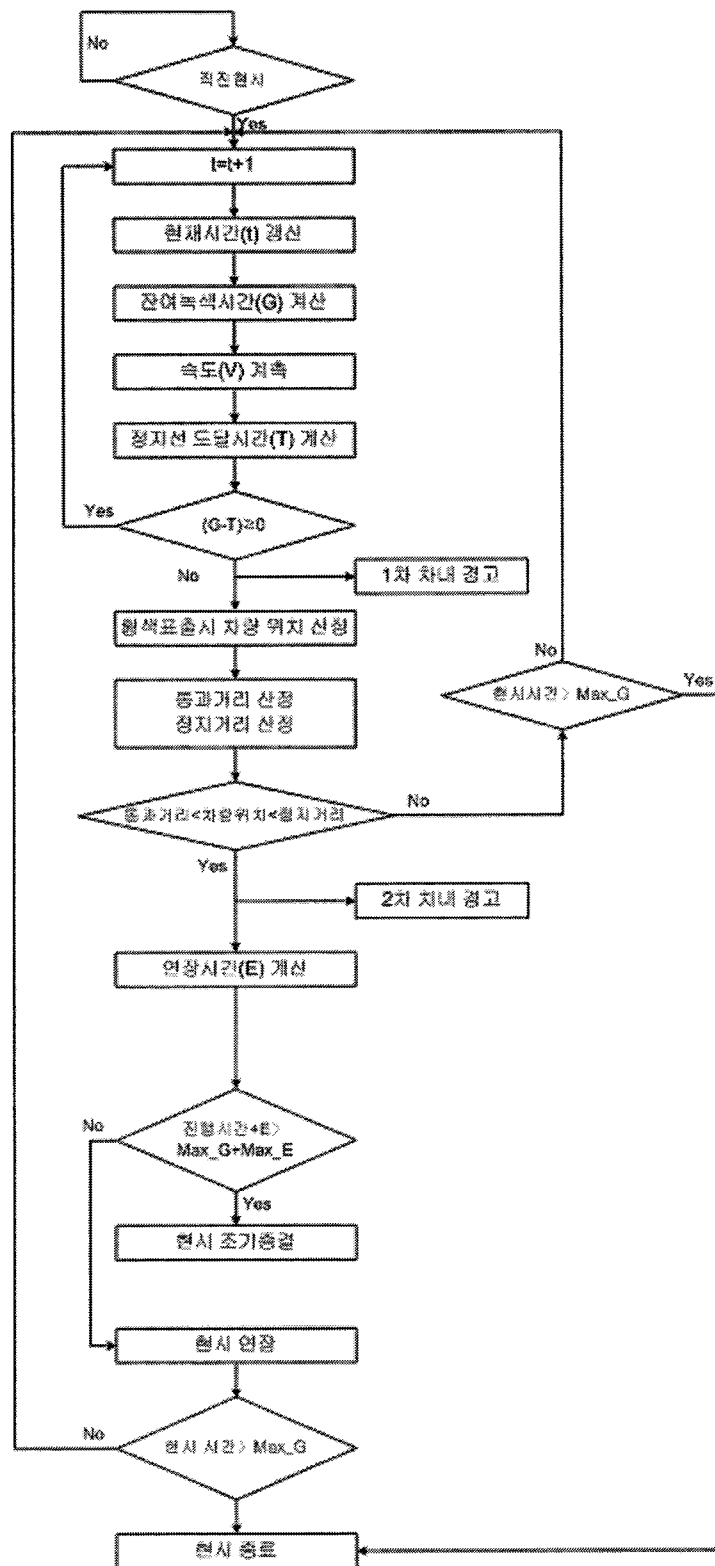
동적 딜레마 감응제어의 원리는 상류부 검지기(안테나)를 통과할 때 차량의 속도를 측정하여 차량이 딜레마 구간에 빠지기 전에 미리 차량의 속도를 줄이게 함으로써 차량이 딜레마 구간에 빠지는 것을 최소화하는 방식이다.

(식 23)의 조건을 만족시키는 황색시간 Y 가 존재하지 않는 경우 이것을 만족시킬 수 있는 시간 W 이 필요하다고 가정하면 (식 23)을 (식 24)와 같이 쓸 수 있다.

$$V\tau + \frac{V^2}{2(d+Gg)} \leq VY \quad (\text{식 } 23)$$

$$V\tau + \frac{V^2}{2(d+Gg)} \leq V(Y+W) \quad (\text{식 } 24)$$

$$\tau + \frac{V}{2(d+Gg)} - Y \leq W \quad (\text{식 } 25)$$



<그림 3-45> 정적 딜레마 감응 알고리즘

여기서 (식 24)의 조건을 만족시키는 W 을 고정시키는 경우 W 시간만큼 미리 경고를 주는 방식으로 차량이 상류부 검지기(안테나)를 통과할 때 (식 24)를 만족하지 못하는 순간부터 차량에게 속도를 줄이도록 안내한다. W 를 고정시키지 않는 경우, 차량이 상류부 검지기(안테나)를 통과할 때 양의 W 값이 존재하지 않는 순간 차량에게 속도를 줄이도록 안내한다.

차량의 적정 속도를 안내하는 방식에는 고정된 노변 장치를 이용하는 방식과 차내 장치를 이용하는 방식으로 구분할 수 있으며, 차내 장치를 이용하여 속도 안내를 할 경우는 통신 지연시간을 고려하여 설계하여야 한다. 통신 지연시간의 발생 요인은 다음과 같이 구별할 수 있다.

- 신호제어기에서 노변 안테나 까지 전송 지연 시간
- 노변 안테나에서 차내 장치로 전송시 지연시간
- 차내 장치내에서 지연시간
- 신호제어기내에서의 처리 지연시간

고정된 노변 장치를 이용해 차량의 속도를 안내하는 경우 노변 장치의 위치와 도로선형, 교통조건 등을 고려하여야 하고 경고 방식의 표출 방법도 운전자 반응 시간을 고려해 결정되어야 한다.

(4) 예측 속도의 정확성

딜레마 감응제어 방식의 효과를 평가하기 위해서는 황색 신호 개시시의 차량의 위치와 속도를 표시하여 딜레마 영역내의 차량의 존재형태를 조사하는 것이 직접적인 실행방법이다. 차량의 속도를 예측하는 경우 발생하는 오차를 가정하여 오차의 범위를 설정하여 제어에 사용하는 것이 타당하다.

① 계측속도와 차량속도의 관계

산출된 차량속도를 V_T , 검지기의 계측속도를 V_D , 계측오차의 최대치를 β ($\beta=0.1$)라 하면 (식 26)과 같다.

$$V_D = (1 \pm \beta) V_T$$

$$V_T = \frac{V_D}{1 \pm \beta} \quad (\text{식 26})$$

황색 신호 개시시의 산출된 차량주행위치(정지선으로부터 거리)를 L_T , 검지기의 설치 위치(정지선으로부터 거리) L_{DT} , 차량이 검지기 설치위치를 통과한 후 황색 신호가 개시될 때까지의 시간을 T 라고 하면,

$$L_T = L_{DT} - V_T * T \quad (\text{식 27})$$

계측속도 V_D 로부터 산출한 황색 신호 개시시의 차량주행위치(정지선부터의 거리) L_D 는,

$$L_D = L_{DT} - V_D * T$$

$$V_D = \frac{L_{DT} - L_D}{T} \quad (\text{식 28})$$

식 (26), (27)에서,

$$L_T = L_{DT} - \frac{V_D}{1 \pm \beta} * T \quad (\text{식 29})$$

식 (28), (29)에서,

$$L_T = \frac{L_D + \beta L_{DT}}{1 \pm \beta} \quad (\text{식 30})$$

이다.

일정한 현 속도로 감속한 경우에 정지선에 정지하는 것을 할 수 있는 차량의 황색 신호 개시시의 차량의 주행위치를 L_T , 차량의 속도를 V_T , 운전자의 반응 시간을 $\tau(1\text{sec})$, 감속도를 d 라 하면

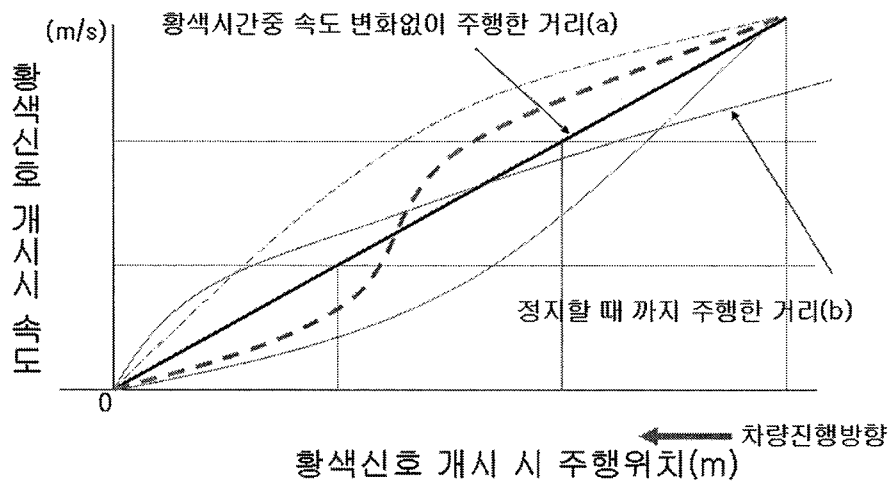
$$L_T = \tau * V_T + \frac{V_T^2}{2d} \quad (\text{식 31})$$

$$L_T = \frac{\tau * V_D}{1 \pm \beta} + \frac{V_D^2}{2d(1 \pm \beta)^2} \quad (\text{식 32})$$

위 식은 일정한 감속도로 감속한 경우에 정지선에 정지하는 것을 할 수 있는 차량의 황색 신호 개시시의 차량의 주행위치 L_T 와 계측속도 V_D 의 관계를 나타낸 것이다.

② 속도 예측의 중요성

상류부 정지선을 통과할 때 검지된 차량의 속도가 일정하다는 전제하에 딜레마 감응제어를 실시하게 되는 데 이러한 가정은 현실에서 맞지 않는 경우가 발생한다. <그림 3-46>은 황색 신호 개시시 다양한 속도의 패턴을 나타내 주고 있다.



<그림 3-46> 속도의 변화 패턴

실제의 교차로 상황에서 속도의 패턴이 어떻게 나타나는 지 조사를 통해 파악하고 알고리즘을 이러한 패턴을 고려해 보완할 필요가 있다. 또한 동적 딜레마 감응제어시 속도의 변화와 딜레마 존에 속한 차량의 수를 분석해 볼 필요가 있다.

③ 속도 보정 기능

- 알고리즘에는 속도에 대해서 계측오차를 고려한 제어함
- 속도 오차의 상한치 또는 하한치를 설정함
 - 녹색신호의 최대연장후의 황색신호로의 전환 시에 딜레마 존 내에 한 대라도 차량이 존재할 때 속도에 대응한 황색시간 및 적색시간의 변경이 가능
 - 딜레마 존 내의 제어영역은 이론식을 근거로 하여 기본값을 갖게 함과 동시에 장소에 의한 변경설정이 가능

(5) 적용조건

① 대상지점

추돌 사고나 충돌사고가 많거나 또는 그 위험성이 높은 교차로 유입로를 대상으로 제어를 실시하면 효과적이다. 차량의 도착이 랜덤(무작위)한 경우나 녹색신호의 후반에 차량 군 후미가 끊어지는 경우에 제어효과가 크다고 볼 수 있다.

② 속도의 검지 체계

㉠ IR-DSRC

IR-DSRC 검지기 시스템은 노변장치(RSE), 노변장치 안테나, 차량탐재장치(OBE)로 구성된다. IR-DSRC 검지시스템은 현장 중간 두 개의 폴에 설치된 장치를 이용하여 속도의 정보를 수집한다. 즉, 2개의 노변장치 안테나에 의해 접속되는 시간과 그 두 노변장치 안테나간 거리를 이용하여 개별 차량의 통과 속도를 산출한다. 현장 시험결과 IR-DSRC 검지기 시스템에 의한 속도 자료는 루프 검지기에 의한 속도와 거의 일치하고 있는 것을 보여주고 있다.

㉞ RF-DSRC

RF-DSRC 검지시스템은 현재 지향성 안테나를 사용하고 있으며 신호제어 목적에 맞도록 50m로 통신반경을 맞추어두었다. RF-DSRC 검지시스템을 이용한 속도 검지는 현재 자체시스템만으로 차선의 구별이 불가능하기 때문에 GPS 기술과 연계하여 개별차량의 정확한 위치 정보를 수집하도록 개발 중에 있다.

㉞ 루프검지기

상류부 162m 지점에 설치된 루프검지기를 통한 속도 검지는 실측 속도와 거의 같은 정확도를 보이고 있다. 이러한 루프 검지기는 타 검지시스템에서 수집된 속도 자료를 검증하는 용도로 현장에 설치되었다. 딜레마 감응을 위한 속도는 IR-DSRC와 루프검지기에 의해 산출된 자료이며, 개별차량의 주행에 따른 개별 차량의 속도 산출은 RF-DSRC와 GPS 자료를 융합하면 수집할 수 있고 이러한 자료를 이용한 딜레마 감응방법은 3차년도에 적용할 예정이다.

③ 운영상 고려할 점

㉞ 계측속도

검지기의 설치 길이, 각도, 노면 포장 등은 계측속도의 오차를 발생시킨다. 대상 장소의 오차 정도를 미리 예상하여 파라미터 설정을 하는 것이 필요하다.

㉞ 주행속도

제어방식에서는 차량은 검지기가 계측하는 속도의 $\pm 10\%$ 이내의 속도를 허용한다.

㉞ 제어 system 지연시간

중앙제어 시스템 하에서는 속도계측을 통한 제어 실행에 시스템의 지연시간을 최대 1초~2초 고려해야 한다.

㉔ 녹색시간 연장 step에 대해

딜레마 영역 내에 차량이 존재할 경우에는 연장 PG(보행자 신호가 녹색) step에서 주행하는 경우와 PR(보행자 신호가 적색이고 차량용 신호가 녹색) step에서 진행하는 경우로 나누어 볼 수 있다.

- PG 감응 제어의 경우 PG가 종결되어 황색 신호가 될 때까지 전 시점에 차량의 주행위치를 결정함
- PR 감응 제어의 경우 보행자용의 녹색점감신호가 종결할 때 차량용의 황색 신호가 개시하는 시간(PR)이 가변 한다. 운전자는 보행자용의 녹색점감신호를 흡사 황색 신호로 인식하는 판별행동을 하면 안됨

㉕ 오프셋의 영향

- 상류부 교차점과의 offset에 대해 상류부부터 선두 차군의 도착이 대상 교차점의 녹색시간의 후반이 되지 않는 배려가 필요하다. 딜레마 감응제어의 감응대상 시간대는 녹색시간의 후반이며 이 시간대에 차군이 도착하면 녹색시간이 최대치까지 연장 될 가능성이 높음
- 하류부 교차점과의 offset에 대해 운전자가 대상교차점의 신호가 아닌 하류부의 신호를 보면서 통과·정지의 판단을 해야하는 경우가 있다. 따라서 하류부 신호와의 거리가 짧으면 대상교차점의 신호가 황색인데도 하류부 신호가 녹색인 경우 진행여부를 고려한 하류부 신호와의 offset의 재검토가 필요함

④ 기타 고려사항

- 검지영역 내 차량과 안테나 간의 통신횟수가 많을 수록 차량의 위치 오차는 줄어듦
- 검지 영역이 길어질 수록 통신 횟수가 늘어나지만 잦은 통신에 따른 통신부담 발생함
- 검지 영역 내 차량의 속도가 낮으면 통신을 많이 하게 됨
- 차량의 위치 예측 오차에 따른 위험(risk) 요소는 딜레마 감응시 신호 연장

과 조기 종결의 조건을 조정하면 줄일 수 있음

- 차량의 위치 오차 한계 범위 설정이 필요함
- 통신의 효율성을 위해 통신 불필요 영역을 선정해 불필요한 통신을 피할 수 있음

다. 2단계 딜레마감응제어

(1) 기본개념

- 본 연구는 3차원 개별차량 딜레마 개념을 적용하였으며, 교차로내 다수의 차량들에게 동일한 서비스를 하기 위하여 신호제어기와 차량단말기간 정보 연계에 초점을 맞추었으며 딜레마 판단은 차량단말기에서 수행하였음
- 1단계 딜레마감응제어에서 구현하였던 정적 딜레마감응제어를 한 단계 발전시킨 개념으로 이동하는 차량의 속도와 위치 변이에 따른 딜레마구간 변동을 반영하였음
- 현재 진행 중인 신호제어기의 잔여시간 정보를 단말기를 장착한 개별차량과 통신으로 전송하고, 이를 수신한 차량단말기는 단말기에 장착된 GPS 모듈로부터 수신된 현재 차량의 속도와 위치정보를 계측하여 현재 딜레마 구간에 차량이 위치하고 있는지를 판단하여 운전자에게 통보하여 교차로 안전주행 및 주의운전을 도모하였음
- 동적 딜레마감응제어는 신호제어기 진행방향 잔여시간 정보 (T_{LC}), 차량단말기 GPS 속도(V_{GPS}), 현재 GPS 속도로 최대 도달할 수 있는 거리 (D_{vmax}), 차량단말기 GPS 위치정보(P_{GPS}), 교차로(신호등기) 위치정보 (P_{LC}), 현재 위치에서 정지하는데 필요한 거리 (X_g) 및 차량단말기로부터 교차로(신호등기) 위치정보(D_{LC})의 관계로 설정함
- 신호제어기 진행방향 잔여시간 정보 : (T_{LC}) = 지역제어기로부터 차량 진행 방향의 남은현시(sec)

- 차량단말기 GPS 속도(V_{GPS}) : 변수(variable, km/h)

- 현재 GPS 속도로 최대 도달할 수 있는 거리

$$D_{max} = \frac{V_{GPS} \times T_{LC} \times 1000}{3600} \text{ (m)}$$

- 차량단말기 GPS 위치정보(P_{GPS}) = 위도/경도, 변수(variable, ° ' ")

- 교차로(신호등기) 위치정보 : (P_{LC}) = 위도/경도, 상수(constant, ° ' ")

- 차량단말기로부터 교차로(신호등기) 위치정보 : (D_{LC}) = GPS로부터 수신되는 위치정보(위도/경도)를 아래의 수식으로 계산하면 두 지점간 거리정보가 산출됨(m)

```

static const double    RADIEN = 0.017453292519943295769;
static const double    HARF_PI = 3.141593 / 2.0;
static const double    RADIUS_EQUATOR = 6366707.0;
static const double    DOUBLE_SQRT_RADIUS_EQUATOR = 81069916047698.0;

//GENERATOR DISTANCE
double  CALGORISMDlg::GetGPSDistance(double  lat1, double  lon1, double  lat2,
double  lon2)
{
    double  var = 0, dd = 0, mm = 0;

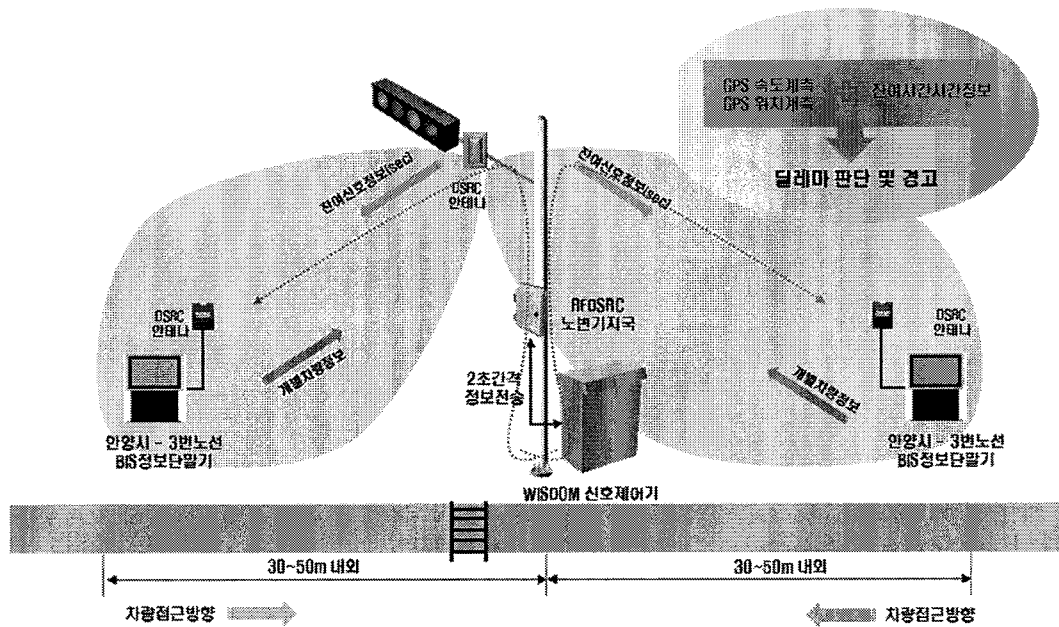
    var = lat1 / 100; dd = (int)var; mm = var - dd;
    double  radian_Lat1 = RADIEN * (dd + mm / 0.6);
    var = lat2 / 100.0; dd = (int)var; mm = var - dd;
    double  radian_Lat2 = RADIEN * (dd + mm / 0.6);
    var = lon1 / 100.0; dd = (int)var; mm = var - dd;
    double  radian_Lon1 = RADIEN * (dd + mm / 0.6);
    var = lon2 / 100.0; dd = (int)var; mm = var - dd;
    double  radian_Lon2 = RADIEN * (dd + mm / 0.6);

    radian_Lat1 = HARF_PI - radian_Lat1;
    radian_Lat2 = HARF_PI - radian_Lat2;
    double  x1  = RADIUS_EQUATOR * cos(radian_Lon1) * sin(radian_Lat1);
    double  y1  = RADIUS_EQUATOR * sin(radian_Lon1) * sin(radian_Lat1);
    double  z1  = RADIUS_EQUATOR * cos(radian_Lat1);
    double  x2  = RADIUS_EQUATOR * cos(radian_Lon2) * sin(radian_Lat2);
    double  y2  = RADIUS_EQUATOR * sin(radian_Lon2) * sin(radian_Lat2);
    double  z2  = RADIUS_EQUATOR * cos(radian_Lat2);
    double  d   = sqrt((x1-x2) * (x1-x2) + (y1-y2) * (y1-y2) + (z1-z2) *
(z1-z2));
    double  theta      = acos((DOUBLE_SQRT_RADIUS_EQUATOR - d * d) /
DOUBLE_SQRT_RADIUS_EQUATOR);
    double  distance = theta * RADIUS_EQUATOR;

    return distance;
}

```

- 본 서비스는 3차년 개별차량 딜레마 개념을 적용하여, 교차로내 다수의 차량들에게 동일한 서비스를 하기 위하여 신호제어기와 차량단말기간 정보연계에 초점을 맞추었으며 딜레마 판단은 차량단말기에서 수행하였음



<그림 3-47> 동적 딜레마감응서비스 구성도

(2) 현장적용 알고리즘

① 일반 알고리즘

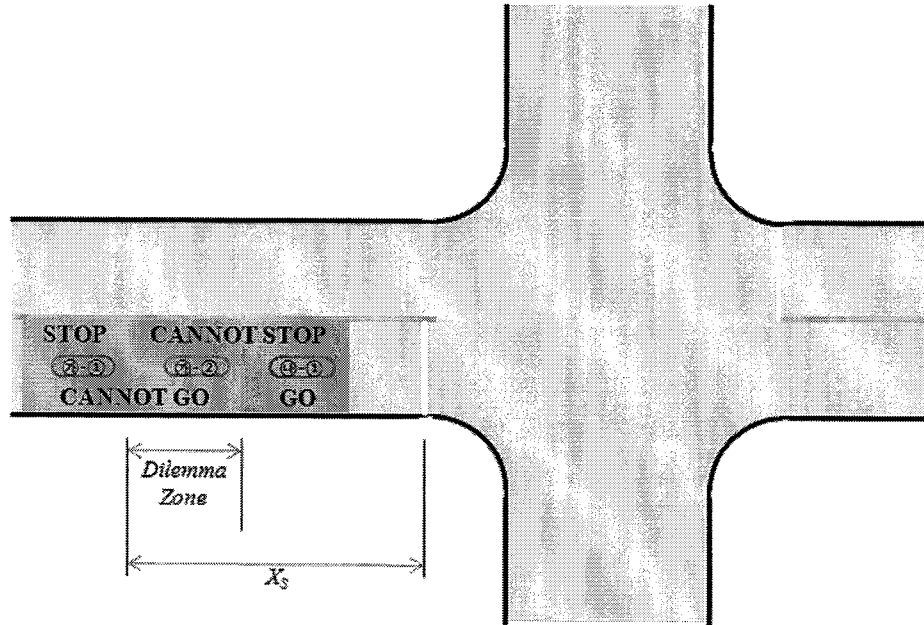
- 신호교차로 내 동적 딜레마 경고시스템 개발을 위한 알고리즘은 1단계와 동일하며, 신호교차로에 접근하는 차량 속도 및 위치에 따라 적용되는 일반적인 알고리즘은 다음과 같음
- 차량단말기는 DSRC 통신모듈에 의하여 수집된 신호제어기 잔여시간 정보 (T_{LC})을 고려하여 현재속도(V_{GPS})로 도달할 수 있는 최대 도달거리(D_{vmax})를 구하고, 이를 현재위치에서 교차로 위치까지의 남은거리(D_{LC})를 비교하여 딜레마 구간 존재 여부를 확인
- 다음에 제시되는 동적 딜레마감응 알고리즘은 차내단말기를 통해 T_{LC} 수신 후 매1초 단위로 연속 연산을 통해 동적 딜레마를 확인함

㉞ $D_{vmax} < D_{LC}$ 일 경우 (Cannot Go),

- 정보제공 활성화 : $D_{LC} \geq X_s$ (Stop)
- 경고 표출 및 정보제공 활성화 : $D_{LC} < X_s$ (Cannot Stop : Dilemma Zone)

㉔ $D_{vmax} \geq D_{LC}$ 일 경우 (Go),

- 정보제공 활성화 : $D_{LC} < X_s$ (Cannot Stop)



<그림 3-48> 동적 딜레마감응 개념도

② 알고리즘 순서

㉔ 딜레마 서비스를 위한 차량단말기내 정보처리 흐름도는 아래그림과 같음

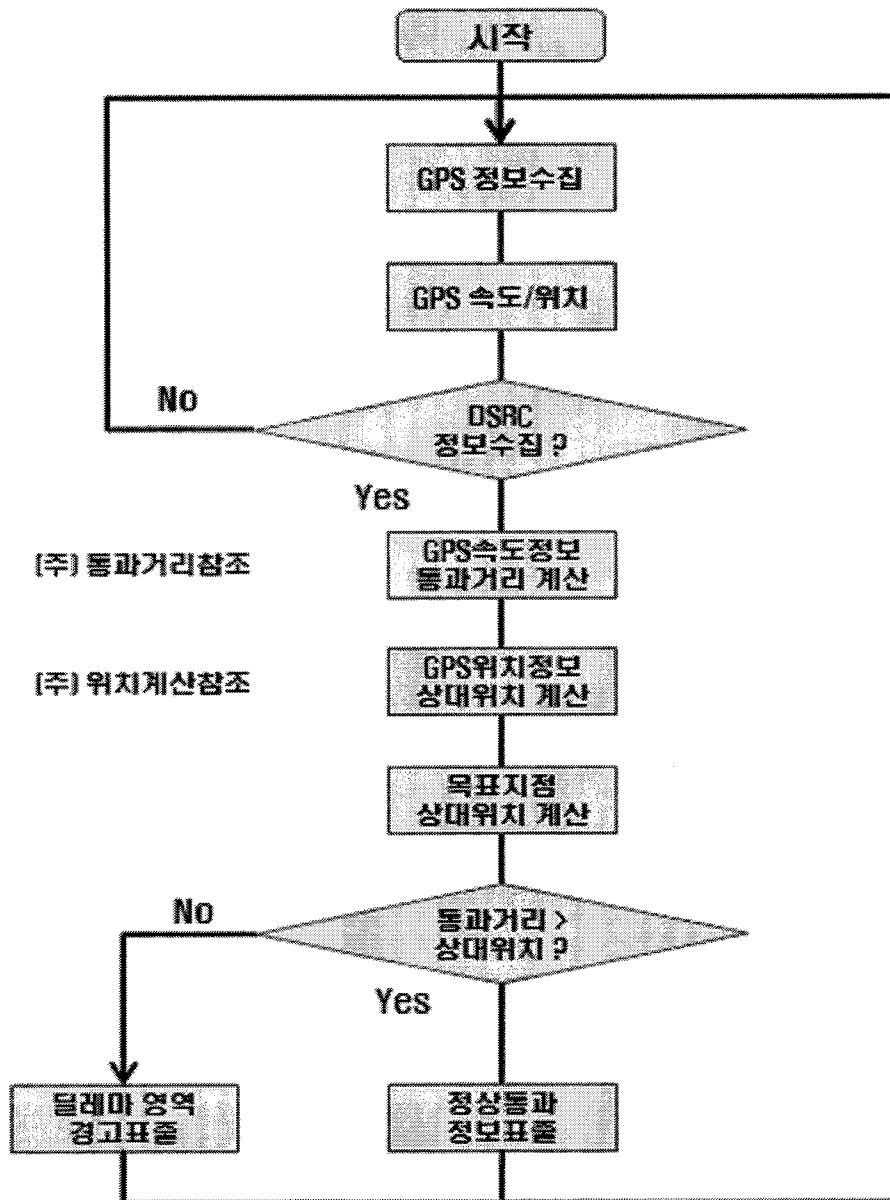
㉔ 차량단말기는 내장된 GPS 모듈로부터 1초단위 속도정보와 위치정보(위도,경도)를 수신 받음

㉔ 차량단말기는 GPS로부터 수신정보(V_{GPS} , P_{GPS})를 가공하여 현재속도 도달거리와 위치정보를 변환함

㉔ 차량단말기는 DSRC 통신모듈에 의하여 수집된 신호제어기 잔여시간 정보(T_{LC})를 수집하여 현재속도(V_{GPS})로 도달할 수 있는 최대 도달거리(D_{vmax})를 계산

㉔ 차량단말기는 현재위치에서 교차로 위치까지의 남은거리(D_{LC})를 계산

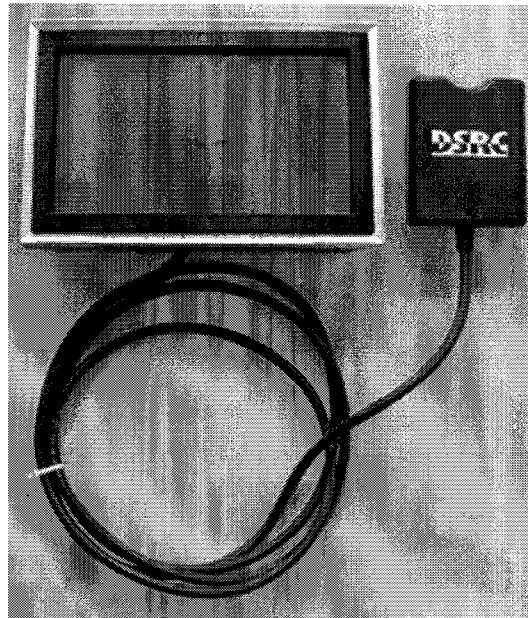
- ㉞ 차량단말기는 최대도달거리(D_{vmax})와 현재위치에서 교차로 위치까지의 남은 거리(D_{LC}) 및 현재 위치에서 정지하는데 필요한 거리 (X_S)를 비교하여 딜레마 영역에 있는지 여부를 판단하고 이를 표출하여 운전자에게 주의신호를 출력



<그림 3-49> 동적 딜레마 서비스 흐름도

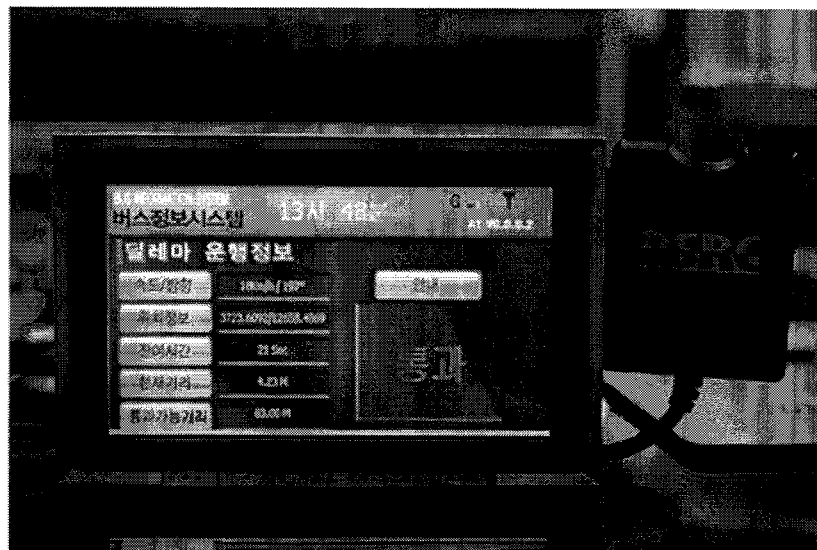
③ 동적 딜레마 서비스 차량단말기

- 차량속도 및 위치정보와 신호제어기 잔여시간정보에 의한 딜레마 경고 서비스의 구현은 DSRC 복합단말기 내 정보표출창을 통하여 표출하였음

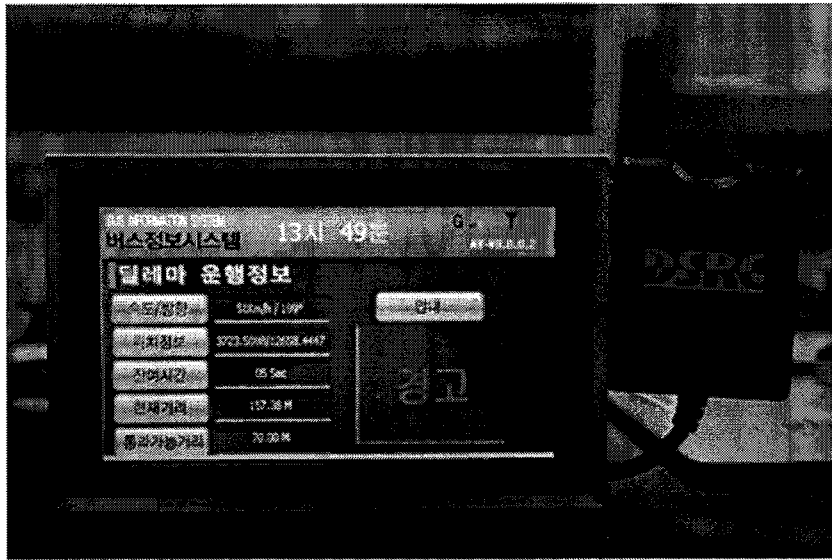


<그림 3-50> 동적 딜레마감응서비스 차량단말기

- 딜레마 알고리즘에 의한 차량단말기 정보 표출



<그림 3-51> 딜레마 감응시 차량단말기 정상통과시



<그림 3-52> 딜레마 감응시 차량단말기 경고표시

3. 교통정보수집

가. 교통정보 수집을 위한 검지방식

(1) 지점 검지(Point Detection)방식

지점관측방법은 교통량, 교통류율, 차두시간, 속도 등의 변수가 측정된다. 루프, 초단파, 레이다, 포토셀, 초음파, CCTV카메라 등의 검지기가 이 범주에 해당하며, 이동하고 있는 차량의 속도는 기본적으로 두 지점 즉 구간거리 및 이동시간의 값을 계측·연산하여 측정하는 변수이다. 밀도는 일정한 구간내에 있는 차량의 대수로 표현되기 때문에 지점검지기에서 측정하는데 한계가 있으나, 교통공학적으로 역 계산하여 측정할 수는 있다. 종합적으로 지점에서 직접 계측이 가능한 변수로는 교통량(교통류율), 차두시간, 속도 정도이다.

현재 신호교차로 제어 및 교통정보 수집용으로 사용되고 있는 검지기는 대부분 루프검지기로 이 방식은 주로 짧은 거리(수 미터 내외)의 구간 영역을 설정하여 차량이 두 지점을 통과하는 시간차이를 측정하여 속도를 산출하는 방법을 사용한다. 루프나 비디오와 같은 대부분의 지점검지기는 사실상 도로의 일정구간을

점유하여 짧은 구간관측의 기능을 수행하며, 이 방법으로 측정하는 대표적인 교통변수는 속도이다. 루프검지기는 5~6m 간격으로 한 쌍을 설치하여 각 루프를 통과하는 시간을 측정하여 속도를 계산해낸다.

(2) 구간 검지방식

이 방식은 주로 최소 0.5km 이상 되는 긴 도로구간을 항공기나 고층건물에서 촬영한 사진을 이용하여 밀도나 통행시간을 구하는 것이다. 밀도는 한장의 사진에서 직접 측정이 가능한 반면, 속도나 통행시간은 여러 장의 사진을 판독하여 계산하여야 한다. 그러나 최근 ITS 기술의 발전으로 AVI 방식과 도로에 구축된 비콘 등을 이용하여 특정 차량의 속도 정보를 이용하여 대표값을 사용하기도 한다. 하지만 두 지점간 차량고유의 검지기 신호나 차량군을 인식하여 통행시간을 구하는 방법은 아직까지 전체 도로를 대상으로 실용화에는 이르지 못하고 있다.

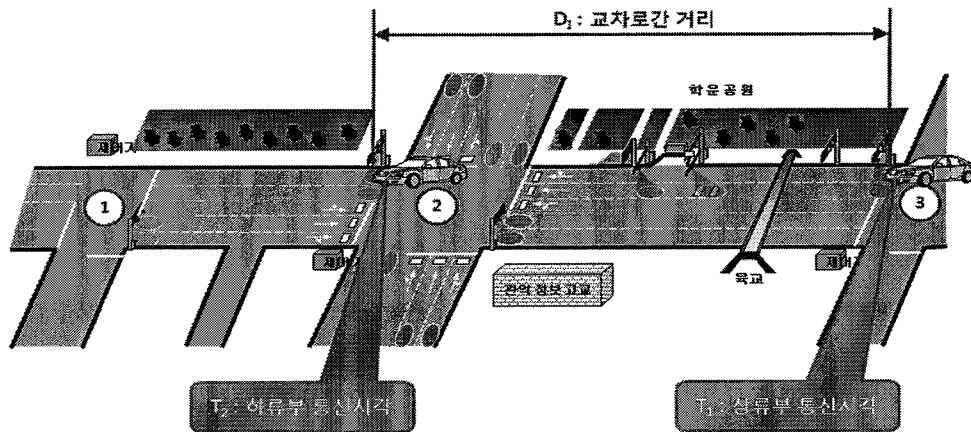
(3) 본 연구에서 사용된 검지방식

본 연구에서는 기존 구간속도 측정방식인 AVI방식 및 루프 검지기를 이용한 방식이 아니라, 차량 단말기를 장착한 일반 차량의 실제 통행시간 정보를 이용하여 구간 속도정보를 산출하는 방식이다. 이는 Probe Car 기법(일명 Floating Car)과 유사한 형태로 기존 구간 검지방식의 단점이었던 정확성 확보에 초점을 맞추었다. 검지방식은 두 가지로 통신방식에 따라 IR-DSRC를 이용한 방식과 RF-DSRC를 이용한 방식으로 나뉜다.

① IR-DSRC를 이용한 방식

IR-DSRC를 이용한 교통정보 수집 방식은 상류부 검지영역을 통과하는 차량의 통신 시각과 하류부 통신영역을 통과하는 시각의 차이를 계산하여 상류교차로부터 하류부 교차로의 방향별 통행시간을 계측한다. 이 방식은 RF-DSRC를 통해 얻어지는 통행시간 보다 세분화된 방식으로 대상교차로의 이동류별 통행시간을 얻을 수 있는 장점이 있다. IR-DSRC 방식을 통해 얻어지는 정보는 이동류

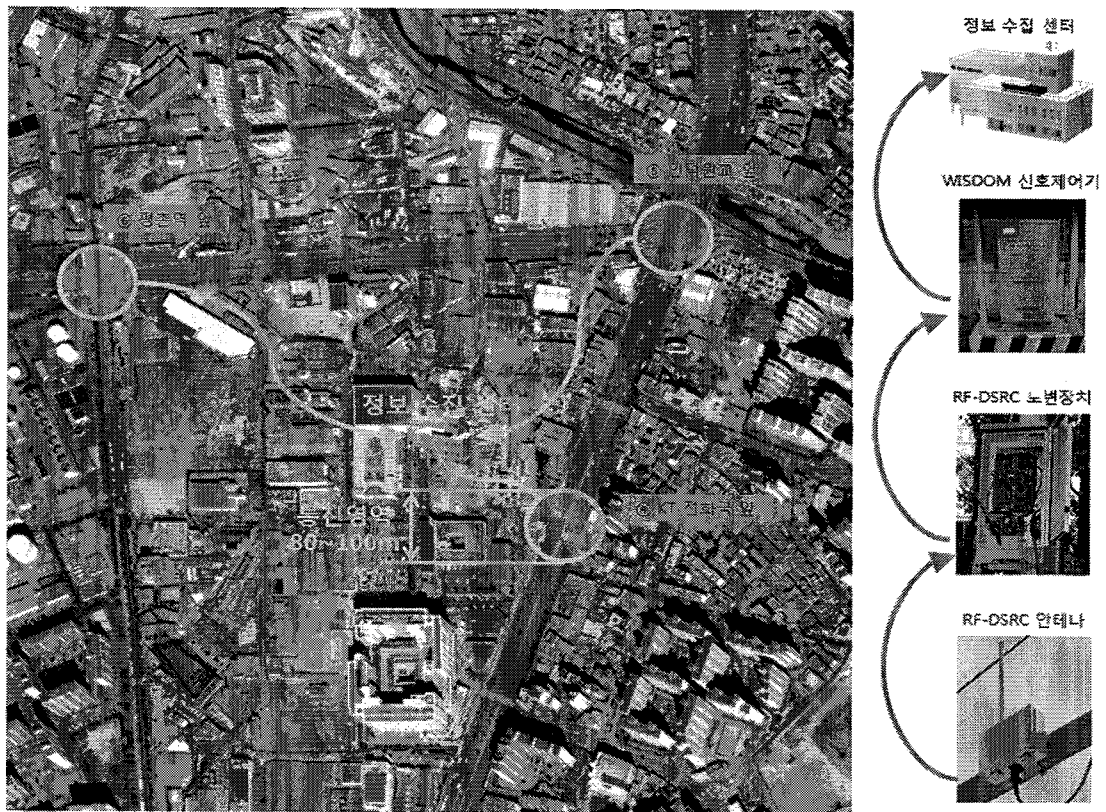
별 통행시간으로 이를 가공하면, 현재 교통방송 및 인터넷 등을 통해 제공되고 있는 “몇 주기내 교차로 통가” 및 경로 선택시 “총 통행시간” 등의 정보가 예측치가 아닌 실측치를 통해 제공될 수 있는 기반이 된다. 그러나 IR-DSRC의 통신 특성상 정보수집 면에서는 장점이 있으나, 정보제공 면에서는 다른 통신 매체를 이용해야 하는 단점이 있다.



<그림 3-53> IR-DSRC 방식의 정보수집 시스템 개념도

② RF-DSRC를 이용한 방식

WISDOM 신호제어시스템에서 사용되고 있는 RF-DSRC 차량단말기를 이용하여 차량이 상류교차로 진입시 RF-DSRC 안테나와 통신한 시각과 하류교차로 진입시 통신한 시각의 차이를 링크 길이에 나누어 평균 통행시간 및 평균 통행속도를 산출하는 방식이다. RF-DSRC를 이용한 교통정보 수집 방식은 IR-DSRC를 이용한 방식에서와 같이 이동류별 교통정보 수집은 실시간으로 얻기는 힘든 단점이 있다. 그러나 차량내 단말기와 GPS와의 연계 정보를 가공하게 되면 광역 범위의 네트워크상에서 이동류별 교통정보를 수집하는 것은 가능하다. 수집된 교통정보는 본 방식의 양방향 통신 특성상 개별차량 정보제공이 가능하다는 이점이 있다. 그 시스템 개념도는 아래 그림과 같다.



<그림 3-54> RF-DSRC 방식의 정보수집 시스템 개념도

나. 교통정보 수집 알고리즘

(1) 통행시간 수집 및 가공

① 통행시간 및 이동류별 평균 통행속도 수집

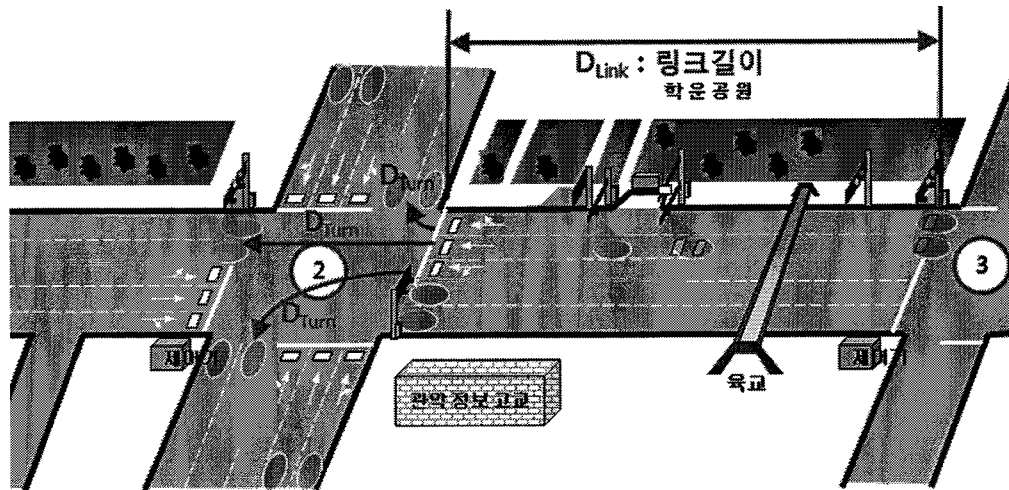
교통정보 수집 방식은 상류부 검지영역을 통과한 차량의 통신시각(T_1) 과 하류부 검지영역을 통과한 차량의 통신시각(T_2)의 차이를 통해 얻을 수 있다.

$$\text{구간통행시간}(TT) = T_1 - T_2$$

$$\text{구간평균통행속도}(Va) = D_l / TT$$

여기서 D_I 는 이동류별 평균 통행속도 계산을 위해 교차로간 길이는 링크길이 (D_{Link})+회전길이(D_{Turn})를 포함하여야 한다.

$$\text{교차로간거리}(D_I) = D_{Turn} + D_{Turn}$$



② 통과 가능 주기

현재 교통방송에서 제공하고 있는 교통정보 중 특정 교차로를 통과하는데 필요한 가능 주기를 제공하고 있다. 이는 운전자 입장에서 교통정보를 보다 쉽게 이해하기 위해 제공하는 정보로서, 현재는 교차로 CCTV 등을 통해 사람이 직접 관측하여 제공하고 있는 것이 현실이다. 그러나 본 연구에서 수집된 교통정보를 가공하게 되면, 보다 쉽고 빠르게 정보 제공이 가능하다. 통과가능 주기를 계산하기 위한 알고리즘은 다음과 같다.

$$\begin{aligned} &\text{교차로 진입시 한 주기에 통과 가능한 시간}(T_{ipt}) \\ &= Cycle + \alpha - f[(Phase\phi) \text{ or } (\beta + \gamma)] \end{aligned}$$

여기서, 필요한 가정은 다음과 같다.

○ 주시길이 : $Cycle(second)$

○ 이동하고자 하는 현시 길이 : $Phase\phi(second)$

○ 상류교차로에서 하류교차로까지 free flow speed로 이동시 소요되는 시간 :

$$\alpha(second) = V_{ffs}(\text{링크자유속도: } m/sec) \times D_{Link}(m)$$

○ 사용가능 현시 값(second) : $f[(Phase\phi) \text{ or } (\beta + \gamma)]$, 두 값 중 적은 값 사용

○ 초기대기차량(1~4 vehicle)이 통과하는데 필요한 시간 :

$$\beta(second) = initial\ headway(2\ second) \times vehicle(1 \sim 4\ 대)$$

(초기 차량의 initial headway 2초로 가정)

$$\gamma(second) = \sum_{n=5}^{count\ vehilce} vehcile \times headway$$

(5번째 이후부터 대기하고 있는 차량의 headway 1.5초로 가정)

통과 가능주기의 계산은 실측된 통행시간을 교차로 진입시 한 주기에 통과 가능한 시간과의 비교를 통해 산출한다. 그 식은 다음과 같다.

$TT \div T_{ipt} \leq 1$ 이면, 1주기내 통과

$1 < TT \div (T_{ipt} + Cycle) \leq 2$ 이면, 2주기내 통과

$2 < TT \div (T_{ipt} + Cycle \times 2) \leq 3$ 이면, 3주기내 통과

$3 < TT \div (T_{ipt} + Cycle \times 3) \leq 4$ 이면, 4주기내 통과

...

위와 같은 방식으로 가능 통과 주기를 연산 할 수 있다.

제4절 WISDOM 현장실험

1. 개 요

가. 현장 실험 목적

WISDOM 신호제어시스템의 현장시험 목적은 기존 루프기반의 검지체계에서 DSRC기반의 개별차량 검지를 통한 신호제어 알고리즘과 서비스 효과측정 및 구현 안정성을 확인하는데 그 목적이 있다. 신호제어기 특성상 실제 도로에서 일반 차량을 대상으로 실험하기 어려운 부분이 존재하였으나, 단계별 실험을 통해 안정성을 확보하였다. 1단계 현장실험에서는 개별차량기반의 신호제어 알고리즘을 실험차량(Probe Car)을 대상으로 테스트 하였으며, 2단계 현장실험에서는 일반차량들과 실험차량을 동시에 이용한 신호제어 알고리즘과 차량 단말기와 노변 안테나와의 통신정보를 수집 가공하여 통행시간과 교차로 통과 주기를 산출하는 실험을 실시하였다.

단계별 각 신호제어 알고리즘 및 서비스 현장실험의 목표는 다음 표와 같다.

<표 3-29> 신호제어 알고리즘 및 서비스 현장실험 목표

단계	적용 알고리즘 및 서비스	현장실험 목표
1단계	딜레마 감응제어	· 딜레마 진입차량 Warning Beep · 신호현시 연장
	긴급차량우선제어	· 긴급차량 우선권 부여 · 긴급차량 통과후 현시 복귀
	버스우선제어	· Extension Green · Early Green
	Cycle-Free 및 통행시간기반 제어 예비실험	· 주 방향 각 알고리즘 예비실험 (현장 구동시 문제점 파악)
2단계	동적 딜레마 서비스	· 차량 단말을 통한 위험경고 및 정보제공 (잔여거리, 통가가능거리, 잔여 현시 시간 등)
	교통정보 수집	· IR/RF-DSRC를 통한 통행시간 수집 · 통과 가능주기 계산
	Cycle-Free	· 알고리즘 안정성 확보 · MOE 비교 평가
	통행시간기반제어	· 알고리즘 안정성 확보 · MOE 비교 평가

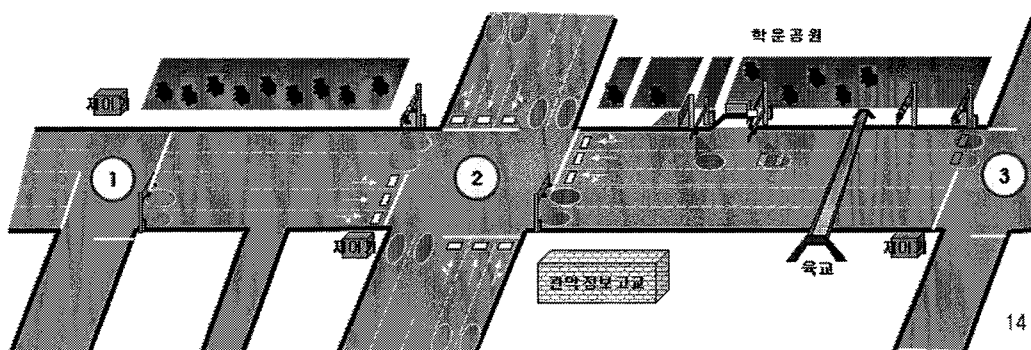
음영 : 한국교통연구원 수행

WISDOM 신호제어 시스템의 현장 실험을 단계별로 구분하여 실험한 이유는 다음과 같다. 1단계 기간(03년~06년)은 DSRC 차량 단말기를 장착한 차량의 비율이 전체 도로이용 차량의 1~2% 정도로 신호제어 알고리즘을 구현하기에는 제한적 이었다. 이에 실험차량을 이용한 개별차량기반의 알고리즘을 실험하였으며, 2단계(06년~07년)에서는 Hi-pass 이용 차량의 증가로 DSRC 차량 단말기를 장착한 차량의 비율이 전체 도로이용 차량 중 5~8% 정도로 신호제어 알고리즘을 구현하는데 최소한의 검지율이 확보되었기 때문이다.

나. 현장 실험 사이트

(1) 1단계 실험 사이트

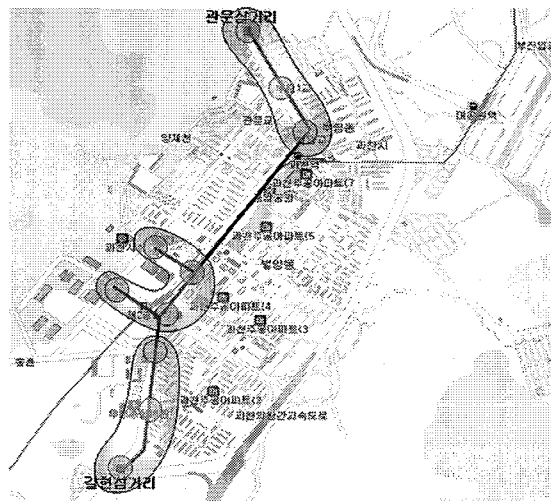
1단계 실험 사이트는 개별차량 기반의 알고리즘을 실험하기 위해 구간으로 도시부 성격을 가지고 있는 신호교차로를 대상으로 선정하였다. 선정사유는 본 절 2항에서 보다 상세하게 설명하였다. 아래 그림은 1단계 현장 실험 사이트를 보여주는 그림으로, 관악정보산업고등학교 앞 교차로가 주 대상지역이다. 긴급차량우선제어, 버스우선제어 및 Cycle-Free, 통행시간기반제어 예비시험은 해당 교차로에서 실험차량을 통해 테스트 하였으며, 딜레마 감응제어는 학운공원 앞 두 검지영역을 통과하는 실험차량이 딜레마 경고를 받거나 현시 연장을 받는 실험을 실시하였다.



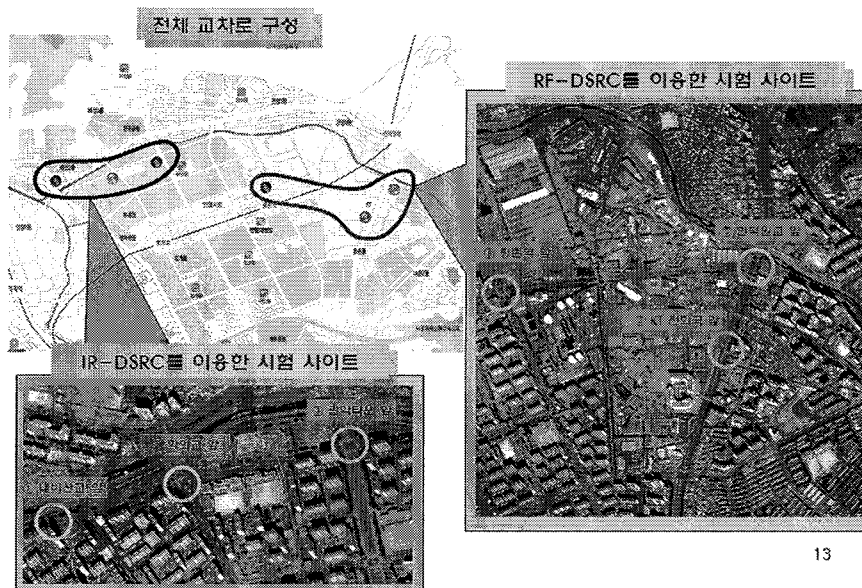
<그림 3-55> 1단계 현장 실험 사이트

(2) 2단계 실험 사이트

2단계 연구 시작시점에서는 아래 그림에 표시된 과천시내 주요 교차로를 대상으로 2단계 실험 사이트를 구축하려 하였으나, 연구 진행 중 과천시와의 원활한 협조체계가 이루어지지 못하여, 1단계 실험 사이트 지역과 일부 추가 교차로를 대상으로 2단계 현장 실험 사이트를 재구성하였다.



<그림 3-56> 최초 2단계 현장 실험 사이트(안)



<그림 3-57> 재구성된 2단계 현장 실험 사이트

2. 1단계 딜레마감응제어 신호제어알고리즘 현장실험

가. 현장실험 개요

(1) 현장실험 목적

- 1단계(3차년도)까지 개발된 WISDOM 신호제어기의 실내모의실험을 통한 무선검지 수집데이터의 신뢰성 확보 이후에 실제 교통환경에서 재검증하는 것임
- 개별 알고리즘의 현장 효과평가는 2단계(4차년도)에 실시하였음

(2) 현장실험 대상 교차로 선정

- 본 연구에서 신규 개발된 신호제어전략이 현장에서 운영되는 점을 고려하여 신호제어 알고리즘의 안정적 운영을 위하여 다음과 같은 이상적 교통환경에 근접한 교차로의 선정이 중요한 것으로 판단됨
- 첫째, 안정된 교통류가 확보된 교차로, 둘째, 이면도로로 부터의 진출입 교통량이 미미한 교차로, 셋째 일반적인 형태의 표준화된 교차로 기하구조를 가지고 있어야 함
- 본 현장실험은 향후 2단계 현장실험을 위해 보다 다양한 환경의 현장 적용 및 개선의 과정이 요구됨
- 이에 따라 실험의 대상 교차로는 경기도 안양시 소재 학운공원사거리가 선정되었음

(3) 현장실험 일정

- 1단계 현장실험 일정은 다음과 같음

<표 3-30> 1단계 현장실험 개요

딜레마 감응제어
▪ 실험일시 - 예비시험 : 2006년 2월(2주) - 본 시험 : 2006년 3월(4주) ▪ 실험조건 및 내용 - 신호제어기~노변안테나간 녹색잔여시간 전송 정확성 - 노변안테나~차내단말기간 정보전송 정확성 - 차내단말기 속도 검지 정확성 ▪ 딜레마구간 차내경고 알고리즘 표출 확인을 주 목적으로 함

나. 현장실험을 위한 시험평가 전략 및 시나리오 구성/제시

(1) 딜레마감응제어

본 연구는 신호제어기로부터 녹색잔여시간을 노변안테나로 전송하며, IR DSRC를 이용하여 차내단말기로 정보를 전송하고 차내단말기내에서 경고를 표출하는 시스템으로 구성되어 있다.

실험의 효과척도는 시스템간 I/F와 노변안테나 통과 시 알고리즘에 의한 정보 표출의 정확성이라 할 수 있다.

(가) 시스템 인터페이스 확인 실험

- 신호제어기~노변안테나간 녹색잔여시간 전송 정확성 확인
- 노변안테나~차내단말기간 정보전송 정확성 여부 확인 : 시험차량이 노변안테나를 통과하면 비프음으로 표시
- 차내단말기 속도 검지 정확성 여부 확인 : 두 번째 노변검지기에서의 녹색잔여시간과 속도에 따른 경고발생 여부를 노트북으로 모니터링하여 정확성 여부를 확인

<표 3-31> 현장 적용 알고리즘 변수값

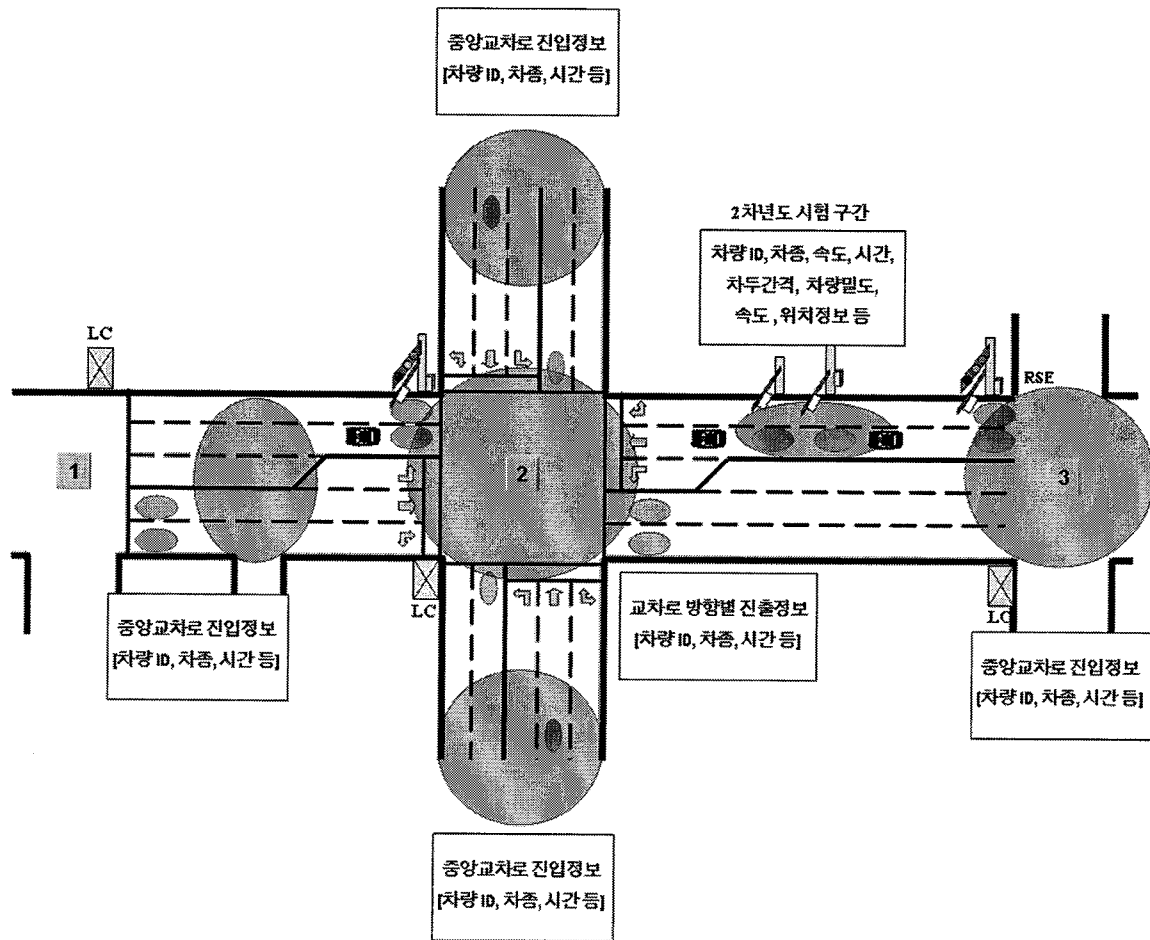
속도 (km/h)	m/sec	Xstop (m)	XRA1 (m)	XRA2 (m)	Tinit (sec)	tRA1 (sec)	tRA2 (sec)
93	25.8	134.9	152.0	135.0	9.12	0.66	5.23
85	23.6	114.9	152.0	135.0	9.12	0.72	5.72
80	22.2	103.0	152.0	135.0	9.12	0.77	6.08
75	20.8	91.7	152.0	135.0	9.12	0.82	6.49
70	19.4	81.1	152.0	135.0	9.12	0.88	6.96
65	18.1	71.8	152.0	135.0	9.12	0.94	7.46
60	16.7	62.4	152.0	135.0	9.12	1.02	8.08
55	15.3	53.7	152.0	135.0	9.12	1.11	8.82
50	13.9	45.6	152.0	135.0	9.12	1.22	9.71
45	12.5	38.1	152.0	135.0	9.12	1.36	10.80

(나) 딜레마구간 차내경고 알고리즘 표출확인 실험

- 차량 주행 속도별(45km/h~85km/h)로 10km/h 단위로 노변안테나 통과시 송수신 및 단말기 경고 확인
- 알고리즘에 의한 단말기 표출 정확성 확인

다. 현장실험

1차년도에는 실내모의실험을 통하여 무선검지기 수집데이터의 신뢰성을 확인하였고, 2차년도에서는 개발된 시스템을 실제도로에 설치하여 각 무선검지기 검지데이터의 신뢰성을 실제 교통환경에서 재검증하였다. 3차년도에서는 1단계 WISDOM 신호제어시스템의 신호제어기법들을 실제 도로환경에서의 적합성을 평가하기 위해 현장 시험평가 시나리오 전략에 따라 실시간 무선 검지를 통한 신호제어를 현장 평가사이트에서 실행하였다. 현장 시험평가는 중앙교차로 중심의 3개의 교차로를 대상으로 하여 차량 ID 기반의 주기기반 신호제어인 Cycle Free 및 사건기반 신호제어인 버스우선신호제어와 긴급차량 우선제어, 딜레마감응제어를 평가하였다. 현장 평가사이트 구성 및 교차로별 수집가능데이터는 <그림 3-58>과 같다.



<그림 3-58> 현장 평가사이트 구성 및 수집데이터

(1) 딜레마감응제어 현장 실험 내용

- 현장실험은 2006년 3월 시험하였으며 시스템의 설치 및 시스템간 I/F를 중점적으로 실험하였으며, 이를 통한 알고리즘에 의한 차내단말기 정보표출 및 LCD그래픽 표출 상태를 실험하였음
- 딜레마감응알고리즘을 실험하기 위해 IR-DSRC 검지기를 안양시 현장사이트 횡단보도 전방에 130m 거리를 두고 설치하였음
- 현장실험은 주간 비침두시에 단말기를 설치한 연구진 차량을 30회 주행하면서 신호제어기와 노변안테나간 송수신 여부 및 노변안테나와 단말기간 송수신 여부 그리고 차내단말기 표출상태를 측정하였음

① 신호제어기에서 노변안테나간 I/F 실험

- 신호제어기로부터 전송된 녹색잔여시간의 송수신 확인은 컨버터에 설치된 Rx/Tx LED 점멸등 및 노변송수신 보드의 LED점멸로 확인함

② 노변안테나에서 차내단말기간 송수신 실험

- 노변안테나에서 차내단말기로 송신한 신호는 실험차량이 노변안테나 통신 존을 통과할 때 차량내 단말기에서 비프음으로 확인함

③ 단말기내 차량속도 검지 정확성 실험

- 차량의 실제 주행속도는 두 개의 IR DSRC 검지기 거리와 검지 시간으로 노변안테나에서 계산되며 실시간으로 모니터링함

④ 알고리즘에 의한 차내단말기 정보표출 상태 실험

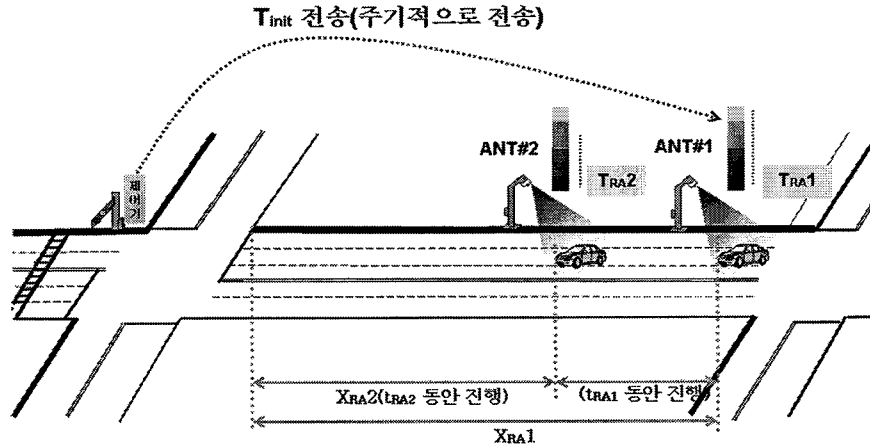
- 알고리즘 조건문에 따라 차량을 속도별로 주행해 가면서 노변안테나 통과 시 단말기의 경고표출을 확인



<그림 3-59> 딜레마감응시 경고 메시지

⑤ 딜레마감응제어 발생 과정

- 딜레마감응제어 방법은 두 대의 연속된 IR-DSRC 검지기에 의해 진입한 시험 차량의 속도를 산출하여 차내단말기로 정보를 전송하고 차내단말기내에서 경고를 표출하는 시스템으로 딜레마감응의 계산식은 다음과 같음



<그림 3-60> 딜레마 존

$$t_{RA2} = \frac{X_{RA2} \times t_{RA1}}{(X_{RA1} - X_{RA2})} < T_{RA2}$$

X_{RA1} : ANT#1까지의 거리(m)

X_{RA2} : ANT#2까지의 거리(m)

t_{RA1} : 차량이 ANT#1에 도착하여 ANT#2까지 걸린 시간(sec)

t_{RA2} : 차량이 ANT#2에 도착하여 정지선까지 걸린 시간(sec)

T_{RA1} : ANT#1에서 차량이 검지되었을 때 남아있는 녹색신호 시간(sec)

T_{RA2} : ANT#2에서 차량이 검지되었을 때 남아있는 녹색신호 시간(sec)

라. 평가분석

(1) 딜레마감응제어 평가분석

딜레마감응제어는 신호제어기에서 녹색신호유지시간을 IR-DSRC 검지기로 주기적으로 전송하여 IR-DSRC 검지기에서 수신된 녹색신호유지시간을 카운팅하게 된다. 두 개의 인접한 IR-DSRC 검지기를 이용하여 검지된 차량의 속도를 산출하여 중앙 교차로의 정지선까지의 통행예측시간을 계산하여 딜레마 발생시 차량단말기에서 경고를 발생시킨다.

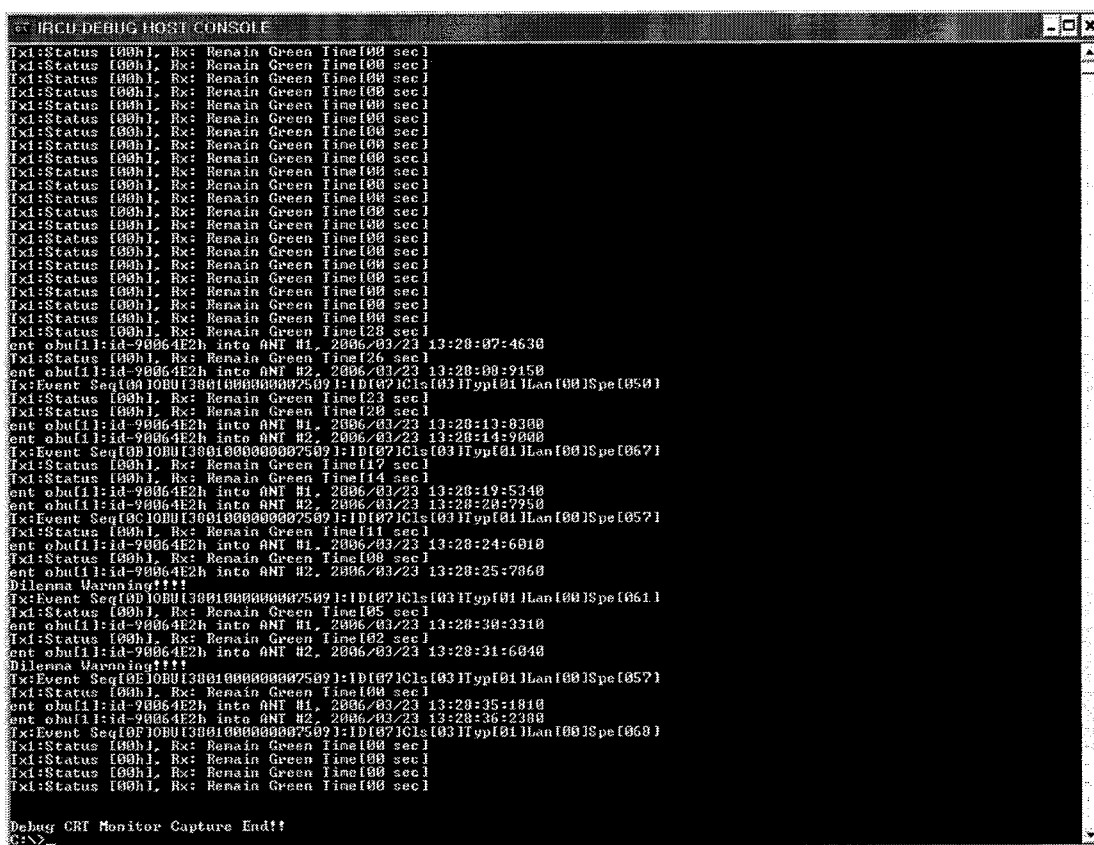
다음은 딜레마감응제어 현장평가 시, 수신된 데이터의 일부를 보여주며, <표 3-32>에 이를 정리하였다.

```
ent obu>1>:id-90064E2h into ANT #1, 2006/03/23 11:24:16:8660
Tx1:Status >00h>, Rx: Remain Green Time>24 sec>
Tx1:Status >00h>, Rx: Remain Green Time>21 sec>
Tx1:Status >00h>, Rx: Remain Green Time>18 sec>
ent obu>1>:id-90064E2h into ANT #2, 2006/03/23 11:24:26:5720
Dilemma Warning!!!!
Tx:Event Seq>00>OBU>3601000000007509>:ID>07>Cls>03>Typ>01>Lan>00>Spe>007>
-> 남은 녹색신호시간이 18초일때, 7Km/h 속도의 차량이 검지되어 딜레마 경고 발생
Tx1:Status >00h>, Rx: Remain Green Time>15 sec>
ent obu>1>:id-90064E2h into ANT #1, 2006/03/23 11:24:30:1740
Tx1:Status >00h>, Rx: Remain Green Time>12 sec>
ent obu>1>:id-90064E2h into ANT #2, 2006/03/23 11:24:31:3590
Tx:Event Seq>01>OBU>3601000000007509>:ID>07>Cls>03>Typ>01>Lan>00>Spe>061>
-> 남은 녹색신호시간이 12초일때, 61Km/h 속도의 차량이 검지되어 딜레마 경고 없음
Tx1:Status >00h>, Rx: Remain Green Time>09 sec>
ent obu>1>:id-90064E2h into ANT #1, 2006/03/23 11:24:34:5030
ent obu>1>:id-90064E2h into ANT #2, 2006/03/23 11:24:35:4200
Tx:Event Seq>02>OBU>3601000000007509>:ID>07>Cls>03>Typ>01>Lan>00>Spe>079>
-> 남은 녹색신호시간이 9초일때, 79Km/h 속도의 차량이 검지되어 딜레마 경고 없음
Tx1:Status >00h>, Rx: Remain Green Time>06 sec>
ent obu>1>:id-90064E2h into ANT #1, 2006/03/23 11:24:37:5190
Tx1:Status >00h>, Rx: Remain Green Time>03 sec>
ent obu>1>:id-90064E2h into ANT #2, 2006/03/23 11:24:40:1300
Dilemma Warning!!!!
Tx:Event Seq>03>OBU>3601000000007509>:ID>07>Cls>03>Typ>01>Lan>00>Spe>028>
-> 남은 녹색신호시간이 3초일때, 28Km/h 속도의 차량이 검지되어 딜레마 경고 발생
Tx1:Status >00h>, Rx: Remain Green Time>00 sec>
ent obu>1>:id-90064E2h into ANT #1, 2006/03/23 11:24:43:3250
ent obu>1>:id-90064E2h into ANT #2, 2006/03/23 11:24:44:4590
Tx:Event Seq>04>OBU>3601000000007509>:ID>07>Cls>03>Typ>01>Lan>00>Spe>064>
-> 남은 녹색신호시간이 0초(녹색신호종료), 딜레마감응 무시
Tx1:Status >00h>, Rx: Remain Green Time>00 sec>
Tx1:Status >00h>, Rx: Remain Green Time>36 sec>
Tx1:Status >00h>, Rx: Remain Green Time>33 sec>
Tx1:Status >00h>, Rx: Remain Green Time>30 sec>
ent obu>1>:id-90064E2h into ANT #1, 2006/03/23 11:26:42:5040
ent obu>1>:id-90064E2h into ANT #2, 2006/03/23 11:26:43:7270
Tx:Event Seq>06>OBU>3601000000007509>:ID>07>Cls>03>Typ>01>Lan>00>Spe>059>
-> 남은 녹색신호시간이 30초일때, 59Km/h 속도의 차량이 검지되어 딜레마 경고 없음
Tx1:Status >00h>, Rx: Remain Green Time>27 sec>
ent obu>1>:id-90064E2h into ANT #1, 2006/03/23 11:26:48:0680
Tx1:Status >00h>, Rx: Remain Green Time>24 sec>
Tx1:Status >00h>, Rx: Remain Green Time>21 sec>
ent obu>1>:id-90064E2h into ANT #2, 2006/03/23 11:26:51:6350
Dilemma Warning!!!!
Tx:Event Seq>07>OBU>3601000000007509>:ID>07>Cls>03>Typ>01>Lan>00>Spe>020>
-> 남은 녹색신호시간이 21초일때, 20Km/h 속도의 차량이 검지되어 딜레마 경고 발생
```

<표 3-32> 딜레마 감응 제어 수집 데이터 분석

Remain Green Time(s)	speed(Km/H)	Dilemma Warning
30	59	-
18	7	Warning
21	20	Warning
12	61	-
9	25	Warning
9	79	-
3	87	Warning
3	28	Warning
0	67	-
0	64	-

딜레마감응제어 현장 평가시의 분석 데이터를 통하여 WISDOM 신호제어시스템의 딜레마감응제어가 정상적으로 운영되는 것을 확인할 수 있으며, <그림 3-61>는 실제 평가시의 데이터 수신 화면을 보여주고 있다.



<그림 3-61> 딜레마감응제어 데이터 수신 화면

3. 2단계(4차년도) 개별차량기반 서비스 현장실험

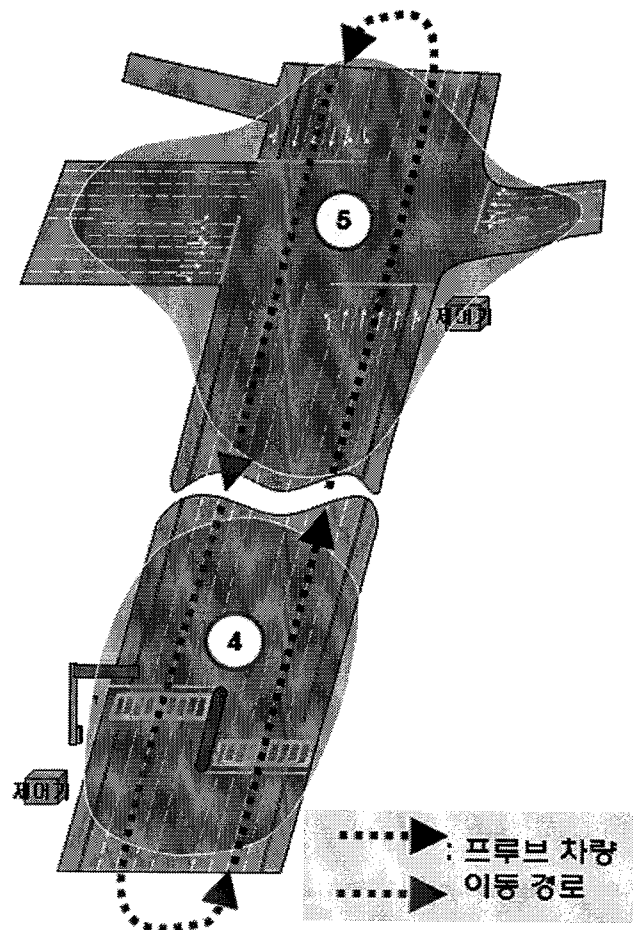
가. 차세대 무선통신 개별차량기반 서비스 현장실험 개요

(1) 현장실험 목적

- 본 실험의 목적은 DSRC 검지체계 기반으로 개발된 개별차량 서비스를 현장 상황에 맞게 구현·실험하는 것으로 서비스의 완성도를 검증 하는데 그 목적이 있음
- 개별차량기반의 서비스는 크게 두 가지인 동적딜레마 서비스와 교통정보수집 서비스로 나누어 실험을 실시하였음
- 서비스 특성상 신호제어 알고리즘을 평가하기 위한 평가 지표인 교차로 지체, 통행시간 등을 사용하기는 어려움 있음
- 따라서 실험을 통해 얻어진 Data와 서비스 알고리즘을 통해 계산된 값을 분석하여 그 정확도를 평가하였음

(2) 현장실험 대상 교차로 선정

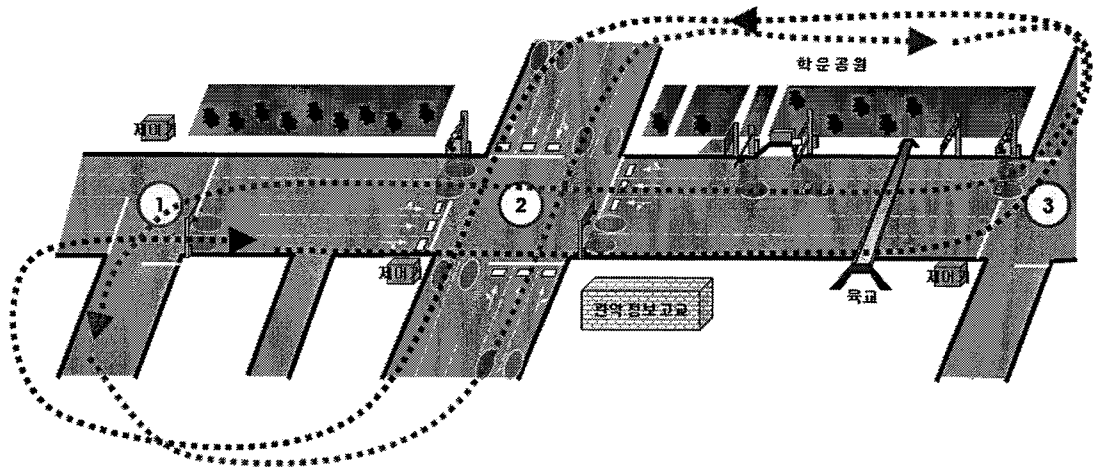
- 동적딜레마 서비스
 - 실험의 대상 교차로는 경기도 안양시 소재 KT 전화국 앞과 인덕원교 앞 신호제어기가 설치된 구간을 선정하였음
 - 서비스 대상 구간은 1단계 정적딜레마 감응제어 구간보다 차선이 많은 왕복 10차선 도로로 현시 연장의 제한된 서비스 보다 정보제공을 통한 안전 운전 지원 서비스 측면에서 접근하였음
 - 대상구간의 기하구조는 급격한 구배의 변화가 없고 모든 접근로에서 전방 시야확보가 용이하여 비교적 안정적인 서비스가 가능하며, 다 차선 구간의 특성상 차량의 이동 속도가 높은 구간으로 본 서비스를 구현하기에 적합한 것으로 판단되었음



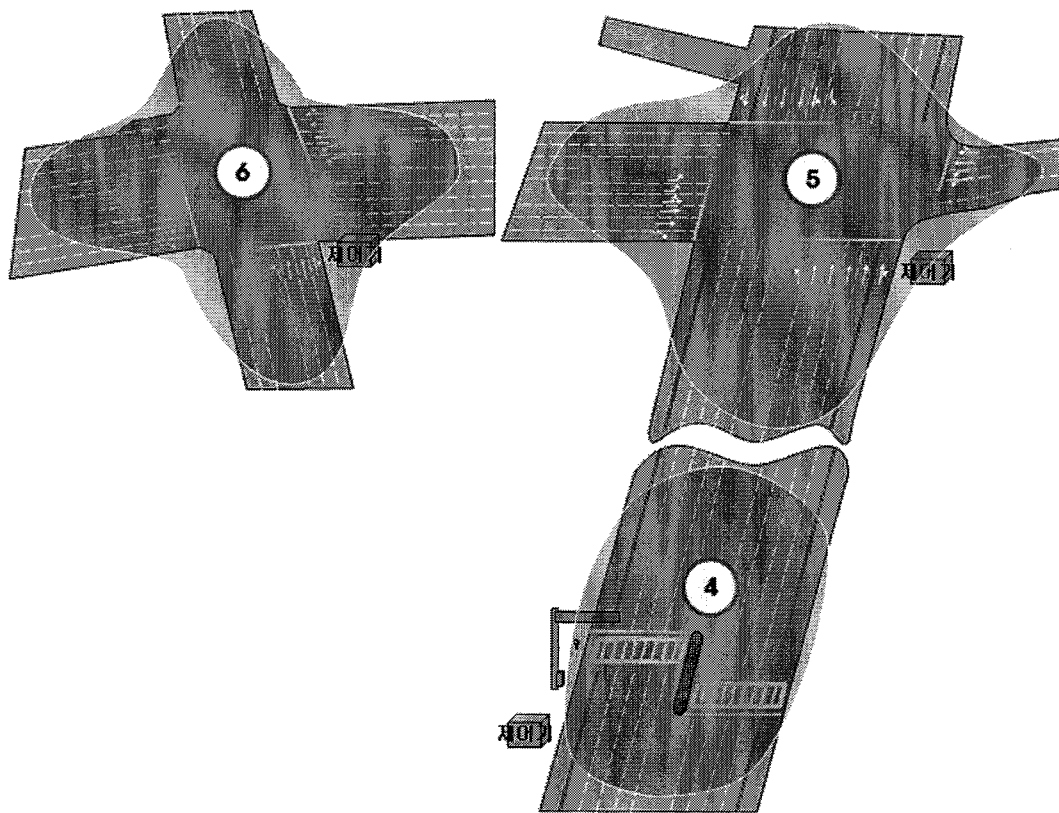
<그림 3-62> 동적딜레마 서비스 구간

○ 교통정보 수집 서비스

- 실험 대상 교차로는 WISDOM 신호제어 알고리즘의 현장실험구간인 학운 교차로에서 IR-DSRC를 이용한 교통정보 수집 실험을 하였으며, 평촌역 앞, 인덕원교 앞, 그리고 KT 전화국 앞 교차로에서는 RF-DSRC를 이용한 교통정보 수집 실험을 실시하였음
- 기존 학운 교차로 구간은 우리나라 도시부의 일반적인 교차로 형태를 가지고 있으며, 평촌역 앞, 인덕원교 앞, 그리고 KT 전화국 앞 교차로는 다 차선 구간으로 간선도로와 유사한 기능을 하는 도로로서 대상지 구간이 우리나라 도로의 특성을 대부분 포함하고 있어 현장 실험을 위한 대상지로 적합한 것으로 사료됨



<그림 3-63> 교통정보 수집 서비스 구간(1)



<그림 3-64> 교통정보 수집 서비스 구간(2)

(3) 현장실험 시나리오

(가) 동적딜레마 시나리오

- 동적딜레마 서비스를 위해 차량의 이동 속도가 변화하는 곳이 가장 바람직할 것으로 판단되며, 이를 위한 조건으로 다차선 구간의 대상 구간을 선정하였음
- 이를 기반으로 차량의 속도에 따라 저속, 중속 및 고속 주행으로 구분하여 시나리오를 작성하였음
- 구분된 시나리오는 다음과 같음

<표 3-33> 현장 실험 시나리오 구분(1)

구 분	교통상황	주행여건	비고
시나리오 1	교통상황 : 비첨두시	저속주행 - 0~30 km/h	시스템 정확성 판단
시나리오 2	교통상황 : 비첨두시	중속주행 - 31~60 km/h	시스템 정확성 판단
시나리오 3	교통상황 : 비첨두시	고속주행 - 61~90 km/h	시스템 정확성 판단

(나) 교통정보 수집 시나리오

- 교통정보 수집 서비스를 위한 시나리오는 크게 IR-DSRC를 이용한 방식과 RF-DSRC를 사용 방식으로 구분
- IR-DSRC를 이용한 방식은 실제 통행시간을 수집하므로 특별한 가공 없이 24시간 통행시간 정보를 수집하는 시나리오 1만 수행하였음
- RF-DSRC를 이용한 방식은 실제 통행시간을 수집하나, 이는 통신 영역이 광역(약 80~100m)이고, 통신 회수가 복수이기 때문에 통신 회수와 관련된 오차를 포함하고 있음
- 따라서 실제 차량에 탑승하여 통행시간을 측정한 값과, RF-DSRC 검지를 통해 얻어진 통신시각의 차이를 가공하여 수집된 통행시간과 비교하였음
- 이를 위해, 비첨두시와 첨두시 두 부분으로 시나리오를 나누어 실험하였음

- 교통정보 수집 시나리오는 다음과 같음

<표 3-34> 현장 실험 시나리오 구분(2)

구 분	교통상황	요일/시간대	비고
시나리오 1	교통상황 : 24시간	1일(24시간)	IR-DSRC
시나리오 2	교통상황 : 비첨두시	월~금 비첨두 - 11:00~14:00	RF-DSRC
시나리오 3	교통상황 : 첨두시	월~금 오후 첨두 - 17:00~19:00	RF-DSRC

(4) 현장실험 일정 및 방법

(가) 현장실험 일정

- 동적딜레마 서비스 현장실험과 교통정보수집 일정은 다음과 같음

<표 3-35> 통행시간기반 신호제어 알고리즘 현장실험 개요

동적딜레마 서비스
▪ 실험일시 - 1차 : 2007년 11월 07일 수요일 - 2차 : 2007년 11월 21일 수요일 - 3차 : 2007년 12월 19일 수요일 ▪ 실험시간 - 13시~15시 ▪ 실험조건 및 내용 - 차량 소통이 원활한 시간대에 실험 (첨두시 속도저하로 딜레마 구간 진입이 어려움) - 수집된 현시정보, 교차로거리, 통과가능거리, 차량운행속도를 판단 ▪ 시나리오 1~3에 대한 평가 기능평가를 목적으로 함
교통정보수집 서비스
▪ 실험 일시 - 시나리오 1 : 2008년 1월 4일(금요일) - 시나리오 2 : 2007년 12월 12일(수) - 시나리오 3 : 2007년 12월 12일(수) ▪ 실험시간 - 시나리오 1 : 00시~24시 - 시나리오 2 : 11시~12시 - 시나리오 3 : 17시~18시 ▪ 실험조건 및 내용 - 실측차량 통행시간과 RF-DSRC를 통해 수집된 통행시간 비교

(나) 현장실험 방법

① 동적딜레마 서비스

- 해당 교차로를 각 시나리오별 속도에 맞게 주행
- 딜레마 구간에 들어간 차량의 남은 현시정보, 교차로거리, 통과가능거리, 차량운행속도를 확인

㉠ $D_{vmax} < D_{LC}$ 일 경우 (Cannot Go),

- 정보제공 활성화 : $D_{LC} \geq X_S$ (Stop)
- 경고 표출 및 정보제공 활성화 : $D_{LC} < X_S$ (Cannot Stop : Dilemma Zone)

㉡ $D_{vmax} \geq D_{LC}$ 일 경우 (Go),

- 정보제공 활성화 : $D_{LC} < X_S$ (Cannot Stop)
- 차량단말기를 통해 정보수신 확인

② 교통정보 수집

- IR-DSRC를 이용한 수집 방식
- 통행시간 확인

$$\text{구간통행시간}(TT) = T_1 - T_2$$

$$\text{구간평균통행속도}(Va) = D_I / TT$$

- 통과 가능 주기 확인

$$(T_{ipt}) = Cycle + \alpha - f[(Phase\phi) \text{ or } (\beta + \gamma)]$$

$TT \div T_{ipt} \leq 1$ 이면, 1주기내 통과

$1 < TT \div (T_{ipt} + Cycle) \leq 2$ 이면, 2주기내 통과

$2 < TT \div (T_{ipt} + Cycle \times 2) \leq 3$ 이면, 3주기내 통과

$3 < TT \div (T_{ipt} + Cycle \times 3) \leq 4$ 이면, 4주기내 통과

○ RF-DSRC를 이용한 수집 방식

- 통행시간 확인

$$\text{구간통행시간}(TT) = T_1 - T_2$$

- 실측 통행시간과의 비교

나. 동적딜레마 서비스 현장실험

동적딜레마 서비스 현장실험은 각 시나리오별 2시간씩 수집한 정보를 기반으로 분석하였다. 딜레마 서비스 특성상 하루 2시간씩 실험을 하였으나, 해당 서비스 구간에 진입하는 것이 매우 제한적 이었다. 이는 주변 차량과의 흐름 및 신호 현시 관계 등을 고려해야하는 현장 실험상의 제약이 있었기 때문이다.

(1) 시나리오 1

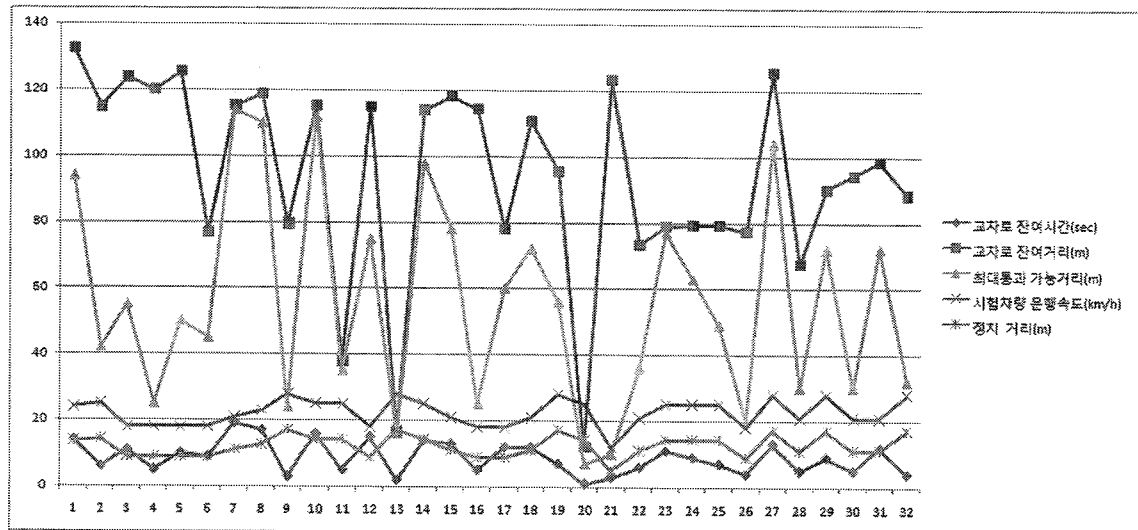
- 동적딜레마 서비스 시나리오 1은 차량의 속도가 0~30km/h 일때 차량이 딜레마 구간에 진입하였을 경우 경고음을 제공하고 최대통과 가능거리보다 교차로 잔여거리가 클 경우에는 정보만 제공함
- 아래 표와 같이 그 결과가 나왔으며, 시나리오 특성상 차량의 속도가 낮아 딜레마 구간에 진입하는 차량은 2번 밖에 없었음

<표 3-36> 시나리오 1 현장실험 결과

회수	교차로 잔여시간(sec)	교차로 잔여거리(m)	최대통과 가능거리(m)	시험차량 운행속도(km/h)	정지거리 (m)	LCD경고 표출여부
1	14	132.4	94	24	14	△
2	6	114.8	42	25	14	△
3	11	123.7	55	18	9	△
4	5	120	25	18	9	△
5	10	125.4	50	18	9	△
6	9	76.8	45	18	9	△
7	19	115.2	114	21	11	△
8	17	118.78	110	23	13	△
9	3	79.5	24	28	17	△
10	16	115.3	112	25	14	△
11	5	38	35	25	14	△
12	15	114.88	75	18	9	△
13	2	16.6	16	28	17	○
14	14	114	98	25	14	△
15	13	118.1	78	21	11	△

16	5	114.3	25	18	9	△
17	12	78	60	18	9	△
18	12	110.8	72	21	11	△
19	7	95.6	56	28	17	△
20	1	12.2	7	25	14	○
21	3	123.2	10	12	5	△
22	6	73.3	36	21	11	△
23	11	78.99	77	25	14	△
24	9	79.3	63	25	14	△
25	7	79.2	49	25	14	△
26	4	77.4	20	18	9	△
27	13	125.4	104	28	17	△
28	5	67.5	30	21	11	△
29	9	90.2	72	28	17	△
30	5	94.3	30	21	11	△
31	12	98.5	72	21	11	△
32	4	88.4	32	28	17	△

※ 정보 및 LCD 경고표출 : ○ / 정보제공 : △



<그림 3-65> 시나리오 1 현장실험 결과

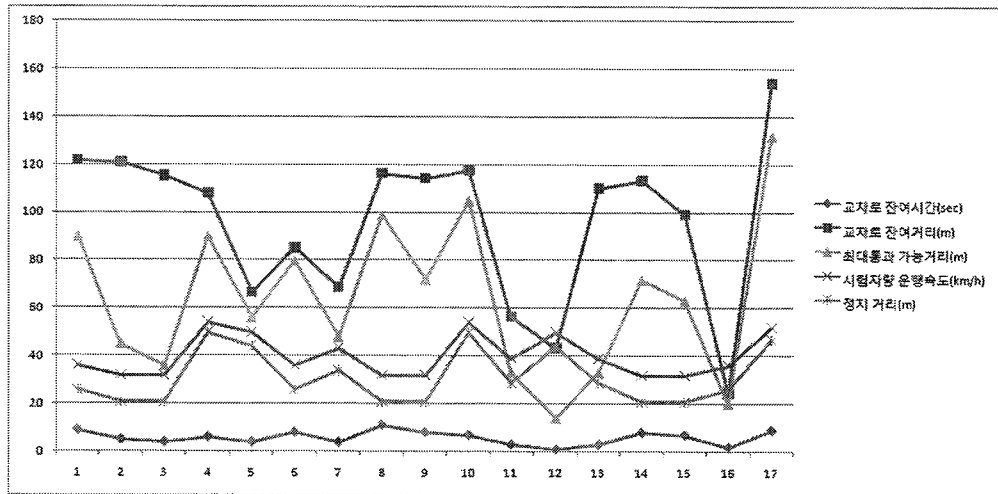
(2) 시나리오 2

- 동적딜레마 서비스 시나리오 2는 차량의 속도가 31~60km/h 일때 차량이 딜레마 구간에 진입하였을 경우 경고음을 제공하고 최대통과 가능거리보다 교차로 잔여거리가 클 경우에는 정보만 제공함
- 아래 표에서와 같이 실험 결과를 얻었으며, 실험당시 통신에 의한 제한은 없었음

<표 3-37> 시나리오 2 현장실험 결과

회수	교차로 잔여시간(sec)	교차로 잔여거리(m)	최대통과 가능거리(m)	시험차량 운행속도(km/h)	정지거리 (m)	LCD경고 표출여부
1	9	122	90	36	26	△
2	5	121.01	45	32	21	△
3	4	115.4	36	32	21	△
4	6	108	90	54	50	△
5	4	66.7	56	50	44	△
6	8	85.3	80	36	26	△
7	4	68.9	48	43	34	△
8	11	116.3	99	32	21	△
9	8	114.2	72	32	21	△
10	7	117.7	105	54	50	△
11	3	56.7	33	39	29	△
12	1	43.5	14	50	44	○
13	3	110.3	33	39	29	△
14	8	113.5	72	32	21	△
15	7	99.3	63	32	21	△
16	2	24.5	20	36	26	○
17	9	154	132	52	47	△

※ 정보 및 LCD 경고표출 : ○ / 정보제공 : △



<그림 3-66> 시나리오 2 현장실험 결과

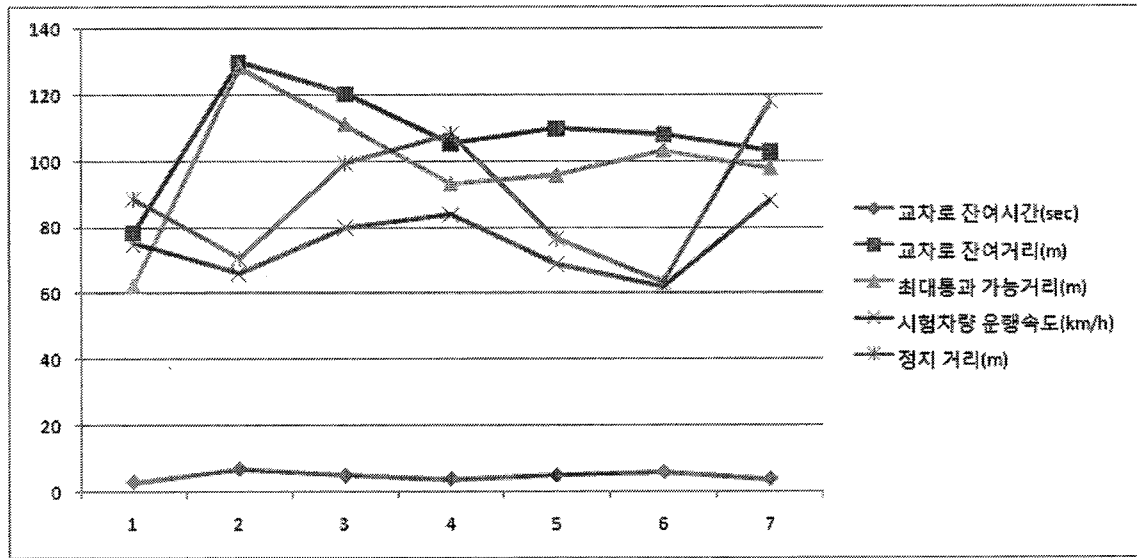
(3) 시나리오 3

- 동적딜레마 서비스 시나리오 3은 차량의 속도가 61~90km/h 일때 차량이 딜레마 구간에 진입하였을 경우 경고음을 제공하고 최대통과 가능거리보다 교차로 잔여거리가 클 경우에는 정보만 제공함
- 아래 표에서와 같이 실험 결과를 얻었으며, 시나리오 1, 2보다는 차량 속도가 높아 딜레마 구간에 진입하는 경우가 많았음

<표 3-38> 시나리오 3 현장실험 결과

회수	교차로 잔여시간(sec)	교차로 잔여거리(m)	최대통과 가능거리(m)	시험차량 운행속도(km/h)	정지거리(m)	LCD경고 표출여부
1	3	78.5	63	75	89	○
2	7	130	128	66	71	△
3	5	120.4	111	80	99	△
4	4	105.4	93	84	108	○
5	5	110.1	96	69	77	△
6	6	108.1	103	62	64	△
7	4	102.9	98	88	118	○

※ 정보 및 LCD 경고표출 : ○ / 정보제공 : △



<그림 3-67> 시나리오 3 현장실험 결과

(4) 동적딜레마 서비스 결과 종합

- 각 시나리오별 하루 2시간씩 실험한 결과 차량 속도가 높아질수록 옵션구간에 차량이 진입하는 경우가 많았음. 이는 조건에 적합한 케이스가 적게 나온 원인으로 판단됨
- 동적딜레마 서비스는 차량의 속도와 통신시점, 그리고 정지거리 등의 복합적인 원인 때문에 현장 실험을 하는데 많은 제약이 따랐음
- 특히 차량 속도가 저속일 때는 정지거리가 짧아 딜레마 구간에 진입하는 차량이 실험 회수에 비해 상대적으로 적은 것으로 나타났음. 향후 보완 실험 시에는 딜레마 구간에 차량이 진입하도록 차량의 속도 및 남은 현시시간 등 복합적인 고려가 이루어 져야 할 것임
- 그러나 시나리오 1, 2, 3모두 정보 표출은 모든 실험에서 성공적으로 이루어 졌음. 이는 본 서비스가 실제 도로상황에서 구현되는데 통신 및 기타 조건에 크게 영향을 받지 않는 것으로 사료됨
- 본 실험을 통해 서비스된 동적딜레마 서비스는 향후 실제도로에서 이루어 진다하더라도 큰 제한 없이 서비스를 수행할 수 있을 것으로 종합 판단됨

다. 교통정보 수집 서비스 현장실험

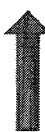
교통정보 수집 서비스 현장실험은 IR-DSRC의 24시간 통행시간 정보 기반으로 이동류별 교차로 통행시간과 통과 가능 주기를 산출하는 것이다. 이 실험은 IR-DSRC를 통해 얻어지는 차량의 ID와 매칭 되는 통행시간 자료를 선별하여 통과 가능 주기를 계산하였다. 또한 RD-DSRC를 통해 침두 및 비침두시간대에 통신시각차이를 계산하여 통행시간 정보를 산출하였으며, 이를 실측치와 비교하였다.

(1) 시나리오 1

㉔ 통행시간 수집

- 시나리오 1은 IR-DSRC를 통해 얻어진 통행시간 정보를 24시간 수집 가공하는 것임
- 다음 표는 이동류별 번호를 보여줌

<표 3-39> 이동류별 번호

번호	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧
방향								

- 각 이동류별 통행시간은 다음과 같음

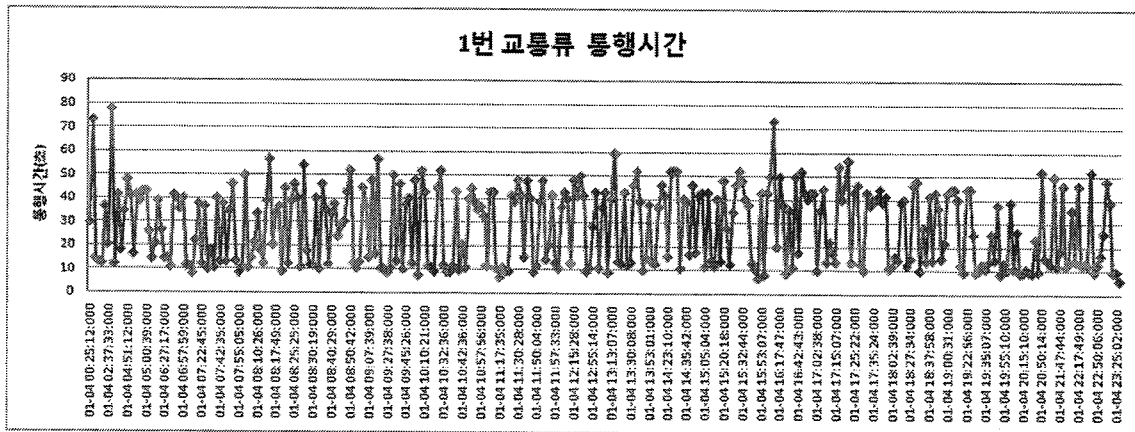
- ①번 이동류

<표 3-40> ①번 이동류 수집 정보

구분	검지시각	통행시간(초)	차량ID	속도(km/h)	$TT \div T_{ipt}$
15	01-04 00:25:12:000	42	58078743	29.57	0.34
24	01-04 00:42:41:000	17	93493609	73.05	0.14
29	01-04 00:57:36:000	88	109220242	14.11	0.71
33	01-04 01:15:04:000	94	6846744	13.21	0.76
37	01-04 01:22:32:000	100	70329860	12.42	0.81
38	01-04 01:22:54:000	34	19038808	36.52	0.27

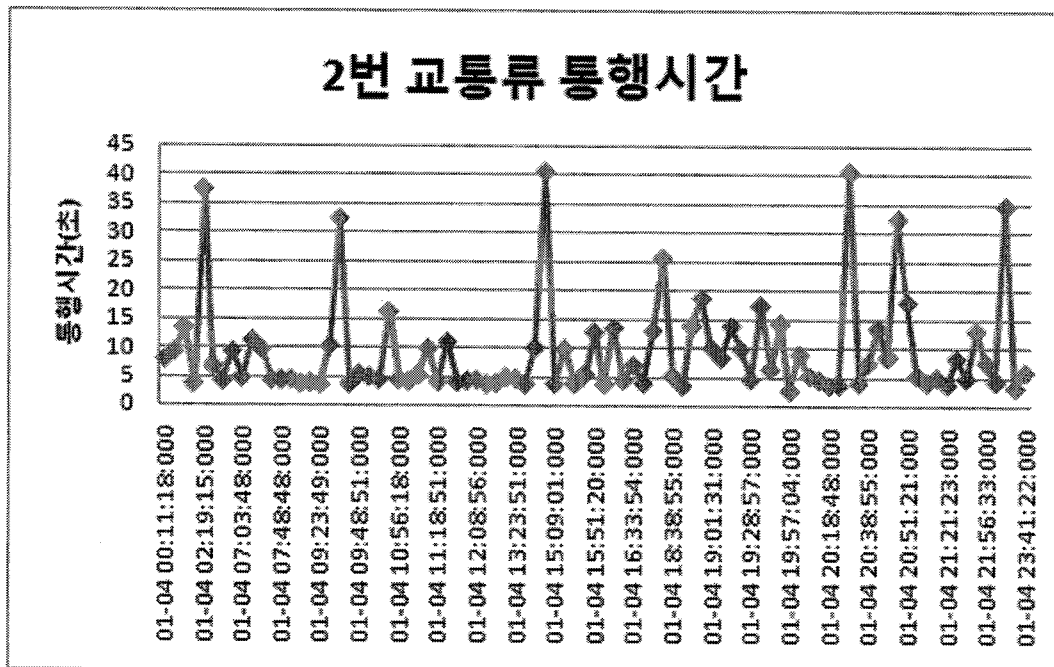
54	01-04 02:37:33:000	61	70596453	20.36	0.49
58	01-04 02:50:26:000	16	107555143	77.62	0.13
73	01-04 04:12:34:000	102	106124341	12.17	0.82
74	01-04 04:22:39:000	30	9598560	41.4	0.24
77	01-04 04:40:33:000	69	5584178	18	0.56
79	01-04 04:42:26:000	36	36934736	34.5	0.29
81	01-04 04:51:12:000	26	40075529	47.76	0.21
83	01-04 04:52:32:000	30	2634069	41.4	0.24
85	01-04 04:57:14:000	76	3422085	16.34	0.61
86	01-04 05:00:20:000	30	133	41.4	0.24
87	01-04 05:00:28:000	32	113	38.81	0.26
88	01-04 05:00:31:000	29	102	42.82	0.23
89	01-04 05:00:39:000	29	128	42.82	0.23
90	01-04 05:01:36:000	48	53647191	25.87	0.39
91	01-04 05:12:02:000	86	115	14.44	0.69
92	01-04 05:22:38:000	60	42235269	20.7	0.48
106	01-04 06:05:04:000	32	42047348	38.81	0.26
113	01-04 06:15:37:000	47	43018498	26.42	0.38
126	01-04 06:27:17:000	85	50615175	14.61	0.69
139	01-04 06:40:01:000	83	21300273	14.96	0.67
142	01-04 06:42:34:000	114	74590313	10.89	0.92
167	01-04 06:55:20:000	30	41129014	41.4	0.24
168	01-04 06:55:37:000	31	8591472	40.06	0.25
173	01-04 06:57:41:000	35	23205443	35.48	0.28
174	01-04 06:57:59:000	31	5795972	40.06	0.25
192	01-04 07:10:04:000	110	37909908	11.29	0.89
193	01-04 07:10:11:000	110	2294933	11.29	0.89
203	01-04 07:15:04:000	152	21066007	8.17	1.23
204	01-04 07:15:16:000	56	58859812	22.17	0.45
215	01-04 07:20:13:000	33	23232848	37.63	0.27
217	01-04 07:22:45:000	101	20014745	12.29	0.82
218	01-04 07:22:52:000	34	54813844	36.52	0.27
228	01-04 07:27:39:000	125	23278183	9.93	1.01
236	01-04 07:32:51:000	68	76048789	18.26	0.55
244	01-04 07:35:03:000	115	6566758	10.8	0.93
259	01-04 07:40:33:000	31	40899624	40.06	0.25
263	01-04 07:42:35:000	95	56767240	13.07	0.77
264	01-04 07:42:55:000	33	1066788	37.63	0.27
272	01-04 07:45:06:000	95	5341590	13.07	0.77
274	01-04 07:45:28:000	36	35139846	34.5	0.29
283	01-04 07:52:47:000	27	23353445	46	0.22
289	01-04 07:55:03:000	92	59872400	13.5	0.74
290	01-04 07:55:05:000	147	55023144	8.44	1.19
294	01-04 07:57:33:000	119	108552851	10.43	0.96
295	01-04 07:57:51:000	25	19956057	49.68	0.20
305	01-04 08:02:36:000	118	86122642	10.52	0.95
...	...	...	...	...	0.68

※ 음영부분은 두 주기 내 교차로 통과



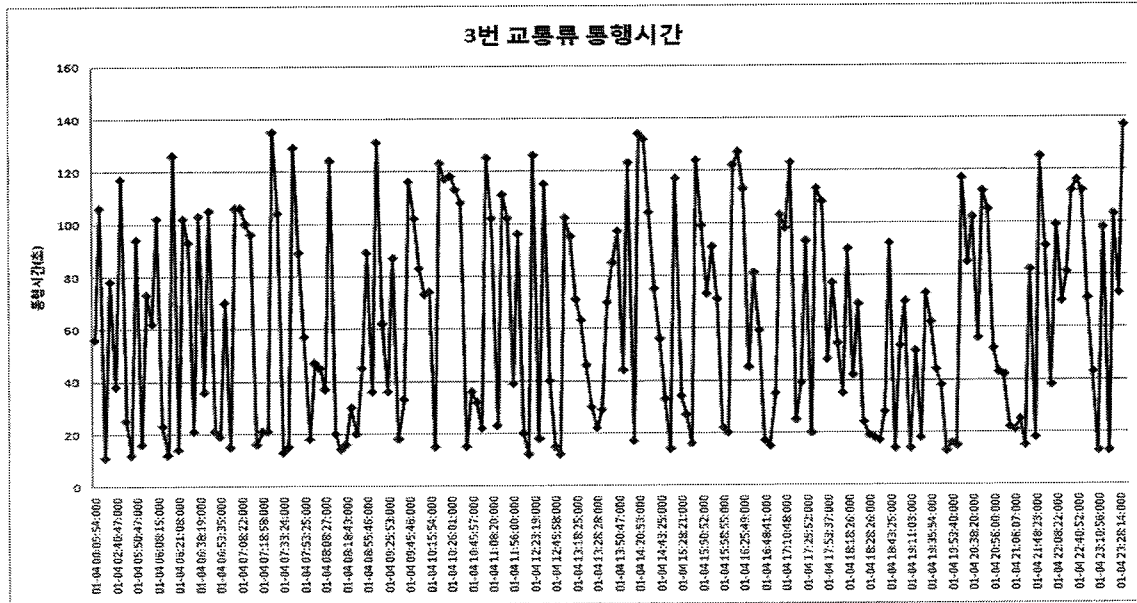
<그림 3-68> 1번 교통류 통행시간 결과

- ②번 이동류



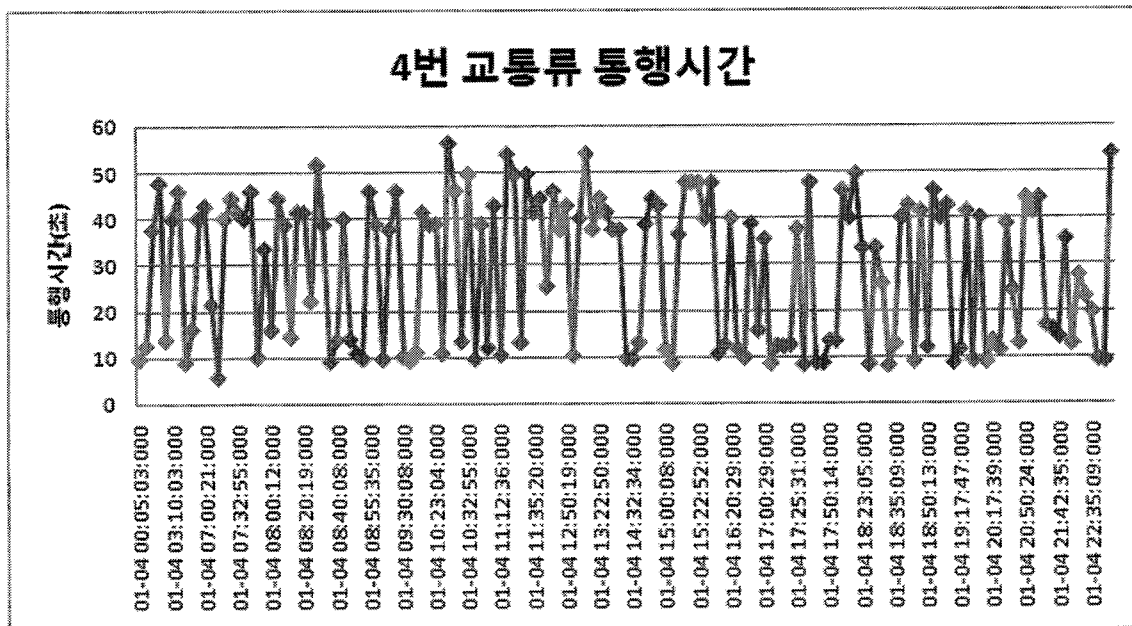
<그림 3-69> 2번 교통류 통행시간 결과

- ③번 이동류



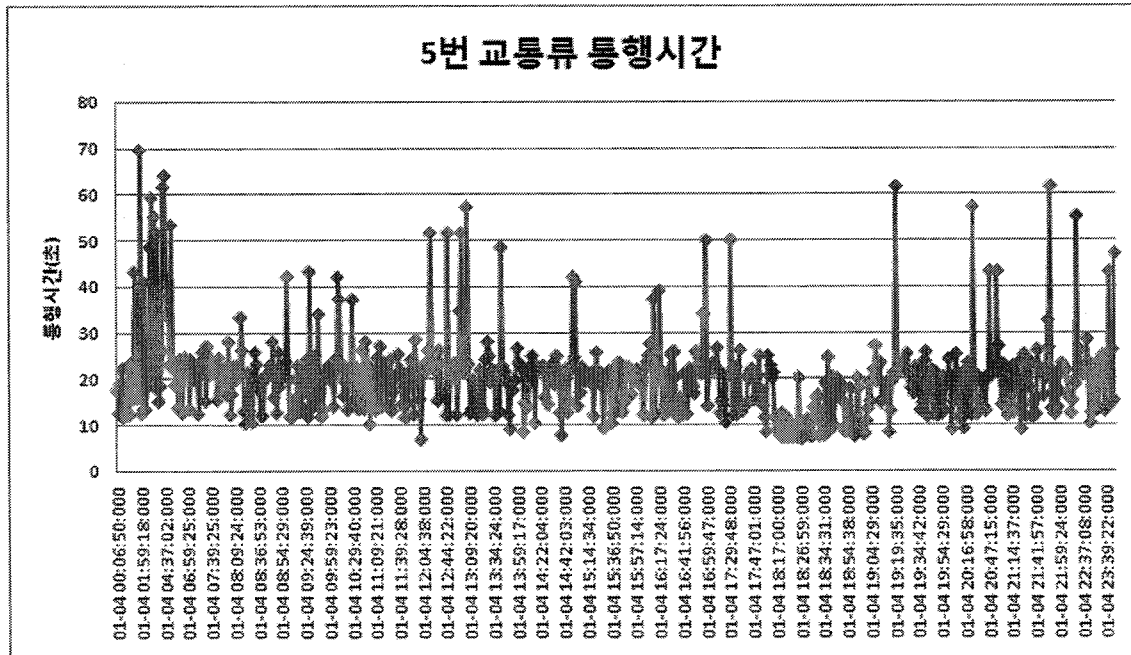
<그림 3-70> 3번 교통류 통행시간 결과

- ④번 이동류



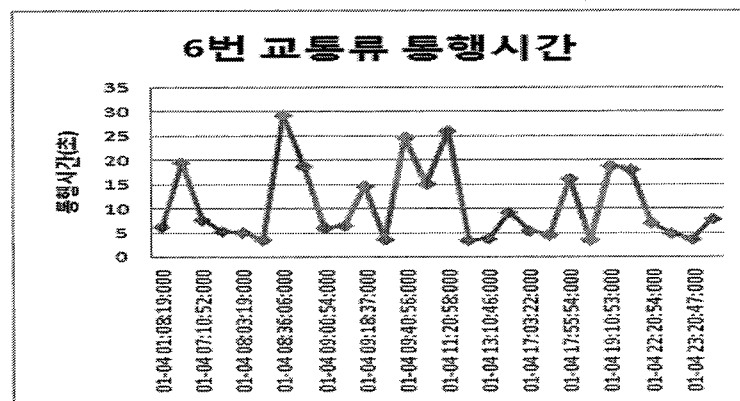
<그림 3-71> 4번 교통류 통행시간 결과

- ⑤번 이동류



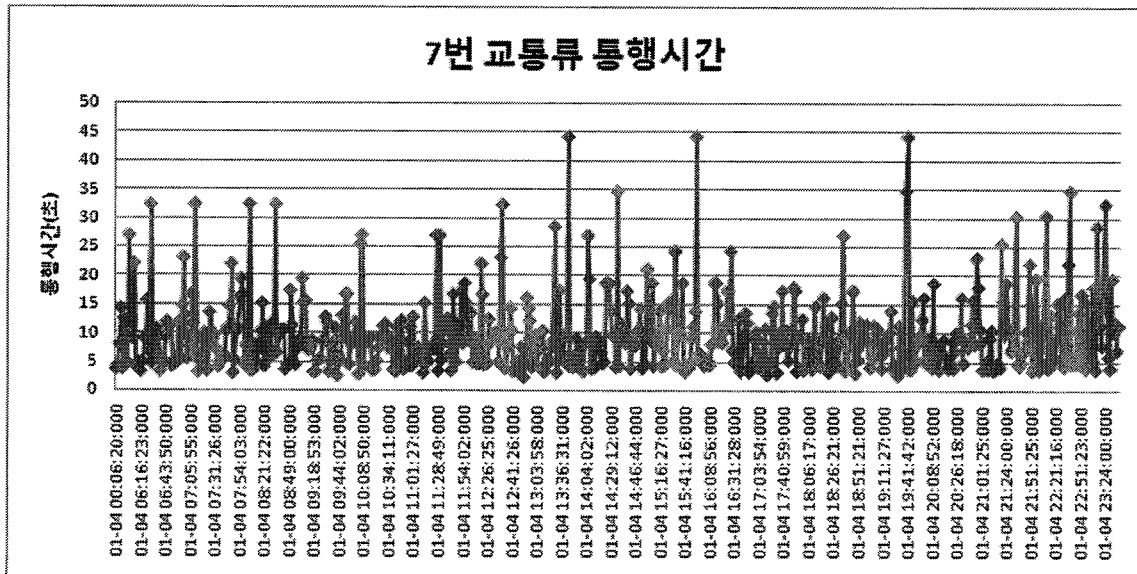
<그림 3-72> 5번 교통류 통행시간 결과

- ⑥번 이동류



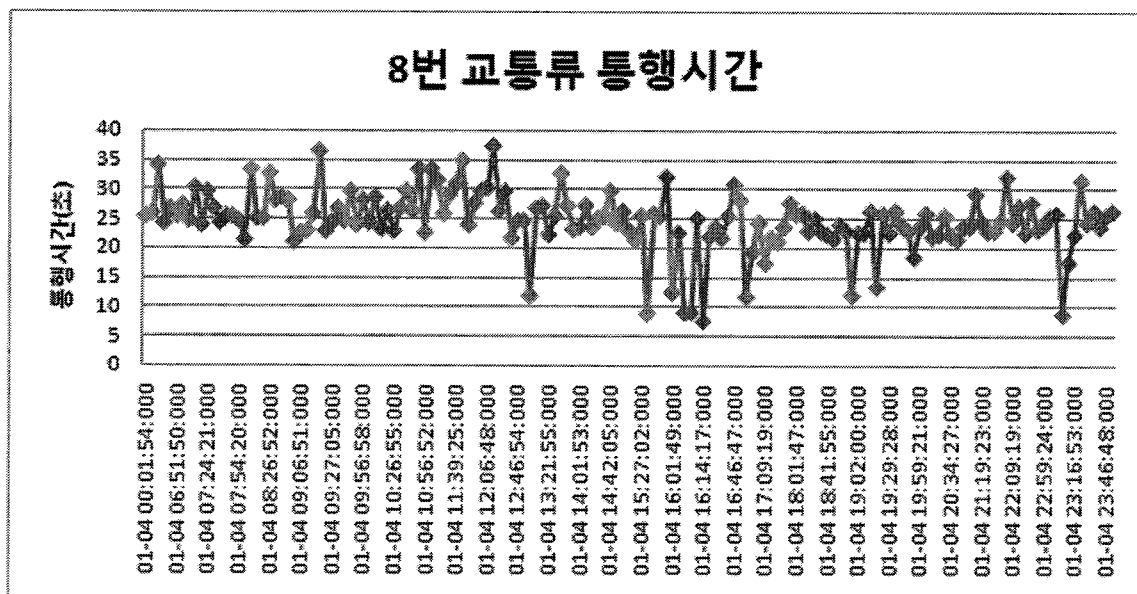
<그림 3-73> 6번 교통류 통행시간 결과

- ⑦번 이동류



<그림 3-74> 7번 교통류 통행시간 결과

- ⑧번 이동류

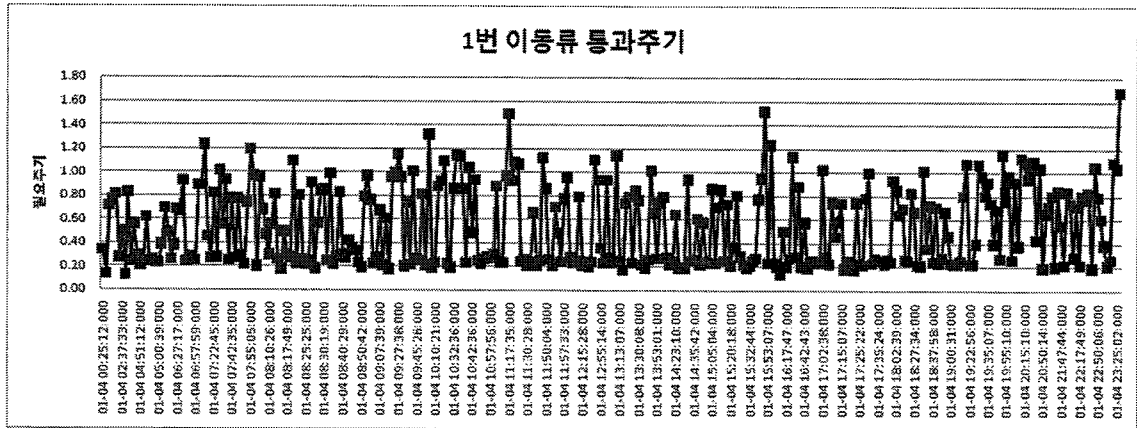


<그림 3-75> 8번 교통류 통행시간 결과

㉔ 통과 가능 주기 수집

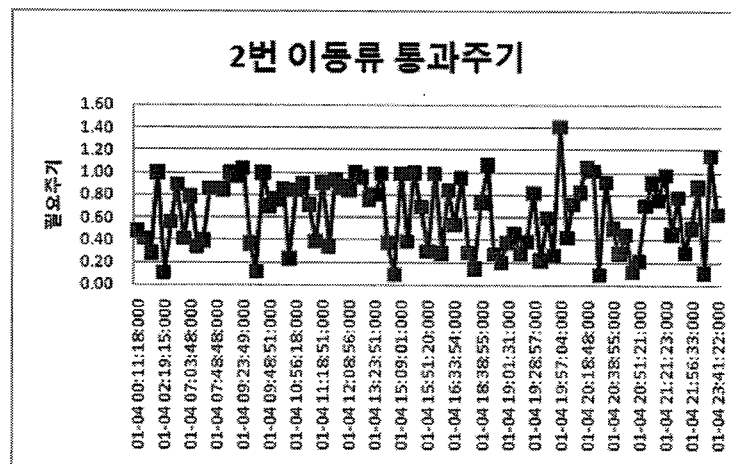
○ 각 이동류별 통과주기는 다음과 같음

- ①번 이동류



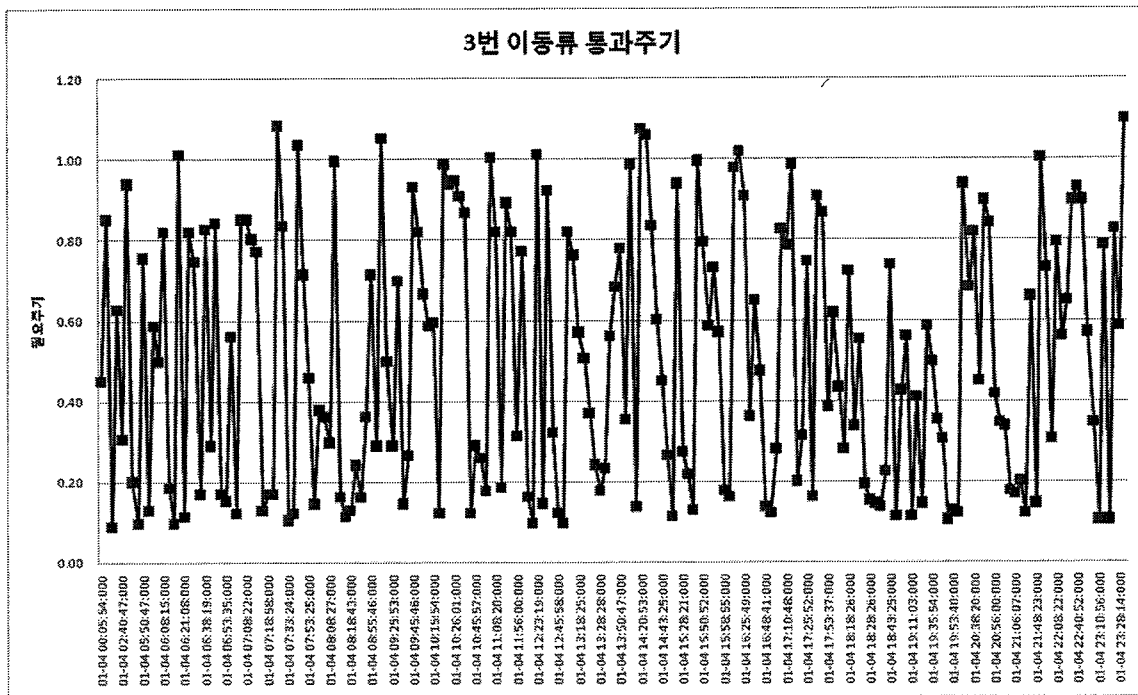
<그림 3-76> 1번 이동류 통과주기 결과

- ②번 이동류



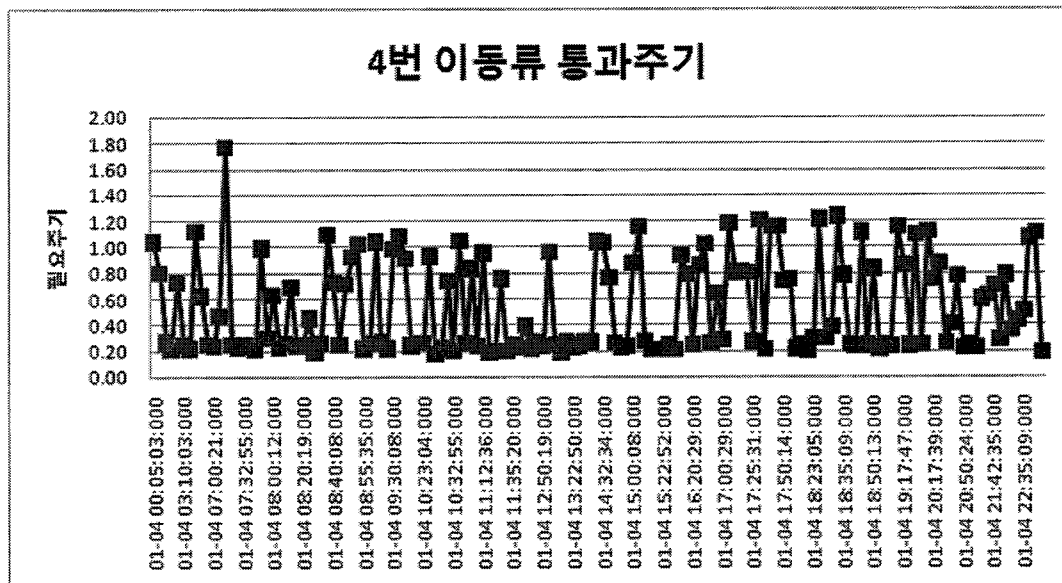
<그림 3-77> 2번 이동류 통과주기 결과

- ③번 이동류



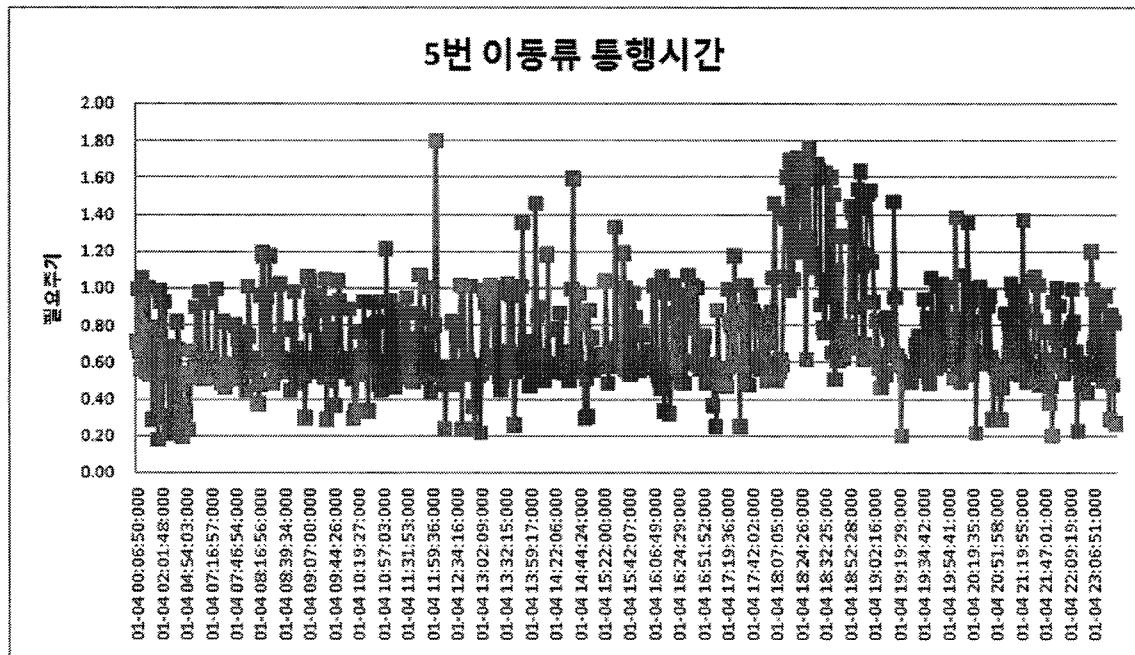
<그림 3-78> 3번 이동류 통과주기 결과

- ④번 이동류



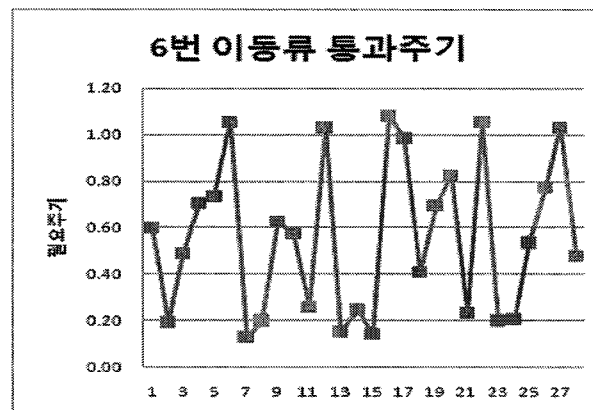
<그림 3-79> 4번 이동류 통과주기 결과

- ⑤번 이동류



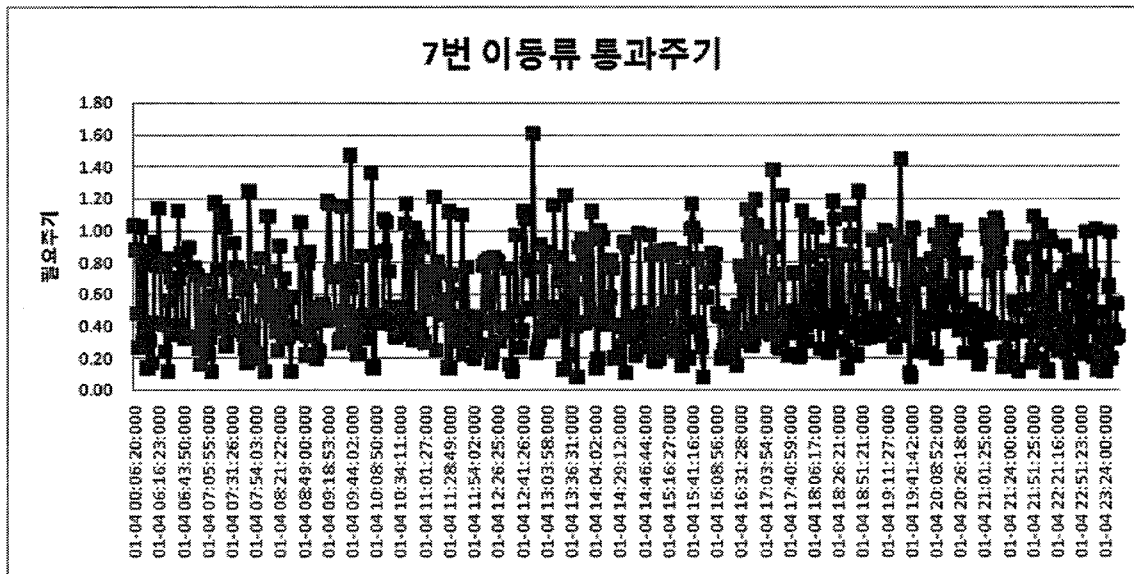
<그림 3-80> 5번 이동류 통과주기 결과

- ⑥번 이동류



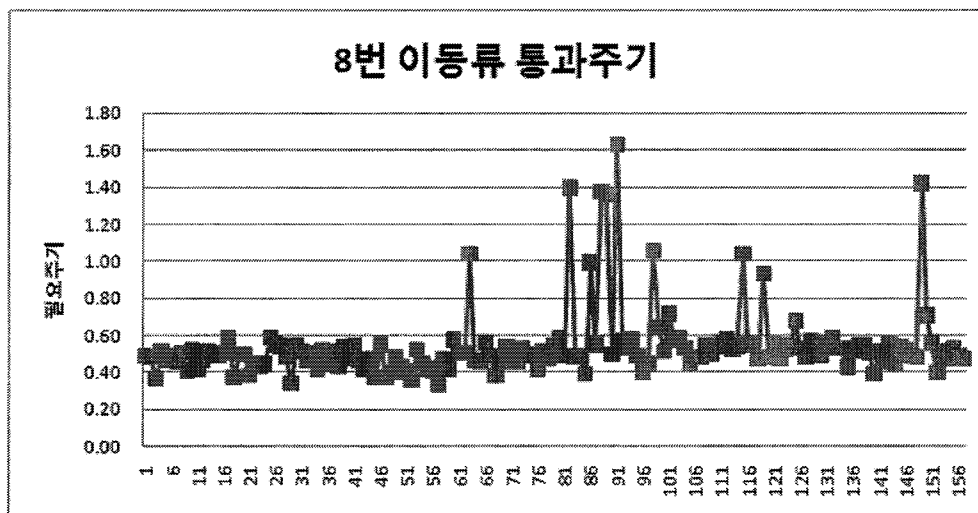
<그림 3-81> 6번 이동류 통과주기 결과

- ⑦번 이동류



<그림 3-82> 7번 이동류 통과주기 결과

- ⑧번 이동류



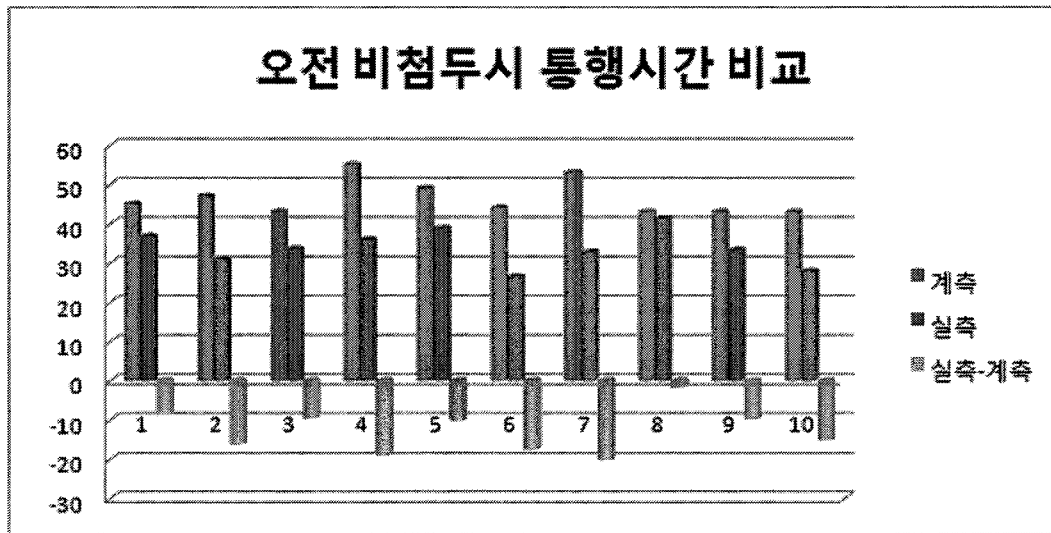
<그림 3-83> 8번 이동류 통과주기 결과

(2) 시나리오 2

- 시나리오 2는 RF-DSRC를 통해 얻어진 오전 비첨두시간대의 통행시간 정보와 실제 실측 시간과의 차이를 확인해 보았음
- 그 결과는 다음 표와 같음

<표 3-41> 시나리오 2의 계측치와 실측치 결과

구분	4교차로 검지시각	5 교차로 검지시각	계측 통행시간	실측 통행시간	실측-계측
상행	12-12 11:38:44:000				
상행	12-12 11:40:50:000				
상행	12-12 11:41:31:000	1			
상행		12-12 11:42:16:000	45	36.72	-8.28
하행		12-12 11:44:54:000			
하행	12-12 11:45:41:000		47	30.88	-16.12
상행	12-12 11:47:43:000				
상행		12-12 11:48:26:000			
상행		12-12 11:48:26:000	43	33.54	-9.46
상행	12-12 11:55:47:000				
상행		12-12 11:56:42:000	55	35.9	-19.1
상행	12-12 12:24:04:000				
상행		12-12 12:24:53:000	49	38.76	-10.24
상행	12-12 12:30:10:000				
상행		12-12 12:30:54:000	44	26.5	-17.5
하행		12-12 12:32:42:000			
하행	12-12 12:33:35:000		53	32.83	-20.17
하행		12-12 12:36:17:000			
하행	12-12 12:35:34:000		43	41.35	-1.65
상행	12-12 12:41:24:000				
상행		12-12 12:42:07:000	43	33.28	-9.72
하행		12-12 12:44:14:000			
하행	12-12 12:44:57:000		43	27.89	-15.11



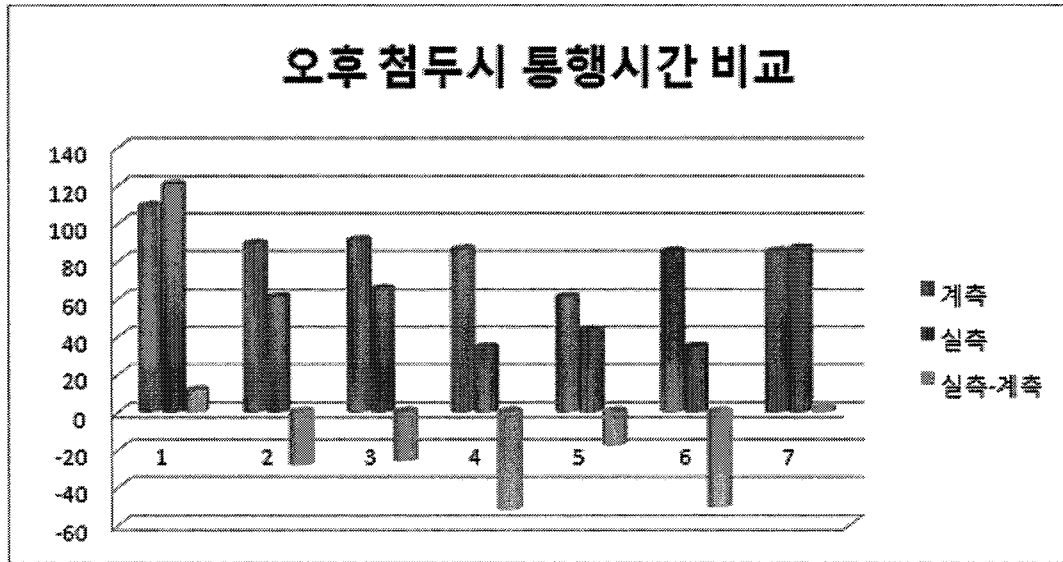
<그림 3-84> 오전 비첨두시 통행시간 비교

(3) 시나리오 3

- 시나리오 3은 RF-DSRC를 통해 얻어진 오후첨두시간대의 통행시간 정보와 실제 실측 시간과의 차이를 확인해 보았음
- 그 결과는 다음 표와 같음

<표 3-42> 시나리오 3의 계측치와 실측치 결과

구분	검지시각	검지시각	계측 통행시간	실측 통행시간	실측-계측
하행		12-12 17:29:28:000			
하행	12-12 17:30:17:000		109	120.42	11.42
상행	12-12 18:11:17:000				
상행	12-12 18:12:50:000				
상행		12-12 18:14:19:000	89	60.87	-28.13
상행	12-12 18:27:21:000				
상행	12-12 18:28:09:000				
상행		12-12 18:28:52:000	91	65.12	-25.88
하행		12-12 18:30:40:000			
하행		12-12 18:31:22:000			
하행	12-12 18:32:06:000		86	34.05	-51.95
상행	12-12 18:46:10:000				
상행		12-12 18:47:11:000	61	43.29	-17.71
하행		12-12 18:49:15:000			
하행		12-12 18:49:57:000			
하행	12-12 18:50:40:000		85	34.53	-50.47
하행		12-12 18:56:25:000			
하행	12-12 18:57:09:000				
하행	12-12 18:57:50:000		85	86.67	1.67



<그림 3-85> 오후 침두시 통행시간 비교

(4) 교통정보 수집 서비스 결과 종합

- 시나리오 1은 IR-DSRC를 통해 얻어진 통행시간 정보를 24시간 수집 가공한 것으로 그 결과를 보면, 방향별 통행시간의 편차가 큰 것을 알 수가 있음. 이는 통행시간 기반제어의 필요성을 확인할 수 있는 부분임
- 또한 시나리오 1에서 통과 가능 주기를 살펴보면, 3번과 7번 이동류는 전반적으로 1번 이상의 주기를 대기해야 하는 것으로 나타났으며, 이를 해결하기 위한 신호제어 알고리즘이 필요할 것으로 판단됨
- 그리고 5번 이동류의 경우, 오후 침두시인 6시부터 9시까지는 1주기 이상의 통과 주기가 필요한 것으로 보이며, 이를 해결하기 위해 오후침두시 5번 이동류에 해당하는 현시 길이를 증가 시킬 필요가 있을 것으로 판단됨
- 시나리오 2와 3은 RF-DSRC를 통해 수집된 통행시간과 실제 차량에 탑승하여 실측한 값을 비교하였으며, 그 결과 오전 비침두 시의 평균 실측-계측 값은 12.73초 이었으며, 오후 침두시의 평균 실측-계측 값은 20초 이었음
- 그러나 본 실험 결과의 표본 수가 일반화를 위한 표본 수에 미치지 못하므로 그 결과를 일반화 시키는 데에는 한계가 있음

제5절 연구 결과

1. 1차년도 연구 결과

1차년도에는 매설식 검지기 신호제어시스템의 검지 및 제어 방식에서 무선통신 기반 신호제어시스템으로 전환함에 따라 검지 방식 및 효율적인 신호제어방식에 대한 개념을 정립하고 신호제어시스템 기술개발 및 시스템 요구조사를 분석하여 무선통신 신호제어시스템의 정보제공 및 제어에 대한 요구기능을 설정하였고 신호제어기 H/W, S/W에 대한 요구기능 및 사양을 규정, 이를 개발하기 위한 5개년 세부 전략을 제시하였다.

또한 신호제어시스템의 H/W, S/W 및 인터페이스 분석을 위해 국내외 신호시스템 기술의 미래 기술 적용성을 검토하여 무선통신 모듈 기반 신호제어시스템 개발방향을 설정하였으며, 무선통신 모듈 기반 신호제어 알고리즘을 연구·개발하였다.

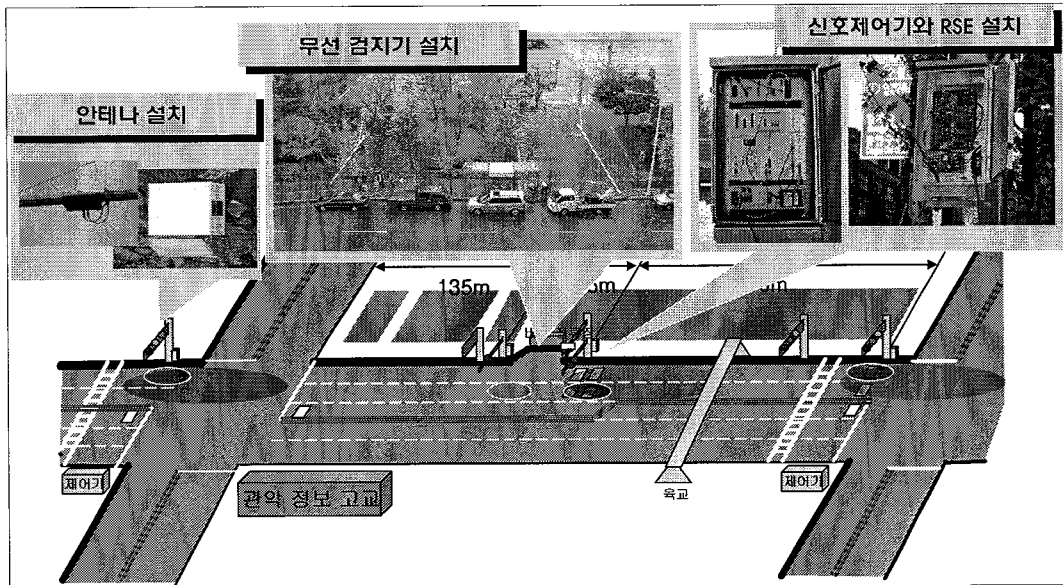
마지막으로 검지기 체계와의 무선통합 모듈을 구성 개발하여 검지기 체계와 신호시스템을 연계한 프로토타입을 개발·실내평가를 완료하였다.

2. 2차년도 연구 결과

2차년도에는 무선통신 신호제어시스템의 요구사항 및 개발전략을 기반으로 한 총괄적인 시스템 아키텍처를 구축하였으며 이에 따른 시스템 구성요소별 통신체계를 구성하고 논리적 아키텍처를 설정하였다.

또한 무선통신 기반 검지데이터를 이용한 새로운 신호제어 전략을 연구하여 실시간 신호제어 알고리즘을 개발·적용하였으며, 버스 및 응급차량을 위한 우선 신호제어 알고리즘, 차량군 제어 방법 및 딜레마구간 제어 알고리즘, 차량주행속도 제어를 위한 알고리즘이 개발되었다.

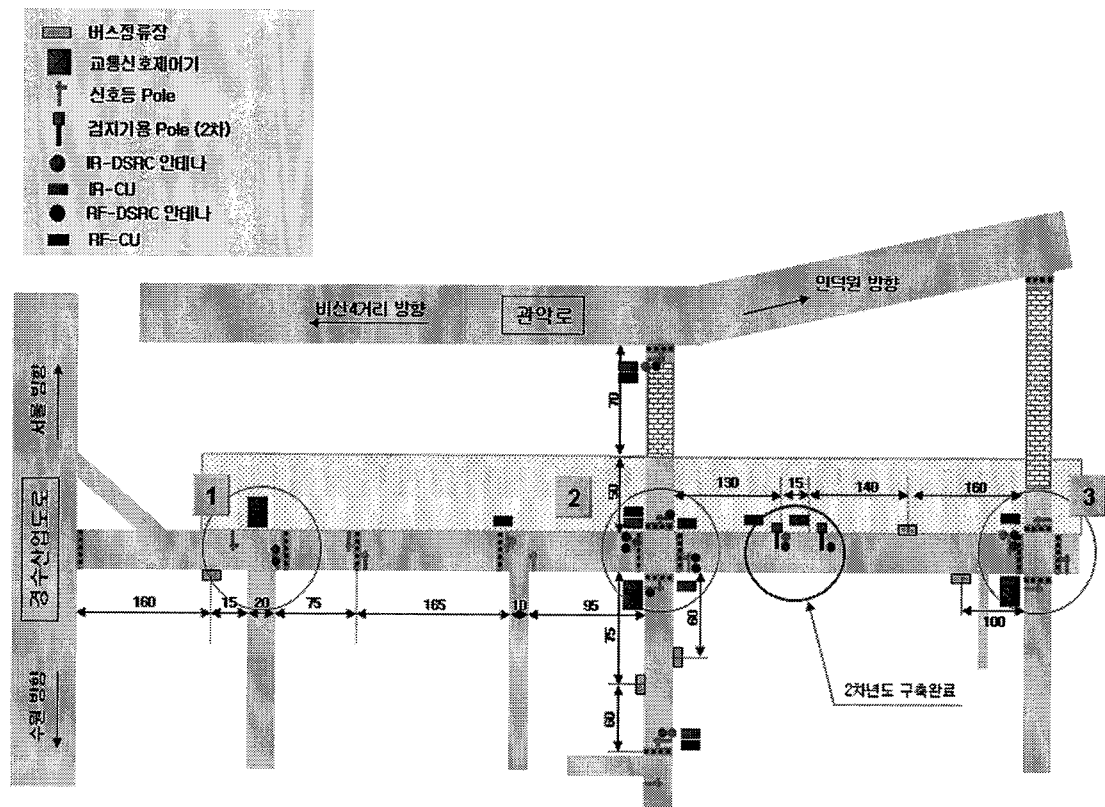
시스템 시험평가를 위한 모의 실험을 위해 모의실험 프로그램 및 프로토타입이 개발되었고, 이를 위한 HILSS가 제작되어 알고리즘 및 시스템 모듈 등이 실내 실험을 통해 평가되었다.



<그림 3-86> 2차년도 실외 시험 사이트 및 시스템 구성

3. 3차년도 연구 결과

3차년도에는 WISDOM의 1단계 시작품 제작과 그에 대한 현장시험평가로 1, 2차년도에 걸쳐 개발된 무선통신 검지기반의 신호제어 전략 알고리즘이 적용된 신호제어기 시스템의 체계 종합을 수행하여 현장에 설치 가능한 시작품을 제작하였으며 이를 시험평가하기 위해 2차년도 실험사이트를 추가로 보강하여 구성하였다.



<그림 3-87> 3차년도 실외 시험 사이트 및 시스템 구성

위의 그림과 같이 2번교차로를 중심으로 1번, 3번 교차로의 주도로 및 부도로의 유출입로에 검지기를 추가 설치하였고 2번도로는 차선별로 차량을 모두 검지할 수 있도록 검지기를 설치하였다.

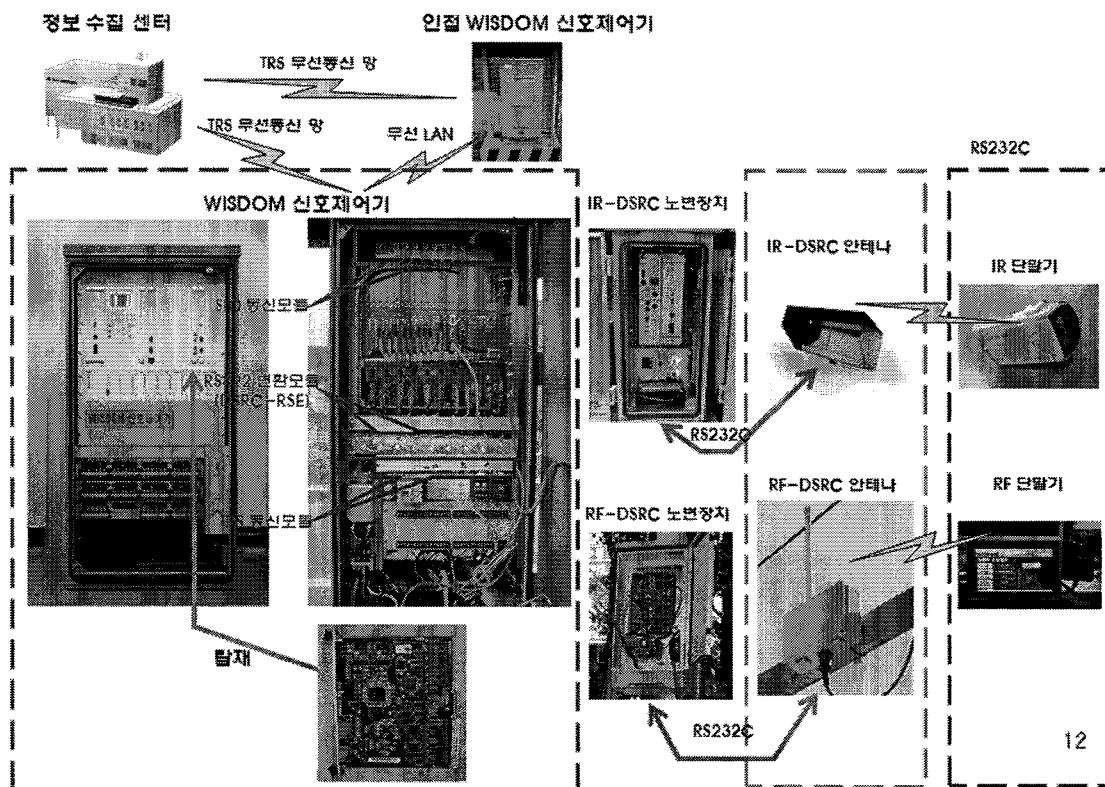
3차년도에 개발 진행 중인 Cycle Free 알고리즘에 대해서는 HILSS 평가를 완료하였고 WISDOM 제어기에 구현하여 실제 현장에 적용하였다. HILSS 평가에서는 Cycle Free가 교차로가 포화상태일때 오히려 교차로의 제어 및 운영 효율이 나빠지는 결과를 보였으나 교통량을 예측하기 어려운 불규칙한 상황에서는 효과가 좋은 것으로 나타나 본 과제의 목적에 부합되는 결과를 보였다. 또한 현장 적용이 용이한 딜레마 감응제어, 버스우선신호제어, 긴급차량제어 알고리즘은 시험 사이트에서 실제 운영되는 현장실험을 실시하였다.

이를 통해 3차년도까지 개발된 WISDOM의 1단계 시작품은 무선통신기반의 신호제어기 및 알고리즘이 본래의 연구 목표에 따라 현장적용이 가능하도록 체계종합이 효과적으로 수행되었음을 알 수 있다.

건설교통부, 경찰청, 산업자원부 등 관련 전문가를 초청하여 1단계 WISDOM 개발 시연회가 3차년도 말에 개최되었다.

4. 4차년도 연구 결과

4차년도에는 WISDOM 무선통신 신호제어시스템의 체계종합을 통한 시작품을 제작하였으며, 이를 기반으로 개별차량감응제어를 위한 신호제어 전략 및 알고리즘에 대한 평가 사이트를 구축하고 현장실험을 실시하였다.



<그림 3-88> 4차년도 개발 완료된 시작품 구성

또한 기존 신호제어시스템과의 비교 평가를 위해 HILLS 개발을 완료하여, TOD체계 및 COSMOS(표준화제어기)체계와의 비교 평가를 실시하였다. 그 결과 교통량의 변화가 있는 부분에서는 Cycle-Free가 타 시스템에 비해 지체 값이 감소한 것으로 나타났으며, 통행시간기반제어는 이동류별 통행시간의 균등화를 확

보한 것을 확인할 수 있었다.

더욱이 4차년도 현장 실험 평가를 통해 대상교차로에서 운영되었던 신호제어 알고리즘(Cycle-Free 및 통행시간기반제어)이 효과가 있는 것으로 평가 되었다.

이와 더불어 WISDOM 체계를 통해 교통정보 수집 및 제공을 위한 틀을 만들 수 있었다.



<그림 3-89> 동적 딜레마 서비스(경고 및 정보제공)

5. WISDOM 최종 결과분석(결과요약)

가. Cycle Free, 통행시간기반 및 포화도기반 알고리즘의 평가 결과

- CF(Cycle Free)와 TT(통행시간) 기법의 제어알고리즘의 경우에는 교통량이 비교적 많은 경우와 교통량이 감소하는 경우, 효과적인 것으로 나타났음
- TRC(포화도 기반) 제어알고리즘의 경우는 CF나 TT 제어기법에 비해 크게 좋아지지는 않았으나, 교통량이 비교적 한산한 시나리오와 교통량 변화가 있는 시나리오에서 TOD대비 평균지체의 변화율이 각각 7.1~14.7% 가량 감소하는 것으로 나타났음
- 그러나 본 결과는 제한된 장소에서 수행한 하나의 평가사례로서 더구나 TRC 제어의 녹색시간 최적화 기법이 반영되지 않은 주기 최적화만에 의한 영향임을 고려할 때, CF기법의 제어가 현재의 TRC기법의 제어보다 제어효율성이 월등히 우월함을 보여주는 것으로 단정하기는 어려움

나. 현장실험 평가 결과

- 통행시간기반 신호제어 적용 시점과 유사한 교통 패턴을 보이는 환경에서의 TOD제어와 비교 분석을 수행하였으며, 결과 주기의 감소 및 현시배분으로 평균 12%의 지체 감소 효과를 확인하였음
- Cycle Free는 신호제어지체 비교분석결과 기존에 현장에서 운영되는 TOD제어방식에 비해 접근로별 지체의 편차가 비교적 크지 않은 것으로 산출되었으며 교차로 평균 정지지체는 상대적으로 작게 산출되었음

다. Probe Vehicle 비율에 따른 결과

- 통행시간 기반제어는 프로브 비율이 30%인 경우에도 안정적인 신호제어를 수행하였으나, 그 표준편차는 100%에 비해 크게 나타남
- Cycle Free 제어는 실제 현장 실험결과 14.3% 정도에서 안정적으로 운영되었으며, 최소 6~8% 정도에서도 운영은 가능함

제4장 연구개발목표 달성도 및 대외기여도

본 연구의 최종 목표는 신호교차로에 접근하는 차량과의 실시간 무선통신 방식을 이용한 개별 차량 감응식 차세대 신호제어시스템 즉, 차세대 무선통신제어기 및 신호제어전략을 개발하고 현장시험 및 평가를 통해 실용화를 위한 시작품을 제작하는 것이다. 1차년도에는 무선통신 신호제어시스템 요구사항 및 개발전략 개념을 수립하고, 신호제어시스템 H/W, S/W 및 인터페이스를 분석하여 검지기 체계와의 무선통신 모듈을 개발·제시하였으며, 2차년도에는 무선통신 신호제어시스템의 아키텍처를 구축하고 무선통신 신호제어 전략 및 알고리즘을 개발한 후 시스템 시험평가를 위한 모의실험 프로그램을 개발하여 실제 무선통신 검지기 기술 및 신호제어기의 현장시험을 수행하였다. 3차년도는 2단계 개발 중 1단계 개발이 완료되는 시점으로 무선통신 신호제어시스템의 체계 종합 및 시작품이 제작되었으며 시험평가를 위한 평가 사이트를 구축하여 HILSS를 통해 평가되어진 알고리즘을 직접 현장에서 구현하였다. 이에 2단계(4차년도)에서는 기 개발된 시작품 및 알고리즘을 통한 개별차량감응식 신호제어시스템 시작품을 제작 완료하였으며, HILSS를 이용한 타 신호제어시스템과의 모의실험을 통한 비교 평가를 실시하여 그 효과가 충분히 향상되었다는 것을 확인하였다. 또한 본 시스템을 통해 수집되는 차량정보를 이용하여 교통정보 제공의 기본 틀을 마련하였다.

제1절 1차년도 연구목표 달성도 및 대외기여도

1차년도 연구의 주요 내용은 다음과 같이 크게 세 가지로 요약할 수 있다.

- 무선통신 신호제어시스템 요구사항 및 개발전략 연구
- 신호제어시스템 H/W, S/W 및 인터페이스 분석
- 검지기 체계와의 무선통신 모듈 개발

연구 개발 목표에 따른 달성 정도는 다음표와 같다.

<표 4- 1> 무선통신 신호제어시스템 요구사항 및 개발전략(달성도,%)

무선통신기반 신호제어시스템 개념 정립 (100%)	
- 유선통신 기반 신호제어 시스템 검토 분석	
· 유선통신 기반 시스템 요구사항 분석	
· 유선통신 기반 시스템 검지 및 제어방식, 운영전략 분석	
- 무선통신 기반 신호제어시스템 개념 정립	
· 무선통신 기반 시스템 요구사항 정립	
· 무선통신 기반 검지 및 제어방식, 운영전략 정의	
무선통신 신호제어시스템 요구기능 설정 (100%)	
- 무선통신 기술 분석 및 통신 방식 연구	
- 무선통신 기반 시스템 설계를 위한 요구기능 설정	
· 유선통신 기반 기술 및 기능분석	
· 무선통신 기반 시스템 성능요구사항 도출	
· 시스템 성능평가를 위한 척도 제시	
무선통신 신호제어시스템 개발전략연구 (100%)	
- 무선통신 신호제어 시스템 구축 및 개발 전략	
· 검지기 체계	
· 통신 체계	
· 데이터 종류	
· 신호 제어기 H/W 및 S/W 요구 기능	
유·무선 통신시스템 기술 분석을 통한 신호제어시스템 응용 연구 (100%)	
- 신호제어시스템 H/W, S/W 연계 알고리즘 및 전략	
· 유선, 무선, 유무선 통합 데이터에 따른 H/W, S/W 응용 연구	
교통류 특성 분석 (100%)	
- 도심부, 일반 국도에서의 교통류 특성 분석	
- 첨두시, 비첨두시 특성 분석	
- 교통혼잡에 따른 통신 장애 관계 분석	

<표 4- 2> 신호제어시스템 H/W, S/W 및 인터페이스 분석(달성도,%)

국내외 신호시스템 기술 분석 (100%)	
- 국내외 신호시스템 기술 분석	· 국내 일반 신호 시스템 · 국내 신신호시스템 · 국외 신호시스템 · 국내외 제어기 개발 현황 · 국내외 신호제어전략 개발현황
- 신호시스템 평가 방법 분석	
- 신호시스템 미래 개발방향 검토	
- 국내 기술과 국외 기술의 객관적 평가 및 무선통신 신호시스템 개발방향 설정	
신호시스템 적용 제어 알고리즘 분석 (100%)	
- 포화도산정 알고리즘	
- 대기행렬길이 예측 알고리즘	
- 현시체계 결정 알고리즘	
- 신호주기 결정 알고리즘	
- 녹색신호시간 결정 알고리즘	
- 옹셋 결정 알고리즘	
- 오정보 판단 알고리즘	
- 무선통신 신호제어 운영시 필요한 대체 알고리즘 도출	
무선통신 모듈 신호시스템 개발 방향 설정 (100%)	
- 무선통신 신호시스템 요구사항 검토	
- 무선통신 신호시스템 전략 검토	
- 무선통신 신호시스템 개발방향 설정	· H/W · S/W · 인터페이스
무선통신 모듈 기반 신호제어 알고리즘 연구 (100%)	
- 활용가능한 실시간 데이터 정의	
- 실시간 데이터를 활용한 제어 알고리즘 연구	· 대중교통 우선제어 · 통행시간 기반 제어 · 주기변동 기반 제어 · 동적 딜레마 구간 제어 · 교통대응 신호제어 · 개별차량 기반 신호제어 · 무선지점 검지기 자료처리 알고리즘
- 각각의 제어 알고리즘에 필요한 시스템 요소 정의 및 제어전략 연구	
- 차량 구분 및 개별 정보 활용 방안 연구	

<표 4- 3> 검지기 체계와의 무선통신 모듈 개발(달성도,%)

모의실험 모형 요소기술 개발 (100%)
- 무선통신 제어 알고리즘 평가를 위한 모형 정의 - 필요 기술 및 개발 범위 설정 - 시스템 모델링 범위 설정 - 모형 개발을 위한 기초조사 및 사례연구 - 모형 타당성 검증 방안 구축 - 향후 개발 예정인 시스템 구성 요소별 모델링 기초연구
무선검지기 체계와 신신호시스템을 연계한 프로토타입 개발 및 실험 (100%)
- 검지기와 제어기간 무선 통신 모듈 개발 - 검지기 체계별 데이터 전송 및 정보처리 아키텍처 설계 - 검지기와 제어기간 무선 통신 프로토타입 개발 - 각 제어기별 무선통신 성능 평가 시험 - 평가 척도 제시 및 제어기별 평가 비교 - 민감도 분석 및 통신에러 발생빈도 분석 - 통신의 무결성, 신뢰성, 확장성, 유지관리 용이성, 정보의 질 등을 고려한 종합평가

제2절 2차년도 연구목표 달성도 및 대외기여도

2차년도 연구의 주요 내용은 다음과 같이 크게 네 가지로 요약할 수 있다.

- 무선통신 신호제어시스템 아키텍처 구축
- 무선통신 신호제어 전략 및 알고리즘 개발
- 시스템 시험평가를 위한 모의실험 프로그램 개발
- 무선통신 검지기 및 신호제어기 개발

연구 개발 목표에 따른 달성 정도는 다음표와 같다.

<표 4- 4> 무선통신 신호제어시스템 아키텍처 구축(달성도,%)

무선통신 신호제어시스템 개념 보완 (100%)	
- 무선통신 기반 신호제어시스템을 신호제어 방법에 따라 분류	
· 운영제어	
· 안전제어	
· 정보제공	
무선통신 신호제어시스템 아키텍처 구축 (100%)	
- 무선통신 신호제어시스템 구성요소 분석	
- 무선통신 신호제어시스템 1단계 아키텍처 수립	
· 신호제어기-센터-검지기의 역할 정립	
- 무선통신 신호제어시스템 2단계 아키텍처 수립	
· 통신체계구성 및 논리적 아키텍처 설정	
기초 분석 (100%)	
- 실외실험장소 후보지 검토	
- 교통특성 분석	

<표 4- 5> 무선통신 신호제어전략 및 알고리즘 개발(달성도,%)

무선통신 신호제어전략 개발 (100%)	
- 차세대 무선통신 신호제어시스템(WISDOM) 구성 정의	
· 시스템 개발 대상 구분	
· 시스템 적용대상 아키텍처 구분	
· WISDOM 시스템 통신망 구성	
· L/C 외부 통신자료	
· 인근 교차로 운영상황 관련 정보	
- 차세대 무선통신 신호제어시스템 연계 가능 검지기 체계 검토	
- 차세대 무선통신 신호제어시스템 알고리즘 구분	
- 활용가능한 실시간 데이터 정의	
· 각각의 제어 알고리즘에 필요한 시스템 요소 정의 및 제어전략 연구	
무선통신 신호제어전략 알고리즘 개발 (100%)	
- 실시간 데이터를 활용한 제어 알고리즘 연구	
· 대중교통 우선제어	
· 긴급차량 우선제어	
· 통행시간 기반 제어	
· 주기변동 기반 제어	
· 동적 딜레마 구간 제어	
· 교통대응 신호제어	
· 개별차량 기반 신호제어	
· 무선지점 검지기 자료처리 알고리즘	
- 무선통신 신호제어 알고리즘 적용	
· 대중교통 우선제어	
· 긴급차량 우선제어	
· 딜레마 구간 제어	

<표 4- 6> 시스템 시험평가를 위한 모의실험 프로그램 개발(달성도,%)

모의실험 프로그램 및 프로토타입 개발 (100%)
- 시스템 평가를 위한 HILSS 개발 사례 검토 - 모의실험 프로그램 및 프로토타입 개발 - 모의실험 효율성 평가 시스템 개발 및 신뢰성 평가
모의실험을 위한 HILSS 제작 및 평가 (100%)
- CORSIM 교통류 시뮬레이션 모형 개발 - 무선통신 기반 제어 알고리즘 효율성 평가 시스템 개발 및 신뢰성 평가 · 평가 모형 설정 · HILSS 기반 평가 시스템 데이터 입력 · 인터페이스 데이터 정확도 분석 및 평가 - HILSS 기반 평가시스템 이용한 제어알고리즘 평가 · 버스우선신호제어
시스템 모듈별 실내실험 (100%)
- 무선통신 기반 제어 알고리즘 효율성 평가 시스템 개발 및 신뢰성 평가 · 평가 HILSS 구성(루프 및 DSRC 검지기 기반 평가용 HILSS)

<표 4- 7> 무선통신 검지기 기술 및 신호제어기 개발(달성도,%)

무선통신 검지기 기술 개발 및 적용 (100%)
- 무선통신 검지기 기술 개발 및 적용 · 무선통신 검지기 IR DSRC 개발 및 제작 · 무선통신 검지기 RF DSRC 개발 및 제작 · 무선통신 검지기 RF VDS 개발 및 제작
센터시스템, 현장제어기의 S/W 및 H/S 개발 (100%)
- 현장제어기의 S/W 및 H/W 개발 · Local Host 개발 및 제작 · 무선통신 검지 시스템 S/W 개발 - 센터시스템 구축 · 무선통신 신호제어시스템 관리 및 데이터 수집/분석을 위한 시스템 구축 - 실외 실험

제3절 3차년도 연구목표 달성도 및 대외기여도

3차년도 연구의 주요 내용은 다음과 같이 크게 세 가지로 요약할 수 있다.

- 무선통신 신호제어시스템 체계종합 및 시작품제작
- 시험평가를 위한 평가사이트 구축 및 현장실험, 평가분석
- 1단계 개발 시작품 시연회

연구 개발 목표에 따른 달성 정도는 다음표와 같다.

<표 4- 8> 무선통신 체계종합 및 시작품제작(달성도,%)

신호제어시스템 및 제어알고리즘 구현 (100%)
- 무선통신 검지 기반 신호제어시스템을 개발하고 실시간 제어 가능한 제어알고리즘을 적용
· 딜레마감응제어
· 긴급차량우선제어
· 버스우선신호제어
· Cycle Free
· 통행시간기반제어
무선통신기반 검지기체계 및 제어기 체계종합 (100%)
- 표준화 신호제어기 기반위에 IR/RF-DSRC 적용
- ID 기반의 차량검지기 기술 및 신호제어기법 개발 적용
무선통신 신호제어시스템 시작품 제작 (100%)
- 1, 2차년도에 걸쳐 개발된 신호제어 전략을 적용
- 무선통신기반 검지기 및 제어기 체계를 종합하여 실제 적용 가능한 시작품 제작
차내단말기 활용 및 수집체계 검토 (100%)
- 현재 ETC, BIS에서 이용되고 있는 단말기를 활용하여 신호제어에 맞는 수집체계를 수립
- 신호체계 운영 DB 구축
· 제어기 내부 세부 DB
· 제어기 운영모드 DB

<표 4- 9> 시험평가를 위한 평가사이트 구축 및 현장실험, 평가분석(달성도,%)

시험평가를 위한 평가사이트 설계 및 구축 (100%)				
- 차량 ID 기반의 차후 개별차량 감응제어 적용이 가능하도록 중앙교차로 중심으로 3개의 교차로를 대상으로 신호제어시스템 구축 · 시험평가 사이트 구성				
교차로 명	IR-CU (안테나)	RF-CU (안테나)	신호제어기	비 고
1번 교차로(내비산교 앞)	1(2)	1(1)	표준화제어기	제어기 내부교체 (제어부)
2번 교차로(학의교 앞)	7(10)	4(4)	표준화제어기	제어기 내부교체 (제어부)
3번 교차로(관악타운 앞)	1(2)	1(1)	표준화제어기	일반식제어기 교체 (신규)
현장실험을 위한 시험평가 전략 및 시나리오 구성/제시 (100%)				
- 실차시험의 시나리오 구성 · 딜레마감응제어 · 긴급차량우선제어 · 버스우선신호제어 · Cycle Free				
현장실험 (100%)				
- 구성된 시나리오 기반의 현장 실험 실시 · 딜레마감응제어 · 긴급차량우선제어 · 버스우선신호제어 · Cycle Free				
시스템 평가를 위한 효과척도 제시 및 평가분석 (100%)				
- 각 알고리즘 별 지체도, 통행시간, 통행속도 등의 효과척도 제시 - HILSS를 통한 평가 분석 - 현장 검토				

<표 4-10> 1단계 개발 시작품 시연회 개최(달성도,%)

1단계 개발 시작품 시연회 개최 (100%)
- 관련 전문가를 초청하여 1단계 개발 시작품 시연회 개최 · 발표회 · 현장 시연

제4절 4차년도 연구목표 달성도 및 대외기여도

4차년도 연구의 주요 내용은 다음과 같이 크게 다섯 가지로 요약할 수 있다.

- 개별차량검지기와의 무선통신기반 신호제어시스템 개발(단말기 부착율에 따른 사용화 가능성, 효과, 시기 등을 제시 함)
- 개별차량감응제어를 위한 신호제어 전략 및 알고리즘 개발
- 모의실험을 통한 차세대 신호제어시스템 평가(기존 신호제어기(COSMOS)와의 비교 평가 실시)
- 개별차량감응식 차세대 무선통신 신호제어시스템 체계종합 및 시제품제작
- 시험평가를 위한 평가사이트 구축 및 현장실험, 평가분석

<표 4- 11> 개별차량검지기와의 무선통신기반 신호제어시스템 개발(달성도,%)

시스템 체계 종합 (100%)
- ID 기반 개별차량 프로토타입(prototype) 개발 - 표준화 신호제어기 기반위에 IR/RF-DSRC 적용
제어기 Database 종합 (100%)
- 개별차량감응제어를 위한 WISDOM Database 구축 - 센터시스템과의 연계를 위한 data 표준안 프로토콜 정의

<표 4-12> 개별차량감응제어를 위한 신호제어 전략 및 알고리즘 개발(달성도,%)

통행시간기반제어 (100%)
- ID 기반의 통행시간 수집 - 접근로별 통행시간지체 균등화 - 실내평가 - 현장평가
cycle-free (100%)
- ID 기반의 통행시간 수집 - 접근로별 지체 최소화를 위한 주기변동 - 실내평가 - 현장평가
기타 개별차량 기반의 알고리즘 적용 (100%)
- 동적 딜레마 서비스 - 교통정보 수집 · IR/RF-DSRC를 이용한 통행시간 수집 · 이동류별 교차로 통과 가능주기 산출

<표 4-13> 모의실험을 통한 차세대 신호제어시스템 평가(달성도,%)

알고리즘 모의 평가 (90%)
- 각 알고리즘 별 지체도, 통행시간, 통행속도 등의 효과척도 제시 - HILSS를 통한 평가 분석
기존 시스템과의 비교 (90%)
- TOD와 Cycle-Free, 통행시간 기반제어 비교 - COSMOS와 Cycle-Free, 통행시간 기반제어 비교

<표 4-14> 개별차량감응식 차세대 무선통신 신호제어시스템 체계종합 및 시작품 제작(달성도,%)

개별차량감응식 신호제어시스템 체계종합 (100%)
- 각 시스템 모듈별 프로토타입 정의 - IR/RF-DRSC 검지체계 ↔ 지역제어기(Local WISDOM) 체계 종합 - 지역제어기(Local WISDOM) ↔ 센터시스템 체계 종합
2단계 시작품 제작 (100%)
- 1, 2단계에 걸쳐 개발된 신호제어 알고리즘 및 서비스 적용 - 개별차량감응을 위한 무선통신기반 검지기 및 제어기 체계를 종합, 시작품 제작

<표 4-15> 시험평가를 위한 평가사이트 구축 및 현장실험, 평가분석(달성도,%)

현장실험 (100%)
- 구성된 시나리오 기반의 현장 실험 실시 · 동적 딜레마 서비스 · 교통정보 수집 서비스 · 통행시간기반 신호제어 알고리즘 · Cycle Free 신호제어 알고리즘
실험결과 분석 (99%)
- 개별차량 감응식 알고리즘 분석 - 기존 TOD 분석

본 연구개발 과제 수행에 있어 그 의의는 기존 매설식 검지기 기반의 신호제어시스템의 한계를 극복하기 위한 무선통신 기반의 차세대 신호제어시스템 개념 및 아키텍처를 세계 최초로 제시하였고, 1차년에 무선통신 인터페이스를 위한 모듈을 창의적으로 개발하여 제작·시험평가 하고 2차년도 무선통신 검지기 및 신호제어기를 개발함으로써 새로운 개념의 신호제어시스템 개발 가능성을 확인 하였으며 3차년도에 실제 평가사이트를 구축하고 현장실험을 함으로써 실제 적

용 가능성을 확인하였다. 이에 2단계(4차년도)에는 개별차량감응식 신호제어 알고리즘을 탑재한 WISDOM 신호제어 시스템의 시작품을 제작 완료하였다. 개발된 시스템은 새로 구축된 현장 실험 사이트에서 기존 시스템과의 비교 평가를 실시하여 시스템의 안정성 확인 및 효과 분석을 통해 실용화 가능성을 증대시켰다.

또한 기존의 신호제어시스템의 대체를 통해 유지보수 비용을 최소화할 뿐만 아니라 향후 예상되는 텔레매틱스 산업의 개별차량기반 정보 수집 및 제공 시스템과 아울러 유비쿼터스 기반의 센서 네트워크를 대비한 정보제공 및 운영제어 플랫폼을 제시함으로써 기술적 인프라를 제공하여 관련 산업의 획기적인 파급효과를 기대할 수 있다.

제5장 연구개발결과의 활용계획

연구개발의 1단계 결과 현재의 신호제어시스템을 대체하고 교차로 지체, 사고, 유지보수에 따른 비용을 획기적으로 감소할 수 있는 실시간 교통제어 및 운영과 버스 및 긴급차량의 개별차량속성정보를 차별화한 특별차량 우선신호 제어 및 운영에 활용되어야 하며, 2단계(4차년도) 결과 개별차량 검지기반 센서 네트워크 제어 및 운영, 실시간 교통정보 수집 및 제공, 충돌사고 방지 등의 교통사고 감소로 지능화도로 및 차량 시스템의 기반기술로 활용이 가능할 것으로 판단된다.

○ 교통관리 및 운영 분야

- 차세대 무선통신 신호제어시스템을 통해 수집되는 개별차량 정보를 이용하여 도심부 네트워크 차량 O/D 정보를 기반으로 한 효율적인 교통운영에 활용함
- 버스 및 긴급차량의 개별 차량속성정보를 차별화하여 특별차량우선신호제어(Signal Preemption) 및 운영에 활용함
- 검지기를 통해 수집되는 개별차량과 검지기간 센서 네트워크 기반 구축에 활용함
- 실시간 개별차량 위치정보와 신호현시 운영상태정보를 혼합 활용하여 적신호주행 및 과속위반단속 등과 같은 신호위반 자동단속 시스템과 사고차량 위치 등의 교통사고정보 전산화에 활용함

※ 활용예시: 교통량 실시간 검지, 자동차량인식, 특별차량우선신호제어, 돌발상황검지, 위반차량검지 등

○ 교통정보제공 및 서비스 분야

- 수집되는 개별차량정보의 가공을 통해 도심지 네트워크 링크구간의 여행시간정보, 최단경로 정보제공 및 교차로 통과 가능 주기 제공 등에 활용함

○ 자동화 도로 및 차량 분야

- 교차로 진입경고, 충돌 및 추돌 사고 경고, 딜레마구간 경고 등의 서비스를 가능케 하여 교차로 충돌예방 및 운전자 안전운전 지원시스템 구축에 활용함
- 첨단안전차량의 개발 및 보급을 촉진하여 자동화 도로 및 차량 서비스 분야의 시장을 급속도로 확산시킬 것임

제6장 참고문헌

- [1] "Sensor Technologies and Data Requirement for ITS", 2001, Lawrence A. Klein
- [2] "Technologies and Data Requirement for ITS", 2001, Lawrence A. Klein
- [3] U.S DOT. Traffic Control Systems Handbook,
- [4] Federal Highway Administration. U.S NTIS.
- [5] Comparison of delay estimates at under-saturated and over-saturated pre-timed signalized intersections, Francois Dion et al. Transportation Research Part B(Article in Press), 2003
- [6] Transit Signal Priority, ITS America, January 2002
- [7] Effectiveness of Bus Signal Priority, Chada, Shireen and Newland, Robert , NCTR-416-04, 2002.2
- [8] Federal Highway Administration (2001) 'TSIS User's Guide', Virginia, U.S.A.
- [9] Federal Highway Administration (2003) 'CORSIM Run-Time Extension(RTE) Developer's Guide', Virginia, U.S.A.
- [10] G. Courage and C. E. Wallace (1998) 'TRANSYT-7F Users Guide', Florida, U.S.A.
- [11] Highway Capacity Manual 2000., Transportation Research Board
- [12] Roger P. Roess, Elena S. Prassas and William R. McShane, Traffic Engineering, Pearson Prentice Hall, 2004
- [13] D. Bertsekas, R. Gallager. "Data Networks", Prentice-Hall 1992
- [14] IEEE Std., "Wireless LAN Medium Access Control(MAC) and Physical Layer(PHY) Specifications", Nov. 1997.
- [15] Jing Zhu and Sumit Roy, "MAC for Dedicated Short Range Communications in Intelligent Transport System", IEEE Commun. Mag., Vol.41, No.12, Dec. 2003, pp.60-67.
- [16] ATC Overview V1.0 (Draft) - Dated May 3rd, 2000.
<http://www.ite.org/standards/atc/>
- [17] Draft ATC Controller Standard Revision 4 - Dated July 25th, 2003.

- http://www.ite.org/standards/atc/ATC_ControllerStandard4.pdf
- [18] ATC Overview V2.0 (Draft) – Dated March 2nd, 2001.
- <http://forums.nema.org:8080/~atc/>
- [19] Advanced Transportation Controller (ATC) Standard for the Type 2070 Controller – Dated March 2nd, 2001.
- <http://forums.nema.org:8080/~atc/>
- [20] J. D. C. Little and M. D. Kelson, “Optimal Signal Timing for Arterial Signal System”, Federal Highway Administration. December 1980
- [21] MacGoWan. J., and I. J. Fullerton, “Development and Testing of Advanced Control Strategies in the Urban Traffic Control System”, Public Roads, Vol.43(NOS. #3). 1979-1980
- [22] R. D. Bretherton, “SCOOT Information”, Presentation to Traffic Control Delegation in Korea. 1990
- [23] P. R. Rowrie, “SCATS : Sydney Co-ordinated Adaptive Traffic System”, RTA. 1990
- [24] Sumitomo, “Traffic Control System in Japan”, Electric Industries. 1990
- [25] Allsop, R. E., "Delay-minimizing settings for fixed time traffic signals at a single road junction", Journal of the Institute of Mathematics and its applications, 8(2), pp164-185, 1971
- [26] Bell, M.G.H., "Vehicle responsive traffic signal control", Proceedings fo the IMA Conference on transport Planning and control, University of Wales, pp253-265, 1989
- [27] Bin Ran et. al., "Toward a class of link travel time functions for dynamic assignment models on signalized networks", Transportation Research B. vol 31, No. 4, pp 277-290, 1997
- [28] Bruce R. Hellinga, Lipping Fu,, "educing bias in probe-based arterial link travel time estimates", Transportation Research Part C 10 pp. 257-273 2002
- [29] Carney, M, Ge, YE, "Comparing whole-link travel time models (used in analytical dynamic traffic assignment modelling)", Transportation Research 37B, pp905-926, 2003
- [30] Emilia Kohlman Rabbani, Graham Bullen, "Marginal Delay, new measure for quality fo service at signalized intersections", Transportation Research Record 1802 Paper No. 02-2347, pp32-43, 2002

- [31] M. Massart, M. Koshi, M. Kuwahara, "Traffic Signal Control based on travel time information from beacons", Proceedings of the second world congress on intelligent transportation systems '95 Yokohama. Vol.1. pp.30-35, VERTIS, 1995
- [32] 강현철, 한상태, 최종후, 김은석, 김미경(2000) SAS Enterprise Miner를 이용한 데이터마이닝 방법론 및 활용, 자유아카데미
- [33] 도로용량편람 연구조사(제2,3단계), 제2단계 중간보고서, 건설부, 1990.07
- [34] 도로용량편람 연구조사(제2,3단계), 제3단계 최종보고서, 건설부, 1992.10
- [35] 도로용량편람 개선연구(제1단계), 최종보고서, 건설교통부, 1999.08
- [36] 도로용량편람 개선연구(제2단계), 최종보고서, 건설교통부, 2000.09
- [37] 도로용량편람 개선연구(제3단계), 최종보고서, 건설교통부, 2001.10
- [38] 간선도로 차량군 분산특성에 관한 연구, 도로교통안전관리 공단, 1999.12
- [39] 2002 한국도로 교통통계, 교통개발연구원, 2003.05
- [40] 2001 서울시 교통량 조사자료, 서울지방경찰청, 2002.01
- [41] 국도상의 신호교차로의 소통 및 안전기능 고도화를 위한 교통신호제어기기 개발, 교통개발 연구원, 2002.09
- [42] 이향숙 (2002) 도시부 신호교차로에서 직진이동류의 포화차두시간, 대한교통학회지 제20권 제5호
- [43] 박달식 (2002) 일반국도 다차로 도로 차로별 교통류 특성 및 용량산정에 관한 연구, 석사학위 논문, 한양대학교
- [44] 박순용 (2004) 지방부 독립 신호교차로에서 감응식 신호제어에 관한 연구, 석사학위 논문, 단국대학교
- [45] 김성우 (1996) 도시내 다차선도로의 교통류 특성 및 모형연구 - 한남대교 지역을 중심으로, 대한교통학회 제14권 제2호
- [46] 최광주, 김동현, 현영균, 이재형, 지정재, 이병현, "DSRC를 이용한 무선 인터넷 서비스", 한국 통신 학회지 제 18권 제8호 pp65-74, 2001.
- [47] 이정윤, 김진태, 장명순 "실시간 신호제어를 위한 신경망적용 지체최소화 주기길이 설계모형 개발" 대한교통학회 제 22권 3호, pp 145-157, 2004
- [48] "신신호시스템 운영소프트웨어개선에 관한 연구(3단계)" 2002.12 도로교통안전관리공단
- [49] "서울특별시 실시간 신호제어시스템 기술운영 보고서" 2003.2 도로교통안전관리공단

단

- [50] "첨단교통신호시스템 실험 운영 결과 보고서" 중 실험부분 참고 1997.12 도로교통안전관리공단
- [51] "RF Modem을 이용한 VDS자료 전송 검증" 2003.03 아주대학교 교통연구센터
- [52] "고속도로상에서 자석검지기 평가 실험" 1998.04 아주대학교 교통연구센터
- [53] "영상식 차량감지장치 성능평가" 1999.10 아주대학교 교통연구센터
- [54] "마이크로웨이브 검지기(RTMS) 성능평가" 2002.11 아주대학교 교통연구센터
- [55] "서울특별시 2001년 실시간신호제어시스템 기능개선 최종보고서" 2002.05 서울지방경찰청
- [56] "신신호시스템 기능개선 용역 최종보고서" 1999.11 서울지방경찰청, 도로교통안전관리공단
- [57] "2000년 신신호시스템 기능개선" 2001.4 서울지방경찰청
- [58] "2001년 실시간 신호제어시스템 기능개선", 2002. 5 서울지방경찰청
- [59] "서울시 교통신호제어시스템 발전 기본계획수립", 2001. 4, 서울지방경찰청
- [60] "2001년 실시간 신호제어시스템 기능개선", 2002. 5 서울지방경찰청
- [61] 지체도 최소화를 위한 주기변동기반 동적신호시간 결정모형 개발
- [62] 대한교통학회지 제 19권 제1호 2001년 2월
- [63] 안주혁(2003) 실시간 신호제어시스템에서의 지체 최소화 신호주기 산정에 관한 연구
- [64] 경찰청(2001) COSMOS 2001 경찰청 강의자료
- [65] 건설교통부(2001) 도로용량편람
- [66] 한국 정보 통신 기술 협회, "5.8GHz 대역 노변 기지국과 차량 단말기 간 근거리 전용 무선 통신 표준", 2000
- [67] 한국 표준 협회, "지능형교통체계(ITS) 응용서비스를 위한 적외선 근거리전용통신(DSRC) 기술", 200
- [68] 경찰청, "교통신호제어기 표준규격서", 2004
- [69] 교통 개발 연구원, "ITS를 활용한 교통정보서비스 제공방안", 2002
- [70] 교통 개발 연구원, "텔레매틱스를 위한 광역 통신 기술의 동향 및 발전 방향", 2003
- [71] <http://www.rmstech.co.kr/kor/down/traffic-vibration/traffic-vibration.html>

주 의 사 항

1. 본 보고서는 건설교통부가 출연하고 한국건설교통기술평가원에서 위탁시행 한 건설기술 연구개발사업의 최종 연구보고서입니다.
2. 본 보고서의 내용을 발표할 때에는 반드시 건설교통부가 출연하고 한국건설교통기술평가원에서 위탁시행 한 건설기술연구개발사업임을 밝혀야 합니다.
3. 국가보안 차원에서 필요하다고 인정되는 내용은 대외적으로 발표 및 공개하여서는 아니 됩니다.

본 보고서와 관련하여 문의를 원하시는 분은 아래의 문의처로 연락을 주시기 바랍니다.

- 문의처 : 한국건설교통기술평가원 TEL 031)381-6311
한국교통연구원(주관연구기관명) TEL 031)-910-3037

R&D / 03-운영11-01

차세대 무선통신 신호제어시스템 개발 최종보고서

- 발행일 / 2008. 02.
- 발행처 / 한국교통연구원
경기도 고양시 일산서구 대화동 2311번지
TEL : 031)910-3114
- 인쇄처 / 호정씨앤피