제 출 문

국토교통과학기술진흥원장 귀하

'레인센서 빅데이터를 활용한 실시간 도로 강우정보 및 실시간 운전자 안전정보 제공 기술 개발' (연구개발 기간 : 2018.10.10 ~ 2020.06.30.) 과제의 최종보고서를 제출합니다.

2020.06.30.

주관연구기관명 : 노아에스앤씨 주식회사 양 동 민 (인)

공동연구기관명 : 강원대학교 삼척 산학협력단 김 병 식 (인)

주관연구기관책임자: 장 권 희
공동연구기관책임자: 김 병 식

국토교통부소관 연구개발사업 운영규정 제29조에 따라 최종보고서 열람에 동의합니다.

보고서 요약서

<table>
<tr><td>과제 고유 번호</td><td>18CTAP-C143007-01-000000</td><td>해당 단계 연구 기간</td><td>2018. 10. 10 ~ 2020. 06. 30 (1년 9개월)</td><td>단계구분</td><td>2 / 2</td></tr>
<tr><td rowspan="2">연구사업명</td><td>중사업명</td><td colspan="4">국토교통기술촉진연구사업</td></tr>
<tr><td>세부사업명</td><td colspan="4">국토교통기술촉진연구사업</td></tr>
<tr><td rowspan="2">연구과제명</td><td>대과제명</td><td colspan="4"></td></tr>
<tr><td>세부과제명</td><td colspan="4">레인센서 빅데이터를 활용한 실시간 도로 강우정보 및 실시간 운전자 안전정보 제공 기술 개발</td></tr>
<tr><td rowspan="2">연구책임자</td><td rowspan="2">장권희</td><td>해당단계 참여연구원 수</td><td>총: 21명
내부: 21명
외부: 명</td><td>해당단계 연구비</td><td>정부:250,000천원
기업: 84,000천원
정부외: 천원
상대국: 천원
계:334,000천원</td></tr>
<tr><td>총 연구기간 참여연구원 수</td><td>총: 21명
내부: 21명
외부: 명</td><td>총 연구비</td><td>정부:400,000천원
기업:134,000천원
정부외: 천원
상대국: 천원
계:534,000천원</td></tr>
<tr><td>연구기관명 및 소속 부서명</td><td colspan="2">노아에스앤씨 주식회사</td><td colspan="3">참여기업명:
강원대학교 삼척 산학협력단</td></tr>
<tr><td>국제공동연구</td><td colspan="2">상대국명:</td><td colspan="3">상대국 연구기관명:</td></tr>
<tr><td>위탁연구</td><td colspan="2">연구기관명:</td><td colspan="3">연구책임자:</td></tr>
<tr><td colspan="6">※ 국내・외의 기술개발 현황은 연구개발계획서에 기재한 내용으로 갈음</td></tr>
<tr><td>연구개발성과의 보안등급 및 사유</td><td colspan="5"></td></tr>
</table>

9대 성과 등록・기탁번호

구분	논문	특허	보고서 원문	연구시설・장비	기술요약 정보	소프트웨어	화합물	생명자원		신품종	
								생명정보	생물자원	정보	실물
등록・기탁 번호											

	보고서 면수
○ 차량용 레인센서를 이용한 도로 강우정보 생산 기술 개발 ○ 소형강우레이더와 지상강우를 활용한 차량용 레인센서 강우자료의 합성 기술 개발 ○ 4G LTE 무선망 플랫폼과 텔레매틱스 연계기술 개발 ○ 차량 레인센서 빅데이터를 활용한 빗길 기상정보 OPEN 플랫폼 활용 ○ 강우정보를 이용한 도로 교통장애(disruption)예측기술 및 모형 개발 ○ 도로 안전운전 위험도를 활용한 운전자 안전정보 시스템 시범운영(삼척시 대상)	224 면

〈 국문요약문 〉

연구개발 목표	○ 레인센서 빅데이터를 활용한 실시간 도로 강우정보/운전자 안전정보 제공을 통한 강우 시 빗길 교통사고 저감 및 인명 피해 예방
연구개발 내용	○ 차량용 레인센서를 이용한 도로 강우정보 생산 기술 개발 - 외부환경 영향을 고려한 레인센서와 실제 강우 관계식(W-S-R) 개발 ○ 소형강우레이더와 지상강우를 활용한 차량용 레인센서 강우자료의 합성 기술 개발 - 삼척 소형 강우레이더(국토부), AWS, TM 강우정보를 이용하여 실시간 강우장 생성 ○ 4G LTE 무선망 플랫폼과 텔레매틱스 연계기술 개발 - 센서 및 정보 수집 단말기 제작 및 M2M 방식 모듈 개발 - In-Vehicle / Vehicle to Vehicle / Vehicle to Infrastructure System 구축 ○ 차량 레인센서 빅데이터를 활용한 빗길 기상정보 OPEN 플랫폼 활용 - 실시간 빗길 기상정보 OPEN 플랫폼 활용 - 범용 내비게이션 적용을 위한 표준 인터페이스 모듈(Wevigation) 개발 ○ 강우정보를 이용한 도로 교통장애(disruption)예측기술 및 모형 개발 - 과거 도로침수 사례 이력 조사 및 상습침수도로 DB 구축 - 도로 상황에 따른 단계별 위험도 분석 - 도로 교통장애 예측모형 개발 ○ 도로 안전운전 위험도를 활용한 운전자 안전정보 시스템 시범운영 - Web 기반 빗길안전운전 시스템 시범 운영 ※ 웨비게이션(Wevigation)= Weather +Navigation ※ 삼척시 대상
연구개발성과	○ 바람과 속도를 고려한 레인센서와 실제 강우 관계식(W-S-R) ○ 소형강우레이더와 지상강우를 활용한 차량용 레인센서 강우자료의 합성 기술 ○ 레인센서 빅데이터를 활용한 빗길 교통안전을 위한 오픈 플랫폼 ○ 범용 내비게이션 적용을 위한 표준 인터페이스 모듈(Wevigation)
활용계획 및 기대효과	○ 태풍 및 집중호우 발생지역의 (특히 야간) 운전자에게 사전 위험지역 알림 및 대체경로 제공을 통한 인명피해 최소화 (영향예보 활용가능) ○ 도심지의 도로망을 고려한 고해상도 강우관측망을 이용한 국지적·이동적 강우정보를 이용한 도심지의 유출해석 및 내수침수로 인한 침수확산 분석으로 도로 및 도심지의 침수경로 및 대피정보 제공 가능

핵심어(5개 이내)	빅데이터	레인센서	운전자 안전정보	W-S-R 관계식	도로기상정보

〈 Summary 〉

Purpose	○ Reduction of car accidents and prevention of damage to human life in the rain by providing real-time information about rainfall on roads and driver safety by using big data from a rain sensor
Contents	○ Development of technology to produce information about rainfall on roads by using a car rain sensor - Development of Rainfall Sensor and Actual Rainfall Relation Equations (W-S-R) Considering External Environmental Effects ○ Development of technology to synthesize rainfall information from a car rain sensor by using a small rainfall radar and rainfall on the ground - Creation of a precipitation field by using a small rainfall radar in Samcheok City (installed by the Ministry of Land, Infrastructure and Transport), AWS (Automatic Weather System) and rainfall information from TM (Telemetering) system ○ Development of technology to integrate a 4G (LTE) wireless network platform and telematics - Production of a sensor and a device for information gathering and development of an M2M module - Construction of an In-Vehicle / Vehicle to Vehicle / Vehicle to Infrastructure System ○ Use of an open platform for meteorological information about roads in the rain by utilizing big data from a car rain sensor - Use of an open platform for real-time meteorological information about roads in the rain - Development of a wevigation module as a standard interface to be applied to universal navigation ○ Development of predicted road disruption technology and model using rain information - Investigation of the history of road flooding cases in the past and construction of database on flooding roads - Analysis of the Risks by Step according to Road Conditions - Development of a Forecasting Model for Road Traffic Disability ○ Test operation of driver safety information system based on risk of road flood - Test operation of a web based information system for driver safety in the rain ※ Wevigation = Weather + Navigation ※ Region: Samcheok City
Development results	○ Relation between a rain sensor and actual rainfall considering wind and its speed (W-S-R) ○ Technology to synthesize rainfall information from a car rain sensor by using a small rainfall radar and rainfall on the ground ○ Open platform for road safety in the rain utilizing big data from a car rain sensor ○ Wevigation module as a standard interface to be applied to universal navigation
Expected Contribution	○ Minimization of damage to human life by providing early drivers in typhoon and heavy rain regions (especially at night) with information about dangerous areas and alternate routes (possible to use impact forecasting) ○ Provision of information about flooded routes of roads and the downtown areas and evacuation by analyzing downtown floods and expansion of flooding caused by internal inundation considering downtown road networks and using local and migratory rainfall information collected by a high-resolution rainfall observation network

Keyword	Big Data	Rain Sensor	Driver Safety Information	W-S-R Equation	Road Weather Information

< 목 차 >

제1장 연구개발과제의 개요 ····· 1

1.1 연구개발의 필요성 ····· 1

1.1.1 연구개발의 배경 및 필요성 ····· 1

1.1.2 연구개발의 목적 및 중요성 ····· 3

1.2 연구개발의 개요 ····· 4

1.2.1 국내 기술개발 동향 ····· 4

1.2.2 국외 기술개발 동향 ····· 16

1.2.3 강우 관측 방법의 비교 ····· 37

1.2.4 선행연구와의 차별성 ····· 41

1.3 연차별 연구개발 목표 ····· 44

1.3.1 연구 개발 목표 ····· 44

1.3.2 기관별 연구 내용 ····· 45

제2장 연구수행내용 및 성과 ····· 48

2.1 시범지역 선정 및 GIS DB 구축 ····· 48

2.1.1 행정안전부 여름철 대비 상습 침수도로 조사 자료 GIS DB화(삼척시) ····· 49

2.1.2 대상지역(삼척시) 도로 침수 사례 조사 및 GIS DB 구축 ····· 51

2.2 외부환경을 고려한 W-S-R 관계식 고도화 및 검증 ····· 60

2.2.1 인공강우발생 실험장 개선 및 W-S-R 관계식 개발 ····· 60

2.2.2 외부환경 영향(바람, 풍속)에 따른 차량용 레인센서 인공강우 실험 ····· 77

2.2.3 강우시 시범지역(삼척시) 관내 실험차량 운행 ····· 82

2.2.4 실외 실험정보를 이용한 지상강우 및 TM과의 비교를 통한 강우자료 검증 ····· 84

2.3 레이더 - 지상강우 - 차량용 레인센서 기반 강우 합성 기술 개발 ····· 113

2.3.1 관측강우 정보 생산 및 수집 ····· 113

2.3.2 레인센서 강우와 소형강우레이더 관측정보 합성기법 개발 ····· 123

2.4 강우조건에 따른 도로 상황 위험도 분석 및 회피경로 분석 ····· 132

2.4.1 강우량 - 도로 침수심 - 차량속도 관계 및 교통흐름(교통장애) 분석 ····· 132

2.4.2 레인센서 정보를 이용한 도로 상황 위험도 분석 및 현장 검증 ····· 143

2.4.3 구간별 위험도 분석/강우합성 모듈/침수분석 모듈 개발 ····· 146

2.4.4 상습침수 지역, 분석결과를 이용한 회피 경로 분석 모형 개발 ····· 149

2.5 4G LTE 무선망 플랫폼과 텔레매틱스 연계기술 개발 ····· 152

2.5.1 각 센서 검지 영역별 신호 정보 분리 측정 방법 ····· 152

2.5.2 레인센서의 대용량 데이터 압출기술(Pulse-Rainfall) 개발 ····· 159

2.5.3 4G LTE 네트워크를 통한 대용량 데이터 전송을 위한 M2M 방식 설계 ····· 162

2.6 레인센서 빅데이터를 활용한 운전자 안전정보 시스템 설계 ····· 164
2.6.1 레인센서/소형레이더/AWS를 활용한 운전자 안전정보 제공을 위한 시스템 설계 ····· 164
2.6.2 향후 내비게이션 정보 제공을 위한 표준 인터페이스 설계 ····· 171
2.6.3 데이터 수집/가공/표출을 위한 아키텍쳐 설계 ····· 175
2.7 차량 레인센서 빅데이터를 활용한 운전자 안전정보 시스템 개발 ····· 179
2.7.1 Web 기반 운전자 안전정보 시스템 개발 ····· 179
2.7.2 내비게이션 표출을 위한 인터페이스 제공 ····· 189
2.7.3 타 연구에서 실시되고 있는 차량용 센서 조사 및 통합 방안 ····· 195
2.7.4 시범도시 시민 및 전문가 대상 설문조사를 통한 사용자 만족도 평가 ····· 196

제3장 목표 달성도 및 관련 분야 기여도 ····· 209
3.1 목표 달성도 ····· 209
3.1.1 목표 ····· 209
3.1.2 목표 달성여부 ····· 209

제4장 연구개발성과의 활용 계획 ····· 211
4.1 성과 활용 계획 ····· 211
4.2 기대효과 ····· 212

붙임. 참고 문헌 ····· 214

부록 ····· 221
부록 1 차량운행일지 ····· 221
부록 2 차량을 이용한 실내실험 ····· 244
부록 3 실외강우관측 - K7 ····· 247
부록 4 실외강우관측 - 카니발 ····· 250
부록 5 실외강우관측 - K3 ····· 253

< 그 림 차 례 >

그림 1.1.1 기상변화로 인한 도로 침수 피해 ·····1
그림 1.1.2 마른노면 대비 빗길 제동거리 ·····2
그림 1.1.3 장마철 교통사고 발생건수 및 사망자수 ·····2
그림 1.1.4 연구개발의 목적 ·····3
그림 1.1.5 업무 프로세스 ·····4
그림 1.2.1 우리나라 강우관측 기술의 변화 ·····5
그림 1.2.2 레인센서 장착 예시 ·····6
그림 1.2.3 광학식 레인센서 원리도 ·····7
그림 1.2.4 정전용량 방식 원리도 및 제품 예시 ·····7
그림 1.2.5 텔레매틱스 국내 시장 전망 ·····9
그림 1.2.6 프로세스별 국내 기술 수준 평가(공급기업 vs. 수요기업) ·····10
그림 1.2.7 차세대 스마트이동체 추진 방향 ·····13
그림 1.2.8 연도별 단기예보정확도(강수유무) ·····14
그림 1.2.9 기상업무 국민만족도 조사 결과 ·····15
그림 1.2.10 텔레매틱스 세계시장 전망 (단위: 억 달러) ·····19
그림 1.2.11 미국 주간고속도로 기상정보 제공 사례 ·····20
그림 1.2.12 미국의 MDSS 시스템 ·····21
그림 1.2.13 HAWIS 개념도 ·····22
그림 1.2.14 영국의 도로기상정보 제공사례 ·····23
그림 1.2.15 영국의 도로기상 GIS 서비스 예 ·····23
그림 1.2.16 독일의 도로기상 관측을 위한 기상장비 ·····23
그림 1.2.17 Wiper(차량용 레인센서)를 이용한 실내외 강우 관측 실험 ·····24
그림 1.2.18 Lufft사의 도로정보 수집 센서 및 도로기상정보시스템 ·····25
그림 1.2.19 Lufft사의 도로기상정보수집센서 및 시스템의 실 사용 예 ·····25
그림 1.2.20 RCM411의 시험적용 사례 ·····26
그림 1.2.21 VAISALA의 대표적인 기상 관측 장비 ·····27
그림 1.2.22 일본의 동절기 유지관리 시스템(ex. 북해도) ·····27
그림 1.2.23 스마트 자동차 개발에 따른 산업구조의 변화 ·····28
그림 1.2.24 스마트 자동차 기술 Map (산업은행) ·····28
그림 1.2.25 The 2017 빅데이터 Landscape ·····29
그림 1.2.26 위험 가능성 도표 ·····36
그림 1.2.27 영국 위험기상 특보 화면 ·····36
그림 1.2.28 VOT 모델 결과 예시 ·····36
그림 1.2.29 Weather story(소나기로 인한 영향) ·····37
그림 1.2.30 버지니아 주 겨울폭풍 영향예보 ·····37
그림 1.2.31 텔레매틱스 서비스 모델 ·····40

그림 1.2.32 호주 텔레매틱스의 주요 사용 목적 ·····41
그림 1.3.1 연차별 로드맵 ·····45
그림 2.1.1 삼척 시내 전경 ·····48
그림 2.1.2 태풍으로 인한 과거 삼척시 홍수 피해 ·····49
그림 2.1.3 정라지구 내수침수 ·····50
그림 2.1.4 후진지구 내수침수 ·····50
그림 2.1.5 사직지구 내수침수 ·····51
그림 2.1.6 삼척시 현지 조사 지점 ·····52
그림 2.1.7 강원대학교 후문 삼척 IC 위치도 ·····53
그림 2.1.8 강원대학교 후문 삼척 IC ·····53
그림 2.1.9 강원대학교 후문 삼척 IC 하수구 현황 ·····53
그림 2.1.10 사직동 도로 암거 위치도 ·····54
그림 2.1.11 사직동 도로 암거 ·····54
그림 2.1.12 사직동 도로 암거 하수구 현황 ·····55
그림 2.1.13 원당 주공아파트 앞 위치도 ·····56
그림 2.1.14 원당 주공아파트 앞 ·····56
그림 2.1.15 원당 주공아파트 앞 하수구 현황 ·····57
그림 2.1.16 삼일중학교 앞 위치도 ·····58
그림 2.1.17 삼일중학교 앞 ·····58
그림 2.1.18 삼일중학교 앞 하수구 현황 ·····58
그림 2.1.19 삼척의료원 옆문 위치도 ·····59
그림 2.1.20 삼척의료원 옆문 ·····59
그림 2.2.1 W-S-R 관계식 개발 흐름도 ·····61
그림 2.2.2 기존 인공강우 실험실 설계도면 ·····64
그림 2.2.3 신규 인공강우 실험실 설계도면 ·····65
그림 2.2.4 인공강우 실험장비 개선 전 · 후 비교 ·····66
그림 2.2.5 조도 및 강풍 발생장치 ·····67
그림 2.2.6 윈드쉴드 각도 조절장치 ·····67
그림 2.2.7 암막처리 된 실험실 내부 유리창 및 조도 변화 ·····68
그림 2.2.8 강우 분사 조건별 강우량 ·····69
그림 2.2.9 초기값 설정에 따른 센서 시그널 변화 ·····70
그림 2.2.10 레인 센서시그널 대표값 평균값 추출 ·····71
그림 2.2.11 차량을 이용한 실내실험 ·····72
그림 2.2.12 레인센서 데이터 대역통과 범위 ·····73
그림 2.2.13 신규 W-S-R 관계식 F값 산정 방법 ·····74
그림 2.2.14 실내실험 결과 ·····75
그림 2.2.15 회귀분석을 통한 W-S-R 관계식 개발 ·····76
그림 2.2.16 외부요인을 고려한 강우강도 보정 ·····78
그림 2.2.17 조도 실험 결과 ·····79

그림 2.2.18 풍속 실험 결과 ·····80
그림 2.2.19 윈드쉴드 각도 실험 결과 ·····81
그림 2.2.20 실외관측 차량 모습 ·····82
그림 2.2.21 실외강우관측(예시) ·····82
그림 2.2.22 차량을 이용한 실외실험 경로 ·····83
그림 2.2.23 실측강우의 누적강우 비교 ·····85
그림 2.2.24 실측강우와 레인센서 강우의 비교 Event 1(18.08.06 12:35~14:30) ·····86
그림 2.2.25 실측강우와 레인센서 강우의 비교 Event 2(18.08.06 17:00~19:00) ·····86
그림 2.2.26 실측강우와 레인센서 강우의 비교 Event 3(18.08.28 15:00~16:20) ·····87
그림 2.2.27 실측강우와 레인센서 강우의 비교 Event 4(18.09.19 20:50~22:05) ·····88
그림 2.2.28 실측강우와 레인센서 강우의 비교 Event 5(18.10.05 09:10~18.10.06 02:15) ···88
그림 2.2.29 실측강우와 레인센서 강우의 비교 Event 6(18.10.06 18:30~18.10.07 00:40) ···89
그림 2.2.30 실측강우와 레인센서 강우의 비교 Event 7(18.10.16 21:00~22:20) ·····89
그림 2.2.31 실측강우와 레인센서 강우의 비교 Event 8(18.10.17 19:35~21:05) ·····90
그림 2.2.32 실측강우와 레인센서 강우의 비교 Event 9(18.10.18 15:30~18:10) ·····90
그림 2.2.33 실측강우와 레인센서 강우의 비교 Event 10(18.11.08 09:40~13:40) ·····91
그림 2.2.34 실측강우와 레인센서 강우의 비교 Event 11(18.12.04 10:00~11:10) ·····92
그림 2.2.35 실측강우와 레인센서 강우의 비교 Event 12(18.12.06 04:00~05:30) ·····92
그림 2.2.36 실측강우와 레인센서 강우의 비교 Event 13(18.12.06 06:30~08:00) ·····93
그림 2.2.37 실측강우와 레인센서 강우의 비교 Event 14(19.06.07 07:30~11:10) ·····93
그림 2.2.38 실측강우와 레인센서 강우의 비교 Event 15(19.07.10 18:30~19.07.11 02:30) 94
그림 2.2.39 실측강우와 레인센서 강우의 비교 Event 16(19.08.07 04:00~06:00) ·····94
그림 2.2.40 실측강우와 레인센서 강우의 비교 Event 17(19.09.03 14:10~19.09.04 22:30) ··95
그림 2.2.41 실측강우와 레인센서 강우의 비교 Event 18(19.09.21 00:00~15:00) ·····96
그림 2.2.42 실측강우와 레인센서 강우의 비교 Event 19(20.05.18 20:00~20.05.19 04:00) ··96
그림 2.2.43 실측강우와 레인센서 강우의 비교 Event 20(20.06.29 23:30~20.06.30 03:20) ··97
그림 2.2.44 실측강우와 레인센서 강우의 비교 Event 21(20.07.10 09:30~12:25) ·····97
그림 2.2.45 실측강우와 레인센서 강우의 비교 Event 22(20.07.13 03:45~09:55) ·····98
그림 2.2.46 실측강우와 레인센서 강우의 비교 Event 23(20.07.13. 13:20~20.07.14. 02:45) 98
그림 2.2.47 Event 별 실측 강우값에 대한 누적강우량 오차 ·····99
그림 2.2.48 Event 별 실측 강우값에 대한 평균강우강도 오차 ·····100
그림 2.2.49 Event 1 Q-Q플롯 ·····101
그림 2.2.50 Event 2 Q-Q플롯 ·····101
그림 2.2.51 Event 3 Q-Q플롯 ·····102
그림 2.2.52 Event 4 Q-Q플롯 ·····102
그림 2.2.53 Event 5 Q-Q플롯 ·····103
그림 2.2.54 Event 6 Q-Q플롯 ·····103
그림 2.2.55 Event 7 Q-Q플롯 ·····104
그림 2.2.56 Event 8 Q-Q플롯 ·····104

그림 2.2.57 Event 9 Q-Q플롯 ·····105
그림 2.2.58 Event 10 Q-Q플롯 ·····105
그림 2.2.59 Event 11 Q-Q플롯 ·····106
그림 2.2.60 Event 12 Q-Q플롯 ·····106
그림 2.2.61 Event 13 Q-Q플롯 ·····107
그림 2.2.62 Event 14 Q-Q플롯 ·····107
그림 2.2.63 Event 15 Q-Q플롯 ·····108
그림 2.2.64 Event 16 Q-Q플롯 ·····108
그림 2.2.65 Event 17 Q-Q플롯 ·····109
그림 2.2.66 Event 18 Q-Q플롯 ·····109
그림 2.2.67 Event 19 Q-Q플롯 ·····110
그림 2.2.68 Event 20 Q-Q플롯 ·····110
그림 2.2.69 Event 21 Q-Q플롯 ·····111
그림 2.2.70 Event 22 Q-Q플롯 ·····111
그림 2.2.71 Event 23 Q-Q플롯 ·····112
그림 2.3.1 이중편파 레이더의 관측 원리 ·····115
그림 2.3.2 레이더 영상자료의 생성원리 ·····118
그림 2.3.3 강원대학교 레이더 전경 ·····119
그림 2.3.4 삼척 소형 강우 레이더 제원 ·····120
그림 2.3.5 삼척 소형 레이더 설치 위치 ·····120
그림 2.3.6 삼척 소형 강우 레이더 전경 ·····121
그림 2.3.7 데이터 처리 개념 ·····122
그림 2.3.8 데이터 처리 모식도 ·····123
그림 2.3.9 삼척 소형 강우 레이더 관측반경 및 지형에코 ·····124
그림 2.3.10 삼척 소형 강우 레이더 비강우시 지형에코 영향 ·····125
그림 2.3.11 삼척 강우 레이더 관측반경내 AWS 관측소 ·····126
그림 2.3.12 관측자료 합성방법 모식도 ·····128
그림 2.3.13 MFB(Mean-Field Bias) 보정기법 개념 ·····129
그림 2.3.14 합성기법 검증 EVENT 1 ·····130
그림 2.3.15 합성기법 검증 scatter plot EVENT 1 ·····131
그림 2.3.16 합성기법 검증 EVENT 2 ·····131
그림 2.3.17 합성기법 검증 scatter plot EVENT 2 ·····132
그림 2.4.1 도로 교통장애 예측기술 및 모형 개발을 위한 분석 흐름도 ·····133
그림 2.4.2 강우-침수심-차량속도 관계 ·····134
그림 2.4.3 Conceptual Diagram of Grid Water Balance ·····135
그림 2.4.4 Flo-2D Flow Equation ·····136
그림 2.4.5 삼척 시내 전경 ·····137
그림 2.4.6 Huff 3분위를 이용하여 강우분포 ·····138
그림 2.4.7 대상유역 입력자료 구축 현황 ·····138

그림 2.4.8 삼척시 침수모의 대상지역 및 지점 ·····138
그림 2.4.9 강우분포 시나리오별 유출량 ·····139
그림 2.4.10 강우에 따른 침수심 산정 결과 ·····141
그림 2.4.11 삼척고등학교 지점 강우량-침수심 곡선 산정 결과 ·····141
그림 2.4.12 침수심-차량속도 곡선 산정 결과 ·····142
그림 2.4.13 태풍 미탁사상 우량주상도 ·····143
그림 2.4.14 삼척고등학교 지역 강우량-침수심-차량속도 곡선식 미탁 사상 적용 결과 ·143
그림 2.4.15 태풍 미탁 현장 조사 결과 ·····144
그림 2.4.16 침수시 시스템 내 도로위험도 표출 결과 ·····145
그림 2.4.17 도로 현장 사진 ·····146
그림 2.4.18 표준노드 링크 데이터 ·····147
그림 2.4.19 실폭 도로 데이터 ·····147
그림 2.4.20 실폭 도로 테이블에 제한속도 컬럼 추가 ·····148
그림 2.4.21 도로 위험도 분석 소스 ·····148
그림 2.4.22 최적 회피 경로 탐색 프로세스 ·····149
그림 2.4.23 삼척시 네트워크 데이터 ·····149
그림 2.4.24 A* 경로탐색 과정 ·····150
그림 2.4.25 최적 회피경로 테스트 프로그램 화면구성(안) ·····152
그림 2.5.1 레인센서 동작 개념 ·····153
그림 2.5.2 전반사 원리 및 임계각 ·····153
그림 2.5.3 레인센서 장착 위치도 ·····154
그림 2.5.4 신호 및 와이퍼 동작 관계도 ·····154
그림 2.5.5 와이퍼 동작 주기 대 강우량 곡선 ·····155
그림 2.5.6 레인센서 상면 외관도 ·····155
그림 2.5.7 레인센서용 사이드뷰 타입 발광 소자 개략도 ·····156
그림 2.5.8 검지면적 평가를 위한 환경 ·····157
그림 2.5.9 검지면적 평가 결과 ·····158
그림 2.5.10 1채널, 8채널 비교 시뮬레이션 ·····158
그림 2.5.11 수집단말기 설계 ·····159
그림 2.5.12 기존 및 개선 수집단말기 비교 ·····159
그림 2.5.13 수집단말기 실내 테스트 ·····161
그림 2.5.14 데이터 전송 프로세스 ·····163
그림 2.5.15 실제 데이터 전송 실험 및 결과 ·····164
그림 2.6.1 시스템 기능 구조도 ·····166
그림 2.6.2 시스템 메인화면 ·····166
그림 2.6.3 과거 이력 조회 ·····167
그림 2.6.4 차량용 레인센서 정보 ·····168
그림 2.6.5 도로 위험도 정보 ·····169
그림 2.6.6 지도 정보 ·····170

그림 2.6.7 지도 정보 동시 표출 ·····171
그림 2.6.8 라이브러리 파일 추가 ·····172
그림 2.6.9 MapView 띄우기 ·····173
그림 2.6.10 지도 중심점, 레벨 변경 ·····173
그림 2.6.11 마커 추가 ·····173
그림 2.6.12 Overlay 요소 그리기 ·····174
그림 2.6.13 Reverse Geo-Coding ·····174
그림 2.6.14 H/W 구성도 ·····175
그림 2.6.15 S/W 구성도 ·····177
그림 2.6.16 ERD ·····177
그림 2.7.1 테이블 정의서 ·····179
그림 2.7.2 레이더 정보 프로세스 ·····180
그림 2.7.3 레이더 강우강도 분석 소스 ·····180
그림 2.7.4 격자 삼척 정보 프로세스 ·····181
그림 2.7.5 도로 정보 프로세스 ·····181
그림 2.7.6 도로 격자 정보 프로세스 ·····182
그림 2.7.7 합성 강우 계산 과정 ·····182
그림 2.7.8 합성 강우 분석 소스 ·····183
그림 2.7.9 도로 격자 매칭 프로세스 ·····183
그림 2.7.10 시스템 기능 정리 ·····184
그림 2.7.11 과거 이력 조회 기능 ·····185
그림 2.7.12 시간 이동에 따른 정보 변경 ·····185
그림 2.7.13 지도 표출 및 상세 정보 표출 기능 ·····186
그림 2.7.14 시간 이동에 따른 정보 변경 ·····186
그림 2.7.15 시간 이동에 따른 정보 변경 ·····187
그림 2.7.16 지도 기본 기능 및 읍면동 표출 기능 ·····187
그림 2.7.17 레이더 표출 기능 ·····188
그림 2.7.18 동 단위 지도 정보 표출 기능 ·····188
그림 2.7.19 지능형 공기청정 시스템 및 차량용 공기청정기 ·····195
그림 2.7.20 실시간 대기정보 표출 시스템 ·····196
그림 2.8.1 설문조사지 양식 ·····198
그림 2.8.1 설문조사지 양식(계속) ·····198
그림 2.8.1 설문조사지 양식(계속) ·····199
그림 2.8.1 설문조사지 양식(계속) ·····199
그림 2.8.2 설문조사 결과_응답자 유형 ·····200
그림 2.8.3 설문조사 결과_기상정보 이용유형 ·····201
그림 2.8.4 설문조사 결과_만족도 관련 ·····202
그림 2.8.5 설문조사 결과_만족도 관련(계속) ·····203
그림 2.8.6 설문조사 결과_만족도 관련(계속) ·····204

그림 2.8.7 설문조사 결과_만족도 관련(계속) ·····205
그림 2.8.8 설문조사 결과_만족도 관련(계속) ·····206
그림 2.8.9 설문조사 결과_만족도 관련(계속) ·····207
그림 4.1.1 여러 가지 측면별 기대효과 ·····212
부록 그림 1.1 차량운행일지-모닝 ·····221
부록 그림 1.2 차량운행일지-모닝(계속) ·····222
부록 그림 1.3 차량운행일지-모닝(계속) ·····223
부록 그림 1.4 차량운행일지-모닝(계속) ·····224
부록 그림 1.5 차량운행일지-모닝(계속) ·····225
부록 그림 1.6 차량운행일지-카니발 ·····226
부록 그림 1.7 차량운행일지-카니발(계속) ·····227
부록 그림 1.8 차량운행일지-카니발(계속) ·····228
부록 그림 1.9 차량운행일지-카니발(계속) ·····229
부록 그림 1.10 차량운행일지-카니발(계속) ·····230
부록 그림 1.11 차량운행일지-카니발(계속) ·····231
부록 그림 1.12 차량운행일지-K7 ·····232
부록 그림 1.13 차량운행일지-K7(계속) ·····233
부록 그림 1.14 차량운행일지-K7(계속) ·····234
부록 그림 1.15 차량운행일지-K7(계속) ·····235
부록 그림 1.16 차량운행일지-K7(계속) ·····236
부록 그림 1.17 차량운행일지-K7(계속) ·····237
부록 그림 1.18 차량운행일지-SM5 ·····238
부록 그림 1.19 차량운행일지-SM5(계속) ·····239
부록 그림 1.20 차량운행일지-SM5(계속) ·····240
부록 그림 1.21 차량운행일지-SM5(계속) ·····241
부록 그림 1.22 차량운행일지-SM5(계속) ·····242
부록 그림 1.23 차량운행일지-SM5(계속) ·····243
부록 그림 2.1 차량별 실내실험 모습 - K7 ·····244
부록 그림 2.2 차량별 실내실험 모습 - K3 ·····245
부록 그림 2.3 차량별 실내실험 모습 - 카니발 ·····246
부록 그림 3.1 삼척 시청 앞 ·····247
부록 그림 3.2 삼척고등학교 앞 ·····247
부록 그림 3.3 삼척 상공회의소 앞 ·····248
부록 그림 3.4 삼척 신한은행 앞 ·····248
부록 그림 3.5 삼척 중앙시장 입구 ·····249
부록 그림 3.6 삼척 시외버스 터미널 앞 ·····249
부록 그림 4.1 삼척 시청 앞 ·····250
부록 그림 4.2 삼척고등학교 앞 ·····250
부록 그림 4.3 삼척 상공회의소 앞 ·····251

부록 그림 4.4 삼척 신한은행 앞 ·····251
부록 그림 4.5 삼척 중앙시장 입구 ·····252
부록 그림 4.6 삼척 시외버스 터미널 앞 ·····252
부록 그림 5.1 삼척 시청 앞 ·····253
부록 그림 5.2 삼척고등학교 앞 ·····253
부록 그림 5.3 삼척 상공회의소 앞 ·····254
부록 그림 5.4 삼척 신한은행 앞 ·····254
부록 그림 5.5 삼척 중앙시장 입구 ·····255
부록 그림 5.6 삼척 시외버스 터미널 앞 ·····255

< 표 차 례 >

표 1.2.1 국내 기술 수준 평가(공급기업 vs. 수요기업) ····9
표 1.2.2 국내 기술 수준 평가 ····10
표 1.2.3 국내 빅데이터 기술과 글로벌 기업의 기술 격차 ····11
표 1.2.4 산업 분야별 지능화 혁신 방향 ····12
표 1.2.5 공공서비스의 지능화 혁신 방향 ····13
표 1.2.6 기상예보 패러다임 전환 ····15
표 1.2.7 지역별 시장 특성 ····18
표 1.2.8 스마트 자동차의 국가별 기술 수준 ····29
표 1.2.9 국외 빅데이터 기술 동향 및 수준 ····31
표 1.2.10 빅데이터 R&D Initiative 참여부처별 추진 전략 ····32
표 1.2.11 주요 선진국들의 빅데이터 정책 추진현황 ····34
표 1.2.12 주요국 기상청 정책 방향 ····35
표 1.2.13 강우 관측방법에 따른 장 · 단점 ····38
표 1.2.14 선행 연구과제 목록 및 내용 ····42
표 1.2.15 기존 연구과제와 차별성 ····44
표 1.3.1 기관별 연구 내용 ····46
표 2.2.1 실험장 개선사항 ····63
표 2.2.2 인공강우 분사조건 ····69
표 2.2.3 기존 W-S-R관계식과 비교 ····76
표 2.2.4 강우강도 등급(기상청) ····77
표 2.2.5 조도 실험조건 및 결과 ····79
표 2.2.6 풍속 실험조건 및 결과 ····80
표 2.2.7 윈드쉴드 각도 실험조건 및 결과 ····81
표 2.2.8 실측 강우사상 ····84
표 2.2.9 W-S-R관계식과 실측강우의 RMSE 비교분석 결과 ····113
표 2.3.1 이중편파 레이더 관측자료 및 주요활동 분야 ····114
표 2.3.2 이중편파 레이더 관측자료 및 주요활동 분야 ····116
표 2.3.3 레이더 관측반경내 AWS 관측소 현황 ····127
표 2.3.4 기상청 Z-R 관계식 ····128
표 2.3.5 합성기법 결정계수 및 RMSE 검증 EVENT 1 ····131
표 2.3.6 합성기법 결정계수 및 RMSE 검증 EVENT 2 ····132
표 2.4.1 강우에 따른 유출량 산정 결과 ····139
표 2.4.2 침수심에 따른 차량운행속도 선행연구 결과 ····142
표 2.4.3 도로 상황 위험도 기준 ····144
표 2.4.4 삼척고등학교 지역의 미탁사상 시간대별 교통장애 영향 등급 ····145
표 2.4.5 최적경로탐색 알고리즘 패키징을 위한 개발 함수(Library) 목록 ····151

표 2.5.1 단말기 대표 자재비교 ·····160
표 2.5.2 레인센서 데이터 ·····162
표 2.6.1 기능 정의서 ·····165
표 2.6.2 소스 코드 상세 ·····172
표 2.6.3 H/W 구성 요소 ·····176
표 2.6.4 S/W 구성 요소 ·····176
표 2.6.5 차량 1대 수집 데이터 ·····178
표 2.6.6 12시간 운행 시 차량 수에 따른 수집 데이터 ·····178
표 2.8.1 만족도 평가 개요 ·····197
표 2.8.2 만족도 평가 결과 ·····208

1.1 연구개발의 필요성

1.1.1 연구개발의 배경 및 필요성

최근 들어 온실가스 증가로 인한 지구온난화와 같은 이상 기후 등 다양한 환경적 요인으로 인해 국지적이고 집중적인 호우가 빈발하고 있다. 좁은 지역에 집중적으로 많은 양의 비를 뿌리는 국지성 호우는 저지대 침수와 범람, 산사태와 토석류, 축대 붕괴 등의 피해 뿐만 아니라 도로침수로 인한 인명 피해 및 차량 피해 위험성을 증가시킨다. 특히 도시지역은 개발로 인한 지표면의 포장 등으로 인해 자연공간이 감소하여 개발 전보다 지표면의 유역 내 저류 및 지연효과가 현저히 감소하고 있다. 시가지의 확대와 도로포장 등 유역 내 불투수층의 증가로 유출량이 점차 증가하고 있고 그로 인한 홍수는 도시지역의 시설 침수 및 도로 내 차량 침수 등 다양하고 대형화되는 피해를 유발하고 있다. 또한, 집중호우로 인한 도심 도로의 순간 침수나, 비가온 후 젖은 노면 상태의 도로는 교통사고나 교통 문제를 야기한다.



(a) 서울 일대 침수 (b) 도로 침수

그림 1.1.1 기상변화로 인한 도로 침수 피해

기상 요인에서 강우량이 큰 상황에서 사고의 가능성이 높아지는 것으로 나타났으며, 속도가 낮은 경우 도로의 종단선형 경사도가 높아질수록 사고의 가능성이 높아진다. 3년간 전국고속도로 상에서 발생된 교통사고 자료를 기반으로 분석하였으나, 기상악화 시 발생된 교통사고의 샘플이 충분하지 않다는 한계가 발생했고, 사고발생 시 기상청 제공 기상정보와 사고 자료에 포함된 기상정보 불일치 한계 또한 발생했다. 기상자료와 교통사고 자료 분석 결과, 강수로 인해 노면상태가 습한 경우 도로의 내리막 구간에서 발생한 화물차량 사고 심각도가 높아지는 것으로 나타난다. 아래 그림은 마른노면 대비 빗길에서의 차량별 제동거리이다.



그림 1.1.2 마른노면 대비 빗길 제동거리

도로의 침수나 눈에 보일 정도의 물고임 현상이 아닌 비로 인해 젖은 노면 상태의 도로에서의 위험도는 마른 노면보다 훨씬 큰 것을 확인할 수 있다.

실제 교통사고 발생건수 및 사망자수를 확인해보면 2015년 ~ 2017년까지 전체 교통사고 발생건수는 점차 줄어들었지만 교통사고 발생건수대비 빗길 교통사고, 장마철 빗길 교통사고 발생건수 비율은 계속 늘어나고 있는 것을 확인할 수 있다.

장마철 교통사고 발생건수 및 사망자수		2015년	2016년	2017년	합계
전체 교통사고	발생건수	232,035	220,917	216,335	669,287
	사망자수	4,621	4,292	4,185	13,098
빗길 교통사고	발생건수	19,938	16,298	11,019	47,255
	사망자수	463	377	278	1,118
장마철 빗길 교통사고	발생건수	4,218	3,417	3,256	10,891
	사망자수	88	80	67	235
장마철 교통사고 비중 - 발생건수		21.2 %	21 %	29.5 %	-
장마철 교통사고 비중 - 사망자수		19 %	21.2 %	24.1 %	-

그림 1.1.3 장마철 교통사고 발생건수 및 사망자수

기상악화에 대한 적절한 대응체계를 마련하고 기상자료 활용성 증대와 기상상황에 따른 도로 안전성 향상을 위하여 예측모형 등의 개발이 필요하다고 판단된다.

1.1.2 연구개발의 목적 및 중요성



그림 1.1.4 연구개발의 목적

최근 호우로 인한 도시 돌발홍수 및 도로 침수로 인해 피해가 급증하고 있어 이동성 호우의 모니터링 및 예측 시스템이 관심사가 되고 있다. 현재 우리나라의 기상청 레이더 관측소가 전국적으로 운영되고 있으나 수백 미터 이내의 변화되는 강우량을 측정하기 위해서는 조밀한 관측망이 필요하다. 선행 연구결과인 ‘레인센서 빅데이터를 활용한 실시간 강우정보 생산 기술 개발’은 도심지역의 국지적인 강수 정보를 빠르게 수집하고 예측할 수는 있으나 넓은 지역의 정확한 값을 얻기 위해서는 운영되는 차량 수 등 조건이 많이 필요하다.

선행 연구결과인 차량용 레인센서와 기존의 호우 관측 및 예측하는데 사용된 AWS, 레이더 강우를 활용하여 좀 더 조밀하고 정확한 강우 결과를 제공하며, 나아가 해당 결과 값을 이용하여 빗길 위험도 분석을 진행, 실시간 안전정보를 제공하는 기법 및 시스템을 개발하여 보다 정확한 실시간 도로 강우정보를 활용하는 체계를 구축하는데 목적이 있다.



그림 1.1.5 업무 프로세스

위와 같은 목적을 달성하기 위해 기관별로 업무 프로세스를 설정하였다. 노아에스앤씨는 4G LTE 무선망 플랫폼과 텔레매틱스 연계기술 개발, 강우 정보를 이용한 도로침수구간 예측 모형 및 회피 경로 분석 모형 개발, 레인센서 빅데이터를 활용한 운전자 안전정보 시스템 개발 순서로 텔레매틱스 연계기술 개발 및 OPEN 플랫폼 개발을 진행하였다. 강원대학교 산학협력단은 바람과 속도를 고려한 W-S-R 관계식 개발 시범지역 및 차량용 레인센서 기반 실시간 합성 강우장 생성, 실시간 운전자 안전정보 시스템 시범도시 실증 순서로 레인센서 실시간 기반 도로 강우정보 생산 기술 개발을 진행하였다.

1.2 연구개발의 개요

1.2.1 국내 기술개발 동향

가. 강우 관측기술 현황

기상관측요소는 온도, 기압, 습도, 지상풍, 강수량, 복사, 일조시간, 시정, 증발량, 토양수분, 고층 기압 · 기온 · 습도, 상층풍, 현재/과거 일기 · 지면 상태, 구름, 오존, 대기 조성물질 등이 있으며, 이들 요소를 관측하기 위한 국내의 주요 관측기술은 자동기상관측, 항공기상관측, 해양관측, 고층기상관측, 성층권과 중간권에서의 로켓 기상관측, 레이저 기상관측, 도시기상관측, 도로기상관측, 낙뢰관측, 황사관측, 기구에 의한 측정 등이 있다.

우리나라의 최초의 강우측정은 1442년 조선 세종 때부터 시작되었으며, 이는 전 세계적으로도 최초의 기록이라 할 수 있으나, 근대적 개념의 강우측정은 1904년 대한제국 때 최초의 임시기상관측소(5개소/부산, 목포, 인천, 원산, 용암포)가 설치하여 관측을 시작, 이후 1960년대 건설부를 중심으로 대대적인 수문조사사업이 재개되어 국토해양부, 기상청, 한국수자원공사, 한국농촌공사 및 한국수력원자력에서 689개소의 우량관측소를, 국토해양부, 한국수자원공사, 한국농촌공사, 한국수력원자력 및 지방자치단체에서 712개소의 수위관측소를 운영하고 있다(한국수문조사연보, 건설교통부, 2006).

최근 격자기반의 강우분포를 수집하기 위하여 스마트 자동차에 강우 계측 기술을 탑재하여 이동성을 고려한 강우강도를 수집하기 위한 연구가 진행되고 있다.



그림 1.2.1 우리나라 강우관측 기술의 변화

집중호우로 인한 비상시 도로통제 및 교통 관련 재해관리를 위해서는 고해상도의 실시간&단기간 이동성 강우정보가 반드시 필요하며, 최근 차량에 자동 wiper 기능이 탑재되어 있어 강우강도에 따라 강우정보를 인지할 수 있다는 점을 이용하여 기존 지상관측소 및 레이더 정보와 병합하여 이용할 필요가 있다. 움직이는 자동차 망이 강우량 측정에 이용될 수 있다면 강우량 측정망의 밀도를 크게 향상시킬 수 있으며 이를 활용한 도로 통제 및 교통사고 예방에 활용 가능하다. 현재 전국적으로 수천만대의 자동차가 운행되고 전 세계적으로 교통량이 계속하여 증가한다는 점을 고려할 때 이러한 차량을 이용한 강우관측기술 개발은 실시간 도로 통제 및 최적 우회도로 제공 서비스에 활용 가능할 것이다.

나. 레인센서 현황

레인센서란 자동차 앞 유리의 와이퍼 모터 구동 제어를 ETACS(Electronic Time Alarm Control System) 대신 앞창유리의 상단 내면 부에 설치된 센서에서 강우량을 감지하여 운전자가 스위치를 조작하지 않고도 와이퍼 작동시간 및 Low 속도/High 속도로 자동으로 와이퍼를 제어하는 핵심 부품이다.



그림 1.2.2 레인센서 장착 예시

레인센서의 기본적인 용도는 운전자가 별도로 조작하지 않더라도 빗물의 세기와 양을 스스로 감지해 와이퍼의 속도나 작동 시간 등을 자동적으로 제어하는 장치이며 빗물 감지기 또는 빗물감지센서라고도 한다. 운전자가 운전 도중 와이퍼의 움직임이나 속도를 조절하기 위해 별도의 움직임을 취할 경우, 시선을 돌리거나 불필요한 동작을 함으로써 일어날 수 있는 사고 또는 운전상 불편함을 줄이기 위한 기술이다. 현재는 직접적인 강우를 측정하는 광학식 방식의 레인센서에 대한 개발 및 양산은 이루어지지 않고 있는 상황이며 강우의 유·무를 판단하여 와이퍼를 동작시키는 레인센서에 대해서는 TRW, Hella 와 같은 자동차 전장 해외업체에서 개발, 양산하고 있다. 레인센서는 크게 광학식 방식과 정전용량 방식 두 가지로 구분된다.

광학식 방식은 하기의 그림과 같이 센서 내에 발광 다이오드에서 적외선을 내보내 물기나 빗방울에 의해 굴절되어 돌아오는 빛의 양을 다시 다이오드가 받아서 와이퍼의

작동속도를 결정하는 원리로 동작된다. 0.4mm의 작은 입자도 구분할 수 있을 만큼 고감도이며 혹여 전면 선팅에 문제가 될 수 있으나 자동보정기능(calibration)이 있어서 투과율에 의한 변수를 체크한다.

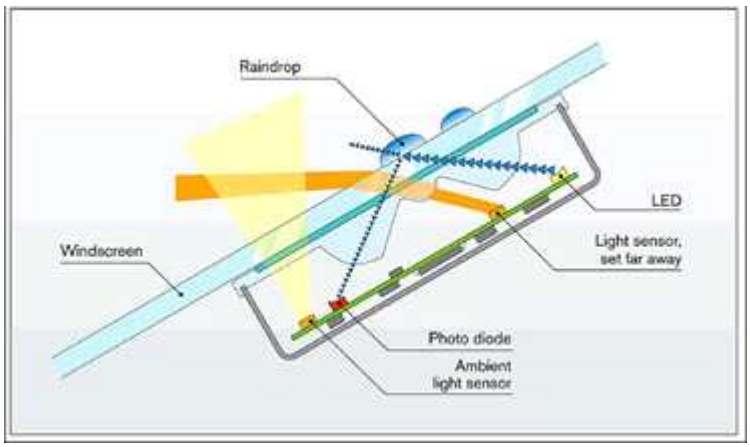


그림 1.2.3 광학식 레인센서 원리도

정전용량 방식은 센서 내 Capacitor를 형성하는 여러 개의 서로 분리된 스트립 도체 전극 사이에서 발생하는 정전 누설 자계를 빗방울에 의해 변화하는 양을 이용해 와이퍼의 작동속도를 결정하는 원리로 동작한다. 아래 그림은 정전용량 방식의 간단한 동작 원리와 정전용량 방식으로 제작된 레인센서 제품 예이다.

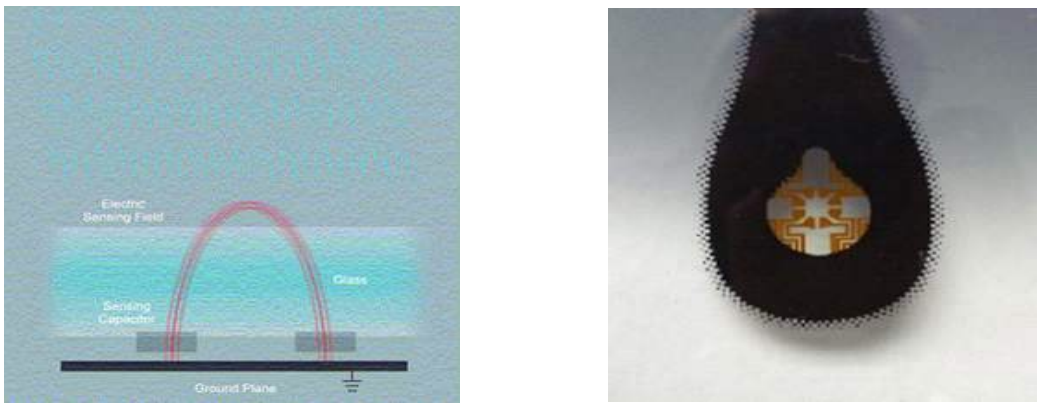


그림 1.2.4 정전용량 방식 원리도 및 제품 예시

현재 국내에서는 빗방울 감지 및 강우측정 기능을 구현하기 위하여 이미 자동차 센서 관련 제조사인 오토산업과 현대기아자동차 남양연구소와의 협업으로 카메라 방식의 빗방울 인식 기능의 센서를 개발하였으나, 장착에 대한 문제점과 외란광에 의한 간섭으로 동작되지 않는 문제로 인하여 추가적인 진행이 되지 않은 상황이다.

다. 차량용 텔레매틱스 기술 현황

텔레매틱스 시장의 종류는 차량의 출고를 기준으로 BM시장과 AM시장으로 구분하며, 자세한 특징은 다음과 같다. BM은 차량이 출고 전 단말기를 차량에 장착하는 형태를 말하는 것으로 자동차 제조업체가 소비자들과의 계약 하에 자동차 옵션 형식으로 판매한다. AM은 차량이 시장이 출시된 후, 텔레매틱스 기능 및 서비스의 필요에 따라 개별 소비자들이 구매하는 것을 의미하는 사용자 중심 시장이다. 최근 카 내비게이션 시장은 단순한 길안내 서비스에서 각종 서비스와의 융합 서비스인 생활 문화 도구로서 각광받고 있다. 국내 내비게이션 시장은 2004년 20만 대, 2005년 80만 대, 2006년 120만 대, 2007년 150만 대를 거쳐 지속적으로 성장 예정이다.

2010년까지 국내 텔레매틱스 시장규모는 연평균 약 13.1%의 성장률로 관련 인프라 구축이 완료시점인 2010~2020년에는 17.6%의 큰 성장이 예상된다. 2005~2010년에는 수출·입에서 단말기 분야 수출의 높은 증가율이 예상되지만, 2010년 이후는 단말기 수출이 감소하고 수출·입의 증가율이 비슷해질 것이다. 인프라시설, 복잡한 도로상황, 단말기 분야의 경쟁력, 자동차 개발과 생산 기술력이 동인이 되어 동시기에 세계 시장보다 성장률이 높아질 것으로 추정된다. 국내 텔레매틱스 산업의 시장 범위는 시스템, 단말기, 서비스를 모두 포괄하는 것으로 추정되었고, 자동차 차체부문은 시장범위 규모에서 제외됐다.

사업자 현황으로는 컨버전스 기술의 융합체인 텔레매틱스 시장이 발달함에 따라, 여타 시장에도 상당한 파급효과를 일으킨다. 단말기 제조업체의 경우, BM 및 AM 시장을 목표로 자동차 사업자들과의 전략적 제휴를 지속적으로 추진하는 경향을 보인다. 대표적인 사례로는 LG전자 - 현대·기아 자동차와의 제휴, 삼성전자 - 르노 삼성 자동차와 제휴 관계를 들 수 있다. 통신 분야도 텔레매틱스 시장에 의해 영향 받는 산업이다. 자동차 업계는 서비스 개발을 위해, 통신 업계는 BM 시장을 목표로 하는 전략적 합작이다. 현대·기아 자동차 - LG텔레콤, GM대우자동차 - 한국통신프리텔, SK텔레콤 - 르노삼성 자동차, KTF - 쌍용자동차와의 제휴가 있다. 텔레매틱스 시장은 세계적으로 시장 형성기지만, 국내의 환경 여건은 선도적이며, 이는 세계 최고 수준의 통신 인프라 및 높은 컨버전스 인지도 때문이다.

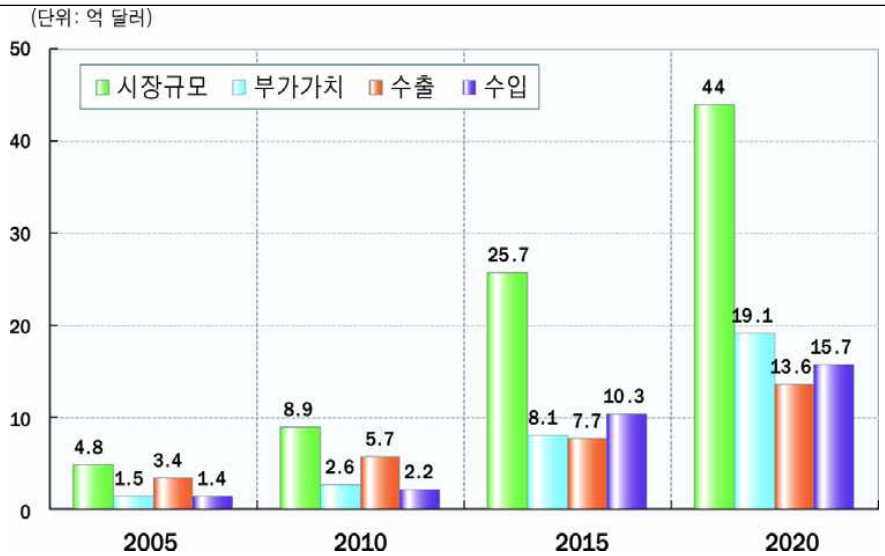


그림 1.2.5 텔레매틱스 국내 시장 전망

라. 빅데이터 기술 현황

국내 빅데이터 시장은 도입 초기 단계 수준으로 솔루션 및 시스템에 대한 기술 수준은 평균 이상을 나타내고 있으나, 서비스와 관련된 데이터 거래·분석 서비스, 컨설팅 서비스 등 서비스 부분의 기술 수준은 낮게 나타난다. (선진 기술 수준을 100으로 보았을 때 공급기업은 62.6, 수요기업은 60.4) 국내 기술이 낮게 나타나고 있는 거래, 분석, 시스템구축, 컨설팅 등 서비스 분야의 수준 격차가 크게 나타나고 있으며, 국내기술 수준은 '선진기술과 차이가 거의 없다' 는 평가에서 최대 10년의 차이가 난다는 의견이 다양하게 반영되어 공급기업, 수요기업에서 평가하는 수준격차는 각각 3.3년, 3.2년으로 나타난다. 향후, 선진 기술 수준으로의 도달기간이 다른 IT 기술과 비교하였을 경우 더 빠른 성장세를 나타내고 있어 현재 수준격차가 벌어진 것 이상으로 기술발전이 이루어지면서 선진 기술로의 도달 시간은 3.6년과 3.5년이 걸릴 것으로 평가한다.

표 1.2.1 국내 기술 수준 평가(공급기업 vs. 수요기업)

구분	국내 기술 수준 (선진기술 100 기준)	수준격차(년)	선진기술 도달시간(년)
공급기업 응당	62.6%	3.3%	3.6%
수요기업 응당	60.4%	3.2%	3.5%

※ KRG, 100개 공급기업/908개 수요기업 응답기준

국내 빅데이터 기술 수준이 선진 기술 대비 낮게 나타나고 있으나, 프로세스별로 분류해보았을 때 소프트웨어-수집, 소프트웨어-저장/관리, 소프트웨어-처리의 경우 상대적으로 높은 기술 수준으로 대용량의 데이터를 빠르게 저장하고 처리하는 기술은 상대적으로 양호한 수준을 나타낸다. 서비스-분석서비스, 서비스-거래의 경우 가장 빠른 기술의 변화가 나타나고 있는 분야인데 국내에서는 빅데이터를 활용 프로젝트 경험 부족 때문에 상대적으로 낙후된 모습을 나타내고 있으며, 수요기업의 경우 40에도 도달하지 못하는 수준으로 평가한다.

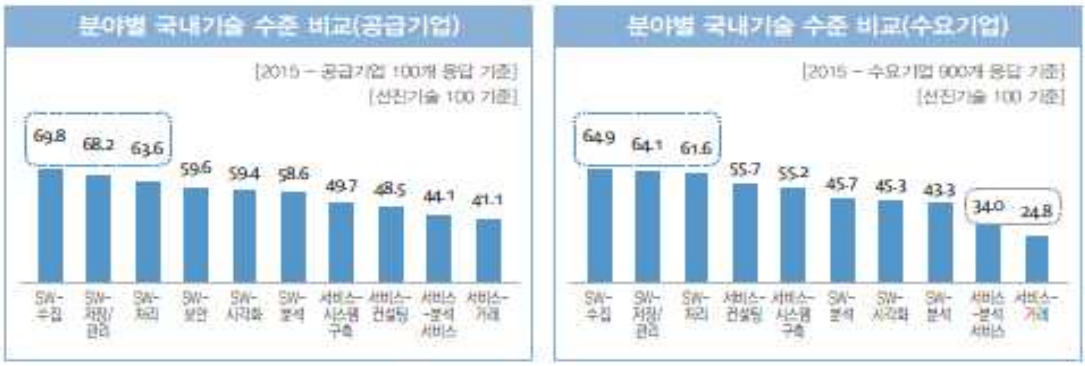


그림 1.2.6 프로세스별 국내 기술 수준 평가(공급기업 vs. 수요기업)

국내 기술 수준은 국내 빅데이터 전문기업이 가장 높은 수준으로 평가하고 있고 해외 빅데이터 기업이 가장 낮은 수준으로 평가한다. 국내기술 수준과 선진기술 수준 격차는 외국계 IT 서비스사가 가장 낮은 것으로 평가하고 있으며, 해외 빅데이터 전문기업은 기술 수준에 이어 수준격차 또한 큰 차이를 보이는 것으로 평가한다.

표 1.2.2 국내 기술 수준 평가

구분	국내 기술 수준 (선진기술 100 기준)	수준격차(년)	선진기술 도달시간(년)
국내 빅데이터 전문기업	65.9	3.1	3.3
외국계 IT 서비스사	60.0	2.5	3.5
SI	55.6	3.5	5.2
해외 빅데이터 전문기업	48.2	4.9	5.4

빅데이터 시장이 성장할 것이라는 것은 공급 기업은 물론 수요기업에서도 인정하고 있는 사실이지만, 성장세의 크기에 대해서는 시각 차이를 보인다. 빅데이터 공급기업은 빅데이터 시장의 성장률은 글로벌의 경우 국내보다 향후 3년 동안은 높은 성장세를 나타낼 것이지만,5년 후인 2020년에는 국내 빅데이터 시장의 성장률이 글로벌 시장의 성장률을 상회하는 폭발적인 성장세를 볼일 것으로 예상한다. 수요기업에서는 글로벌 빅데이터 시장과 국내 빅데이터 시장 모두 안정적인 성장세를 나타낼 것으로 예상한다.

빅데이터 분야 선두 주자인 Google, Oracle, IBM, HIP, Teradata, 아마존 등은 빅데이터 기반 서비스를 활발하게 상용화하고 있는 반면 국내 기업은 시작단계 수준이며, 선진국과의 기술격차 축소 및 국내 기업의 활용성을 높일 수 있도록 빅데이터 관련 원천기술 확보를 위해 저장, 관리, 분석 등 빅데이터 관련 연구를 추진 중에 있다.

표 1.2.3 국내 빅데이터 기술과 글로벌 기업의 기술 격차

(참조 : 국가정보화 빅데이터 마스터플랜, 2012)

분야	기술항목	공개SW (기술명)	세계 최고 수준 기업	국내 기술 보유 기업	기술격차
분석	데이터 분석	R	IBM	이씨마이너 솔트룩스	2년
수집 연계	분산 컴퓨팅	MapReduce	Google	넥스알, 삼성SDS	5~6년
	이기종 데이터 융합	MapReduce	인포매티카	데이터 스트림즈	3~5년
	데이터 저장 관리	Hadoop	오라클	알티베이스, NHN 등	4~5년

빅데이터 분석기술과 관련하여 실시간 대용량 데이터 분석을 통한 지식정보 추출과 지석정보에 대한 개방, 공유, 참여가 가능한 개방형 지식 서비스 플랫폼 기술개발추진(지식경제부) 중이며, IoT, SNS, 스마트 폰 등의 다양한 소스로부터 끊임없이 입력되는 빅데이터 분석을 위한 기술개발이 활발히 추진 중이며, 클라우드 컴퓨팅 인프라를 활용한 빅데이터의 실시간 분석 및 활용 플랫폼 개발을 추진하고 있다.

표준화된 OpenAPI 기반 국가 및 민간이 보유한 지식을 효율적으로 제공하여 다양한 BI (Business Intelligence) 서비스에 적용하기 위한 지식 플랫폼 개발

마. 강우와 차량속도 관련 동향 분석

정은비 등(2013)은 RWIS자료와 검지기 자료를 이용 강수량에 따른 교통특성을 분석하였고 강우 발생시 비강우시 보다 속도 및 교통량이 감소하는 것을 제시하였다. 여기서 강우강도에 따른 속도추정곡선식을 제시하였고 또한 강우량에 따른 속도감소량을 이용하여 강우수준을 분류하였을 때 약한비와 중간비의 기준은 0.4mm/5min, 중간비와 강한비의 기준은 0.8mm/5min으로 제시하였다. 김태운 등(2015)은 일반국도의 교통량 자료와 기상청의 강우 자료를 활용하여 강우강도별(평일, 비평일) 일평균 교통량 변화에 관한 논문을 수행하여 강우가 많을수록 모든 일수에 평균 일교통량이 최대 5.48%까지 차이 나는 것을 제시하였다.

바. 국내 관련 정책 동향 분석

산업·경제 분야에서는 지능화 기술과의 전면적 융합을 통하여 전 산업의 경쟁력을 높이고 신산업 및 일자리 창출을 목적으로 하고 있다.. 또한 공공 서비스 분야의 지능화를 통해 사회 문제의 해결 및 편리하고 안정한 공공 서비스를 제공함으로써 국민 삶의 질을 높이고 혁신 성장을 위한 선도적 시장을 창출하고자 하고 있다. 뿐만 아니라 새로운 기술 및 서비스가 시장에 안착할 수 있도록 현행 규제의 틀을 바꿔 혁신 친화적으로 규제를 재설계하고, 혁신 기술 기반의 중소·벤처 기업을 성장 동력으로 육성하기 위해 성장 단계별 지원 강화 및 공정한 경쟁시장 환경을 조성하고자 한다.

표 1.2.4 산업 분야별 지능화 혁신 방향

분야	주요내용
제조업 디지털 혁신	스마트공장 고도화·확산, 첨단 제조로봇 개발·보급, 3D 프린팅 기반 제조서비스 플랫폼 구축 등을 통해 한계에 직면한 제조업의 재도약 촉진
스마트 이동체	자율주행차 고도화, 차세대 드론 산업 육성, 자율운항 선박 선도 등을 통해 교통 혼잡, 안전사고 등의 문제점 해결
미래형 에너지	빅데이터 · AI 활용 지능형 전력공급 및 전력소비 효율화 등 스마트그리드 단계적 전국 확산, 소규모·분산형 재생에너지 보급 등 스마트에너지 신산업 육성
지능형 물류 · 유통	스마트 물류센터 확산, 자율운영 스마트 항만 구축, 가상쇼핑몰 등으로 물류·유통 효율성 제고
스마트 농업 · 해양	인공지능형 스마트 팜·양식장 개발·보급, 지능형 농업로봇 및 수중건설 로봇 개발, 농수산물 수급예측 등 데이터 및 로봇 활용으로 부가가치 제고

특히 스마트 이동체 산업에 있어서, 교통혼잡, 안전사고 등을 극복할 수 있는 준자율주행차조기상용화(‘20), 자율운항선박 개발(’ 22) 등 스마트 이동체 선도국가로 도약하고 고령자・장애인 등 교통약자 배려 기반 마련을 추진할 예정이다.

무인이동체 기준으로 연평균 19% 수준으로 급성장하는 무인이동체 차세대 시장 선점을 위한 원천기술 개발 및 초기시장 창출 지원. ‘무인이동체 기술 혁신과 성장 10개년 로드맵’ 을 수립(‘17.12)하고, 차세대 플랫폼 개발을 위한 원건기술 개발 예타 기획(’ 18)

자율차 기준으로 최고 기술국인 미국과 3.9년 정도의 기술 격차를 감안하고, 자율차 글로벌 경쟁 심화에 대응하고 ‘20년 고속도로 준자율주행차 상용차로 교통문제 해결, 고령자・장애인 등 교통약자 배려 및 자동차 신시장 선도하고 있다.

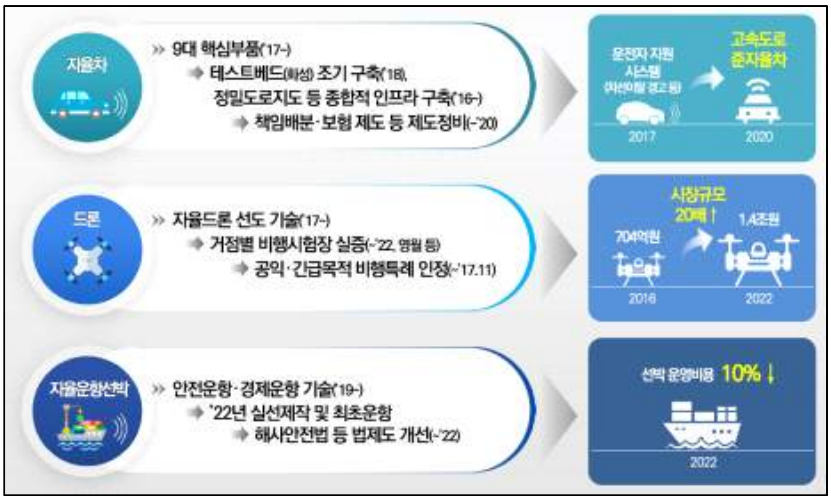


그림 1.2.7 차세대 스마트이동체 추진 방향

표 1.2.5 공공서비스의 지능화 혁신 방향

분야	주요내용
스마트 건강	개인 맞춤형 정밀의료 확산, 지능형 의료로봇 상용화, 인공지능 기반 신약개발 혁신 등 예방부터 간병까지 스마트 의료·바이오 구현
스마트 도시	스마트 도시 선도모델 실증·확산, 딥러닝 기반 교통신호 최적제어 시스템 보급 등 도시문제 해결 혁신 플랫폼인 스마트 도시 확산
스마트 복지	지능형 돌보미 로봇 개발, 근력 강화 웨어러블 로봇 확산, 치매환자 지능형 모니터링 등 사회적 약자의 지능형 일상생활 보조 서비스 확산
스마트 환경	미세먼지 정밀 예보, 스마트 상하수도 시스템 구축 등 환경오염 예측 정확도 제고 및 무인 관리로 대응체계 고도화
스마트 안전	노후 SOC 관리, 지능형 CCTV 분석 기반 범죄예측・사전대응 강화, 산불·병충해 대응 고도화 등 안전체계 지능화로 사고예방 및 피해 최소화

○ 기상청 업무 추진 계획

현재 기상청은 지역 특성, 인프라 등 다양한 조건에 따라 달라지는 기상현상의 영향 차이를 고려하지 않은 균일한 기준으로 특보를 운영하기 때문에 효과적 재해 대응에 역부족일 수밖에 없다. 취약한 지역의 경우, 특보기준 미달의 기상현상에도 재해가 발생하여 큰 피해가 발생하고 있기 때문이며, 이는 앞서 말한 2016년 1월 23~25일 제주 지역의 사례를 들 수 있다. 이 기간 동안 제주 지역의 최고적설량(산간 제외)과 최저기온은 각각 12cm(대설주의보)와 -5.8℃로 같은 기간 광주 지역의 21.4cm(대설경보), -11.7℃에 비해 낮은 수준이었으나, 눈이 잘 오지 않는 제주 지역의 특성과 관광객이 몰리는 주말이라는 특수성으로 인해 제주 지역의 직·간접적 인 피해는 광주보다 더 크게 나타났음 또한, 현행 특보 및 예비 특보의 선행시간은 기상재해에 대한 선제적 대응을 지원하기에 부족한 실정이다.

최근 호우특보의 선행시간은 평균 104분이며, 예비특보의 선행시간은 최대 하루내지 이틀정도 전에 발표되고 있다. 따라서 지역적 취약성과 노출을 고려한 기상영향 분석을 통해 위험기상에 의해 발생 가능한 영향정보를 조기에 제공하는 것이 필요하며, 단기예보 정확도(강수유무 기준)는 2008년 동네예보의 적용을 통해 한 단계 도약하였으나, 이후 현재까지 약 91.5% 수준에서 정체되고 있다.

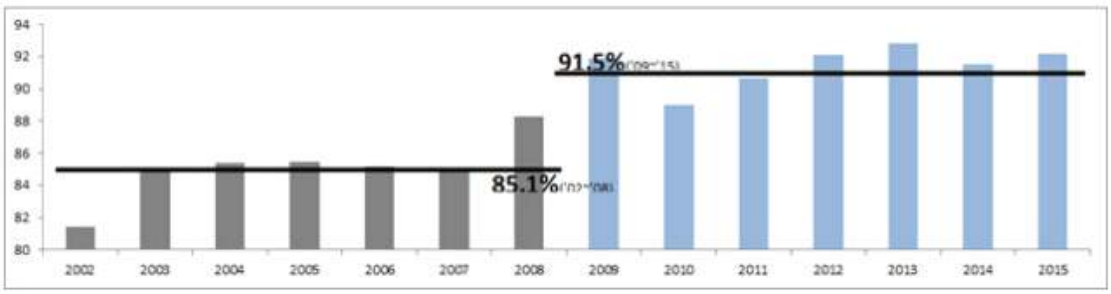


그림 1.2.8 연도별 단기예보정확도(강수유무)

대기 자체의 불확실성, 수치예측의 한계 등으로 인한 예측 불확실성으로 결정론적 예보는 정확도에 근본적인 한계를 지니고 있기 때문이며, 따라서 확률론적 예보를 통해 기상현상의 발생 가능성을 제공하여 리스크 저감을 위한 폭넓은 의사결정을 지원할 필요성이 존재함. 또한 세계 주요국 수준의 예보 수준(단기예보 정확도(강수유무) 92.2%)에도 불구하고, 기상 서비스에 대한 체감은 이와 간극이 존재하고 있음. 2014년 기상업무 국민만족도 조사결과에 따르면, 기상 서비스에 대한 국민만족도와 신뢰도는 각각 77.5점, 75.1점에 불과한 것으로 집계되었다.

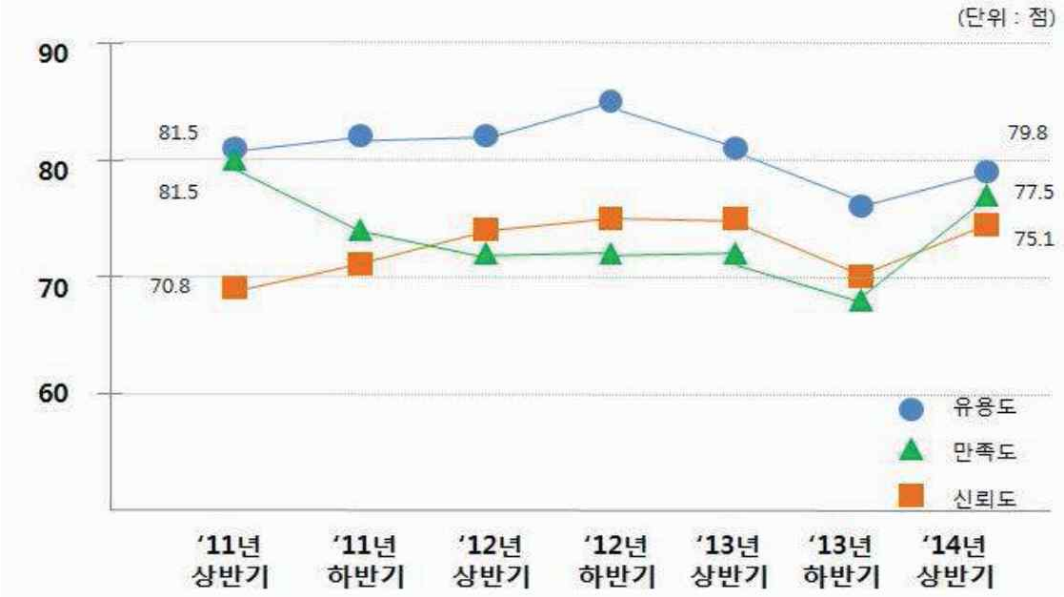


그림 1.2.9 기상업무 국민만족도 조사 결과

따라서 기존의 예보 틀을 뛰어넘는 혁신적 변화가 요구되는 시점이며 같은 기상현상이라도 시간과 장소에 따라 달라지는 기상현상의 영향을 고려한 예보 서비스를 통해 기상서비스의 가치를 향상시킬 수 있으며, 아울러 유관 기관과의 적극적 소통·협업체계 구축을 통해 상호 간 기상 및 방재 정보의 교류 체계를 구축해야 함. 즉, 영향정보를 기반으로 한 이음새 없는 체계를 구축하여 다가오는 위험 기상에 대한 정보를 조기에 제공하는 기상예보 패러다임의 변화가 필요하다.

표 1.2.6 기상예보 패러다임 전환

	AS-IS	TO-BE
특보	기상 임계값 기반 특보 (Meteorological Threshold-based Warning)	영향 임계값 기반 특보 (Impact Threshold-based Warning)
수치예측	결정론적 수치예보 (Deterministic: Best forecast)	확률론적 수치예보 (Probabilistic: Uncertainty range)
서비스	산출물 기반 서비스 (Products-based Services)	의사결정 지원 서비스 (Decision Support Services)

이를 위해 기상청에서는 ‘풍요로운 사회를 위한 기상·기후정보 자원화’를 위해 ‘산업 생산성 향상과 기상산업육성’ 분야에 있어서 국민 개인 분야에 대한 응용 서비스를 개발하고자 하며, 교통 분야는 2014년에 개발하는 것을 원칙으로 하고 있다.

‘튼튼한 국가를 위한 의사결정 기상서비스 확대’를 위해 ‘사회·경제적 의사결정 지원 체계 강화’분야에 있어서 교통안전 및 국민 건강 보호 의사결정 지원 정보를 제공의 일환으로써 육상 및 해상 교통안전을 위한 안개예보 개선을 계획하고 있으며 부처 간 협업을 위한 주요 사업으로써 기상장비 국산화 및 수출산업화를 추진하며, 도로 분야를 포함한 기상, 국방 등 공공분야의 기상관측 수요기술을 발굴할 계획을 가지고 있다 (기상청, 2014).

○ 빅데이터 기반 스마트 전자정부 구현 정책 동향

대용량 정보가 급증하는 빅데이터 시대에 자료를 체계적으로 분석하여 재난/환경 문제 등에 사전 대응하기 위하여 빅데이터 분석기반 정책수립, 업무혁신, 맞춤형 대국민 서비스 제공 등을 위하여 ‘스마트 국가 구현을 위한 빅데이터 마스터플랜’을 수립하였다(2012).

행안부, 지경부, 교과부, 방통위 등 관련 부처는 빅데이터 관리 기술연구개발 지원, 시범 서비스 발굴 등 빅데이터 활성화 정책을 추진하고 있으며, 행안부는 한국정보화진흥원에 빅데이터 기반 중장기 미래전략 수립을 지원하는 ‘빅데이터 전략연구센터’를 개설(2012.04)하고 다양한 시범사업을 추진하고 있다.

1.2.2 국외 기술개발 동향

가. 도로기상정보 시스템 현황

해외에서는 기상정보와 도로정보의 연계를 통해 도로기상정보시스템을 구축한 후도로의 운영관리, 제설제 살포를 위한 의사결정, 도로재난 방지 등 다양한 분야에 대하여 적용한다.

미국의 경우 1995년에 미국도로연방청과 국가해양대기청 간에 양해각서 MOU (Memorandum of understanding)를 체결하고 도로기상정보시스템을 구축하여, 도로변 자료 전송및 수집, 현재 상태 및 예보 등의 상황을 도로관리자와 운전자에게 제공했다. 도로 유지보수 의사결정 지원 시스템 MDSS(Maintenance Decision Support System)시스템은 가정된 시나리오에 따른 도로 상태의 결과를 예측하여 특정 도로의 기상및 도로상태 예보, 제설작업 시행 최적시간과 제설제 종류 및 사용량, 그리고 운영관리자 교육 등에 활용하였다.

캐나다는 교통부와 환경부는 동절기 도로관리를 위한 도로기상정보시스템을 구축하여 운영하고 있으며, 주간 고속도로 150개 이상 지점에 구축 · 운영하고 있다. 또한 도로기상정보시스템 구축 및 지방정보와의 정보공유를 통해 제설제 예비 살포에 따른 강설 시 교통사고 약 8% 감소했다. 영국 기상청은 1987년부터 관공서, 산업체, 민간업자가 협력하여 『Open Road』라는 도로 기상정보 서비스를 구축하여 하루 동안 2~5일 간의 기상예측 정보를 수신하며, 시간대별 기상정보 분석과 CCTV를 통한 도로상태 확인, 그리고 도로변기상 관측 장비로부터 수집된 자료를 바탕으로 제설작업 시행 여부를 결정하며, 도로망을 따라 레이더 기상이미지를 5분마다 제공하여 운전자가 이용할 수 있도록 인터넷을 통해 제공한다.

핀란드의 VTT 기술연구센터(VTT Technical Research Center)에서는 도로의 블랙아이스(blcak ice)1)를 운전자에게 경고하기 위한 새로운 기술을 개발했다. 미끄러운 도로 구간을 감지할 경우 운전자는 차량에 설치된 단말기의 유형에 따라 도로의 빙설구간 혹은 미끄럼 구간에 대하여 경고등, 음성 신호, 문자 등의 정보를 즉각적으로 제공받아 사고 발생을 예방할 수 있음, 현재 이 시스템은 대형트럭에 서비스할 목적으로 개발되어 운영되고 있지만, 일반 승용차 대상으로 서비스 확장계획 수립했다.

일본 국토 교통성은 도로정보시스템을 구축하여 인터넷을 통해 지방 정비국이 관리하는 도로의 기상정보를 제공하고 있으며, 산악지형이 많은 곳에 도로정보와 별도로 기상정보를 제공한다. 일본은 총 1,000여개의 기상정보시스템에서 수집된 기상실황 데이터와 예측 데이터를 입수하여 기상정보, 동결예측정보 작성에 이용하고 있으며, 또한 수집된 기상정보를 기초로 노면온도 및 노면상태 예측정보를 작성한다.

중국은 광역지자체 단위의 기상서비스 공급시스템을 운영한다. 특히 화남지역 환경기상특종 예보기술의 경우 인체 쾌적 정도에 따라 자외선 복사지수예보, 대기오염예보, 음이온농도예보, 체감온도지수예보, 중서지수예보(4~10월), 화재위험지수예보(10~2월), 곰팡이지수예보(3~9월) 등 생활형 기상정보를 제공한다. 2001년 이후 중국 기상국에서는 중국기상수치예보 과학기술 혁신기지를 구축함으로써 인적, 물적 자원을 집중하여 중국의 독자적인 수치예보 체계를 구축, 국가과학기술부와 중국기상국의 지원으로 구축된 중국기상 수치예보시스템「GRAPES」은 상층 및 지상데이터를 가공하여 수치예보가 가능하며 외국 방식과비교하여 폭우, 대류 등에 대한 예보결과가 뛰어난 것으로 평가된다.

나. 차량용 텔레매틱스 기술 현황

세계 텔레매틱스 시장은 장기적으로 성장 전망이 우세하며, 기존의 교통안전정보 개념에서 위치정보와 부가정보가 사용자들의 관심의 대상 영역으로 안전위주 서비스에서 위치정보를 활용한 LBS 기반의 서비스로 개념이 변화함에 따라, 멀티미디어 데이터 위주의 양방향 통신 서비스가 중심이 되고 있다. 기존 교통정보 활용의 중요성은 더욱 강화되고 있으며, 여행관련 정보가 사용자들의 관심을 끌고 있는 것이 세계 텔레매틱스 시장 변화의 주요 특징이다.

표 1.2.7 지역별 시장 특성

구분	미국	유럽	일본	한국
사업주도	자동차업계	자동차업계	자동차업계	이동통신, 자동차업계
중심서비스	보안, 안전서비스	교통정보, 안전서비스	교통정보, 안전서비스	교통정보, 내비게이션
시장특성	거대 단일시장	국가별 다양성 존재	지역적인 집중	지역적인 집중
장점	자동차 문화발달 안전서비스 수요 플랫폼 솔루션 관련	단일 이동통신망 자동차 기술 발전	정부의 적극적인 지원 높은 인프라 수준 자동차 기술 발전	세계 최고 무선 인프라 Early Adopter의 소비자 성향 콘텐츠 개발력 우수
단점	다양한 이동통신 표준지리, 교통 정보 통합수준 저조	다수 사업자 진입에 따른 경쟁심화	플랫폼 표준화 등에 대한 국제 협력상 열위	국제 협력상 열세 자동차 부품 기술 열세
대표서비스	OnStar(GM)	NaviTech(Volvo) Assist (BMW Jaguar)	G-Book(Toyota) Internavi (Honda)	Natedrive(SKT) Mozen(HMC) K-Ways(KTF)

산업연구원(KIET)과 글로벌인사이트(Global Insight)의 추정자료에 의하면, 텔레매틱스 세계시장은 장기적으로 계속 성장할 것으로 전망되고 아래 그림과 같이, 차량용 단말기, 지능형 교통시스템 등의 인프라의 구축이 전반적으로 완료되는 시점인 2010년 이후 폭발적으로 성장할 것이다.

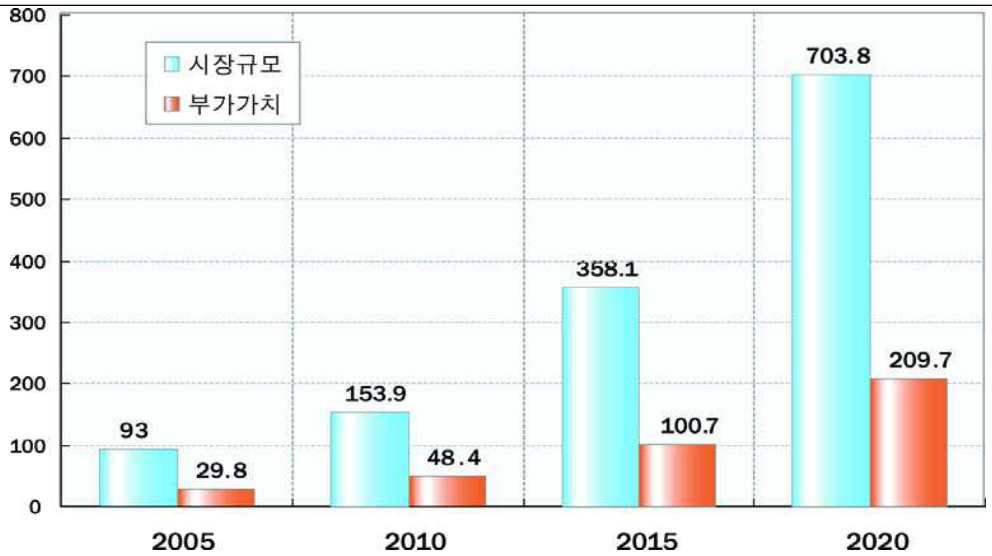


그림 1.2.10 텔레매틱스 세계시장 전망 (단위: 억 달러)

출처: 유현선, 한국산업의 발전비전 2020: 유비쿼터스 네트워크 산업, 2006

산업연구원(2007)에 의하면, 세계적으로 텔레매틱스의 국가별 시장규모는 연평균성장률이 지속적으로 증가할 추세이다. 현재 미국이 21.9억 달러로 가장 규모가 크며, 일본이 17.6억 달러, 유럽이 17.5억 달러, 중국이 9.7억 달러를 차지하고 있고, 2010~2020년에는 텔레매틱스 산업이 성장기에 이르러 중국의 연평균성장률이 22.1%, 기타 국가는 23.2%를 보일 것으로 전망하고 있다. 다른 기타 지역 또한 2020년에 크게 성장하여, 103.4억 달러의 시장규모를 이룰 것이며, 중국과 미국의 시장규모는 각각 204.0억, 119.6억 달러로 예상된다.

전 세계 텔레매틱스 시장규모의 50%를 차지하는 미국 시장은 시장규모, 기술수준, 서비스 시기 등 전체적으로 앞서고 있는 선도시장이다. (KOTRA, 2007) 1996년 포드에 이어, 1997년 GM은 캐딜락을 통해 자회사인 OnStar를 통해 긴급구난 중심의 'Operator Interface' 텔레매틱스 시스템을 시작했고 자동차 제조업체가 주도하는 BM 시장을 중심으로 발전하고 있으며, GM On-Star, ATX와 같은 대표적 서비스 사업자가 시장을 주도하고 있다. 사업자들의 텔레매틱스 서비스 시장경쟁 동향을 대표적인 사업자인 On-Star 서비스와 ATX 서비스를 중심으로 살펴 본 결과 On-Star는 GM의 자회사로 안전 기능 서비스를 주로 취급하며, 1997년 최초 서비스를 출시 후, 현재는 미국 텔레매틱스 시장의 80% 이상을 선점하고 있다.

미국은 연방도로청(FHWA)에서는 센서로부터 데이터를 수집하고(collect), 수집된 데이터를 센터나 기타 데이터를 처리할 수 있는 곳으로 데이터를 전송(transmit)하는 절차, 수집된 데이터를 처리하여 노면 결빙정보나 미끄럼 정보 등 의사결정에 필요한 결과물로 처리(process)하는 절차, 처리된 결과를 제공(Disseminate)하는 절차 등을 총칭하여 도로기상

정보시스템으로 구분하고 있으며, 주요 도로기상 측정요소는 대기 온·습도, 시정거리, 풍속, 풍향, 강수형태 및 강수량, 운량, 노면온도, 결빙온도, 노면상태, 지중온도, 도로변 강이나 호수의 수위 정보이며, 도로 기상정보 시스템을 통해 도로변 자료 전송 및 수집, 현재 상태 및 예보 등의 상황을 도로관리자와 운전자에게 제공하고 있다.



그림 1.2.11 미국 주간고속도로 기상정보 제공 사례

도로의 눈과 얼음을 효과적으로 제어하기 위하여 효율적인 처리방안, 적절한 제설제 투입 비율과 장소 등 필요한 결정사항이 많고, 잘못된 결정은 경제적, 환경적인 손실을 일으킨다. 이러한 겨울철 도로 관리 결정 지원을 위하여 미국 연방도로관리청(Federal Highway Administration; FHWA)의 교통국(HOTO)에서는 2001년에 겨울철 도로 관리 지원 시스템(Winter Road Maintenance Decision Support System; MDSS)을 제시하였다.

이 시스템을 통해 제공되는 서비스는 특정 도로의 기상 및 도로상태 예보, 제설작업 최적시간과 제설제 종류 및 사용량, 그리고 운영 관리자 교육 제공하고 있다.

미국 MDSS 시스템의 개요도로 기상청이나 관측 센서로부터 데이터를 수집한 후 이를 도로 기상예측 센서로 데이터를 전송한 후 도로 노면 온도 예측 모델, 제설제 살포 알고리즘 등을 처리하기 위한 데이터 가공을 실시한 후 이를 도로 노면 온도 예측 결과를 보여주고, 시간대별 제설제 권고 살포량을 제시한다.

미국 교통부에서는 지난 10여년 동안 약 5,500억 원의 정부 예산을 투입하여 V2V 기술을 개발하였으며, 자동차 회사를 중심으로 한 민간에서도 약 550억 원의 연구개발 재원이 투자하고 있음에 따라 향후 5년 동안 실용화를 위한 지속적인 연구개발을 추진하고 있다.

미국 교통부 내 교통 안전국(NHTSA)에서는 지난 10여 년간 차량 간 통신(V2V)를 통해 교통사고를 예방하는 기술 개발을 추진해왔으며 차량-인프라 간 통신(V2I)의 경우 V2V 단말기 의무 장착에 따른 보급률 증가 시 각 주정부별로 추진 예정임에 따라 연방 정부에서는 V2V에 대한 실용화를 우선적으로 검토하고 있다. NHTSA는 모든 차량에 V2V 통신 단말기가 의무 장착될 경우 79%의 교통사고가 감소될 것으로 추정하며, 이는 V2V의 통신 반경이 약 300m 일 경우 반경 내 존재하는 차량 간 위치, 속도, 진행 방향 등의 정보를 초당 10회 송·수신함으로써 추돌, 차선 변경, 앞지르기, 교차로 사고 등을 예방할 수 있다고 가정한 결과에 해당한다.

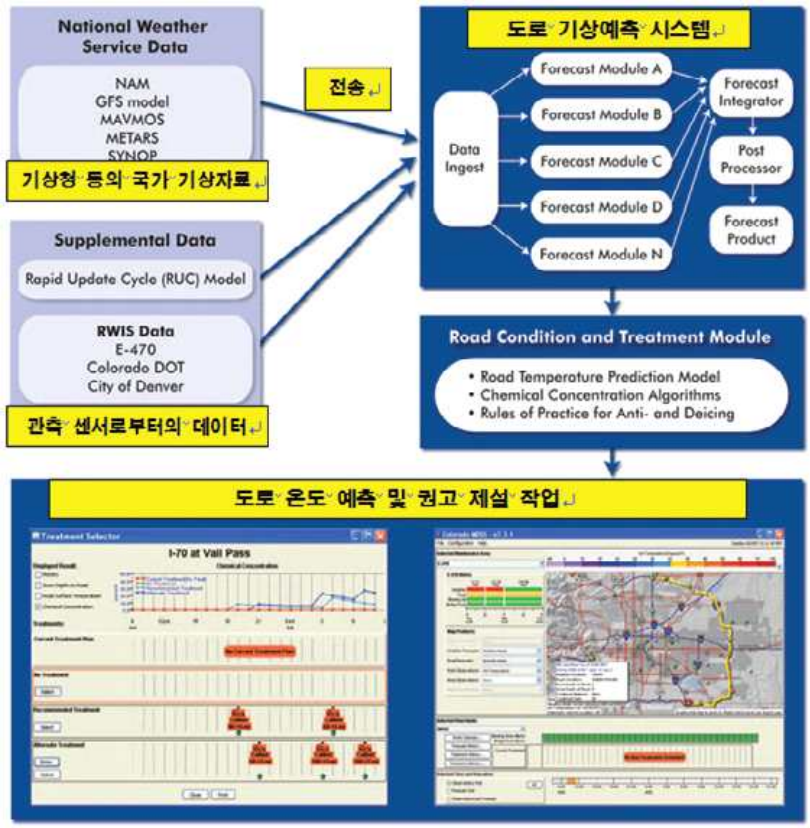


그림 1.2.12 미국의 MDSS 시스템

이를 위해 미국 교통부에서는 미국 내 모든 소형 자동차에 DSRC 장착을 의무화하는 법안인 연방자동차안전표준(FMVSS, Federal Motor Vehicle Safety Standard)의 실용화를 통해 해당 기술에 대한 공공(운전자)의 수용성을 도모하고 있으며, V2V 기술의 실용화를 위해 필수적인 보안시스템(SCMS, Security Credential Management System)의 구축 및 운영 관리를 민간 자동차 기업에서 담당해주기를 희망함에 따라 운전자 뿐 아니라 자동차 산업계의 수용성 및 사이버 보안, 가격, 유지관리의 용이성 등이 중요한 요소로 작용하고 있다.

영국 교통부(Department of Transport) 산하 기관인 도로청(Highways Agency)의 교통통제센터에서 도로 기상을 관리하고 있는데, 일반적으로 매일 오전 6시경에 기상청으로부터 요약된 기상정보 문서를 수신하고, 12시경에 24시간 기상 예측 정보를 받으며, 하루 동안 2~5일 간의 기상 예측 정보를 수신하고, 기상 조건에 따라, 즉 기상의 급격한 변화가 발생할 때에는 저녁에 기존에 수신한 기상 예측 정보를 갱신(update)하며, 매시간 기상정보 분석과 CCTV를 통한 도로상태 확인, 그리고 도로변 기상 관측 장비로부터 수집된 자료를 바탕으로 제설작업투입여부를 결정한다.

이를 좀 더 효율적으로 활용하기 위해서 현재의 도로기상 정보시스템을 Highway Agency's Weather Information System(HAWIS)로 대체하는 작업이 진행 중인데 HAWIS의 기본 개념은 통합된 중앙 시스템을 통해 모든 기상정보를 수신·저장은 물론 알맞게 표시할 수 있게 하여, 이 정보를 활용하는 사용자들에게 정확한 정보를 제공하고 있다.

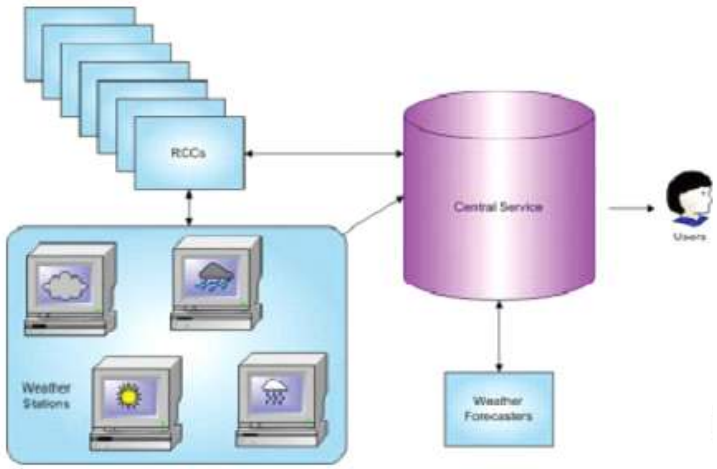


그림 1.2.13 HAWIS 개념도

영국의 도로기상정보시스템 활용을 통한 편익은 웨체스터(Worcester) 지역에서 찾아볼 수 있는데, 동절기 서리에 대한 단기 기상 예보의 정확도가 57%에서 91%로 향상되자, 제설제(소금) 사용량의 15%가 절감되었고(이는 연간 5만 파운드(한화 약 8천 4백만원)에 해당), 『Open Road』서비스를 통해 연간 30만 달러 이상의 소금이 절약되는 것으로 조사되었다.

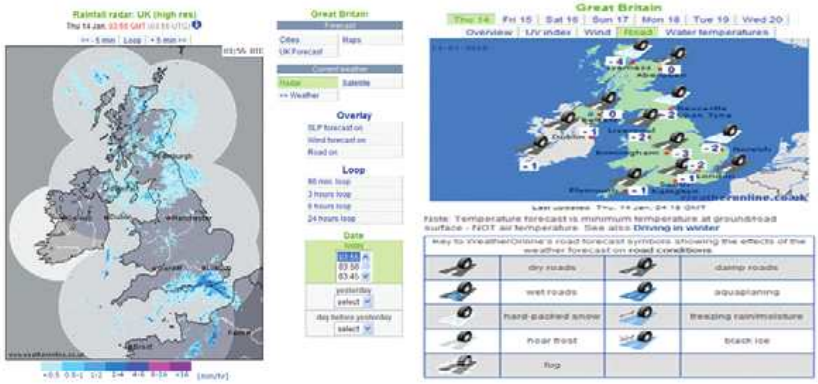


그림 1.2.14 영국의 도로기상정보 제공사례

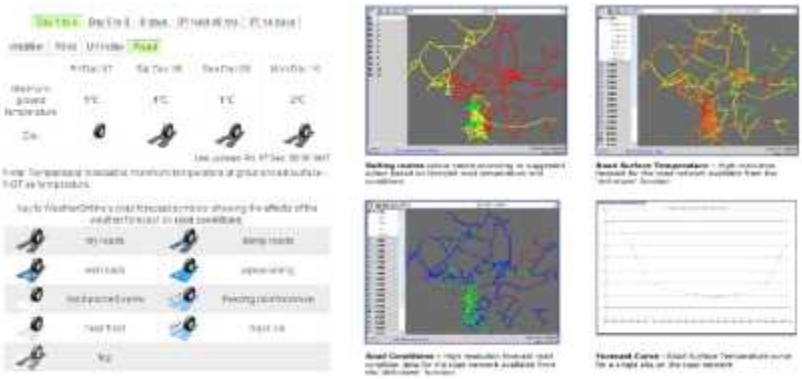


그림 1.2.15 영국의 도로기상 GIS 서비스 예

독일에서는 교통정보 제공 시 기상 상황이 반영된 알고리즘을 제공하기 위하여 테스트 베드에 기상센서를 설치하여 운영하고 있다.



그림 1.2.16 독일의 도로기상 관측을 위한 기상장비

최근에 출시되는 거의 모든 차량에는 강우량에 따른 자동 감지장치(winshield wiper)가 탑재되어 있고, 이 자동 감지장치를 이용하여 강우를 측정하고자 하는 연구가 일부 진행하고 있다.

독일 라이프니츠 하노버 대(Leibniz University of Hannover)의 연구자들이 강우량을 측정하기 위한 장치로 위성 위치 확인 시스템(GPS: Global Positioning System)이 장착된 이동하는 자동차를 이용하는 것을 목적으로 하는 프로젝트인 '레인카즈(RainCars)'를 착안한 바 있으며 우베 하버란드(Uwe Haberlandt) 교수가 이끄는 연구진은 자동차 와이퍼의 속도가 강우 강도와 어떻게 연관되는지를 정확하게 알기 위해 비를 내리게 하는 기계(강우 기계) 아래에 서로 다른 와이퍼 시스템을 갖춘 여러 자동차를 배치해 실험을 진행하였으며, 이 강우 기계에는 약한 비에서 세찬 비에 이르기까지 다양한 강우 형태를 재현하기 위해 조절 가능한 노즐 시스템이 부착되어 있다.



그림 1.2.17 Wiper(차량용 레인센서)를 이용한 실내외 강우 관측 실험

독일의 Lufft사에서는 130여년에 걸친 연구를 통해 기후·환경 정보를 측정하고 수집하는 장비를 개발하여 전세계적으로 판매하고 있으며, 관련 분야에서 널리 사용되고 있다. 도로, 철로 및 공항 등과의 연계를 통해 지능화된 기상학 센서를 이용하며, 이는 그 정확도 및 사용도에 있어서 높은 평가와 실용화 결과를 보여주고 있음. Lufft사에서는 도로 위의 물, 얼음, 눈을 감지하는 광학식 센서인 비매립식 노면센서 'NIRS31', 도로 표면과 평평하게 매설해 노면온도, 지중온도, 염분농도, 어는점 온도, 수막 두께, 노면 상태 데이터를 제공하는 매립식 노면센서인 'IRS31', 풍향, 풍속, 가온도 데이터를 제공하는 초음파 풍향풍속센서인 'VENTUS', 전방산란 방식으로 가시거리를 측정하는 'VS20' 등을 제공한다. 데이터 수집 장비와 센서뿐 아니라, 각종 기상센서, 시정센서, 노면센서 등으로 구성된 도로기상정보시스템을 통하여 도로의 기상상황 및 노면 상태를 관측해 운전자가 안전하게 운전할 수 있도록 해당 정보를 제공하고, 도로 관리자가 도로 운영 및 유지관리를 효율적으로 할 수 있도록 지원한다.



비매립식 노면센선 'NIRS31'



매립식 노면센서 'IRS31'



풍향풍속센서 'VENTUS'



도로기상정보시스템



진설명: 시정센서 'VS20'

그림 1.2.18 Lufft사의 도로정보 수집 센서 및 도로기상정보시스템

이러한 Lufft 사의 센서 및 도로기상정보시스템은 각 국의 도로를 비롯한 현장에서 도로 기상 정보를 관측하고 수집하기 위해 사용되고 있으며, 비단 도로뿐 아니라 전력 발전 공장, 남극 기지 등 광범위한 범위에서 활용되고 있다.





Mobile weather sensor MARWIS





Road Weather Information System network(RWIS)



Meteorological data monitoring



WS200 wind sensors

그림 1.2.19 Lufft사의 도로기상정보수집센서 및 시스템의 실 사용 예

핀란드는 잘 갖춰진 산학협동체계를 바탕으로 IT 강국 중 하나인 핀란드는 기상 분야에 있어 특히 연구의 성숙도가 높으며, 관련 산업의 발달로 말미암은 관측 장비의 주요 수출국에 해당된다. 도로 기상 관측 분야에 있어 대표적인 기업으로는 Teconer 사와 VAISALA 사가 있으며 핀란드 국내뿐 아니라 전 세계적으로 해당 기업들의 제품 활용도가 높아 최근에는 국내 기상 관측소에서 센서를 수입할 뿐만 아니라 관련 연구기관과 학계, 기업과의 협업 역시 진행되고 있다.

Teconer 환경 센싱 기술 및 산업 측정 공정전문 기업으로 다양한 종류의 센서 및 광학 측량 기술을 보유하고 있다. 특히 겨울철 도로 및 활주로의 센싱 기술과모니터링 시스템이 발달되어 있으며 대표적으로 활용되는 장비로는 이동하는 차량에서 노면의 현황을 관측할 수 있는 도로 마찰계수 측정기인 RCM411, 지표면 온도 센서 RTS411 등이 있다.



그림 1.2.20 RCM411의 시험적용 사례

VAISALA는 기후 환경 측정 분야에서 세계적인 수준의 온도, 습도, 이슬점, 기압 등을 계측하는 측정기를 제조 및 공급해오고 있는 기업으로 환경의 온도, 습도, 이슬점, 압력, 이산화탄소 등을 측정하고 기록할 수 있는 다양한 종류의 데이터 로거(data logger), 센서 등을 공급하고 있다. 기상학을 위한 혁신적인 관측, 측정장비 및 서비스를 비롯하여 날씨 관련 활동 및 환경 관리 등을 포괄적인 서비스를 제공하며, 특히 일회용 기상측정장비인 라디오존데와 산업용 고정밀도 습도계는 세계 시장점유율 1위를 차지하고 있음. 국내에서도 VAISALA 사의 제품이 다양한 분야에서 활용되고 있으며 강수의 유무 및 비, 우박, 눈 등 강수의 유형을 정확하게 구분할 수 있는 이중편파 기상레이더인 WRK-200이 국내 방위사업청에 의해 도입된 바 있다.



Humidity and Temperature Meter Series HMT330



Weather Radar WRK200

그림 1.2.21 VAISALA의 대표적인 기상 관측 장비

일본은 아시아 국가 중 일본은 국토 교통성(Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism) 산하 도로 관리국에서 도로를 관리하고 있으며, 총 1,000여개의 도로 기상 관측 장비가 설치되어 있다.

주요 도로기상 측정 요소로는 강우, 강설, 풍향, 기온, 시계, 노면 정보 등이 있으며, 일본의 기상관청인 Japan Meteorological Agency에서는 수집한 자료와 기상예보 정보를 Japan Meteorological Business Support Center(JMBSC)에 제공하면, 민간 기상회사에서 JMBSC로부터 수집된 기상 수집 자료와 예보자료를 구매한 후, 고객에게 제공하고 있다.

특히, 일본은 지형 특성상 산악지형이 많은 곳에 도로정보와 별도로 기상정보를 제공하고 있으며, 일본에서 현재 제공되는 기상정보의 경우 노면온도 예측을 제공하고 있으며, 동절기 노면 마찰력 정보에 대해서는 현재 시스템을 구축하고 있다. 노면온도예측 정보의 경우 GIS를 이용하여 제공하고 있으며, 노선에 대한 예측 뿐 아니라 한 지점에 대한 예측정보를 제공할 수 있다. 도로기상정보시스템 활용의 가장 큰 목적은 방재에 대한 효과적인 대처를 위한 시간적 여유를 확보하는 것이라 판단된다.

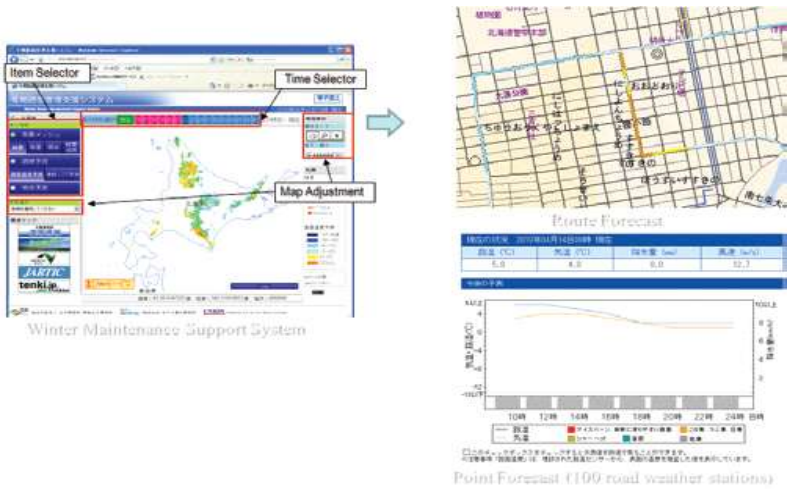


그림 1.2.22 일본의 동절기 유지관리 시스템(ex. 북해도)

향후 자동차 산업은 스마트 자동차의 출현과 점유율 상승으로 자동차에 대한 관점이 변화됨에 따라 산업구조 변동이 예상되고 있으며, ‘운송자산’이 아닌 ‘이동 서비스 수단’, ‘공간적 정보제공 수단’으로의 관점으로 변화됨에 따라 자동차 산업과 기상 및 환경 산업으로의 구조로 변화가 예상되며, 이러한 자동차 산업의 패러다임 변화에 대응하기 위해 자동차 업체는 ICT 업체와의 협업 및 M&A등을 적극적으로 추진하고 이를 통해 스마트 자동차를 활용하는 비즈니스 모델이 개발 중에 있다.

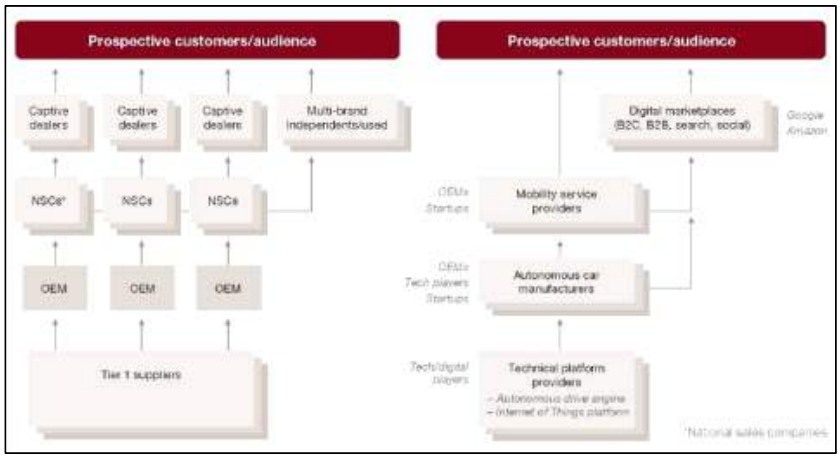


그림 1.2.23 스마트 자동차 개발에 따른 산업구조의 변화

스마트 자동차 및 ICT와의 융합에 대한 기술은 센서, 소프트웨어 통합, 제어, 네트워크, 인프라, V2V, 서비스 등 7개의 기술분 야로 기술 Map을 구성하고 있으며, 통신 기술로 차량 내/외부의 각종 센서 및 인프라, 차량 간의 통신에 필요한 통신모듈, 통신규격, 보안에 대한 설계 제작 및 운용기술과 네트워크 보안 기술이, 스마트 자동차 활용서비스 기술로 자동차의 지능화에 따라 발생하는 사용자 편의제공서비스 및 사업모델 개발 기술이 있다.

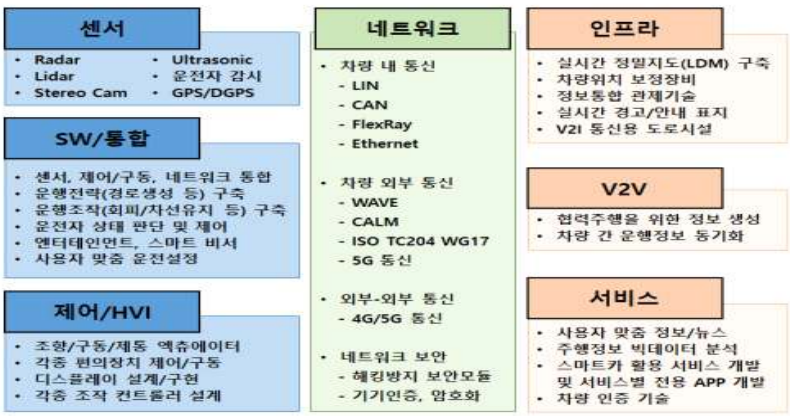


그림 1.2.24 스마트 자동차 기술 Map (산업은행)

스마트 자동차의 완성차 부분에서는 독일이 가장 우수한 기술경쟁력(100) 수준을 보이는데 반해 한국은 85 수준으로 약 2~3년 기술 격차를 보인다. 5개 핵심 기술의 기술경쟁력도 유사한 수준을 보여주고 있으며, 특히 “차량용 센서 및 알고리즘”의 경우는 기술 선도국인 독일, 미국, 일본 대비 큰 기술격차를 드러내는 실정이다.

표 1.2.8 스마트 자동차의 국가별 기술 수준

국가			독일	미국	일본	한국	중국
① 스마트 자동차			100 (탁월)	97 (탁월)	95 (탁월)	85 (탁월)	75 (탁월)
② 핵심 기술	기술명	가중치(%)	기술별 점수				
	차량용 센서 및 알고리즘	25	100	90	95	65	60
	위치측정 및 정밀지도구축	25	97	100	95	80	70
	V2X통신	15	99	100	95	85	75
	차량제어	20	100	99	98	90	75
	활용서비스	15	95	100	95	90	80
	계		98 (탁월)	97 (탁월)	95 (탁월)	82 (우수)	70.7 (열외)

(출처 : 산업은행 기술평가부, 스마트 자동차 기술현황 및 대외 기술경쟁력 분석 보고서, 2016년)

구글, 아마존 등 빅데이터 선도기업은 Hadoop 등 빅데이터 처리 기술을 개발하고 빅데이터 서비스 플랫폼을 확보하고 있으며, 구글은 클라우드 상에서 빅데이터를 분석하는 ‘빅쿼리 서비스’를 제공하여 별도 인프라 구축없이 빅데이터를 분석할 수 있도록 지원하고 있다.

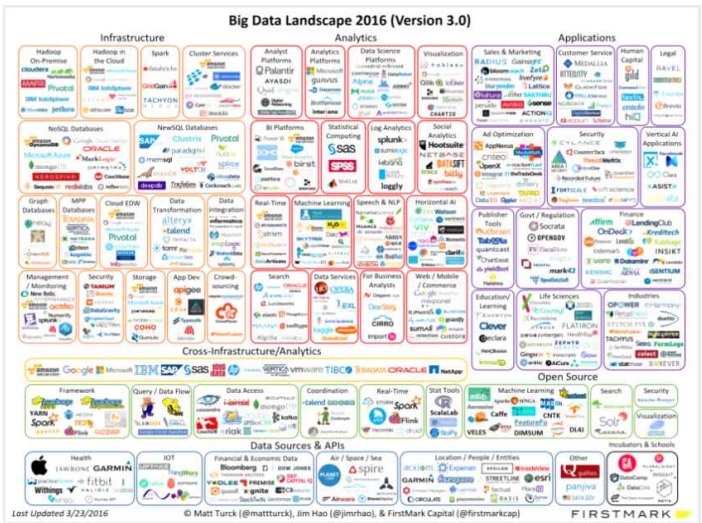


그림 1.2.25 The 2017 빅데이터 Landscape

미국, 영국, 호주 등 주요 선진국에서는 국가별로 안전을 위협하는 글로벌 요인이나 테러, 재난재해, 질병, 위기 등에 선제적으로 대응하기 위해 빅데이터 분석을 적극적으로 활용하고 있다.(출처 : 국가정보화전략위원회, '빅데이터를 활용한 스마트 정부 구현')

Hadoop 관련 기술은 더그 커팅(Doug Cutting)에 의해서 2005년 최초 발표된 이후 오픈 소스 커뮤니티를 통해 지속적인 진화를 거듭하고 있으며, 2012년 5월에 2.0 알파 버전이 발표되었고, 베타 버전을 거쳐 최근에 안정화 버전이 완성되었다.

미국과 유럽의 동향 비교하면 주요 목표측면에서 미국은 안전 서비스 실현을 V2V, V2I 기술의 최우선으로, 유럽은 이동성과 환경성을 최우선 목표로 설정하고 그에 따른 기술 및 정책의 방향성이 책정되고 있다. 단말기 보급 정책측면에서는 차량 단말기(OBU) 보급과 관련하여 미국은 법률 제정을 통한 의무 장착을 유도하며 유럽은 시장 중심의 보급률 향상 정책 추진하고 있다.

통신 보안측면에서는 미국은 안전 서비스가 최우선임에 따라 V2V 통신 보안시스템 구축을 중요시하지만, 유럽의 경우 이동성과 환경성을 우선시함에 따라 별도의 통신 보안 시스템 구축을 계획하지 않고 있으며, 통신 주파수 영역대가 미국은 5.850-5.925 Ghz(75 Mhz) 대역을 7개의 채널(제어 채널 1개, 서비스 채널 6개)로 구분하여 사용하고, 유럽은 5.875-5.905(30 Mhz) 대역을 3개의 채널로 구분하여 사용하는데, 유럽의 경우 미국과 달리 제어 채널이 없다.

미국과 일본의 동향을 비교하면 단말기 보급 정책측면에서 일본의 차량 단말기(OBU) 보급 정책은 유럽과 동일하고 통신 주파수영역대는 일본의 경우 5.8 Ghz 대역을 사용하다가 최근에는 자동차 회사인 토요타를 중심으로 5.9 Ghz 대역의 사각지대를 최소화하기 위해 5.9 Ghz에 비해 회절 성능이 우수한 760 Mhz 대역을 V2X 통신 주파수로 할당하는 방안 추진하고 있으나, 이는 미국과 유럽에서 사용하고 있는 통신 물리적 표준인 IEEE 802.11p를 따르지 않음에 따라 호환성 문제가 대두되고 있다.

다. 빅데이터 기술 현황

선진국에서는 빅데이터를 분석을 통해 선제적 미래전략 수립에 적극적으로 반영하고 미래 사회에서 새로운 기회 창출 및 위험 해결을 위한 사회 발전의 역할 증대했다. 사회 발전의 속도가 빨라지고, 위험요인과 복잡성이 증가할수록 시스템적으로 신속하게 환경 변화를 파악하기 위한 각국의 수요 증가했고, 수집된 다양한 데이터를 분석해 국가적 재난이나 자연재해를 예측·대응하는 사례가 증가하는 추세이다.

표 1.2.9 국외 빅데이터 기술 동향 및 수준

국가	활용 분야	기술 동향
미국	국토 보안	– SNS, 신문, 잡지 증 매일 만 건 이상의 테러 관련 정보 수신 및 데이터 분석 – 테러동향 파악 및 테러 징후의 사전예측 체계 마련 – 허리케인의 이동경로 및 내륙 도달 시점 예측을 위한 위성, 극초단파, 센서 데이터 등 정형 및 비정형 빅데이터를 분석 – 재난재해의 신속한 대응을 위한 소셜미디어 데이터 활용 – 등반 중 발생된 실종 및 조난자 수색을 위한 지도정보와 빅데이터의 패턴을 분석
미국·캐나다	안전 관리	– 다양한 해양사고의 신속한 대처를 위한 Coast program – 해양사고 데이터(사고 종류, 발생 시기, 장소, 원인 등)를 수집하여 분류·분석 – 이상 징후 발견시 위험을 조기 경보하여 피해 최소화
싱가포르	국가 위험	– 해안 안전 확립을 위해 해상 상황 인식 프로젝트를 추진함으로써, 해상 테러, 해안침투 등 해안 영역에서의 안전확보 – 에볼라, 조류독감 등 치명적인 바이러스로 인해 발생할 수 있는 미래 시나리오를 연구하고 대응방안 마련
유럽	국토 보안	– 산불예방과 대비를 위하여 연료지도, 지형도, 기상 데이터 연계하여 산불 확산 모델링 구축 및 신속하고 체계적인 화재예방시스템을 마련 – 자연재난, 테러와 글로벌 경제 위기 등 전 세계의 약 신호(weak signal) 및 와일드카드(wild cards)를 포착하여 대응책 마련 * Wild cards: 발생 가능성이 매우 낮으나 발생했을 경우 큰 사회적 영향을 미칠 수 있는 사건, ex) 동일본 대지진, 전쟁, 폭발, 9/11테러, 금융위기 등 * Weak signal: 사회 변화의 시작을 알리는 신호, ex) 빈번한 홍수, 지구온난화 등
영국	국가 위험	The Foresight HSC(Horizon Scanning Centre) – 해수면상승, 해안침식, 홍수 등 잠재적 위험에 대한 위험관리 프로젝트를 통해 미래를 대비한 위험 관리 대책 마련 – HIV/ADIS, 전염병, 말라리아 등 글로벌 차원의 동식물 및 인간의 전염병 확산에 대한 문제를 효과적으로 대응하기 위한 정책적 방법론과 관점제시
일본	정보 공개	` NTT도코모 선진기술연구소의 ‘모바일 공간 통계’ – ‘모바일 공간 통계’를 통해 기지국 주변 휴대전화 존재 여부를 파악, 인구통계를 작성해 빅데이터를 활용한 재난대비 시뮬레이션 가능 * 적용 사례: 2010년 12월, 모바일 공간 통계를 구사해 진도 7.3도 규모의 수도 직하형 지진이 발생한 경우를 가정한 대규모 시뮬레이션을 이행

미국은 국가 당면과제의 해결방안을 찾을 수 있는 원천으로 빅데이터의 가능성을 파악하고 정보 주도의 전략을 추진하고 있으며, 미국 과학기술정책자문위원회는 2010년 “모든 연방정부는 빅데이터 전략 수립이 필요” 하다고 제시하고, 2012년 3월 오바마 행정부는 빅데이터 연구개발에 2억 달러 이상을 투입하는 빅데이터 R&D Initiative를 발표하고 있다.

빅데이터 R&D Initiative에서는 빅데이터의 수집, 저장, 보관, 관리, 분석, 공유를 위한 핵심기술 확보, 빅데이터 분석 인력 확충, 그리고 과학기술 발전, 국가안보 강화, 교육혁신 분야 등에 빅데이터 기술 및 인력의 활용 계획을 포함하고 있다. 기술적 측면에서는 방대한 데이터 수집, 저장, 분석, 공유를 위한 핵심기술 최첨단화를 목표로 하고 있고 인력측면에서는 빅데이터 기술의 개발 및 활용에 필요한 전문 인력 양성을 목표로 하고 있으며, 활용성 측면에서는 과학기술의 가속화, 국가안보 강화, 교육의 변화를 위한 기술로 활용을 목표로 하고 있다.

빅데이터 R&D Initiative 참여기관으로는 유전자 연구 및 의료, 교육, 지구과학 및 국방분야 등 빅데이터 활용 효과가 뛰어난 분야의 기관들로서, 국립과학재단(NSF), 국립보건원(NIH), 국방부(DoD), 고등방위연구계획국(DARPA), 에너지부(DoE), 지질조사원(USGS) 등이 참여하고 있으며 참여 부처별 빅데이터 추진전략은 아래와 같다.

표 1.2.10 빅데이터 R&D Initiative 참여부처별 추진 전략

수행기관	목적	투자규모(연간)
국립과학재단 (NSF)	데이터 관리, 분석, 시각화, 지식추출 등을 위한 연구개발 지원 및 인력양성 빅데이터를 이용한 지식추출 방법론을 위한 포괄적이고 장기적인 전략 수립	UC Berkeley(1,000만불) 대학교육지원 EarchCube공개 인력양성기관(200만불) 연구그룹(140만불)
국립보건원 (NIH)	생물, 건강 및 질병에 대한 데이터 확보 및 공개를 통한 빅데이터 이용 확산	1,000 유전체 프로젝트 정보공개 (200Terabyte 데이터 공개)
국방부 (DoD	데이터를 이용한 국방 분야 의사결정 체계 구축	별도의 빅데이터 관련 예산을 매년 2억 5,000만불 투입
방위고등연구계획국 (DARPA)	대용량 데이터를 분석하는 컴퓨팅 기술 및 SW 개발 다양한 미션에 쉽게 적용 가능한 HCI tool 개발	XDATA 프로젝트 (연간 2,500만불)
에너지부 (DoE)	Advanced computing을 통한 과학발견	로렌스버클리국립연구소 (2,500만불)
지질조사원 (USGS)	지구시스템 과학을 위한 빅데이터 기술	

유럽의 EU는 Framework Program 7의 일환으로 금융위기 극복과 사회의 복잡성을 이해하기 위한 FutureICT 프로젝트를 추진하고 있다. FutureICT는 개별적 행태와 단편적 데이터 기반의 접근을 지양하고, 보다 거시적이고 통계적 의존성이 높은 복합 시스템(complex system)을 기반으로 하며, 기존의 데이터마이닝과 컴퓨팅 시뮬레이션으로 경험적 결과를 추론하지만, 이러한 데이터 분석만으로는 근본적 한계를 가진다고 인식하고, 기존의 정보 공학적 접근을 탈피하고 빅데이터(빅데이터)를 활용한 Complex System Science를 적용하였다.

유럽은 불확실성 속에서 예측하지 못한 사건으로 인해 미래준비에 대한 한계가 있음을 인식하고, 이러한 한계를 극복하기 위해 미래전망-참여와 네트워크-전략과 정책 결정의 3가지 범주를 통합하기 위한 iKnow (interconnect Knowledge) 프로젝트를 추진하고 있다.

영국은 빅데이터 활용의 기반이 되는 공공 부문의 정보공유 및 활용에 따른 가치창출을 위한 데이터 공개/공유 중심의 정책을 추진하고 있다. 각 부처는 데이터 공유 플랫폼(data.gov.uk)을 통해 공공부문의 정보 공유 및 활용을 위한 데이터 원스톱 서비스를 제공하여, 정부의 투명성 제고, 국민의 권리 향상, 데이터 공개를 통한 경제적 사회적 가치 증대, 일반인들의 참여 장려 및 아이디어 수렴, 데이터 공개 등을 지원하고 있다.

아울러 영국은 2005년 설립된 The Foresight Horizon Scanning Center (HSC)를 통하여 중장기 미래전략 수립을 위한 최신 과학이론과 데이터 등 증거기반의 정책분석 서비스를 제공하고 기술변화와 혁신을 통한 미래역량 기법을 강화하고 전략적 미래예측 및 대응방안 수립, 미래예측 관련 문서의 집적화를 추진하고 있다.

일본은 일본 정부는 동일본 대지진을 계기로 데이터의 중요성을 재인식하고, 빅데이터를 국가 경쟁력 강화를 위한 전략적 자원으로 평가하고 있으며, 빅데이터 활용 특별부회는 빅데이터 활용을 위한 정책의 기본방향을 정리한 ‘빅데이터 활용 기본전략’을 발표하였다(2012).

싱가포르는 싱가포르 정부 총리실 산하 공공서비스부와 국가안보조정사무국에서 빈번히 발생하는 테러 및 전염병으로 인한 불확실한 미래 대비를 위하여 2004년부터 빅데이터 기반 위험 관리 계획을 추진하고 있다.

주요 선진국들의 범정부 추진체계 기반의 빅데이터 정책 추진 현황은 아래 표와 같다.

표 1.2.11 주요 선진국들의 빅데이터 정책 추진현황

구분	미국	영국	일본
의사결정기관	과학기술정책실	내국사무처	총무성
전담기구	국가과학기술위원회	기업혁신기술부	정보통신심의회
추진기구	빅데이터 협의체	데이터전략위원회	빅데이터 활용특별부회
참여부서	국방부, 고등방위연구계획국, 에니지부, 국립보건원, 국립과학재단, 지질조사원	내무부, 기업혁신기술부, 지역사회 지방정부부, 노동연금부, 교육부, 보건부, 국제개발부, 에너지기후변화부, 외무부, 국세청, 국방부, 법무부, 재무부, 교통부, 문화매체체육부, 환경식품농촌부	총무성, 경제산업성, 문무과학성
정책 및 전략	빅데이터 연구개발 이니셔티브	오픈 데이터 전략	Active Japan 전략
데이터 플랫폼	data.gov	data.gov.uk	openlans.go.jp

(출처 : 새로운 미래를 여는 빅데이터 시대, NIA)

라. 강우와 차량속도 관련 동향 분석

Lam 등(2013)은 차량의 속도, 교통량에 따른 속도, 도로가 수용할 수 있는 교통량 등을 고려하여 속도-차량밀도를 다양한 강우 조건을 통해 제안하였고 강우강도에 따른 차량 운행속도와 교통량의 함수식을 제시하였다. 홍콩이나 다른 아시아 도시에는 연평균 강우강도가 비교적 높기 때문에 도로의 시설 설계나 운영, 평가 등에 반드시 강우강도가 고려되어야 한다고 제시하였다. Mashros 등(2014)은 3개월 동안의 데이터를 사용하여 강우가 이동속도에 미치는 영향과 속도 감소 정도를 추정하였다. 그러하여 강우 강도를 4단계로 나누고 강우강도가 증가함에 따라 15, 50 및 85의 백분위 단위에서 이동속도가 감소하는 것을 그래프로 제시하였다. Haiyun Lu(2014)는 impulse response function을 사용하여 강우강도와 고속도로의 여행시간, 즉 이동시간을 정량적으로 연관시켜 예측을 수행하였다. 차량이 몰리는 저녁 시간대에 비가 올 경우 여행시간이 증가하는 것을 정량적으로 예측하는 그래프를 제시하고 보정이 아직 더 필요하다는 결론과 한정된 장소에서만 적용된다는 한계점을 지적하였다. Yuhan Jia 등(2017)은 강우 영향을 고려한 단기 교통 속도 예측을 위해 R-LSTM, R-DBN을 제안하여 심층 학습 되어진 데이터 입력으로 일반모델을

능가하는지 여부를 분석하였고 여러 통계 기법 중 R-LSTM이 가장 정확성을 있다는 것을 분석하였고 강우강도에 따라 교통량이 감소하는 그래프를 제시하였다. 이후 향후 논문에서 정확도를 더욱 향상시키기 위해 많은 환경적 요인을 고려해야 한다고 하였다. 그리고 Leong Wai Leong 등(2016) 또한 강우가 내리면 속도가 감소하는 것이 당연하지만 강우강도에 증가에 따라 감소량이 더 증가한다고 분석하였으며 저해상도 데이터를 가지고 강우강도의 영향을 분석하였다.

마. 관련 정책 현황

세계기상기구(WMO)에서는 안전한 사회와 사회적 형평성을 기초로 한 공공기상 서비스 정책을 강조하고 있다(WMO 전략계획 2016-2019, 2015). 이에 기상현상의 사회·경제적 영향을 고려하는 영향예보의 필요성이 전 세계적으로 확산되고 있다. 세계기상기구는 좋은 예보가 나쁜 결과를 낳은 사례를 적시하고, 이에 대한 대안으로 영향예보를 도입할 것을 권고하고 있다. 아울러 미국, 영국 등 주요국 기상청은 의사결정을 지원할 수 있는 기상예보에 영향예보를 도입하여 서비스를 수행하고 있다.

표 1.2.12 주요국 기상청 정책 방향

국가	영국	미국
내용	영국기상청 과학전략 2016~2021('15년)은 국민 생활과 생계 보호를 위해 영향을 고려한 기상·기후 과학정보 제공을 위한 추진 전략 제시	Weather Ready Nation 로드맵(`13년)에서 영향기반 의사결정 지원 서비스를 포함하고, 이에 대한 추진 전략 제시
기본 방향	기상·기후 서비스를 통한 국민 보호와 정부·기업 지원	새롭게 진화하는 사회 니즈 대응을 위한 의사결정 지원
추진 전략	· 앙상블 기반의 시·공간적 상세예보 생산기술 고도화 · 학·연·관 협업 및 소통 강화 · 역량강화를 위한 내부 교육 강화 · 응용기상 및 기후변화 관련 컨설팅 실시	· 산출물 기반에서 영향 기반의 의사결정 지원 서비스로 전환 · 의사결정 지원을 위한 예보관 역량 강화 · 과학기술 고도화 · 지속적이고 신속·유연한 추진체계 구축

영국기상청은 2011년부터 위험가능성 도표(그림 1.2.26)를 기반으로 한 특보를 수행하고 있으며, 발생 가능성과 영향의 정도에 따라 5가지 기상현상(비, 바람, 눈, 결빙, 안개)에 대해 최대 5일 전부터 특보를 발표하였다(그림 1.2.27).

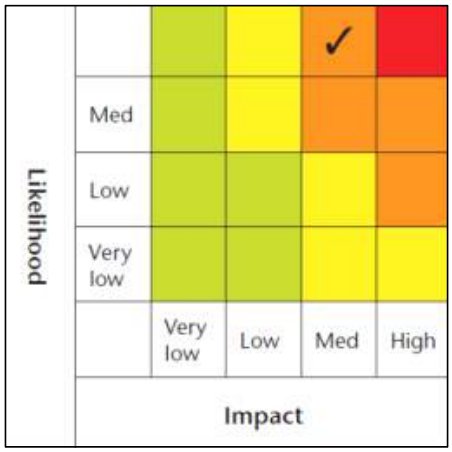


그림 1.2.26 위험 가능성 도표

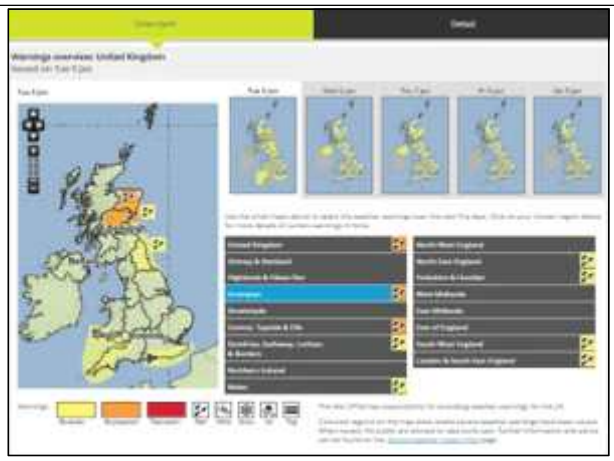


그림 1.2.27 영국 위험기상 특보 화면

향후 상세한 영향을 산출하기 위하여 기상재해와 재해 취약성·노출을 모두 고려할 수 있는 재해영향 모델을 개발하여 영향예보에 활용하고자 추진하고 있다.

현재 영국 기상청에서는 재해영향모델 중 하나인 VOT(Vehicle Over Turning) 모델을 개발해 강풍으로 인해 차량이 뒤집혀 발생할 수 있는 교통사고나 도로혼잡 등의 영향을 시범적으로 예측하고 있다(그림 1.2.28).

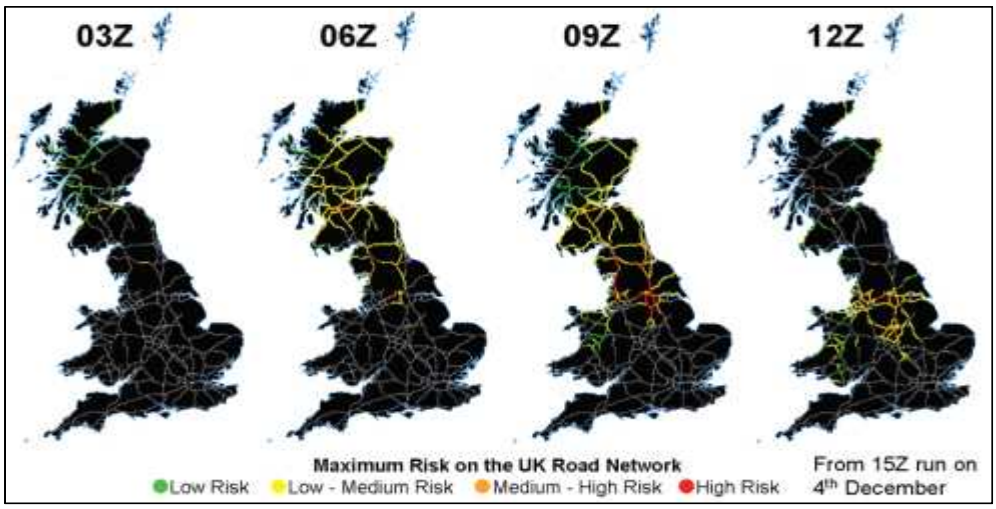


그림 1.2.28 VOT 모델 결과 예시

미국 기상청은 재해관리를 위한 범부처 거버넌스인 NHP(Natural Hazard Partnership)를 구축하여 침수와 산사태에 관련한 재해모델을 개발 중이며, 미국기상청은 2013년 발표한 Weather Ready Nation 로드맵에서 영향기반 의사결정 지원 서비스(Impact-based Decision Support Service)로 패러다임 전환을 선언하고, 산출물 중심의 서비스에서 해석과 상담 서비스로 전환을 추진하고 있다.

일부 지역의 지방기상청(Weather Forecast Office)을 중심으로 시범 서비스를 시행하고 있으며, 일례로 홈페이지나 SNS를 활용하여 기상예보 시 기상현상으로 인한 영향정보를 함께 제공하고 있으며(그림 1.2.29), 버지니아 주 기상청에서는 위험기상정보를 미리 전달해주기 위해 4~7일 후의 겨울폭풍 영향예보를 이번 겨울(2016년 1~4월) 동안 시범적으로 운영하고 있다(그림 1.2.30).

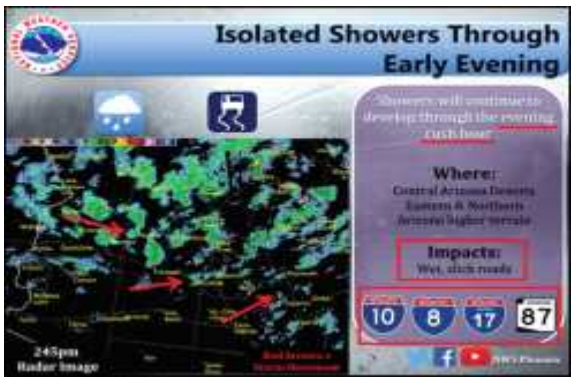


그림 1.2.29 Weather story(소나기로 인한 영향)

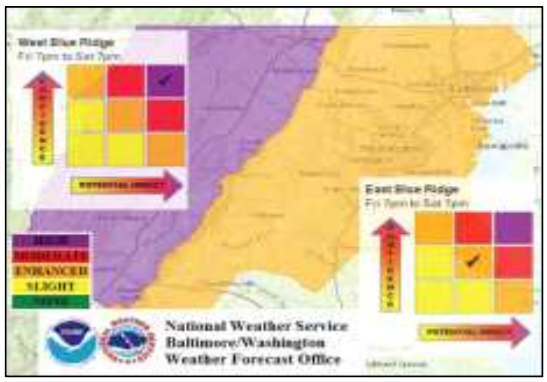


그림 1.2.30 버지니아 주 겨울폭풍 영향예보

1.2.3 강우 관측 방법의 비교

가. 강우 관측 방법에 따른 장·단점 비교

강우관측 방법은 게이지를 이용한 지점강우에서 과학 기술의 발달로 인해 기상위성을 이용하여 거시적인 관측이 가능해졌다. 그러나 기상위성 관측은 거시적 관측으로 인해 세부적인 정확도는 매우 떨어지게 된다. 각 관측 방법의 장·단점은 아래의 표와 같다.

지상강우는 원격측정(TM)이 가능하며 관측신호의 디지털화가 용이하므로 자동 기상관측 시스템에 널리 사용이 가능하며, 히터가 설치되어 있어 강설량을 측정할 수 있는 반면에 강우의 공간적인 분포를 고려할 수 없으며, 강우량이 유실될 수 있고 기록의 불연속적인 성질로 인해 약한 가랑비가 내릴 경우 무강우로 측정되는 경우가 있다. 레이더강우는 기존의 우량계 관측망이 제공하지 못하는 고해상도 격자기반의 공간강우정보를 제공하고, 5분 간격으로 작게는 $1km^2$에 대한 강우량의 추정이 가능하며, 레이더로부터의 우량추정 가능거리는 안테나의 빔이나 추력, 수신 감도 등에 따라 약 40~200km 정도이다. 또한 레이더강우 관측 자료는 근래에 빈발하는 돌발홍수, 도시홍수, 산악홍수 등의 효율적 감시 및 예측을 위한 모델 입력 자료로 큰 기대를 모으고 있으나, 실제로는 대도시에서의 고층 건물에 의한 차폐 및 교란으로 인해 차량 침수 방지 및 도로 통제에 활용하는데 한계가 있다. 기상위성은 광범위한 지역을 균일하게 관측하여 실시간으로 기상정보를 제공하며,

수천km에 이르는 장마전선에서 수십 km규모의 작은 적란운까지 다양한 규모의 기상현상들을 모두 관측하는 반면, 관측오차가 지상관측자료에 비해 크고 자료의 양이 방대하여 필요한 자료를 선택하여 처리하는데 어려움이 있으며, 강우량 측정 자료를 사용하기 위해서는 지상강우나 레이더강우에 의해 검정이 필요하며 그 신뢰도가 낮은 단점이 있다.

표 1.2.13 강우 관측방법에 따른 장 · 단점

	지상강우	레이더강우	기상위성
장점	– 원격측정이 가능하며 관측신호의 디지털화가 용이하므로 자동 기상관측 시스템에 널리 사용 – 히터가 설치되어 있어 강설량을 측정할 수 있음	– 지상우량계와 달리 시 · 공간적으로 높은 해상도를 가지고 있으며, 미계측 유역의 강우자료를 취득할 수 있고, 강우의 분포를 영상화하여 나타낼 수 있음	– 광범위한 지역을 균일하게 관측하여 실시간으로 기상정보를 제공 – 장마전선에서 작은 적란운까지 다양한 규모의 기상현상들을 모두 관측
단점	– 강우의 공간적인 분포를 고려할 수 없음 – 기록의 불연속적인 성질로 인해 약한 가랑비가 내릴 경우 자료 제공이 미흡	– 강우자료의 정확도 측면에서 신뢰성이 떨어짐 – 강설을 판단하지 못함	– 관측오차가 지상관측자료에 비해 크고 자료의 양이 방대하여 필요한 자료를 선택하여 처리하는데 어려움
측정방식	직접(양측정)	간접(반사도)	간접(영상)
공간해상도	고려 못함	1km/1km	제한없음
시간해상도	10분	10분(기상청), 국토부(6분)	제한없음
시공간적 변동성	티센(고려하지 못함)	격자형 면적강우 (고려할 수 있음)	격자형 면적강우 (고려할 수 있음)
정량적 정확도	100%(기준)	70%	30%

나. 빅데이터를 이용한 강우 관측

집중호우로 인한 비상시 도로통제 및 교통 관련 재해관리를 위해서는 고해상도의 실시간 & 단기간 이동성 강우정보가 반드시 필요하며, 최근 차량에 자동 와이퍼 기능이 탑재되어 있어 강우강도에 따라 강우정보를 인지할 수 있다는 점을 이용하여 움직이는 자동차 망이 강우량 측정에 이용될 수 있다면 강우량 측정망의 밀도를 크게 향상시킬 수 있으며 이를 활용한 도로 통제 및 교통사고 예방에 활용 가능하다. 현재 전국적으로

수천만대의 자동차가 운행되고 전 세계적으로 교통량이 계속하여 증가한다는 점을 고려 할 때 이러한 차량으로부터 제공되는 빅데이터를 활용한다면 다양한 지역에서 강우정보를 제공받을 수 있다.

기존 선행과제에서는 80대의 차량을 운영하며 각 차량별로 1분 단위의 데이터를 수집, 전송, 가공, 저장하는 빅데이터를 이용한 강우 관측을 진행하였다. 그 결과 차량을 이용한 데이터를 큰 문제없이 활용이 가능하다는 것을 확인했지만 차량 내에 설치한 단말기의 GPS 오류, 차량의 데이터만을 이용하기에 해당 데이터의 신뢰성 등에 대한 문제점 등도 발견되었다. 따라서 이번 과제에서는 차량을 이용한 강우 정보와 기존 지상관측소 및 레이더 정보를 병합, 이용한 강우관측 기술 개발을 진행하였다.

3가지 강우 관측을 통해 얻은 빅데이터를 활용하여 정확도, 신뢰도가 향상되면 해당 데이터를 실시간 도로 통제 및 최적 우회도로 제공 서비스에 활용하는데 문제가 없을 것으로 판단한다.

다. 텔레매틱스를 이용한 강우자료 수집 및 분석

지상 강우정보는 수문학적인 계획과 방재 및 수자원 관리에 중요한 정보로 활용되고 있으며, ICT(Information Communication Technology)의 발전과 스마트 기술을 적용한 차량의 증가를 통해 도로의 환경 정보 및 차량의 정보를 무선 통신기반의 단말기를 통해 데이터를 전송하는 환경으로 발전하고 있다. 텔레매틱스란 자동차와 통신기술을 접목한 차량무선 인터넷 서비스로 레인센서 및 GPS, 무선네트워크를 활용하여 운행 중인 차량의 강우정보를 실시간으로 전송하고, 이를 모니터링 하여 차량을 통해 실시간 강우정보를 제공할 수 있는 ICT 기반의 기술을 개발하고 서비스하는 것이다.

실제로 운행하는 차량에서 레인센서로부터 데이터를 수집하여 센서와 실제 강우와의 관계식(R-S식)으로 강우정보를 생성하는 시스템을 구성하며, 이를 위해 레인센서의 종류와 와이퍼의 주기를 파악하여 강우정보를 생성하는 기법을 개발했다. 차량에서 무선네트워크를 통하여 수집된 강우 정보 및 관련 정보를 관리하고 분산 되어진 정보를 수집하는 시스템을 구성하였으며, 무선네트워크의 구성은 CDMA 방식과 다양한 무선통신 방식을 통해 데이터를 전송하며, 프로토콜과 전송규격의 표준화를 통해 다양한 장치에서도 규격을 통해 적용할 수 있도록 하였다. 실시간 공간강우정보를 통합하고 분석 및 데이터 마이닝을 통하여 컨텐츠를 생성하고 사용자 및 관리 담당자에게 GIS 기반으로 정보를 제공하며, 지역별 강우정보를 활용하여 특화된 서비스를 제공하는 시스템을 구성한다.

라. 레인센서 기여율 및 해외 사례

핵심요소기술의 기술적 성숙도에 대한 일관성 있는 객관적인 지표인 TRL(Technology Readiness Level) 도입은 R&D 단계별 명확한 연구개발 목표설정 및 정량적인 평가기준 설정으로 사업성과 제고에 기여하고 있다.

TRL은 1단계인 기초 연구단계부터 9단계인 사업화단계로 나뉘며 기존 연구를 통한 레인센서의 TRL은 6단계로 측정하였다.

TRL 6단계는 유사환경에서의 프로토타입 개발 단계로 기초·응용 연구 및 실제 경험으로부터 얻어진 지식을 이용하여 새로운 제품 및 장치를 생산하거나 이미 생산 또는 설치된 것을 실질적으로 개선하기 위한 체계적인 연구가 진행되는 단계이다.

현재 레인센서는 센서 및 단말기 개발이 완료 된 상태이고, 센서와 단말기의 소형화 등 고도화도 진행되었다. 향후 제품의 수를 늘려 실제 환경에서의 제품의 성능 검증이 이루어지고 인증기관 등의 신뢰성 평가 결과 등을 통해 실용화 및 사업화 단계까지 가능한 연구라고 판단한다.

해당 기술에 대한 해외 사례를 찾아 본 결과 레인센서 자체적인 기술이 아닌 텔레매틱스 기술 현황에 대해 찾아 볼 수 있었다.

호주의 경우 현지 교통 및 운송 관련 업체의 81%가 차량관리 목적으로 텔레매틱스를 도입하였다. 버스, 택시, 트럭, 물류 회사와 같은 운송업체의 차량관리용으로 가장 널리 보급되어 있다.



그림 1.2.31 텔레매틱스 서비스 모델

2017년 Berg Insight에서 발표한 보고서에 따르면, 텔레매틱스 중 차량 관리 시스템이 장착된 차는 호주와 뉴질랜드에 약 70만대가 있는 것으로 조사되며, 2021년에는 텔레매틱스 기술이 적용된 차가 140만대에 달할 것으로 예측한다. 주요 목적으로는 차량 위치 추적, 속도 확인, 주행거리, 운전자의 피로도-운전시간, 차량유지 같은 안전에 대한 확인 기능이다. 아래 그림은 호주 텔레매틱스의 주요 사용 목적이다.

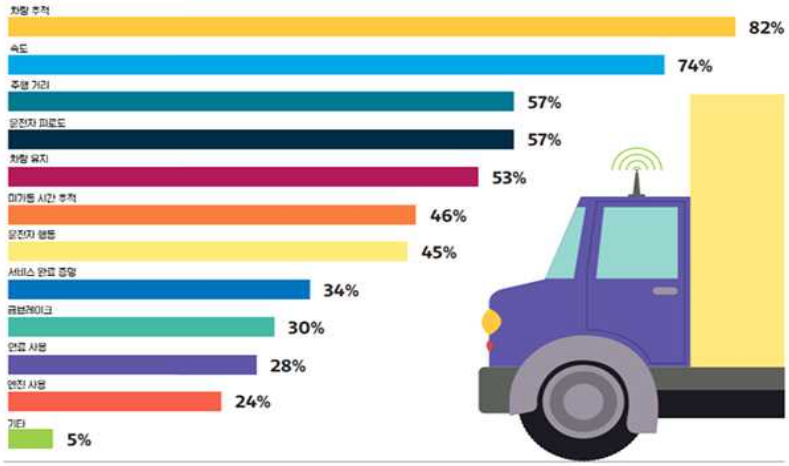


그림 1.2.32 호주 텔레매틱스의 주요 사용 목적

호주를 제외한 다른 국가에서도 텔레매틱스 기기에 대한 사용은 활발히 이루어지고 있다. 하지만 대부분이 호주와 같이 차량 추적, 속도, 주행거리, 차량 유지 등의 정보에 집중되어있고, 해당 기술을 통해 기상 및 안전에 활용하는 경우는 찾아보기가 힘들었다.

1.2.4 선행연구와의 차별성

기존 지자체 CCTV를 이용한 침수위험도로 관리 등의 방법으로 지방자치단체는 범죄예방, 교통, 불법주정차 관리 등 각기 다른 목적으로 설치·운영하고 있던 CCTV를 효율적이고 체계적으로 관리·운영하기 위해, 이들 CCTV 기기를 통합하여 관제·관리하는 조직(이하 “CCTV 통합관제센터 또는 통합관제센터”)을 설치하였다(국회입법조사처, 2019). 기존에 시군구 내 여러 부서 또는 다른 공공기관 등에서 각자 분담·관리하던 CCTV를 통합관제센터로 통합함에 따라 교통, 범죄예방, 불법주정차 관리, 재난 감시 등을 한 곳에서 통합 대응할 수 있게 되었고, CCTV 설치를 사전 조정해 무분별한 중복 설치를 방지하며, CCTV를 총괄하여 전담 관리하는 부서를 지정 운영함으로써 체계적으로 관리하는 등 긍정적인 측면이 있다.

이러한 CCTV정보는 설치나 운영비용이 높은 관계로 지점 단위로 상습침수구역을 모니터링 목적으로 활용하고는 있으나 차량운전을 하고 있는 상태의 운전자에게 직접적인 정보를 제공하기까지는 어려운 상태이며 이를 해결하기 위하여 지능형 CCTV 등에 대한 연구가 지속되고 있으나 이 역시 운전자에게 안전정보를 제공하기까지는 아직 추가적인 연구가 필요한 실정이다.

이외 본 연구와 유사분야로 수행된 연구 사업으로는 기상청 2개, 미래창조과학부 1개로 총 3개의 연구과제가 선행되었으며 이에 대한 내용은 아래와 같다.

표 1.2.14 선행 연구과제 목록 및 내용

부처명	사업명	과제명	사업기간	비 고
기상청	기상See-At기술개발사업	차량용 레인센서를 이용한 도로기상정보 생산 기술 개발	′15~′17	
미래창조과학부	2016년 개방형 스마트시티 실증단지 조성 사업	스마트시티 플랫폼 기반 빗길안전운전 알리미 서비스 실증	′16~′17	
기상청	기상·지진See-At 기술개발연구/융합서비스기술사업	레인센서 빅데이터를 활용한 실시간 강우정보 생산 기술 개발	′17~′18	

각 연구의 주요 내용은 기상청 “차량용 레인센서를 이용한 도로기상정보 생산 기술 개발” 사업은 차량용 레인센서를 연구적으로 수집하기 위한 레인센서 개발과 이를 강우 정보로 활용하기 위한 기본 관계식(레인센서-강우정보 관계) 개발이 주요성과라고 할 수 있다.

기상청 “레인센서 빅데이터를 활용한 실시간 강우정보 생산 기술 개발” 사업은 선행된 기상청 첫 번째 사업의 성과물을 통해 빅데이터라는 개념을 도입하여 관측차량을 70대까지 증설하여 전국 단위로 관측수행과 이 정보를 수집 처리하는 빅데이터 플랫폼 개발 및 모니터링 시스템 개발이 주요 연구 성과라고 할 수 있다.

위에서 설명한 세가지 연구사업의 연구성과와 본 연구의 차별성은 다음과 같이 정리할 수 있다.

첫 번째, 먼저 센서 및 수집 단말기의 고도화를 진행하였다. 기존 연구에서는 단말기 측에서 센서 채널 8개 중 일부인 1개 채널만 사용하고 전송하였으나 본 연구에서는 센서의 모든 정보인 8개 채널을 활용하고 불확실성을 고려하기 위하여 8개 채널 센서 정보를 수집하도록 펌웨어 수정 및 수집 서버 스팩을 고도화 하였다. 기존 프로토타입으로 개발된 수집 단말기의 외형을 M2M방식 적용과 일체화 등을 통해 고도화를 수행하였고, 5분 단위로 수집되던 체계에서 빅데이터 분석을 위하여 최대 1초 단위로 수집 가능하도록 펌웨어를 개발 및 적용 하였다.

두 번째, W-S-R관계식 개발을 위한 기존 실내실험 방법의 문제점 중 반복 횟수가 20회로 다소 적은 샘플 수에 비해 데이터간에 편차가 큰 이유를 분석한 결과 실내실험 간에 실험 조작함에 있어 인위 및 기계적 오차 발생으로 분석되어 이를 최소화하기 위하여 인공강우 실험 장치를 수동으로 구동하던 방법에서 2.2.1장에서의 내용과 같이 자동화된

인공강우 실험 장치로 고도화하였다. 또한 노즐 분사를 1열로 분사하던 기존 방식에서 분사노즐을 격자로 구성하여 보다 실제 강우와 유사하게 분사 할 수 있도록 고도화 하였다. 이러한 인공강우 실험 장치를 이용하여 강우 조건별로 50회 반복 실험을 통해 관계식 개발을 위한 6,400개의 데이터를 생산하였다.

세 번째, 기존의 W-S-R 관계식은 6개 강우 조건별로 실내실험(20회 반복) 강우 값의 평균값을 5분 동안 실험한 레인센서 데이터 19,000개의 평균을 구하고 이를 이용하여 회귀분석 후 W-S-R 관계식으로 적용하였으나, 본 연구에서는 레인센서에 미치는 와이퍼의 영향을 고려하기 위하여 10개 강우 조건별로 실내실험(50회 반복)과 8개 채널을 통해 생산된 5분 동안의 19,000개 데이터 중 최대 값(와이퍼 작동 전)과 최소 값(와이퍼 작동 후)의 차이의 누적 값을 독립변수로 적용하여 회귀분석 후 결정계수가 가장 높은 회귀식을 W-S-R관계식으로 제시하였다.

네 번째, 외부영향인 바람(풍속)과 조도를 고려하기 위하여 조도 낮과 밤, 풍속은 3개의 실험 조건으로 구분하여 기상청 기준(매우 강한비 : 30mm/hr)으로 50회 반복실험 후 외부영향 보정계수를 제시하였다.

다섯 번째, 차량용 레인센서 정보기반 합성 강우장을 생성하였다. 차량용 레인센서만을 활용하였던 기존의 연구들과는 달리 본 연구에선 레이더, AWS 등 다른 관측 자료를 활용하였다. 시범지역의 공간 강우생산을 위하여 강우레이더 정보와 합성을 통해 격자 단위로 강우량을 생산하고 지상강우와 비교 검증을 수행하였다.

여섯 번째, 도로 침수구간 예측모형 및 회피경로 분석 모형을 개발하였다. 삼척시 내 과거 도로 침수 데이터를 기반으로 합성 강우량에 따른 도로 위험도를 산출하였고, 목표 지점까지 가는 경우의 수 중 위험도 단계가 높은 길은 제외하는 방식의 회피경로 분석 모형을 개발하였다.

일곱 번째, 운전자 안전정보 시스템 개발 및 실증을 진행하였다. 기존의 표출 시스템은 Wed기반으로 차량지점별로 레인센서 관측강우만을 서비스 하였다면 본 연구에서는 반응형 Wed기반으로 운전자가 차량내에서 모바일을 통해 모니터링 할 수 있도록 하였고 강우정보(합성강우, 레이더, 레인센서), 도로위험정도 등을 서비스 하였다. 또한, 태풍 미탁 사상을 통하여 강우자료 검증을 진행하였다.

표 1.2.15 기존 연구과제와 차별성

본 연구 성과물	기존 연구	본 연구
W-S-R 관계식 개발	1개 채널 이용	8개 채널 이용
합성 강우장 생성	차량용 레인센서 지점 강우 생산	레이더, AWS, 차량용 레인센서 공간 강우 생산
침수구간 예측 모형 및 회피경로 분석 모형	없음	실시간 도로 위험도 표출 위험 도로 회피
운전자 안전정보 시스템	없음	도로 위험도 정보 표출 강우 정보 표출

결론적으로 CCTV를 이용한 침수위험도로 관리방법은 운전자에게 직접적인 안전정보를 제공이 어려우며 향후 본 연구에서 제공하는 연구성과를 검증 측면에서 CCTV관제 정보를 결합하여 보다 정확도 높은 운전자 안전정보로써 활용 가능할 것으로 판단된다.

앞서 수행된 3개의 연구사업의 연구성과와 본연구의 연구성과는 전혀 관계가 없을 수는 없다. 기상청의 2개 연구과제에 본 연구 기관인 노아SNC와 강원대학교가 모두 참여하였고 과제 수행을 통해 발생한 문제점과 새로운 기획을 통해 위에서 설명한 다섯 가지 측면에서 고도화를 수행하였다. 또한 미래창조과학부 사업에서와 달리 고도화된 W-S-R관계식 적용과 운전자 측면에서 직접적인 서비스가 가능하도록 설계된 시스템 및 표출정보 등이 본 연구성과와의 차별성이라고 할 수 있으며 향 후 전국적인 서비스를 위하여 미래창조과학부 사업에서 적용한 바와 같이 버스, 택시 및 공공관용 차량 등에 적용하여 안정적인 데이터 수집체계를 구축하도록 개선이 필요 할 것이다.

1.3 연차별 연구개발 목표

1.3.1 연구 개발 목표

연구의 목적을 달성하기 위하여 연차별 로드맵을 작성하였다. 기관별로 연구에서 진행해야하는 메인 목표와 1차년도, 2차년도별 세부 목표, 세부목표를 진행하기 위해 진행되어야 할 작업 및 순서를 작성하였고, 연구개발 최종 성과물을 정리하였다.

먼저 1차년도에는 시스템 개발을 하기 위한 자료의 수집 및 기존 자료의 고도화 진행하고, 2차년도에 해당 자료를 통한 실질적인 시스템의 개발 및 실증으로 나누어 계획을 하였다.

선행 연구결과인 차량용 레인센서의 단말기를 기반으로 데이터의 수집, 전송 및 저장의 정확도, 신속성을 높이기 위해 모듈의 업데이트가 필요했다. 또한 차량 설치 등이 용이하게 소형화 제작 등을 고려하여 단말기를 신규 제작하고, 데이터와 W-S-R 관계식의 고도화 진행이 이루어져야 한다고 판단했다.

이 후 시스템에 도로 위험도를 표출하기 위해 도로 침수구역 DB 구축, 예측모형 개발, 합성 강우의 생성이 이루어져야하며 해당 자료로 계산한 값에 대한 검증 및 시스템의 시범운영을 통한 실증이 필요하다고 판단했다.

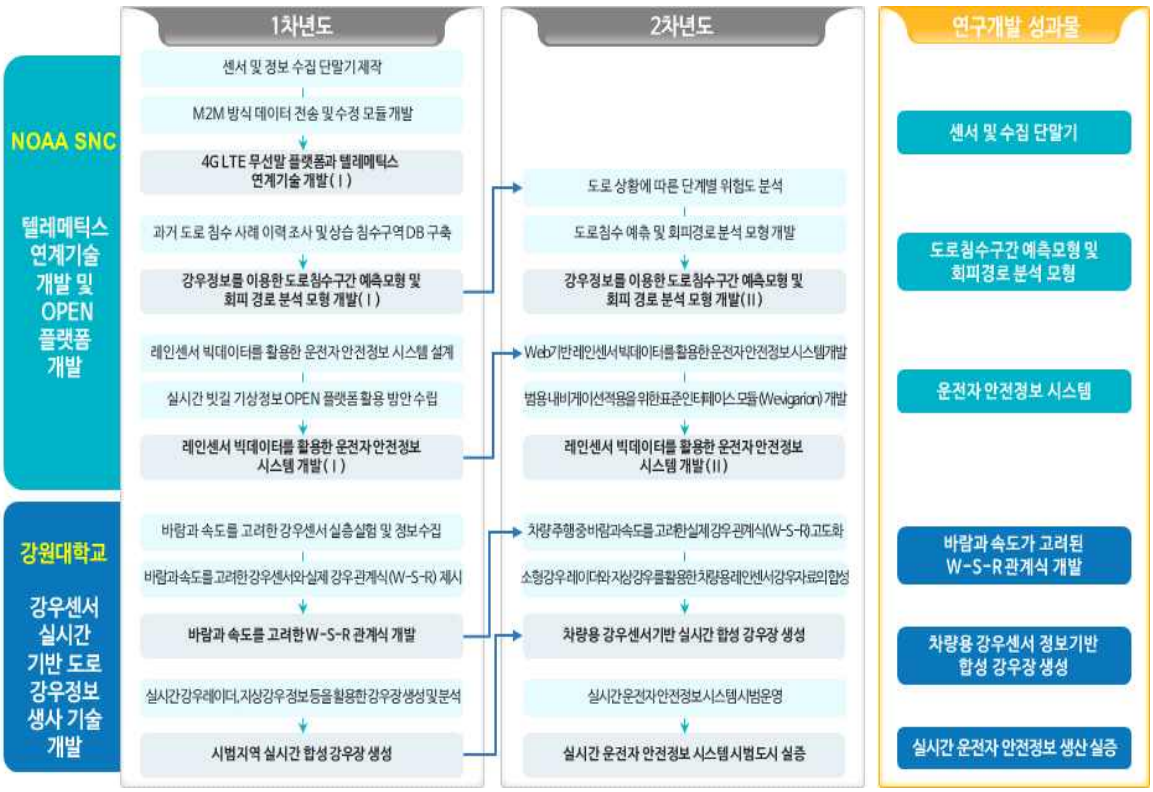


그림 1.3.1 연차별 로드맵

1.3.2 기관별 연구 내용

위의 연차별 로드맵을 조금 더 상세하게 정리를 하였다. 노아에스앤씨는 비교적 기간이 짧은 1차년도에는 연계 기술 개발, 침수 사례 조사 등의 작업을 진행하였고, 2차년도에 실직적으로 사용하는 분석 및 모형 개발, 시스템 설계, 시스템 개발을 진행하였다. 강원대학교는 조금 더 다양한 환경을 고려한 W-S-R 관계식의 고도화와 검증을 1차년도에

시행하였고, 레이더-지상강우-레인센서를 활용한 합성강우 개발과 해당 강우를 활용하여 교통 흐름을 분석, 그에 따른 도로 위험도 분석을 2차년도에 진행하였다. 아래 표는 기관별, 년차별 연구 내용이다.

표 1.3.1 기관별 연구 내용

노아에스앤씨	1차년도	4G LTE 무선망 플랫폼과 텔레메틱스 연계 기술 개발	각 센서 검지 영역별 신호 정보를 분리 측정하여 검지 영역별 정보 확인
			레인센서의 대용량 데이터 압축기술 (Pulse -Rainfall)
			4G LTE 네트워크를 통한 대용량 데이터 전송을 위한 M2M 방식을 고려한 설계
		강우정보를 이용한 도로 침수구간 예측 모형 및 회피 경로 분석 모형 개발을 위한 과거 도로 침수 사례	대상지역(삼척시) 과거 침수 사례 조사 및 GIS DB 구축
			행정안전부 여름철 대비 상습 침수도로 조사 자료 GIS DB화(대상지역)
	2차년도	강우정보를 이용한 도로 침수구간 예측모형 및 회피경로 분석 모형 개발	구간별 위험도 분석, 강우합성 모듈, 침수분석 모듈 개발
			상습침수 지역, 분석 결과를 이용한 회피 경로 분석 모형 개발
			시스템 실증을 위한 장마철(6~8월) 도로 위험도별 현장 검증 실시
		레인센서 빅데이터를 활용한 운전자 안전정보 시스템 설계	레인센서, 소형레이더, AWS를 활용한 운전자 안전정보 제공을 위한 시스템 설계
			향후 내비게이션 정보 제공을 위한 표준 인터페이스를 적용한 설계
			데이터 수집과 가공, 표출 과정에서 효율적인 아키텍쳐 설계

		레인센서 빅데이터를 활용한 운전자 안전정보 시스템 개발	Web 기반 운전자 안전정보 시스템 개발
			내비게이션 표출을 위한 인터페이스 제공
			타 연구에서 실시되고 있는 차량용 센서들을 조사 및 분석하여 통합 할 수 있는 방안 제시
강원대학교	1차년도	외부환경 영향을 고려한 W-S-R 관계식 개발	강풍 발생 장치를 이용한 바람과 풍속 조건 등 외부 환경 영향에 따른 차량용 레인센서 인공 강우실험 및 통계 분석을 통한 실제 강우 관계식(W-S-R) 개발
			최적 임계치 설정 및 대역통 필터링 분석 등 다양한 통계적 분석
		시범지역(삼척시) 실험차량 운행 및 관측을 통한 W-S-R 관계식 검증	강우 시 시범지역(삼척시) 관내 실험차량 운행
			실외 실험정보를 이용한 지상강우 AWS 및 TM과의 비교를 통한 강우자료 검증
	2차년도	실시간 차량용 레인센서 정보를 반영한 레이더-지상강우-차량용 레인센서 기반 강우 합성 기술개발	관측강우정보 생산 및 수집
			레인센서 강우와 관측정보 합성기법 개발
			레인센서 강우의 보정
		소형 강우 레이더 등 강우 조건에 따른 교통 흐름 분석 및 레인센서 정보를 이용한 도로 상황 위험도분석	도로 침수심-차량속도 관계분석
			강우 조건에 따른 교통흐름 분석
			레인센서 정보를 이용한 도로 상황 위험도 분석
			시범도시 시민 및 전문가 대상 설문조사를 통한 사용자 만족도 평가

2.1 시범지역 선정 및 GIS DB 구축

본 연구에서는 강원도 내에 레이더 강우자료를 활용할 수 있는 삼척을 대상지역으로 선정하였으며 삼척시내에 대한 그림은 그림 2.1.1과 같다. 삼척시는 서쪽으로 태백산맥이 위치하여 1,000m 이상의 고위평탄면을 이루고, 동쪽으로 급경사를 이루고 있다. 삼척시내를 관통하는 오십천이 있으며 오십천 유역의 길이는 46.06km, 유역면적은 350.16km2로 이루어져 있다. 기후특성은 전형적인 동해안 기후특성인 해양성기후를 가지고 있어 온난다습하며 지형적인 특성으로 인해 수직적인 기온분포를 띄고 있다. 기상자료가 수집된 1993년 이후 27년 동안 강수량의 경우 연평균 1,258.3mm로 7, 8, 9월의 강수량이 50% 이상을 차지하며 여름에 비가 집중적으로 내린다.

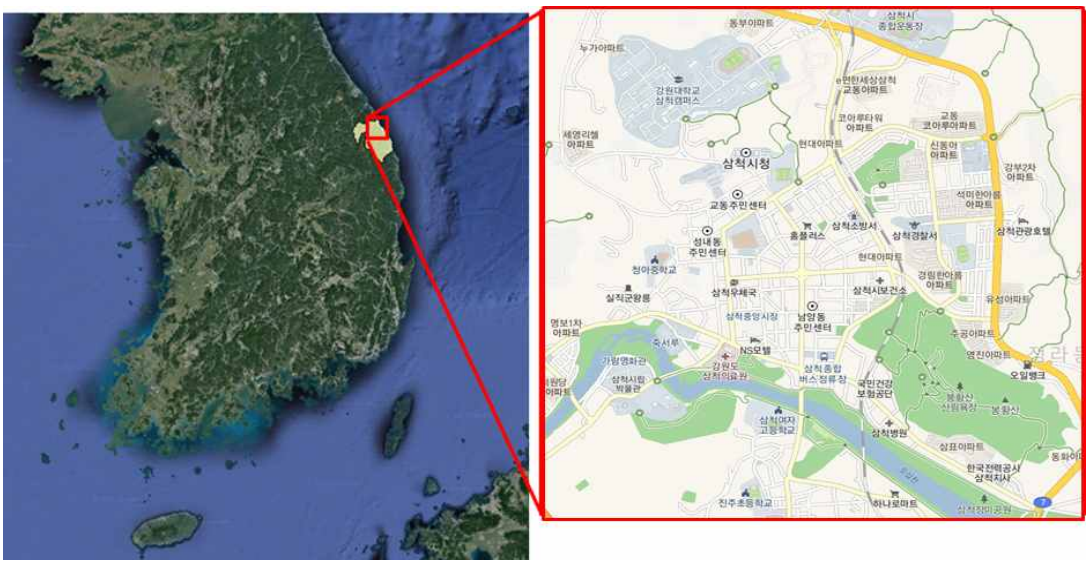


그림 2.1.1 삼척 시내 전경

과거 삼척시에는 태풍으로 인한 홍수피해가 여러차례 발생했다. 2012년 발생한 태풍 루사는 삼척시에 극심한 피해를 주었다. 태풍 루사로 인한 피해가 4억 792억이었으며, 홍수로 인한 트랙터, 가정집, 소 등이 떠내려가거나 잠기는 현상이 발생했다. 또한 가장 최근인 2019년에는 태풍 미탁으로 인한 홍수피해가 발생했다. 강풍 등으로 인한 피해도 컸지만 누적강수량 500mm에 가까운 기록적인 폭우가 쏟아지며 홍수로 인한 도로 침수, 토사가 도로를 덮쳐 차량 통행이 제한되는 등의 피해가 발생했다.



그림 2.1.2 태풍으로 인한 과거 삼척시 홍수 피해

2.1.1 행정안전부 여름철 대비 상습 침수도로 조사 자료 GIS DB화(삼척시)

강우 시 도로에 영향을 줄 수 있는 요소 중 도로 침수가 큰 비중을 차지한다. 강우로 인해 발생하는 문제 중 도로의 물고임 및 미끄러짐으로 인한 사고, 그로인한 차량의 감속 및 도로 막힘 현상이 있는데 둘 다 도로 침수와 관련이 있다. 그렇기 때문에 삼척시의 과거 도로 침수 사례 및 물고임 및 침수가 예상되는 도로를 조사하였다.

행정안전부에서 관리하는 여름철 대비 상습 침수도로 조사 자료 내에 삼척시의 상습 침수도로 자료가 없었다. 따라서 행정안전부에서 10년마다 최신화하는 풍수해저감종합계획 보고서(삼척시)를 활용하여 삼척시의 과거 침수피해지역의 침수흔적조사, 상습 침수 지구를 조사하였다.

풍수해저감종합계획 보고서상의 재해에는 크게 하천재해, 내수재해, 사면재해, 토사재해, 해안재해, 바람재해, 기타재해가 있으며 이 중 도로와 관련한 재해는 내수재해라 판단하였다. 삼척시 내수재해 위험지구로 선정된 지역은 총 3군데로 정상동 7번 국도변(정라지구), 교통 삼척해수욕장 일원(후진지구), 남양동 진주초교, 삼일고교 일원(사직지구)이며, 해당 지역의 침수범위와 침수로 인해 도로교통상에 문제가 되는지 여부 등을 분석하였다.

먼저 정라지구의 경우 2002년 태풍 루사, 2003년 태풍 매미, 2004년 태풍 메기 때 마다 피해가 발생했으며 오십천의 수위 상승에 따른 내수배제 불량으로 인해 7번 국도변, 집단 거주지, 유치원 등에 침수가 발생했다(그림 2.1.3).

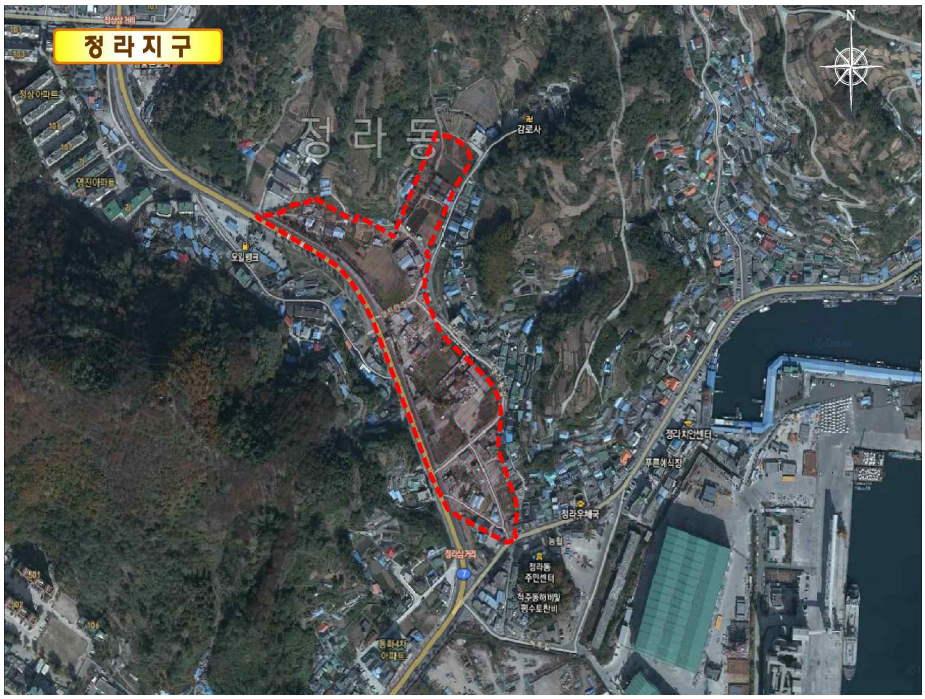


그림 2.1.3 정라지구 내수침수

두 번째로 후진지구의 교통 삼척해수욕장 일원으로 정라지구와 마찬가지로 2002년, 2003년 태풍으로 인해 피해가 발생했다. 집중호우 시 우지소하천 지장물에 의한 통수능력 부족으로 주변 상가 및 농경지에 침수가 발생했다(그림 2.1.4).



그림 2.1.4 후진지구 내수침수

마지막으로 사직지구의 남양동 진주초교, 삼일고교 일원으로 위의 2개의 지구와 마찬가지로 2002년, 2003년 태풍으로 인해 피해가 발생했다. 집중호우 시 삼척오십천 수위 상승에 의한 내수배제 불량으로 학교 및 거수지에 침수가 발생했다. 그림 2.1.5는 사직지구 침수 지역 사진이다.



그림 2.1.5 사직지구 내수침수

내수재해 위험지구로 선정된 지구들을 봤을 때 청라지구만이 도로에 영향을 미치는 침수로 구분되고 나머지 후진지구, 사직지구는 도로침수와는 직접적인 관계가 없는 것으로 나타났다. 또한 청라지구는 집단이주, 유수지 조성, 배수로 정비 계획을 수립하여 침수에 대비하였고, 후진지구 및 사직지구도 배수개선사업과 사직지구 배수펌프장 가동을 통해 대비하여 이 후 해당 지역에 대한 침수가 발생하기 어렵다 판단했다.

강우 발생 시 위험지구로 선정이 될 정도의 침수 등이 이루어지는 경우가 아닌 교통장애를 발생 시킬 정도의 도로침수 및 물고임 현상에 대해서는 행정안전부에서 관리하는 풍수해저감종합계획 보고서 상에는 찾아보기 힘들다 판단했다.

2.1.2 대상지역(삼척시) 도로 침수 사례 조사 및 GIS DB 구축

과거 도로 침수 관련 자료 등을 조사한 결과 이미 보수가 이루어진 곳이 대부분이었고, 넓은 범위의 침수가 아닌 도로 일부가 침수되거나 물고임이 심한 정도는 자료로 남아있지 않았다. 따라서 문서로 남아있는 침수 내역이 아닌 실제 도로를 이용하는 삼척시 주민

및 해당 지역 담당 공무원 인터뷰 등을 통해 집중호우 발생 시 도로 이용에 문제가 되는 지역 등을 조사를 진행하였다. 호우 발생 시 침수 및 물고임으로 인해 도로 이용에 문제가 되는 지역을 5군데 선정하였고 해당 지역을 직접 찾아가 물의 흐름 및 하수구 개수, 현황 등을 확인하였다. 그림 2.1.6은 현지 조사를 진행한 5개 지점이다.

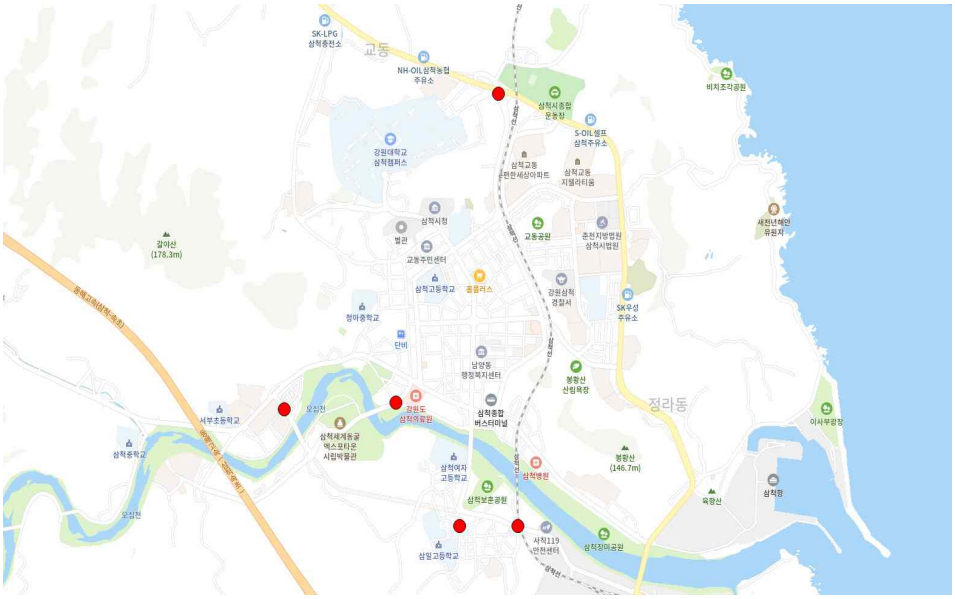


그림 2.1.6 삼척시 현지 조사 지점

삼척시 시내를 기준으로 총 5지점의 현지 조사를 실시하였다. 먼저 현장에서 직접 해당 위치 도로의 높낮이, 하수구의 개수 및 위치, 하수구의 상태를 확인하였고 아래 그림은 실제 현장에서 본 상습침수 예상구역 및 우수흐름 방향, 하수구 사진들이다.

첫 번째 장소는 강원대학교 후문 삼척 IC 방향에 위치한 고가도로 아래다. 삼척시에서 생활하며 해당 지역을 자주 이동하는 주민의 인터뷰를 바탕으로 해당 지역을 직접 방문하여 경사 및 하수구의 위치, 하수구의 상태를 확인한 결과 경사 및 하수구의 위치상 침수의 위험이 크게 없어 보였다. 하지만 하수구의 상태가 오랜 시간 관리를 안한듯한 상태로 보였고, 해당 사항을 고려하여 침수 예상 구역이라 판단하였다. 그림 2.1.7 ~ 2.1.8은 해당 지역의 침수 예상 구역 및 우수의 흐름 방향, 하수구의 현황, 위성사진을 통한 지역을 표시한 그림이다. 강원대학교 후문 삼척 IC의 경우 총 5군데에서 우수의 흐름이 있으며 해당 흐름이 한군데로 집중되는 것과 막혀있는 하수구 현황을 그림 2.1.9와 같이 확인할 수 있었다.

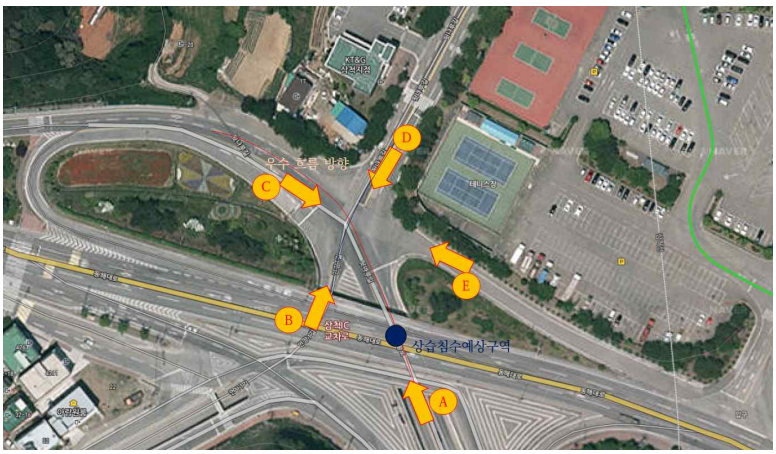
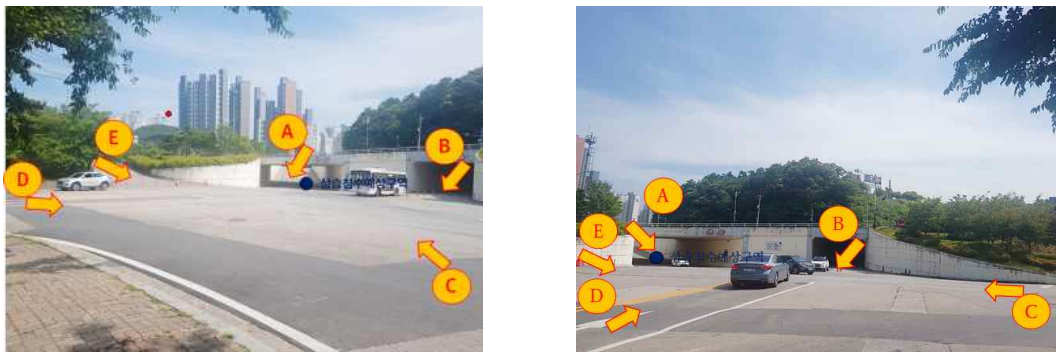


그림 2.1.7 강원대학교 후문 삼척 IC 위치도



- ⇨ : 우수 흐름 방향
- ● : 침수 예상 구역

그림 2.1.8 강원대학교 후문 삼척 IC



그림 2.1.9 강원대학교 후문 삼척 IC 하수구 현황

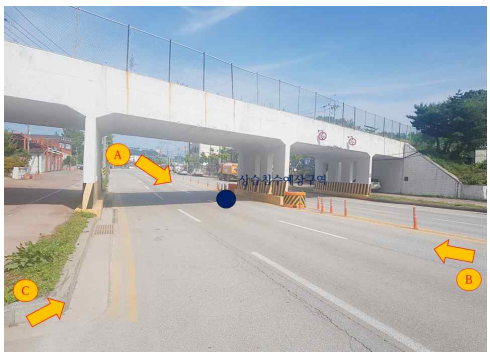
두 번째 장소는 사직동 도로 암거다.

해당 지역은 침수가 일어나거나 하지는 않지만 비가 많이 올 경우 물고임이 심한 지역이다. 하수구의 수가 많고 길게 만들어져 있지만 도로가 안쪽으로 모이게 경사가 져있어서

도로 암거 안쪽이 상습 침수 예상 구역이 된다. 또한 몇몇 하수구는 관리가 안된 상태로 막혀있거나 안에 풀이나 흙이 자리 잡은 상태였다. 따라서 사직동 도로 암거도 침수 예상 구역이라 판단하였다. 그림 2.1.10 ~ 2.1.11은 해당 지역의 침수 예상 구역 및 우수의 흐름 방향, 하수구의 현황, 위성사진을 통한 지역을 표시한 그림이다. 사직동 도로 암거의 경우 총 3군데에서 우수의 흐름이 있으며 해당 흐름이 한군데로 집중되는 것과 막혀있는 하수구 현황을 그림 2.1.12와 같이 확인할 수 있다.



그림 2.1.10 사직동 도로 암거 위치도





- ⇨ : 우수 흐름 방향
- ● : 침수 예상 구역

그림 2.1.11 사직동 도로 암거



그림 2.1.12 사직동 도로 암거 하수구 현황

세 번째 장소는 원당 주공아파트 앞이다.

원당 주공아파트 앞쪽 공간은 과거 침수가 일어났던 지역이지만 도로 보수 등 공사를 거치며 지금은 사실상 침수가 될 가능성이 크지는 않은 상황이다. 도로를 전체적으로 보면 경사가 한쪽으로 내려가는 도로가 아니고 한 곳으로 모든 물이 모이는 도로를 확인 할 수 있다. 경사가 있어 물이 흐를만한 위치에는 하수구가 있고, 하수구의 수 또한 많지만 많은 만큼 관리가 제대로 이루어지지 않고 있는 하수구도 보였다. 침수가 될 확률이 높지는 않지만 비가 많이 왔을 경우 물고임 현상이 발생 할 수 있고 차가 많이 다닐 수 있는 도로인 만큼 침수 예상 구역으로 분류하는 것이 맞다고 판단하였다. 그림 2.1.13 ~ 2.1.14는 해당 지역의 침수 예상 구역 및 우수의 흐름 방향, 하수구의 현황, 위성사진을 통한 지역을 표시한 그림이다. 원당 주공아파트 앞의 경우 총 8군데에서 우수의 흐름이 있으며 해당 흐름이 한군데로 집중되는 것과 막혀있는 하수구 현황을 그림 2.1.15와 같이 확인할 수 있다.

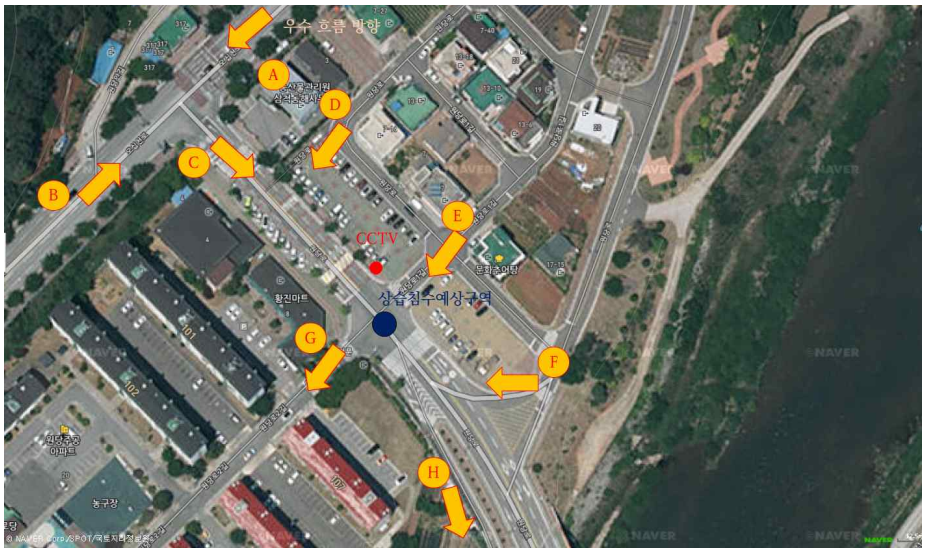


그림 2.1.13 원당 주공아파트 앞 위치도



- ⇨ : 우수 흐름 방향
- ● : 침수 예상 구역

그림 2.1.14 원당 주공아파트 앞



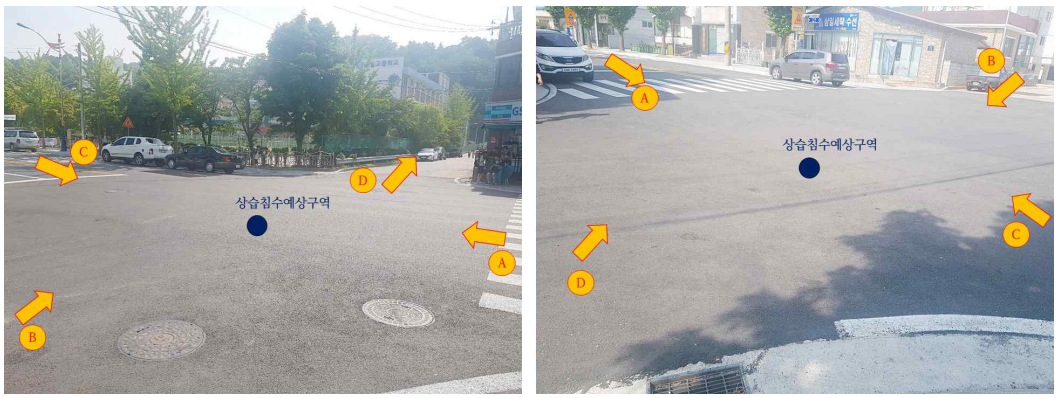
그림 2.1.15 원당 주공아파트 앞 하수구 현황

네 번째 장소는 삼일중학교 앞이다.

삼일중학교 앞도 다른 지역과 마찬가지로 침수 자체의 위험은 크게 없으나 물고임 현상이 발생 할 것으로 예상했다. 꽤나 넓은 지역에 하수구도 5개나 되지만 그 중 2개는 사실상 하수구의 역할을 제대로 못하고 있는 상태이다. 또한 주변에 불법 주차 차량이 많기 때문에 물고임 현상 정도에도 차량들이 주행하는데 꽤 큰 문제가 발생 할 것으로 판단했다. 그림 2.1.16 ~ 2.1.17은 해당 지역의 침수 예상 구역 및 우수의 흐름 방향, 하수구의 현황, 위성사진을 통한 지역을 표시한 그림이다. 삼일중학교 앞의 경우 총 4군데에서 우수의 흐름이 있으며 해당 흐름이 한군데로 집중되는 것과 막혀있는 하수구 현황을 그림 2.1.18과 같이 확인할 수 있다.



그림 2.1.16 삼일중학교 앞 위치도



- ⇨ : 우수 흐름 방향
- ● : 침수 예상 구역

그림 2.1.17 삼일중학교 앞



그림 2.1.18 삼일중학교 앞 하수구 현황

마지막 장소는 삼척의료원 옆문이다.

해당 장소는 하수구 위치 및 상태도 양호한 편이고 실제로 침수 및 물고임 현상이 심하진 않을 것이라 생각했다. 하지만 과거 침수이력 및 주민 인터뷰를 통해 침수 예상 구역으로 구분하고 실제 비가 많이 오는 날 현장에 나가 상황을 살펴보기로 하였다.

그림 2.1.19 ~ 2.1.20은 해당 지역의 침수 예상 구역 및 우수의 흐름 방향, 하수구의 현황, 위성사진을 통한 지역을 표시한 그림이다. 삼척의료원 옆문의 경우 총 4군데에서 우수의 흐름이 있으며 해당 흐름이 한군데로 집중되는 것을 확인할 수 있다.

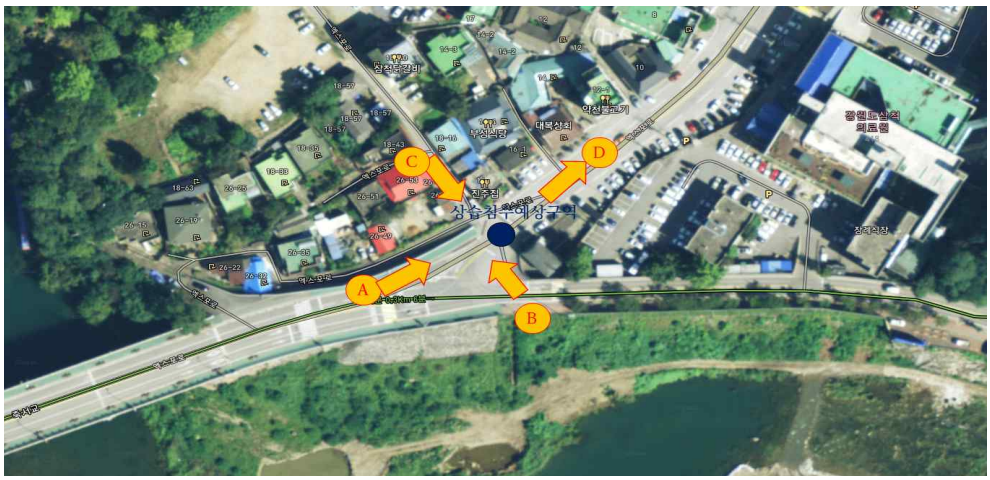


그림 2.1.19 삼척의료원 옆문 위치도



- ⇨ : 우수 흐름 방향
- ● : 침수 예상 구역

그림 2.1.20 삼척의료원 옆문

해당 지점들의 과거 강우량, 유출량, 유역, 침수심 등을 분석 한 결과 강원대학교 후문 삼척 IC를 제외한 다른 4군데 지점에서는 침수심을 이용하여 도로 단계별 위험도를 분석하기 힘들 정도로 실제 침수가 발생하지 않았다. 침수심-속도 관계식을 통해 위험도 분석이 진행되기 때문에 강원대학교 후문 삼척 IC 지점만을 사용하기로 내부 연구진 회의를 통해서 결정했다.

최근 호우의 발생 시 침수 및 문제가 됐던 도로들의 보강이 진행되었고 지역이 삼척시로 한정되었기에 침수 예상 지점의 수가 적었고, 위험도 분석이 가능한 지점은 1군데 밖에 없었지만, 향후 지역이 확대됨에 따라 지점의 수 또한 확대되고 강우--유출량, 침수심-속도 관계식 등에 대한 정확한 분석이 이뤄질 수 있다고 판단된다.

2.2 외부환경을 고려한 W-S-R 관계식 고도화 및 검증

2.2.1 인공강우발생 실험장 개선 및 W-S-R 관계식 개발

기존 W-S-R관계식 및 방법의 문제점은 회귀분석에 활용하는 데이터 수가 충분하지 못한 점과 다소 적은 샘플 수에 비해 데이터간에 편차가 큰 문제가 있었다. 이에 대한 원인을 분석한 결과 실내실험 간에 실험장치를 조작 함에 있어 인위 및 기계적 오차 발생으로 분석되었다. 이러한 문제점을 해결하기 위하여 실내실험 중에 발행하는 오차를 최소화하기 위하여 인공강우 실험장치를 수동으로 구동하던 방법에서 자동화된 인공강우 실험장치로 고도화하였고 고도화된 인공강우 실험장치의 강우발생 메커니즘을 파악하기 위한 기본 실험을 강우조건 8개별로 50회씩 반복 수행하였다.

또한 개선된 인공강우 실험장치를 이용하여 W-S-R관계식을 고도화 하기위해 강우조건별 차량용 레인센서의 시그널을 50회씩 생산하였고, 이를 통해 생산된 8개 채널의 레인센서 데이터의 정확도 향상과 이상치 제거를 위하여 최적 임계치 설정 및 대역통과 필터링 분석을 통해 데이터의 전처리를 수행하였다. 이렇게 생산된 강우자료와 레인센서 데이터를 기존 단순 선형회귀분석이 아닌 Log 회귀분석을 통해 새로운 W-S-R관계식을 개발하고 결과를 검증하였다. 그림 2.2.1은 W-S-R 관계식의 개발 흐름도이다.

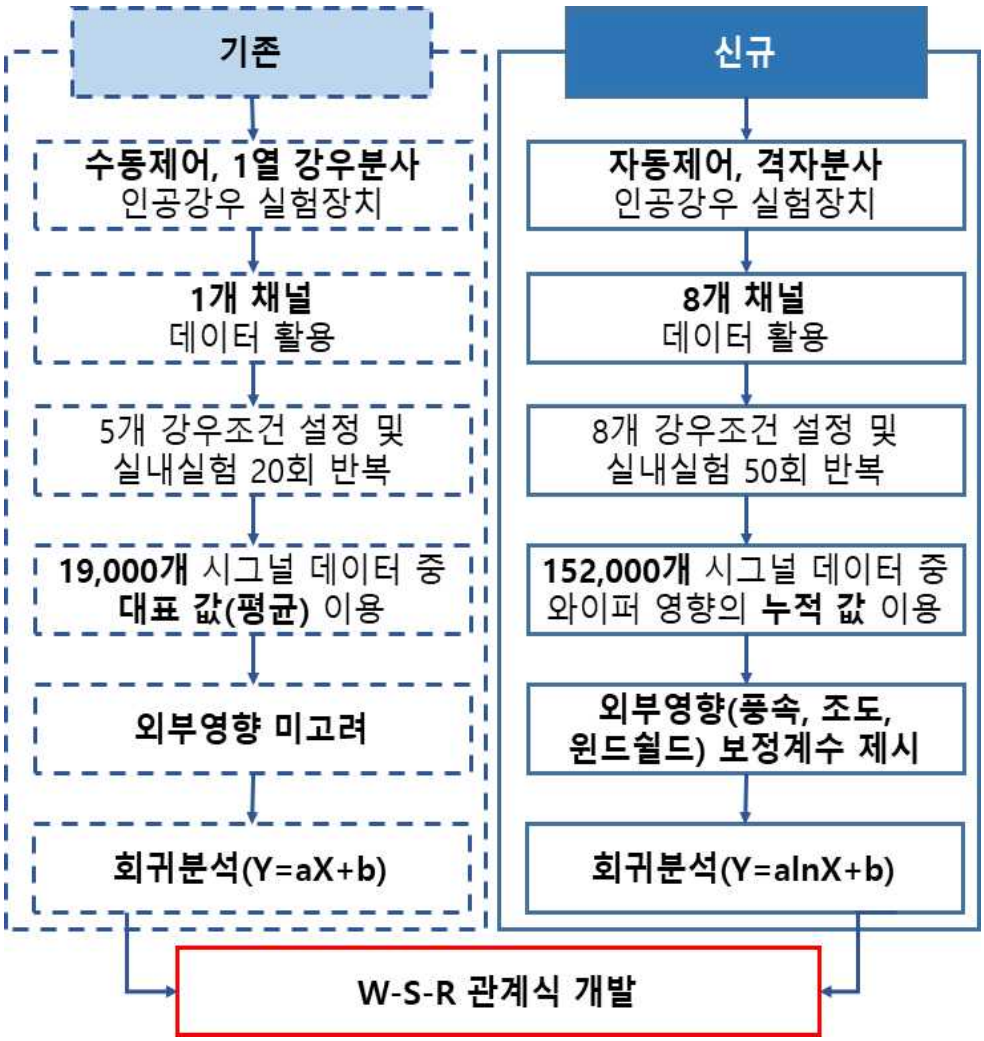


그림 2.2.1 W-S-R 관계식 개발 흐름도

가. 인공강우 발생 시험장 개선

본 연구에서는 W-S-R 관계식을 개발하기 위해 다양한 조건의 인공강우를 발생시키기 위해 인공강우발생 실험장을 구축하였다. 다양한 조건의 인공 강우를 발생 시킬 수 있는 인공강우 발생장치의 구성요소는 프레임 전동 조절 장치와 전동조정을 할 수 있는 리모컨. 노즐, 펌프, 출력조절 압력계가 있다. 프레임 전동 조절 장치는 수광부에 떨어지는 우적이 수직으로 떨어질 수 있도록 노줄의 분사위치를 조절하는 장치이다. 노즐은 총 5개의 노즐을 동시에 시연할 수 있으며, 본 연구에서 사용되는 노즐의 수는 각 1개의 노즐에 다른 조건의 노즐을 사용하여 실험하였다. 연속된 강우를 발생시키기 위하여 200L를 수용할 수 있는 PVC 챔버에 물을 채워 지속적으로 유량을 공급 할 수 있다. 펌프출력을 조절하는 압력계를 이용하여 노즐에서 발생하는 강우량을 조절 할 수 있고, 펌프의 조절단위는

0.1MPa이며, 범위는 최소 0.1MPa부터 0.3MPa까지 설정이 가능하다. 압력이 0.3MPa를 넘어가게 되면 펌프의 과부하를 막기위해 전원이 자동적으로 차단된다. 또한 차량 입고와 출고가 가능하여 실제 사용가능한 차량의 내측 전면 창에 설치되어있는 레인센서를 사용했으며, 레인센서에서 생성되는 센서시그널 데이터를 확인하고 다운을 할 수 있는 PC가 있다.

하지만 기존 인공강우발생 실험장은 분사높이가 최대 2m로 분사분포가 충분하지 못하였고, 실험부 면적이 좁아 실험장으로 진입할 수 있는 차량에 제한이 있었다. 또한 컨트롤러 및 제어반을 수동으로 조작하기 때문에 인위적인 오차가 발생하였다. 모니터링 시설은 별도의 노트북으로 매회 실험 결과를 수동으로 백업하고 모니터링 하므로 강우 자료의 생산과 분석까지 많은 시간이 소요되었다. 이에 본 연구에서는 기존 시설의 한계점을 해결하기 위해 아래 그림과 같이 인공강우발생 실험장의 고도화 및 개선을 진행하였다. 주요 개선사항은 표 2.2.1과 같다. 인공강우발생 실험장의 시설 개선 시 기존 실험장에서 발생한 문제 및 이슈사항을 보완하기 위해 분사 높이, 실험부 면적, 분사범위, 컨트롤부 등에 대하여 개선하였다. 그림 2.2.2는 기존 인공강우실험실, 그림 2.2.3은 신규 인공강우실험실의 설계도면이다. 2.2.4는 기존 인공강우발생 실험장과 신규 인공강우발생 실험장의 전경이다.

주요 개선사항은 분사 높이가 최대 2m로 고정되어 노즐에서 분사되는 형태가 충분히 분포되지 않는 문제를 해결하기 위하여 2m에서 6m까지 조절이 가능하도록 개선하여 다양한 높이에서 강우분사가 가능하도록 개선하였다. 실험부 면적은 기존 길이 4m로 차량의 일부만 진입되는 문제와 폭 2.3m로 차량 진입 시 점검 및 실험세팅을 위한 여유공간 부족에 대한 문제를 해결하기 위하여 길이를 5.5m로, 폭 2.3m로 설치하여 차량 전체가 진입가능하고 별도로 충분한 여유 공간까지 확보하였다. 컨트롤러 및 제어반은 기존에 수동으로 압력과 분사 시간을 조절하여 인위적인 오차가 발생하는 문제를 해결하기 위하여 모든 제어장치를 기계식 및 전자식으로 시공하여 인위적인 오차를 제거 할 수 있도록 개선하였다. 분사 범위는 병열 4단으로 좌우에 대한 분사 범위는 확보되었으나 전후에 대한 분사범위가 제안된 문제를 해결하기 위하여 총 12개의 분사구로 전후 3단, 좌우 4열로 다양하게 조절이 가능하도록 시공하여 격자형 강우 분사가 가능하도록 개선하였다. 유수 유입 시 수도를 바로 연결하여 이물질 유입으로 펌프 고장 및 노즐 막힘으로 인해 분사량에 영향을 끼치는 문제를 해결하기 위하여 유입부에 필터를 설치하여 이물질 유일을 차단하도록 개선하였다. 모니터링 시설은 기존에 별도의 노트북으로 매 실험별로 백업 후 모니터링 하고 분석하므로 데이터 생산과 분석에 만은 시간이 소요되는 문제를 모니터링 전용 PC를 설치하여 시간 절감이 가능하도록 개선하였다. 실험장 시설 및 위치는 학교내 가건물을 개조하여

사용하다보니 전력 부족과 보온상 문제로 인한 동절기 동파 및 하절기 높은 습도로 전자 시설 고장 문제를 해결 하기위하여 교내 실험동에 신규로 전용시설로 배정 받아 입주하여 제반시설공사와 전력공사를 통해 기존 문제를 해결하였다. 이와 같은 실험장 및 실험장비 개선에 소요된 예산은 강원대학교 자체 연구비 65%와 본 연구의 연구비 35%를 투입하여 개선에 활용하였다.

표 2.2.1 실험장 개선사항

구분	기존 실험장 이슈사항	신규 실험장 개선사항
분사 높이	– 최대 2m 고정 높이로 분사 분포가 충분하지 못하여 실강우 재현에 부족	– 최소 2m에서 최대 6m로 조절 함에 따라 다양한 높이에서 분사 가능
실험부 면적	– 길이 4m로 차량 일부만 진입 – 폭 2.3m로 진입시 여유공간 부족	– 길이 5.5m로 모든 차량 진입 가능 – 폭 2.3m로 진입시 여유공간 충분
컨트롤러 및 제어반	– 수동으로 압력계 컨트롤에 따라 인위적인 오차 발생	– 자동으로 압력 및 분사시간을 설정하고 제어함에 따라 인위적 오차 제거
분사 범위	– 최대 병렬 4단으로 전후방에 대한 분사 범위 제한	– 전후 3단, 좌우 4열로 총 12개 노즐에서 격자형 강우분사 가능
유수 유입부	– 수돗물을 바로 분사하도록 시공되어 이물질 등으로 인해 노즐 분사량에 영향	– 유입부에 필터를 설치하여 이물질 유입을 차단하고 일률적인 분사가능
모니터링 시설	– 별도의 노트북으로 매회 실험을 수동으로 백업하고 모니터링 하므로 생산과 분석까지 많은 시간 소요	– 전용 모니터링 장비 설치로 상시적으로 데이터 모니터링 수행과 분석을 통해 시간 단축
실험장 위치	– 학교내 가건물을 개조하여 전력 부족 문제 및 동절기 동파 등에 대한 문제	– 교내 실험동 내에 신규 설치함에 따라 기존의 전력 및 동파 문제 해결
실험장비 개선 예산	– 본 연구기관 자체 비용 65%와 본 과제 연구부 35%를 투입하여 실험장 및 장치 개선	

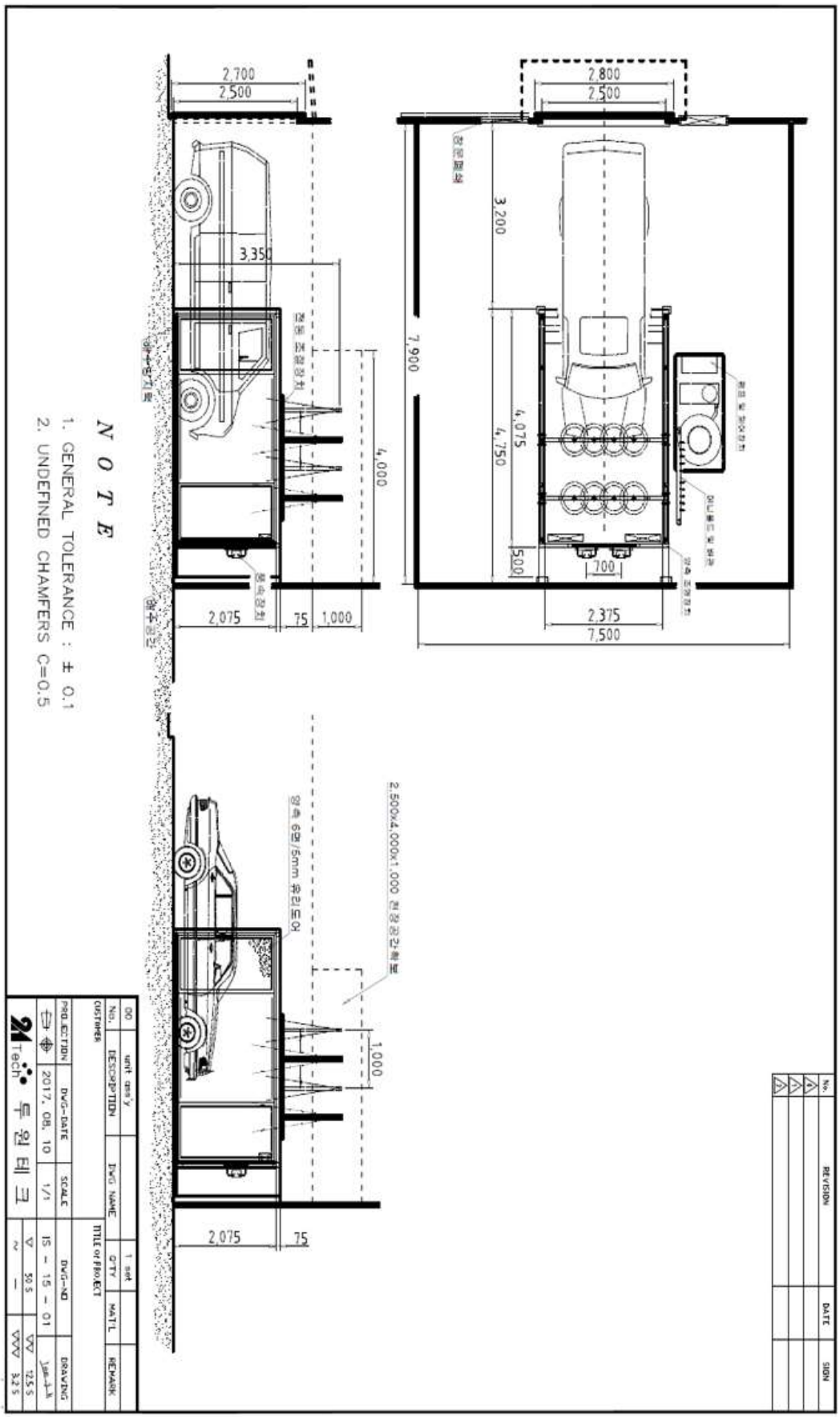


그림 2.2.2 기존 인공강우 실험실 설계도면

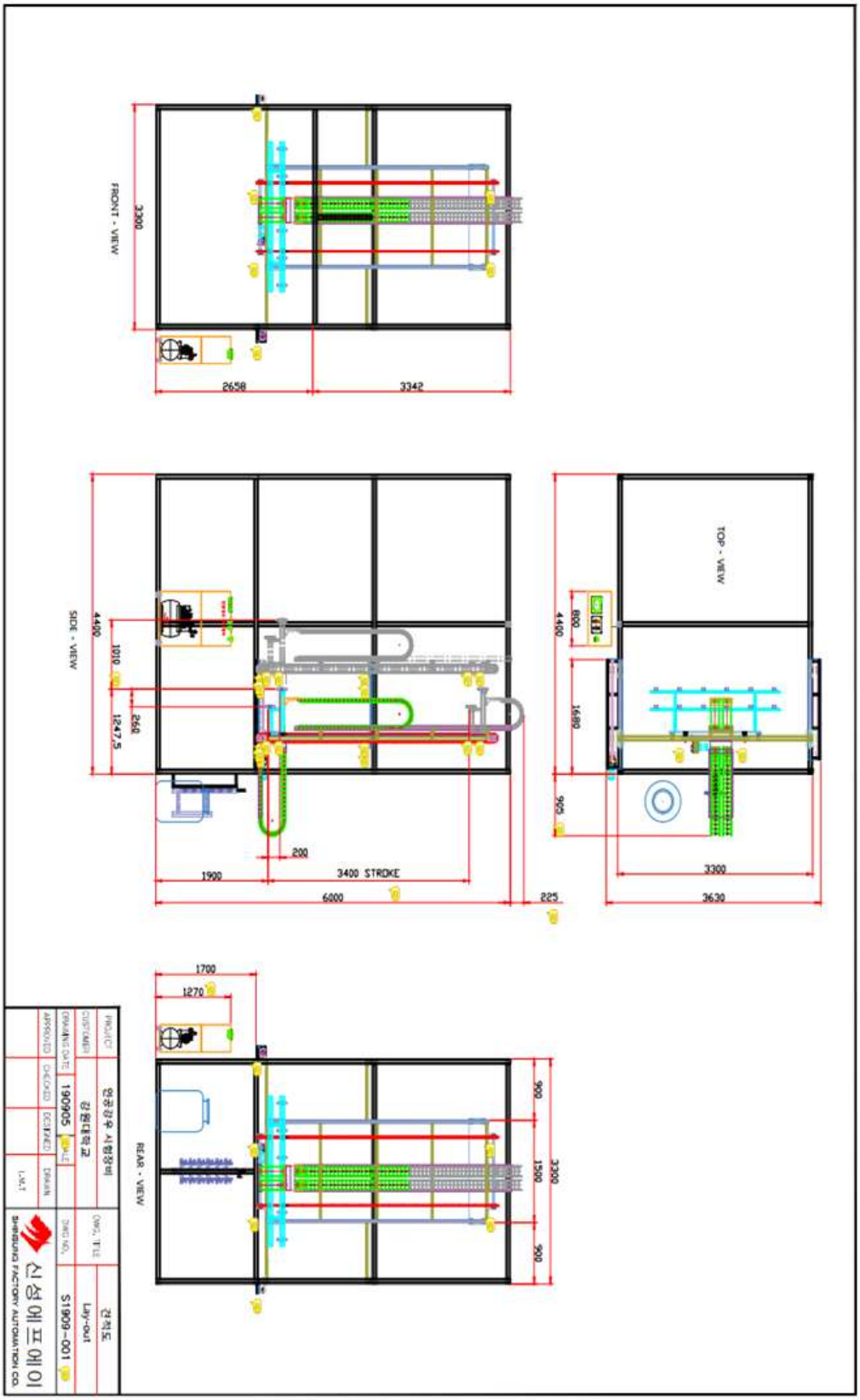


그림 2.2.3 신규 인공강우 실험실 설계도면



(a) 기존 분사 높이(2m)



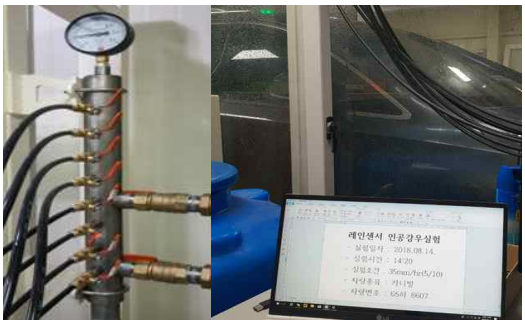
(b) 신규 분사 높이(2~6m)



(c) 기존 병렬형 분사 프레임



(d) 신규 격자형 분사 프레임



(e) 기존 수동 컨트롤밸브 및 임시 모니터링 장비



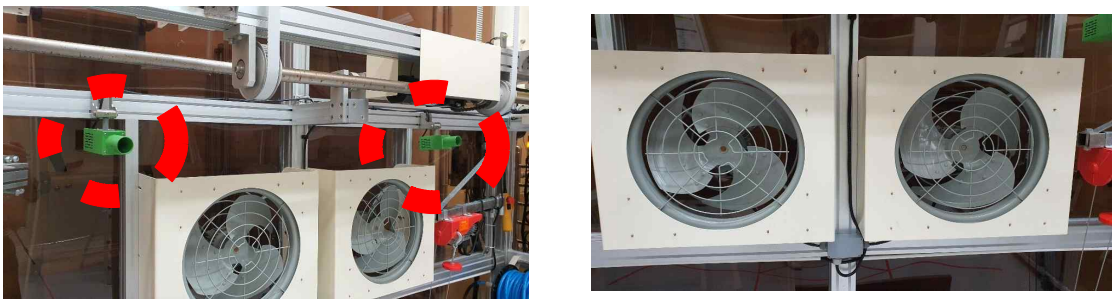
(f) 신규 자동제어반 및 전용 모니터링 장비

그림 2.2.2 인공강우 실험장비 개선 전 · 후 비교

레인센서에서 생성된 강우정보를 이용하여 관계식을 개발하기에는 이상치를 판별할 수 있는 조도 변화에 따른 센서시그널의 변화 데이터가 필요하다. 따라서 기존에 설치하였던 강우발생장치에 조도발생 기능을 갖춘 시설을 탑재하고 조도는 낮과 밤에 대한 고려를 위하여 최대 509lx까지 발생되도록 구성하여 낮과 밤의 조도차이에 따른 센서시그널의 변화 데이터를 생산하고자 하였다(그림 2.2.5(a)). 조도발생장치의 조절은 매인컨트롤러에서 on · off 두 단계로 조절이 가능하며 실험의 오차를 최소화를 위하여 실험실 창문 및 환기구에서 들어오는 외란광을 차단하는 차단 필름 및 암막커튼을 통해 외부광을 완전

차단 후에 실험을 수행하였다.

또한 차량에 영향을 주는 풍속 변화에 따른 센서시그널의 변화에 대한 영향을 확인하기 위한 실험을 수행하였다. 실험방법 및 활용 장비는 강우발생장치에 강풍발생 기능을 갖춘 시설을 탑재하고 LS 1마력 인버터를 이용하여 풍속을 조절하도록 구성하였으며 풍속은 최대 15m/sec까지 발생가능하며 풍속에 따른 센서시그널의 변화 데이터를 생산하고자 하였고 매인 컨트롤러를 통해 강풍발생장치의 풍속을 조절 할 수 있도록 하였다(그림2.2.5(b)).



(a) 기존 조도발생장치 (b) 강풍 발생장치

그림 2.2.3 조도 및 강풍 발생장치

차량 종류별 윈드쉴드 각도가 다양함에 따라 다양한 차량별 실험을 대체할 수 있는 “윈드쉴드 각도 조절장치”를 제작하여 다양한 윈드쉴드 각도 조건이 강우량이 변화하는 양상을 확인 할 수 있는 장치를 제작을 통해 레인센서에 영향을 줄 수 있는 이상치를 판별할 수 있는 조건 중 차종별 각기 다른 윈드쉴드 각도에 대한 고려를 위하여 윈드쉴드 각도를 조절 할 수 있는 장치를 활용하였다(그림 2.2.6(a)).



(a) 윈드쉴드 각도 조절장치 (b) 윈드쉴드 최대 각도조절 범위

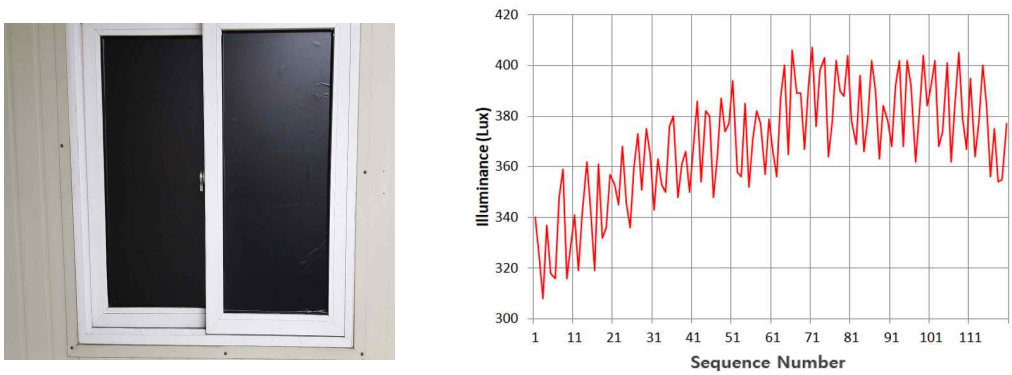
그림 2.2.4 윈드쉴드 각도 조절장치

윈드쉴드 각도조절장치는 프레임하부에 바퀴를 부착하여 이동이 가능하도록 하였고 프레임 중심에 고정축을 기준으로 전, 후면에 전동승강기를 설치하여 차량모형이 앞뒤로 기울여지도록 구성하였으며 최대 각도 조절 범위는 22° 에서 52° 까지 조절이 가능하다 (그림 2.2.6(b)).

이외에도 실제 차량이 진입하여 실험을 수행하기에 장시간 실험을 지속하면 자동차에서 발생되는 매연을 직접 밖으로 배출 할 수 있는 배기 및 환기장치를 설치하여 매연으로 인해 야기될 수 있는 실험 시 안전에 대한 문제점을 사전에 차단하였다.

나. W-S-R 관계식 개발을 위한 기초실험

레인센서 실험을 위해 다양한 조건의 인공 강우를 발생시킬 수 있는 실험실에서 실내 인공강우실험을 진행하였다. 실험 시 영향을 미칠 수 있는 변수를 차단한 후에 실험 조건을 갖춰 강우강도 사상별로 실험을 하였다. 실험 조건에 최적 임계치 설정을 위한 필터링 방법으로 레인센서 데이터의 초기 값을 지정하고 강우데이터 생성 시 초기 값 만큼을 필터링하여 활용하는 방법을 제시하였다. 이에 따른 변수 차단은 센서시그널 초기 값 보정 및 설정, 외란광 등 관측 값에 영향을 받을만한 조건들을 통제한다. 이러한 요소들을 통제 하지 않으면 실험을 실시하였을 때 변수들의 영향을 받아 일관성 있는 시그널 데이터를 생성하기 힘들다. 그림 2.2.7(a)는 외란광 차단을 위한 암막처리가 된 실험실 내부 유리창이고, 그림 2.2.7(b)는 실험실 내부 실내등의 조도 값 변화에 관한 그림이다 (김영곤, 2018). 레인센서는 광신호를 이용하여 유리창에 맺힌 물방울의 크기를 판단하기 때문에 외란광을 차단 하지 않을 시 실험에 오차가 발생할 수 있다.



(a) 암막처리 된 실험실 내부 유리창 (b) 실험실 내부 실내등의 조도 값 변화

그림 2.2.5 암막처리 된 실험실 내부 유리창 및 조도 변화

인공강우발생장치의 일정한 강우분사를 위해 강우량별 강우분사조건을 설정하였다. 강우분석 조건은 인공강우발생장치의 분사 노즐의 종류와 높이 등을 통해 설정하였으며 표 2.2.2와 같이 설정하였다. 노즐은 크게 미세노즐과 일반노즐 2가지가 있으며 미세노즐은 압력이 가해지고 물이 밀려나오면서 +모양으로 홈이 파져있는 노즐에서 물이 회전을 하면서 미세한 물방울의 형태로 분무기처럼 분사된다. 일반노즐은 미세노즐과 마찬가지로 압력이 가해지면 노즐부로 밀려나오며 원형 형태로 물이 분사된다. 강우분사조건을 충족시키기 위해 강우강도별 최적의 노즐과 압력을 설정하여 강우량별 50회씩 실험하였고 그림 2.2.8은 50회식 실험한 강우조건별 실험 결과를 도식화하였다.

표 2.2.2 인공강우 분사조건

실험조건	Case 1	Case 3	Case 4	Case 5	Case 8
강우량 (mm/5min)	7	9	11	12	13
실험조건	**Case 9**	**Case 10**	**Case 11**	**Case 13**	**Case 14**
강우량 (mm/5min)	15	16	17	21	22

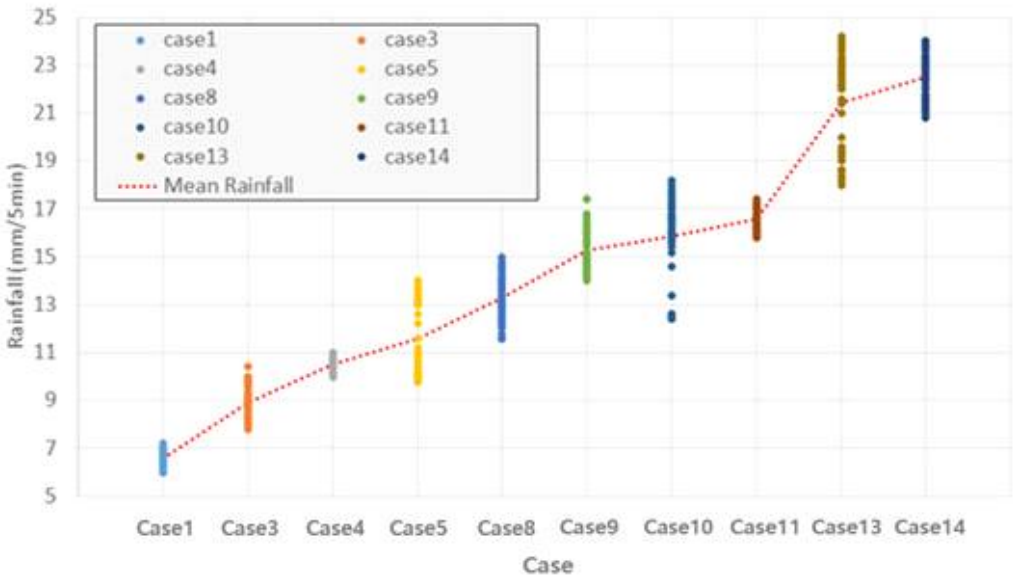
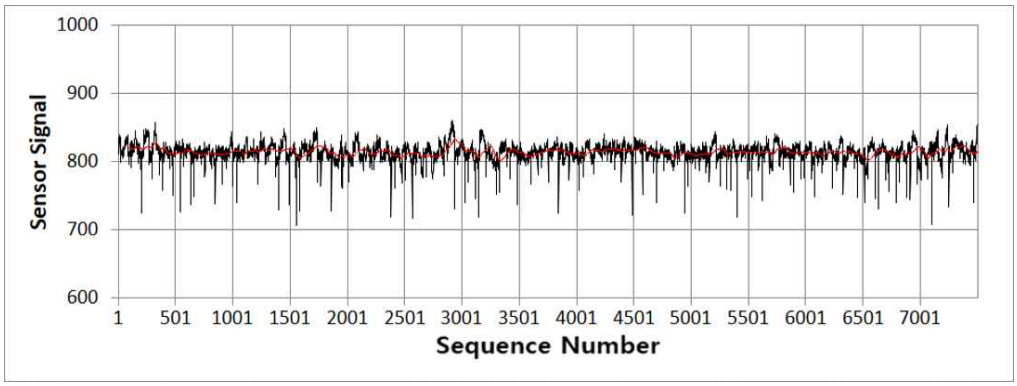


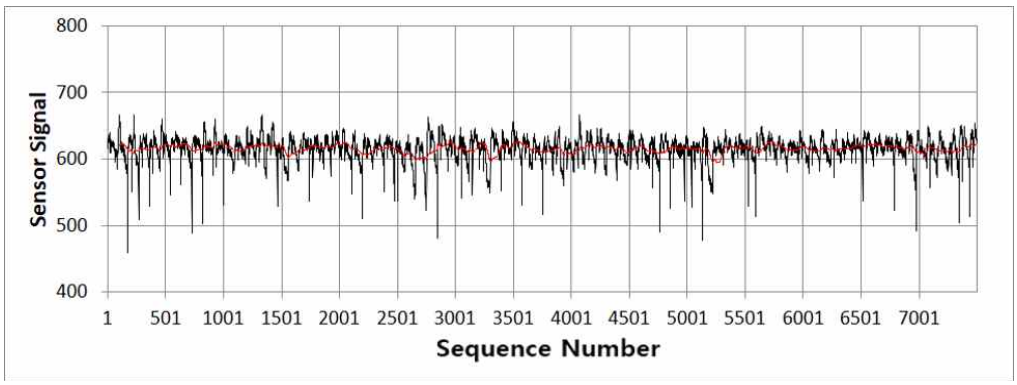
그림 2.2.6 강우 분사 조건별 강우량

다. 차량용 레인센서를 이용한 실내실험

레인센서에서 생성되는 센서 시그널 데이터는 Haco 프로그램을 이용하여 데이터가 수집되며, 초기 값을 설정한다. 센서 초기 값은 센서 시그널 데이터가 생성이 될 때 일정한 값을 형성하며 지속적으로 생성되는 것이 아니라, ±20정도의 차이를 가지고 생성되기 때문에 강우 관계식을 개발 하는데 오차가 발생할 수 있으며, 그에 따른 그림은 초기 값 설정에 따른 센서시그널의 생성 범위 변화를 나타낸 것이다(김영곤, 2018). 와이퍼를 이용한 센서 시그널 데이터의 경우 와이퍼가 지나가고 나서 물방울을 제거하게 되면 초기 값으로 회귀되기 때문에 레인센서의 시그널 데이터에 영향을 미칠 수 있는 조건이므로 초기 값을 설정했다. 그림 2.2.9는 초기값 설정에 따른 센서 시그널 데이터의 초기 값 및 생성범위 변화를 나타낸 그림이다.



(a) 초기 값 800 설정



(b) 초기 값 600 설정

그림 2.2.7 초기값 설정에 따른 센서 시그널 변화

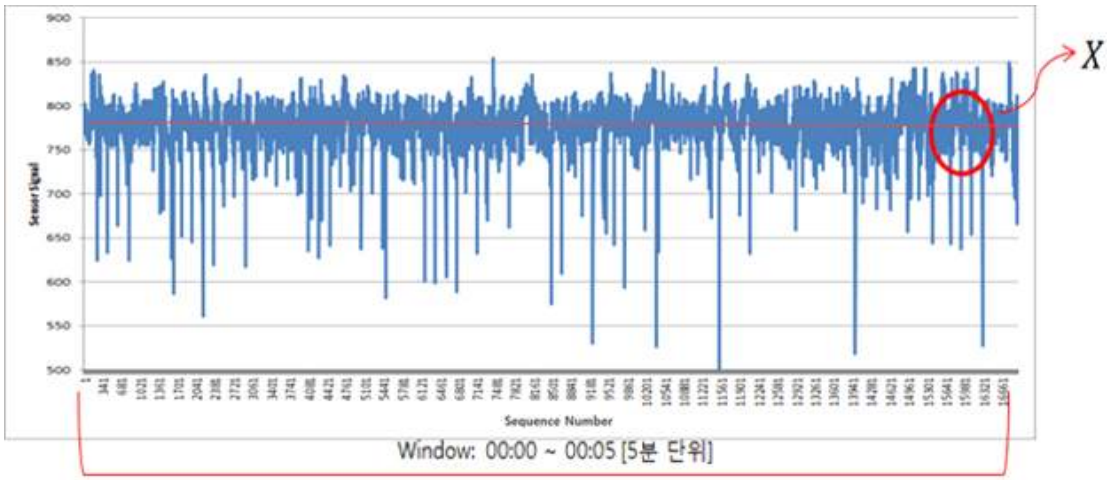


그림 2.2.8 레인 센서시그널 대표값 평균값 추출

기존 W-S-R 관계식은 센서시그널 데이터 중 대표값을 선정하여 관계식을 개발하였다. Box Plot을 통하여 8개의 채널 중 데이터의 생성범위가 좁은 7번 채널 하나를 이용하게 되며 5분 기준으로 19,000개의 데이터를 사용하여 강우강도 관계식을 개발하였다. 와이퍼가 차량 유리창에 묻어있는 물을 끌어와 순간적으로 센서시그널이 급감하는 것을 고려해 19,000개의 데이터의 이상치를 포함하여 5분동안 1개의 대표값인 X에 따른 관계식이며, 그림 2.2.10은 기존 W-S-R 관계식의 센서시그널 대표값 선정에 관하여 나타낸 것이다(2018, 김영곤).

기존 W-S-R 관계식은 5분동안 추출된 센서시그널 데이터의 대표값 1개만을 추출하여 관계식의 설명변수로 이용되었다. 8개의 채널에서 5분동안 생성되는 데이터는 약 152,000개이며 그 중 하나의 대표값을 추출하여 사용하게 되면 데이터 손실이 크다고 판단하였고 자기우량계의 티핑-버켓이 0.2mm마다 강우를 누적한 다음 초기화하여 누적강우량을 수집하는 것에 아이디어를 착안하여 신규 W-S-R 관계식은 5분 동안 추출된 센서시그널 데이터의 누적값을 적용하였다.

또한, 기존 W-S-R 관계식은 와이퍼 작동으로 인해 물방울이 제거되면서 센서시그널 값이 초기 값으로 회귀하는 점을 고려하지 않았다면, 본 연구에서의 신규 W-S-R 관계식은 와이퍼의 작동을 고려하여 순간 센서 변화량의 누적 값을 적용하는 방식을 착안하였고, 8개의 채널을 모두 고려하여 관계식을 개발하였다.

와이퍼의 속도는 150회/5min으로 단위 실험 시간에 맞게 5분간 와이퍼 작동 횟수로 설정하였다. 와이퍼 속도에 해당하는 횟수만큼의 f_x 누계값은 해당 시간동안의 누적 강우를 의미한다. 그림 2.2.11은 차량을 이용한 실내실험 사진을 첨부하였으며 차량별 실험 사진과 실험 일지는 부록으로 첨부하였다.



그림 2.2.9 차량을 이용한 실내실험

라. 최적 임계치 설정 및 대역통과 필터링 분석

레인센서 정보를 강우정보로 생산하기 위해서는 전처리과정이 필요하며 본 연구에서는 이러한 전처리 과정을 포함한 W-S-R관계식 도출까지의 과정을 W-S-R관계식의 고도화로 정의하였다. 이러한 전처리 과정 중 레인센서 원자료 중 이상치 제거를 위하여 대역통과 필터링 분석을 수행하였고 와이퍼 작동에 대한 레인센서 반응을 고려하기 위하여 최적 임계치 설정 등을 수행하였다.

(1) 대역통과 필터링 분석

레인센서 정보를 강우정보로 활용하는데 있어 정확도를 떨어트리는 요소인 이상치와 불필요하게 데이터 양을 증가시키는 노이즈를 거르기 위하여 H/W 인버터 단계에서 필터링 하는 것이 아닌 연구용 레인센서에서 생산된 데이터에서 자료 전처리 단계에서 대역통과 필터(band-pass filter)이론을 적용하여 전처리를 수행하였다.

필터링 기법은 저역 통과 필터(low pass filter), 고역 통과 필터란(high pass filter), 대역 통과 필터란(band pass filter) 등 이있다. 저역 통과 필터는 낮은 주파수에서는 높은 출력이 나타고 임계값 이상에서는 감쇠하는 특성을 가지는 필터이며 저역통과란 말 그대로 낮은 주파수대 영역의 신호를 출력으로 나타내는 필터이다.

고역 통과 필터란 저역 통과 필터에서와 반대 이론을 적용하며, 높은 주파수대 영역의 신호를 출력으로 나타내는 필터이며, 이 역시 임계값 이하에서는 감쇠하는 특성이 있다.

대역 통과 필터란 특정 대역의 주파수만 통과시키고 통과대역보다 높거나 낮은 주파수는 저지나 과쇠 시키는 필터이다.

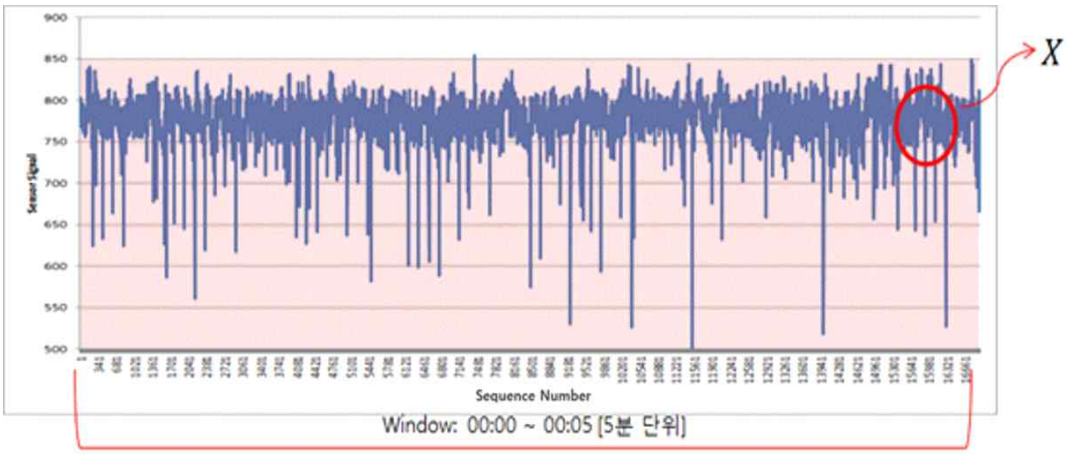


그림 2.2.10 레인센서 데이터 대역통과 범위

본 연구에서 활용한 레인센서의 데이터 생산 주파수 영역대는 0Hz에서 1023Hz이며 실내 인공강우 실험을 통해 무강우 실험을 통해 초기 값을 800Hz로 설정하고 변동 폭을 모니터링 결과 정확도에 영향을 주는 주파수 범위를 500Hz~850Hz로 확인하고 이영역대를 추출하여 강우자료로 활용하기 위하여 특정 대역의 주파수만을 필터링 할 수 있는 대역 통과 필터링 기법을 적용하여 레인센서 강우정보생산의 전처리를 수행하였다.(그림2.2.12)

(2) 최적 임계치 설정

레인센서 정보를 강우정보로 활용하기 위해서 강우시 작동하는 와이퍼에 대한 영향 고려가 필수적이다. 이전 기상청 사업(′ 17~′ 19)에서는 5분 단위로 와이퍼 동작 횟수를 차량별로 관측결과 평균적으로 112회로 확인되어 5분 동안 관측된 19,000개 레인센서 시그널 데이터에서 와이퍼가 작동한 직전과 직후 값의 차이를 누적하여 5분 강우량과의 관계를 분석 하였다. 와이퍼가 작동한 직전과 직후 값의 차이 값을 순서대로 배열하고 임계값으로 설정한 112회에 해당하는 순위까지의 값을 누적하도록 전처리하였다. 이러한 방법은 수작업으로 하기에도 많은 시간이 소요되고 시스템에서 실시간으로 분석하기에도 다소 적합하지 못한 방법이라 판단되었다.

이에 따라 본 연구에서는 초단위로 수집되는 레인센서 빅데이터정보의 적용을 위하여 실내실험 시 다양한 차량의 실험을 통해 와이퍼 1회 왕복 시 소요되는 시간이 약 2초, 이때 수집되는 레인센서 데이터 평균 개수가 약 60개(f_{hn} ~ f_{ln+1}) 로 확인하였고 초단위로 수집되는 60개 데이터의 최대 값(f_{hn})과 최소 값(f_{ln+1})의 차이를 5분 동안 누적하여 5분 강우량과의 관계식을 도출하는 전처리 과정에 활용하였다.

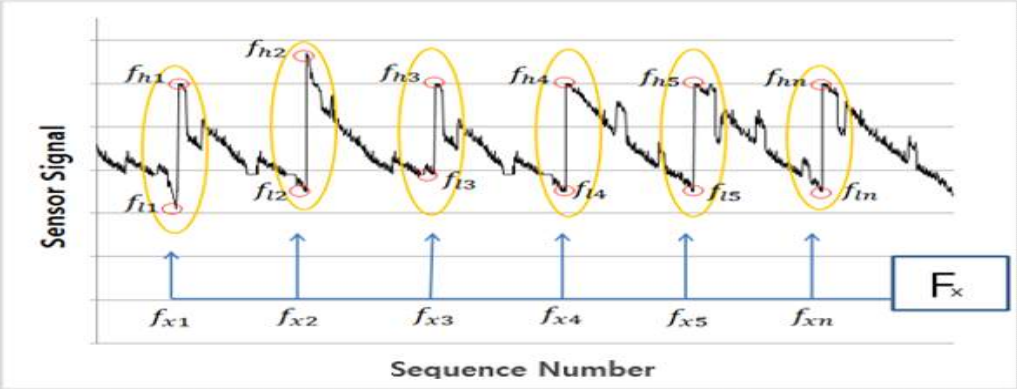


그림 2.2.11 신규 W-S-R 관계식 F값 산정 방법

$$\sum_{i=1}^{n} F_{Xi} = (f_{h1} - f_{l(1+1)}) + (f_{h2} - f_{l(2+1)}) + \cdots + (f_{hn} - f_{l(n+1)})$$

그림 2.2.13은 W-S-R 관계식의 고도화된 강우량 산정 전처리 방법에 관한 그림이며, 위 식은 이를 적리한 식이다. 식에서 f_h는 와이퍼 작동 이후 초기의 센서 값이고 f_l은 와이퍼 작동 전 최종 센서 값을 말한다. 와이퍼 작동 후 초기 센서 값인 f_{hn}와 다음 와이퍼 작동 전 센서 값인 f_{ln+1}의 차를 더해 누적값을 적용하고, f_x는 와이퍼 1회당, 즉 2초간 수집되는 60개 데이터간에 발생한 강우량과의 관계를 있으며 본 연구에서는 이 데이터를 5분간 누적하여 5분강우량과 회귀분석을 통해 W-S-R 관계식을 개발하고 고도화 하였다.

마. 회귀분석을 이용한 W-S-R 관계식 작성 및 기존 관계식과의 비교

본 연구에서는 수집된 레인센서 시그널 데이터를 8개 강우조건별로 50회 반복실험을 통해 측정된 8개 채널의 값을 앞서 기술한 와이퍼에 의한 영향을 고려하기 위한 와이퍼 작동 전후의 차이 값을 누적하였고 별 신규 W-S-R 관계식에 적용을 위하여 강우강도 별 F_x 값을 산정하였으며 강우강도가 커질수록 F_x 값도 증가한다(그림 2.2.14).

강우량별 실내실험 결과를 통해 실내실험 조건에 따라 발생한 강우량별 센서 시그널을 이용하여 Log 선형 회귀분석을 통해 W-S-R 관계식을 개발하였다.

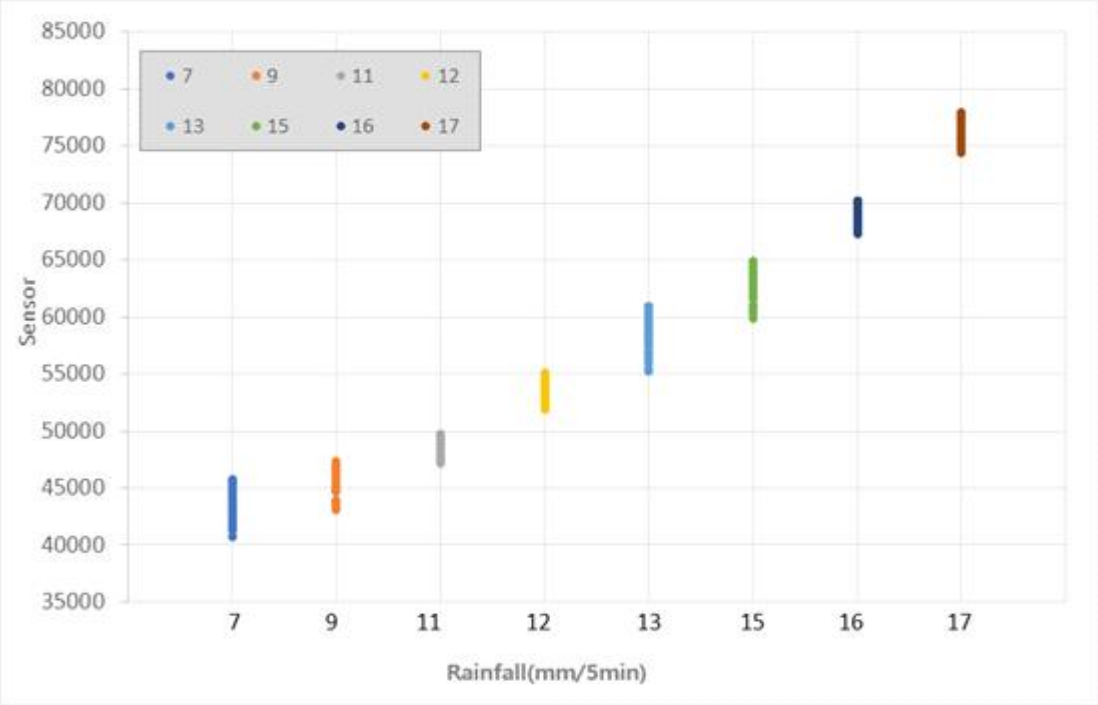


그림 2.2.12 실내실험 결과

Log 선형 회귀분석에 따른 분석결과 중 잔차들의 자기상관을 확인하기 위한 DW통계는 1.11로 분석되었고 이는 4보다 0에 가까운 결과로 잔차들이 양의 상관을 갖는 것으로 분석되었다. 영향 관측구간 검사는 Hat Diagonal, Cook's Distance, 공분산비율, DFFITS, DFBETAS 상수항, 변수로 각각 분석한 결과 Hat Diagonal는 1, 2, 7, 8 구간 으로 총 4개 구간의 영향이 있는 것으로 분석 되었고 Cook's Distance는 1 구간의 영향이있는 것으로 분석되었다. 또한 공분산비율은 2, 7 구간의 영향이 있고 DFFITS는 1, 8 구간의 영향이 있었으며, DFBETAS 상수항은 1구간의 영향이 있는 것으로 분석되었다.

8개 강우조건과 전처리된 레인센서 데이터를 변수로 적용하고 회귀분석을 수행하였고 이러한 분석과정 중의 통계 값을 표로 제시하고 이를 통해 도출된 Log 선형 회귀식을 W-S-R 관계식으로 채택하였다. 아래 식은 센서시그널의 누적값을 적용한 신규 W-S-R 관계식이다.

$$R = 16.906\ln(S) - 172.45$$

여기서, R= Rainfall Intensity(mm/hr),

S= 와이퍼 작동 전후 센서시그널 차이의 누적 값

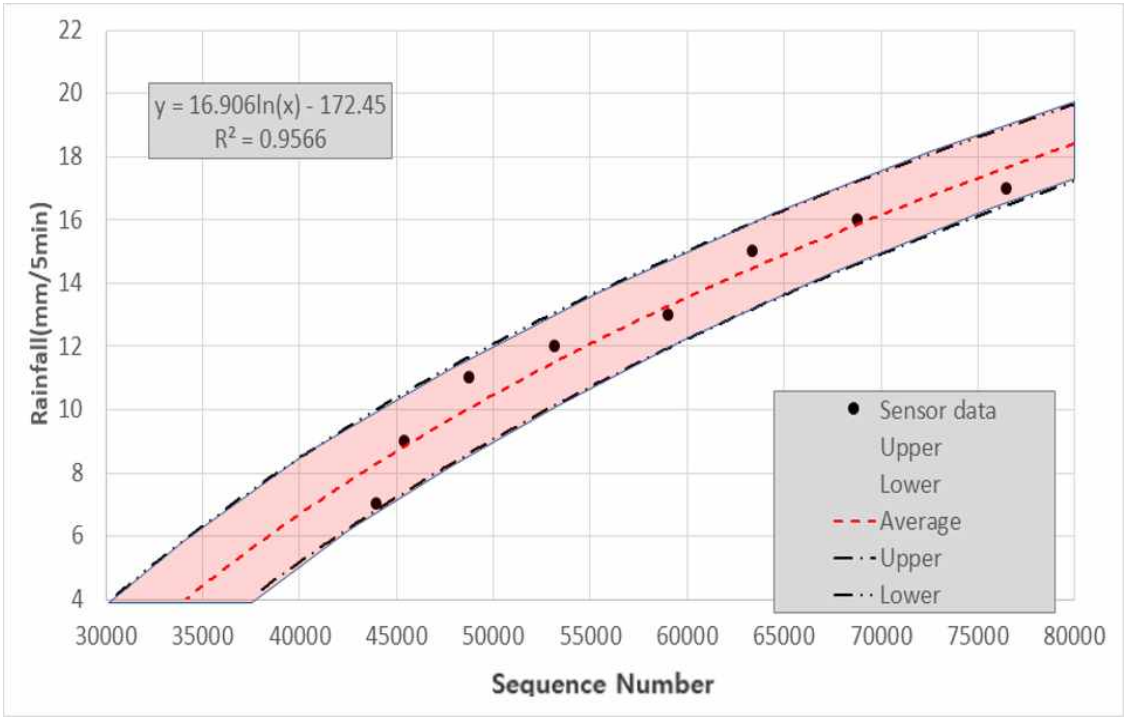


그림 2.2.13 회귀분석을 통한 W-S-R 관계식 개발

표 2.2.3 기존 W-S-R관계식과 비교

구분		기존 W-S-R관계식	신규 W-S-R관계식
실내실험 및 레인센서 데이터 생산		- 기존 수동조작 인공강우 실험장치 사용 - 강우 조건별 20회 반복 실험 - 단일 채널 사용	- 자동조작 인공강우 실험장치로 고도화 후 사용 - 강우 조건별 50회 반복 실험 - 8개 채널 모두 사용
W-S-R 관계식		$R = 0.0062(S) - 27.4$ - R: Rainfall Intensity(mm/hr), - S: 5분간 센서 시그널 데이터(약 19,000개)의 평균 값	$R = 16.906\ln(S) - 172.45$ - R: Rainfall Intensity(mm/hr), - S: 5분간 와이퍼 작동 전 후 센서시그널 차이의 누적 값
관계식 선정	분석방법	단순 선형 회귀분석	Log 선형 회귀분석
	결정계수	0.829	0.956
	표준오차	0.019	0.001
	t-통계량	9.005	3.821
	유의확률	0.032 < 0.05 (OK)	0.001 < 0.05 (OK)

기존의 W-S-R 관계식은 6개 강우 조건별로 실내실험(20회 반복) 강우 값의 평균값을 5분 동안 실험한 레인센서 데이터 19,000개의 평균을 구하고 이를 이용하여 회귀분석 후 W-S-R 관계식으로 적용하였으나, 본 연구에서는 레인센서에 미치는 와이퍼의 영향을 고려하기 위하여 10개 강우 조건별로 실내실험(50회 반복)과 8개 채널을 통해 생산된 5분 동안의 19,000개 데이터 중 최대 값(와이퍼 작동 전)과 최소 값(와이퍼 작동 후)의 차이 값의 누적 값의 평균을 회귀분석의 변수로 적용하였다(그림 2.2.15).

회귀분석 결과 기존 W-S-R관계식 및 방법에 의한 결과인 결정계수는 0.829에서 0.956으로 표준오차는 0.019에서 0.001로 정확도가 향상된 것을 확인하였고, 실내실험을 통해 생산된 레인센서 데이터와 인공강우량 간에 통계적 차이를 모수적으로 검증하기 위하여 t-검증 결과 9.005에서 3.821로 통계적 차이가 줄어드는 것을 확인하였다. 이외 통계량 3.821, 유의확률 0.001에 비해 결정계수 0.96, 표준오차 0.001, t-통계량 3.821, 이외 귀무가설에 대한 검증을 위하여 유의확률 분석결과 0.032에서 0.001로 향상 된 것을 확인하였다(표 2.2.4).

2.2.2 외부환경 영향(바람, 풍속)에 따른 차량용 레인센서 인공강우 실험

W-S-R 관계식을 통해 산정된 강우자료의 외부요인에 따른 보정을 위하여 아래 그림과 같은 연구 흐름에 의해 실험을 수행하였다. 첫 번째로 실험을 위하여 실내 인공강우 실험장치 및 외란광 차단, 레인센서 시그널 초기 값 설정을 하고, 두 번째로 강우분사 조건을 설정하는데 본 실험에서는 기상청에서 정의한 5개의 강우등급 중(표 2.2.4)에서 매우 강한 비에 가장 가까운 실내실험 강우분사 조건인 40mm/hr를 적용하였다. 세번째로 외부요인 조도, 풍속, 윈드쉴드 각도 조건을 각각의 등급별로 설정한다. 마지막으로 실험을 통해 도출된 결과를 통해 외부요인 조건별로 강우강도 보정계수를 산정하여 실외측정 시 적용하는 방안을 제시하였다. 그림 2.2.16은 외부요인을 고려한 강우강도 보정 연구 흐름도이다.

표 2.2.4 강우강도 등급(기상청)

등급	약한 비	보통 비	강한 비	매우 강한 비
강우강도 (mm/hr)	0 ~ 3	3 ~ 15	15 ~ 30	30이상

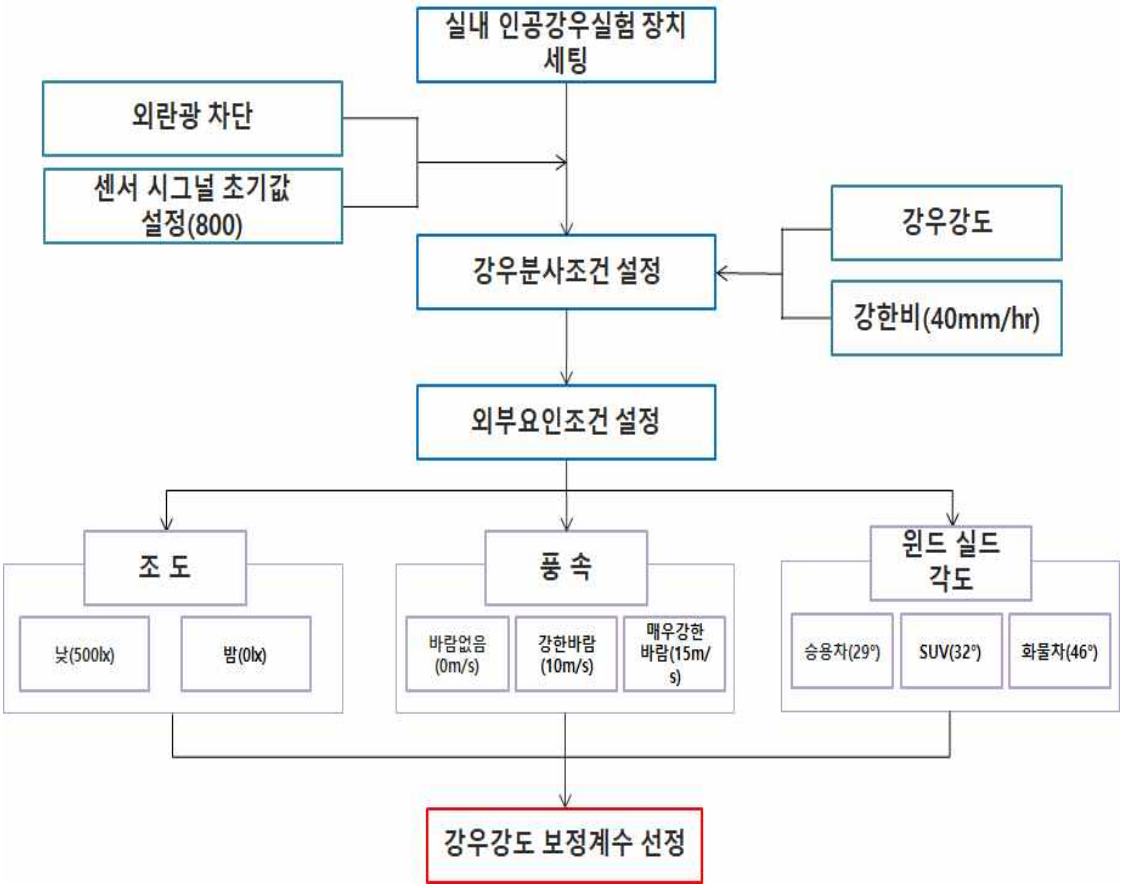


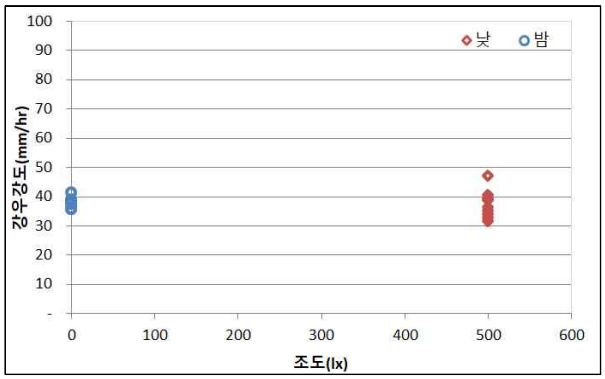
그림 2.2.14 외부요인을 고려한 강우강도 보정

가. 조도가 미치는 영향

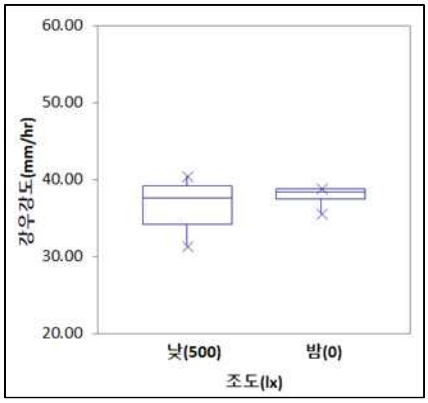
차량용 레인센서를 이용하여 보다 정확한 강우정보를 생산하기위해서 다양하게 작용하는 외부요인 중에서 조도의 조건별 W-S-R관계식의 변화량을 확인하기 위하여 조도 발생 장치를 이용하여 실외의 낮의 경우에 해당하는 조도와과 밤에 해당하는 조건(표 2.2.5)을 고려하여 실험을 수행하였고 강우조건은 기상청에서 정의하는 5개 강우조건 중 매우 강한 비(30mm/hr 이상)에 해당하는 40mm/hr의 강우조건으로 10회 반복 실험을 수행하였다. 그 결과 조도의 조건별 실험결과 낮을 가정한 실험 조건의 평균 강우강도 37.4mm/hr에 비해 아래 그림과 같이 밤을 가정한 조건의 평균 강우강도가 38.1mm/hr로 미비한 차이를 보이고 있으며 이는 낮과 밤에 대한 큰 영향은 없는 것으로 판단되었다. 표 2.2.4는 조도 실험조건 및 결과이며, 그림 2.2.17은 조도에 따른 강우강도 분포도 및 box-plot이다.

표 2.2.5 조도 실험조건 및 결과

	낮	밤
조도량(lx)	500	0
평균	37.4	38.1
보정계수	1.00	1.02



(a) 조도에 따른 강우강도 분포도



(b) 조도에 따른 강우강도 box-plot

그림 2.2.15 조도 실험 결과

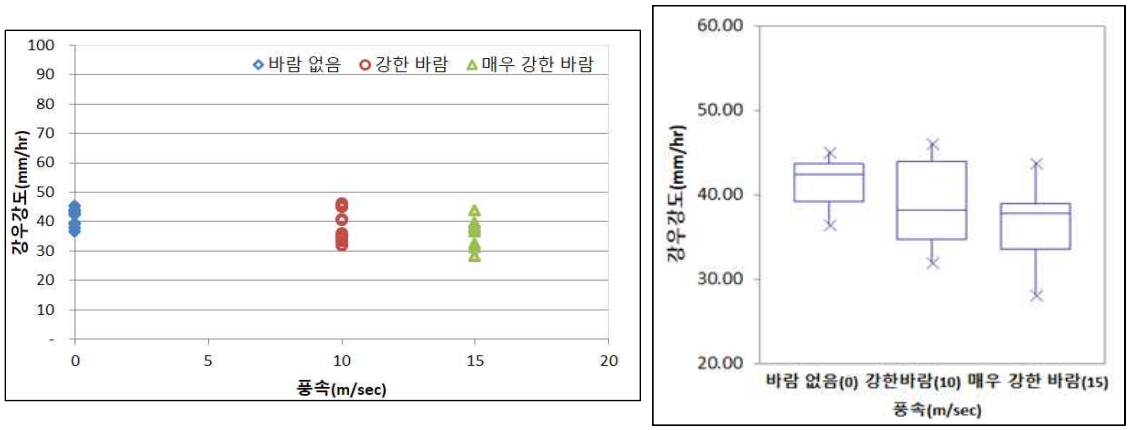
나. 풍속이 미치는 영향

다양하게 작용하는 외부요인 중에서 조도의 조건별 W-S-R관계식의 변화량을 확인하기 위하여 앞서 소개한 강풍 발생장치를 이용하여 바람의 등급을 풍속이 없는 경우를 비롯하여 총 4개의 조건(표)을 고려하였고 강우조건은 기상청에서 정의하는 5개 강우조건 중 매우 강한 비(30mm/hr 이상)에 해당하는 40mm/hr의 강우조건으로 10회 반복 실험을 수행하였다. 표 2.2.6은 풍속 실험조건 및 결과이며, 그림 2.2.18은 풍속 실험결과에 따른 강우강도 분포도 및 box-plot이다.

풍속의 조건별 실험결과 바람 없음 등급에서의 평균 강우강도 41.4mm/hr에 비해 강한 바람과 매우 강한 바람의 평균 강우강도가 그림 2.2.18과 같이 38.9mm/hr와 36.4mm/hr로 각각 0.94, 0.88배 감소하는 것으로 도출되었으며 풍속이 증가함에 따라 점차 감소하는 것을 확인하였다. 이에 따라 풍속에 대한 보정계수는 각각 강한 바람의 경우 0.94, 매우 강한 바람의 경우 0.88로 적용하는 방안을 제시하였다.

표 2.2.6 풍속 실험조건 및 결과

	바람 없음	강한 바람	매우 강한 바람
풍속(m/s)	0	9 ~ 14	14 이상
실험적용 풍속(m/s)	0	10	15
평균	41.4	38.9	36.4
보정계수	1.00	0.94	0.88



(a) 풍속에 따른 강우강도 분포도 (b) 풍속에 따른 강우강도 box-plot

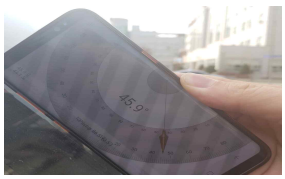
그림 2.2.16 풍속 실험 결과

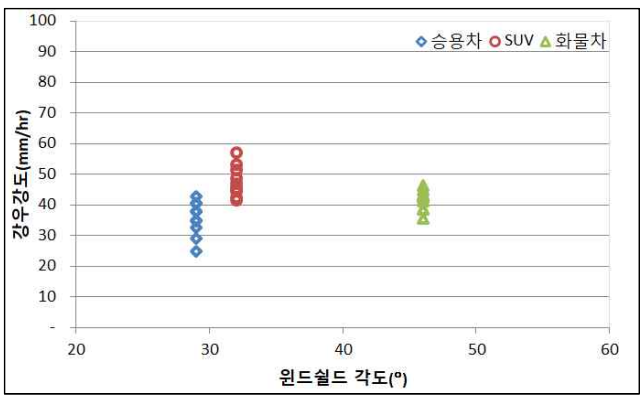
다. 차량 윈드쉴드 각도가 미치는 영향

다양하게 작용하는 외부요인 중에서 차량의 윈드쉴드 각도 조건을 승용차, SUV, 화물차 총 3개의 조건(표)을 고려하여 W-S-R관계식의 변화량을 확인하기 위하여 윈드쉴드 각도 조절 장치를 이용하였고 강우조건은 기상청에서 정의하는 5개 강우조건 중 매우 강한 비(30mm/hr 이상)에 해당하는 40mm/hr의 강우조건으로 10회 반복 실험을 수행하였다. 표 2.2.7은 윈드쉴드 각도 실험조건 및 결과이며, 그림 2.2.19은 윈드쉴드 각도 실험결과에 따른 강우강도 분포도 및 box-plot이다.

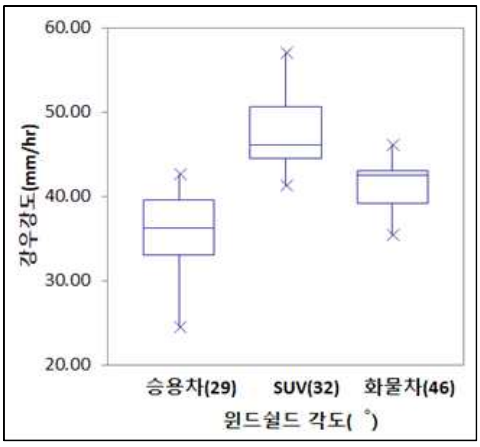
차량의 윈드쉴드 각도 조건별 실험결과 승용차 윈드쉴드 각도에서의 평균 강우강도 35.5mm/hr에 비해 SUV의 윈드쉴드 각도와 화물차의 윈드쉴드 각도가 각각 47.6mm/hr, 41.6mm/hr로 각각 1.34, 1.17배 증가하는 것으로 도출되었으며 윈드쉴드 각도가 증가한 두 조건 모두 증가하는 것을 확인하였다. 이에 따라 차량별 윈드쉴드 각도에 대한 보정계수는 각각 승용차를 기준으로 SUV의 경우 1.3, 화물차의 경우 1.2로 적용하는 방안을 제시하였다.

표 2.2.7 윈드쉴드 각도 실험조건 및 결과

	승용차	SUV	화물차
차량별 윈드쉴드 각도 측정			
			
윈드쉴드 적용각도(°)	29	32	46
평균	35.5	47.6	41.6
보정계수	1	1.3	1.2



(a) 윈드쉴드 각도에 따른 강우강도 분포도



(b) 윈드쉴드 각도에 따른 강우강도 변화

그림 2.2.17 윈드쉴드 각도 실험 결과

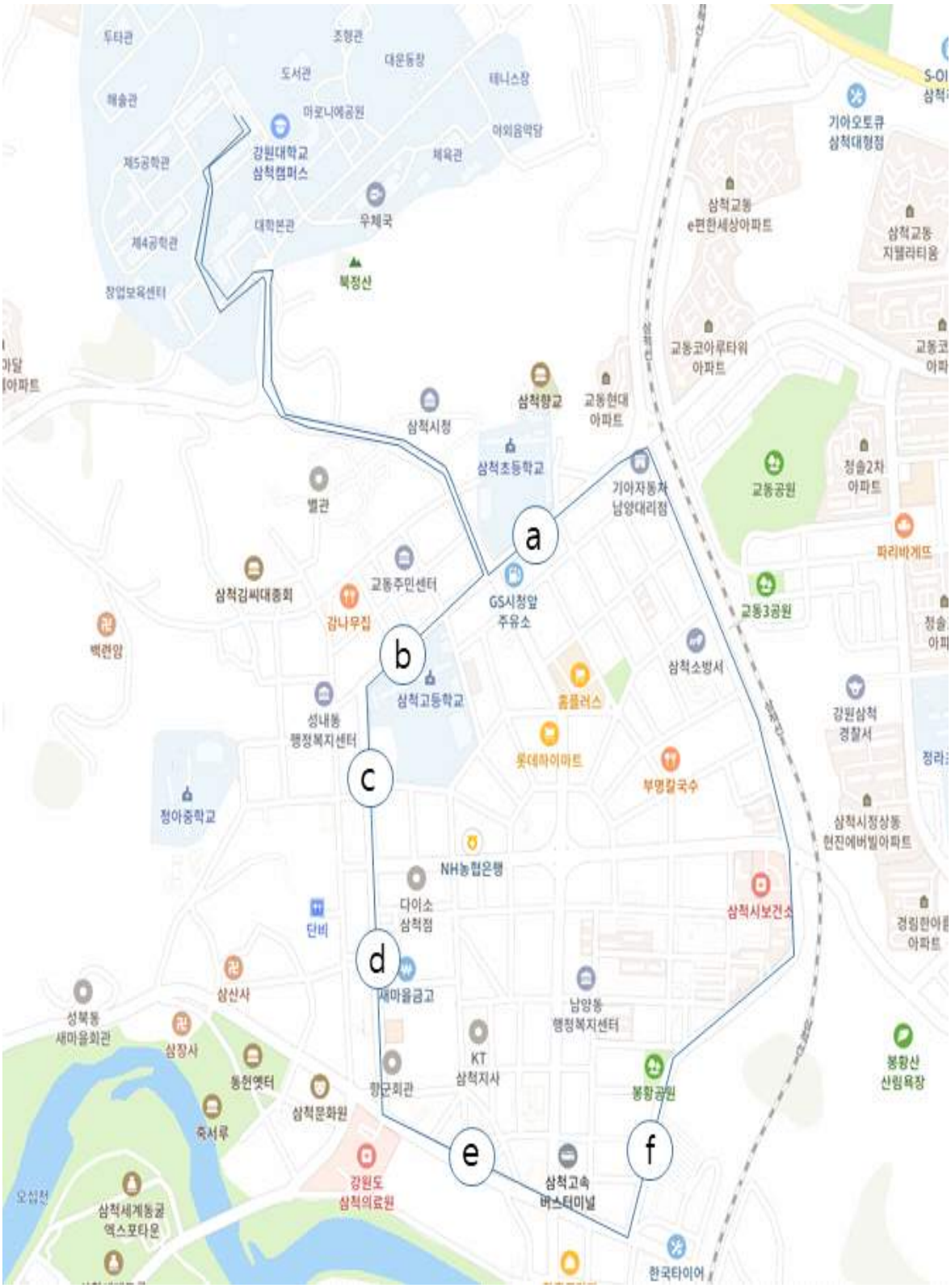


그림 2.2.20 차량을 이용한 실외실험 경로

2.2.4 실외 실험정보를 이용한 지상강우 및 TM과의 비교를 통한 강우자료 검증

가. 실외강우관측 및 강우자료 수집

W-S-R 관계식의 정확도를 검증하기 위해 실외 강우관측을 진행하였으며, 실외강우관측은 실제로 비가 왔을 때 차량에 부착된 레인센서를 이용한 실험이다. 실외실험 시 주변에 실험데이터에 영향을 미칠 수 있는 변수들을 최소화하기 위하여 매회 동일한 차량을 이용하였으며, 인공강우실험실 앞 실외실험장에서 실험을 하였다.

표 2.2.8 실측 강우사상

Event	측정 일자	측정 시간	지속시간(min)
E1	18.08.06	12:35 ~ 14:30	125
E2		17:00 ~ 19:30	150
E3	18.08.28	15:00 ~ 16:20	80
E4	18.09.19	20:45 ~ 22:00	75
E5	18.10.05 ~ 18.10.06	09:10 ~ 02:15	1025
E6	18.10.06 ~ 18.10.07	18:30 ~ 00:40	370
E7	18.10.16	21:00 ~ 22:20	80
E8	18.10.17	19:35 ~ 21:05	100
E9	18.10.18	15:30 ~ 18:10	160
E10	18.11.08	09:40 ~ 13:40	250
E11	18.12.04	10:00 ~ 11:10	70
E12	18.12.06	04:00 ~ 05:30	90
E13		06:30 ~ 08:00	90
E14	19.06.07	07:30 ~ 11:10	220
E15	19.07.10 ~ 19.07.11	18:30 ~ 02:30	480
E16	19.08.07	04:00 ~ 06:00	120
E17	19.09.03 ~ 19.09.04	14:10 ~ 22:30	500
E18	19.09.21	00:00 ~ 15:00	900
E19	20.05.18 ~ 20.05.19	20:00 ~ 04:00	480
E20	20.06.29 ~ 20.06.30	23:30 ~ 03:20	230
E21	20.07.10	09:30 ~ 12:25	175
E22	20.07.13	03:45 ~ 09:55	370
E23	20.07.13 ~ 20.07.14	13:20 ~ 02:45	805

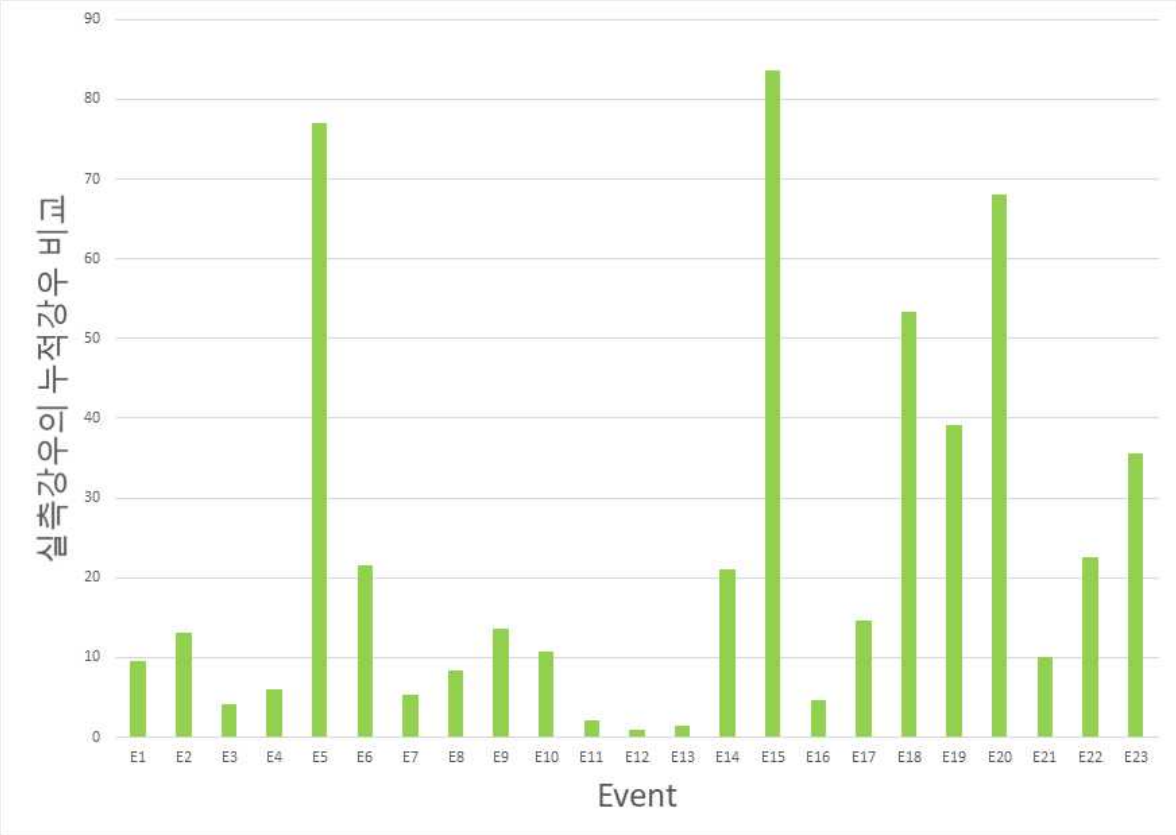


그림 2.2.21 실측강우의 누적강우 비교

그림 2.2.23은 23개의 이벤트별 실측 강우의 누적강우량을 비교 한 것으로 최소 2mm에서 최대 84mm의 강우가 내렸음을 확인 할 수 있다.

나. 레인센서 강우값과 실측강우의 우량주상도 비교 분석

본 연구에서는 실내실험데이터를 통해 개발된 W-S-R 관계식을 이용하여 산출된 강우량을 실측강우값과 비교하였으며, 비교 기준으로 자기우량계 값인 실측강우값(OBS)의 값을 사용하였다. 그림 2.2.24 ~ 2.2.46은 센서시그널 데이터에 따른 W-S-R 관계식을 실측강우값과 비교 분석 결과를 나타내었다. 23개의 이벤트별 관측 시간, 센서의 5분단위 강우량을 빨간색 막대그래프로, 5분단위 실측값을 초록색 막대그래프로, 센서의 누적강우량을 빨간색 꺽은선 스래프로, 실측 강우의 누적강우량을 초록색 꺽은선 그래프로 각각 도식화 하였다.

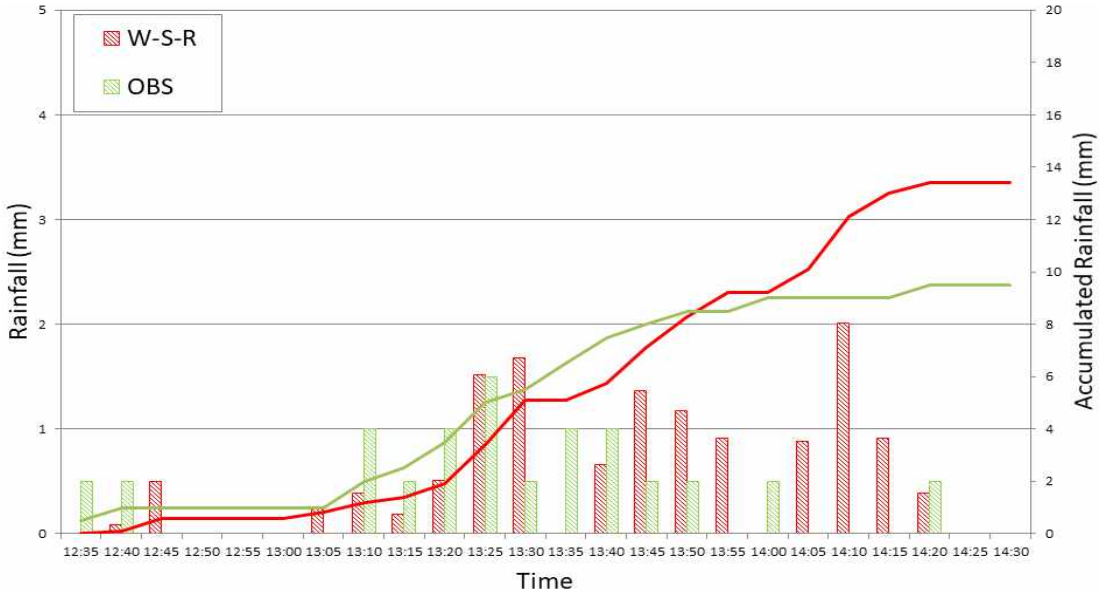


그림 2.2.22 실측강우와 레인센서 강우의 비교 Event 1 (18.08.06 12:35~14:30)

Event 1은 2018년 08월 06일 12시 35분 ~ 14시 30분에 측정된 실외측정데이터를 실측강우값과 W-S-R 관계식을 비교 분석한 결과이다. W-S-R 관계식을 적용한 결과 W-S-R 관계식의 누적강수는 실측강우값보다 2mm 많게 측정되었다. 실측 강우값과 W-S-R 관계식 값에서 누적강수의 차이가 크게 보이지 않았으며 W-S-R관계식은 무강수 일 때도 강우가 측정됨을 알 수 있다(그림 2.2.24).

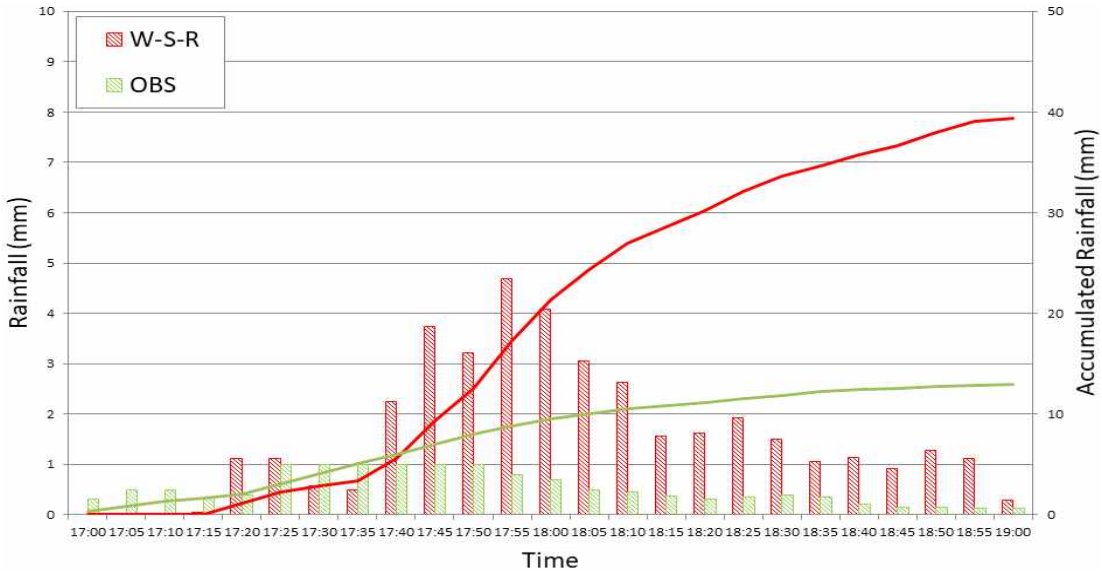


그림 2.2.23 실측강우와 레인센서 강우의 비교 Event 2 (18.08.06 17:00 ~ 19:00)

Event 2는 2018년 08월 06일 17시 ~ 19시 00분에 측정된 실외측정데이터를 실측강우값과

W-S-R 관계식을 비교 분석한 결과이다. W-S-R 관계식을 적용한 결과 W-S-R 관계식의 누적강수는 실측강우값보다 26mm 많게 측정되었다. 실측 강우값과 W-S-R 관계식 값에서 누적강수의 차이가 Event 1에 비해 크게 보였으며 W-S-R관계식은 전체적으로 과대측정된 경향을 확인하였다(그림 2.2.25).

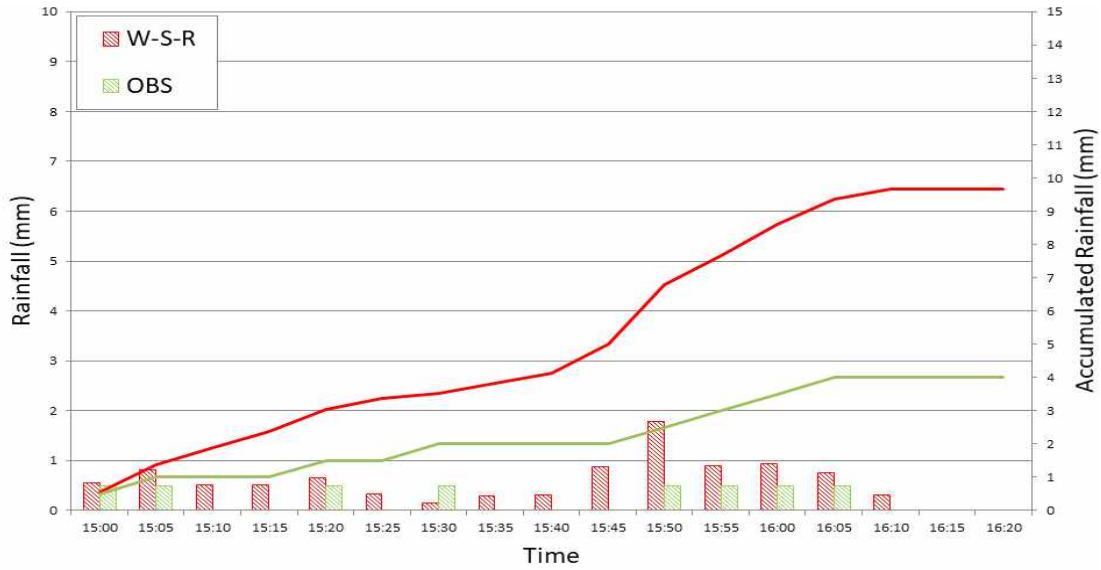


그림 2.2.24 실측강우와 레인센서 강우의 비교 Event 3 (18.08.28 15:00 ~16:20)

Event 3은 2018년 08월 28일 15시 ~ 16시20분에 측정된 실외측정데이터를 실측강우값과 W-S-R 관계식을 비교 분석한 결과이다. W-S-R 관계식을 적용한 결과 W-S-R 관계식의 누적강수는 실측강우값보다 6mm 많게 측정되었다. 실측 강우값과 W-S-R 관계식 값에서 누적강수의 차이가 크게 보이지 않았으며 비교적 과대 측정되기는 하였지만 비슷한 양상의 상승세를 확인 하였다(그림 2.2.26).

Event 4는 2018년 09월 19일 20시 45분 ~ 22시에 측정된 실외측정데이터를 실측강우값과 W-S-R 관계식을 비교 분석한 결과이다. W-S-R 관계식을 적용한 결과 W-S-R 관계식의 누적강수는 실측강우값보다 5mm 많게 측정되었다. W-S-R 관계식 값은 실측 강우값보다 큰 누적강수량이 나타났지만 비슷한 양상의 상승세를 확인 하였다(그림 2.2.27).

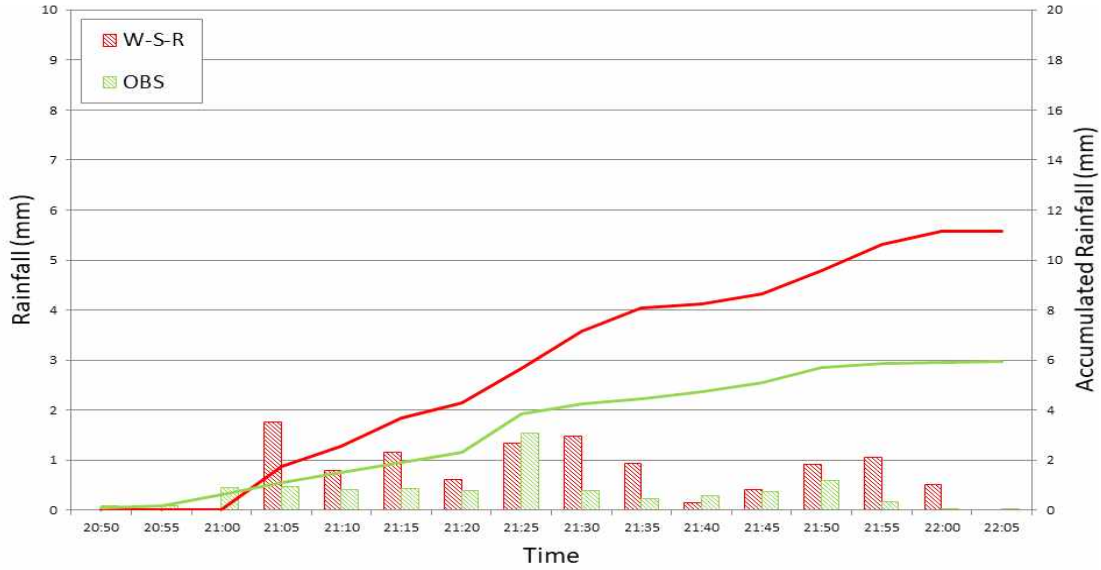


그림 2.2.25 실측강우와 레인센서 강우의 비교 Event 4 (18.09.19 20:50 ~ 22:05)

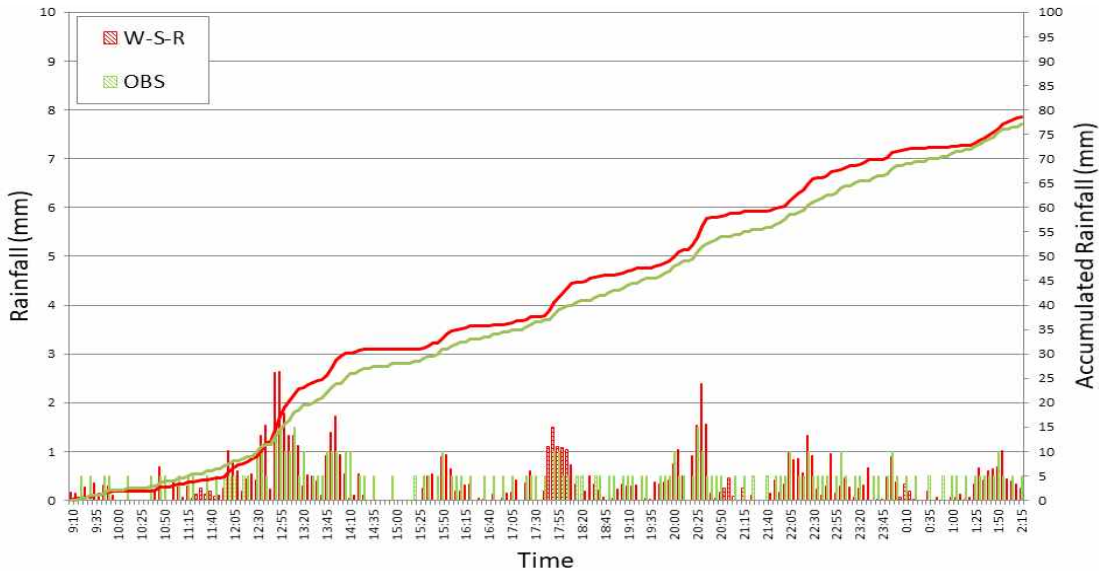


그림 2.2.26 실측강우와 레인센서 강우의 비교 Event 5 (18.10.05 09:10 ~ 18.10.06 02:15)

Event 5는 2018년 10월 05일 09시 10분 ~ 10월 6일 02시15분에 측정된 실외측정데이터를 실측강우값과 W-S-R 관계식을 비교 분석한 결과이다. W-S-R 관계식을 적용한 결과 W-S-R 관계식의 누적강수는 거의 동일하게 측정되었으며 비교적 과대측정 되는 값도 있지만 W-S-R 관계식과 실측값이 거의 유사한 경향을 확인하였다(그림 2.2.28).

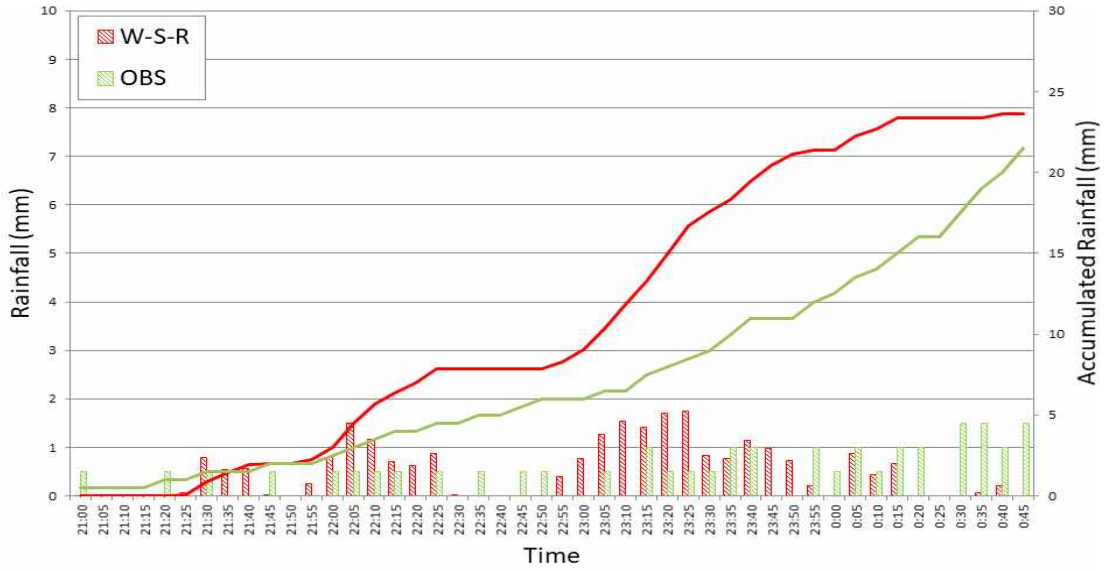


그림 2.2.27 실측강우와 레인센서 강우의 비교 Event 6 (18.10.06 18:30 ~ 18.10.07 00:40)

Event 6은 2018년 10월 06일 18시 30분 ~ 10월 07일 00시 40분에 측정된 실외측정 데이터를 실측강우값과 W-S-R 관계식을 비교 분석한 결과이다. W-S-R 관계식을 적용한 결과 W-S-R 관계식의 누적강수는 실측강우값보다 2mm 많게 측정되었다. 실측 강우값과 W-S-R 관계식 값에서 누적강수의 차이가 크게 나타난 값도 있었지만 비교적 유사한 경향을 확인하였다(그림 2.2.29).

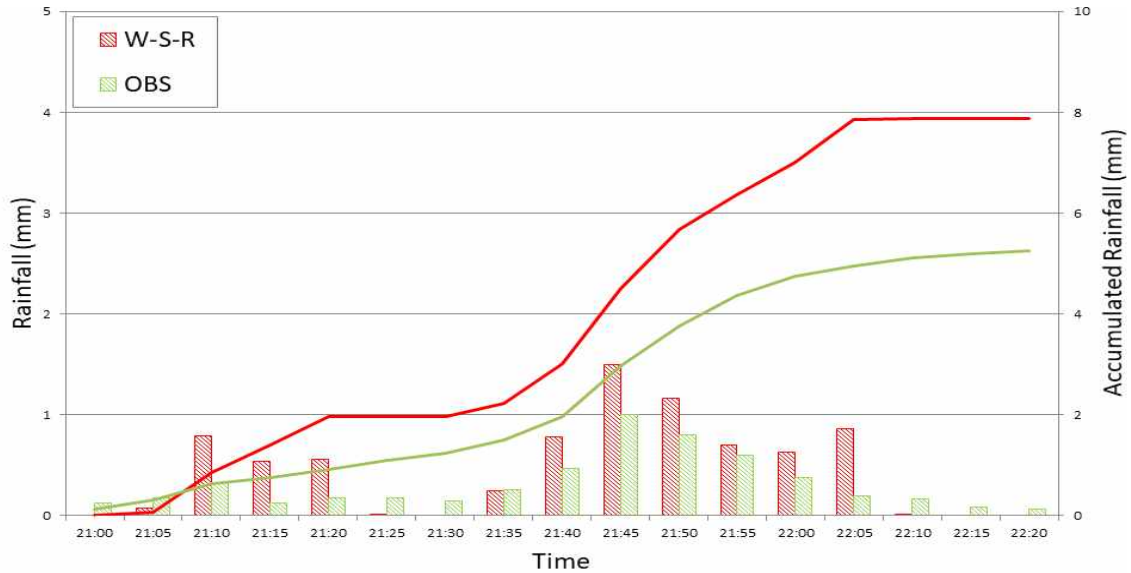


그림 2.2.28 실측강우와 레인센서 강우의 비교 Event 7 (18.10.16 21:00 ~ 22:20)

Event 7은 2018년 10월 16일 21시 ~ 22시 20분에 측정된 실외측정데이터를 실측강우값과

W-S-R 관계식을 비교 분석한 결과이다. W-S-R 관계식을 적용한 결과 W-S-R 관계식의 누적강수는 실측강우값보다 약 3mm 많게 측정되었다. 실측 강우값과 W-S-R 관계식 값에서 누적강수의 차이가 크게 보이지 않았다(그림 2.2.30).

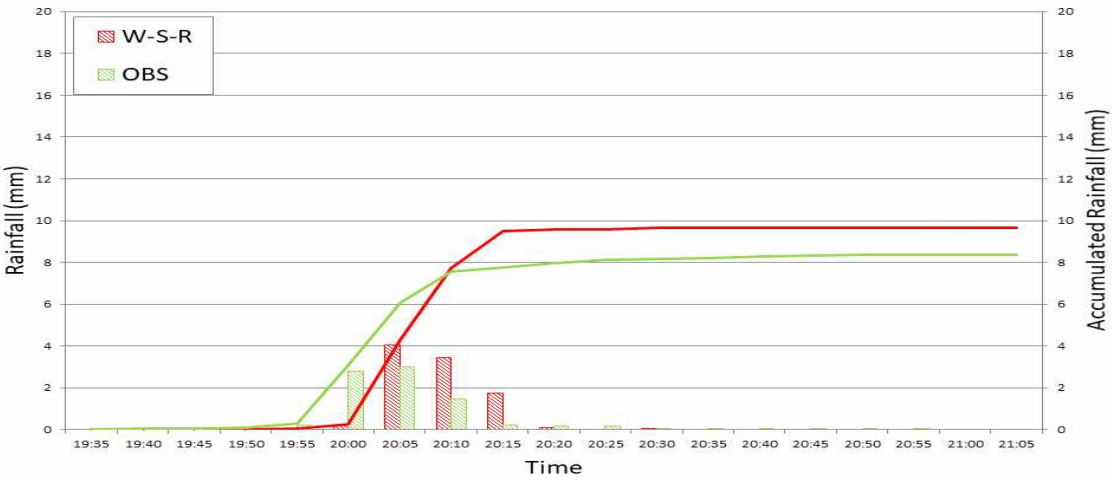


그림 2.2.29 실측강우와 레인센서 강우의 비교 Event 8 (18.10.17 19:35 ~ 21:05)

Event 8은 2018년 10월 17일 19시 35분 ~ 21시 05분에 측정된 실외측정데이터를 실측강우값과 W-S-R 관계식을 비교 분석한 결과이다. W-S-R 관계식을 적용한 결과 W-S-R 관계식의 누적강수는 실측강우값보다 1mm 많게 측정되었다. 실측 강우값과 W-S-R 관계식 값에서 누적강수의 차이가 크게 보이지 않았으며 비슷한 경향의 상승세를 확인하였다(그림 2.2.31).



그림 2.2.30 실측강우와 레인센서 강우의 비교 Event 9 (18.10.18 15:30 ~ 18:10)

Event 9는 2018년 10월 18일 15시 30분 ~ 18시 10분에 측정된 실외측정데이터를 실측강우값과 W-S-R 관계식을 비교 분석한 결과이다. W-S-R 관계식을 적용한 결과 W-S-R

관계식의 누적강수는 실측강우값보다 1mm 적게 측정되었다. 실측 강우값과 W-S-R 관계식 값에서 누적강수의 차이가 크게 보이지 않았으며 W-S-R관계식은 실측강우가 있음에도 측정하지 못하는 모습을 확인하였다(그림 2.2.32).

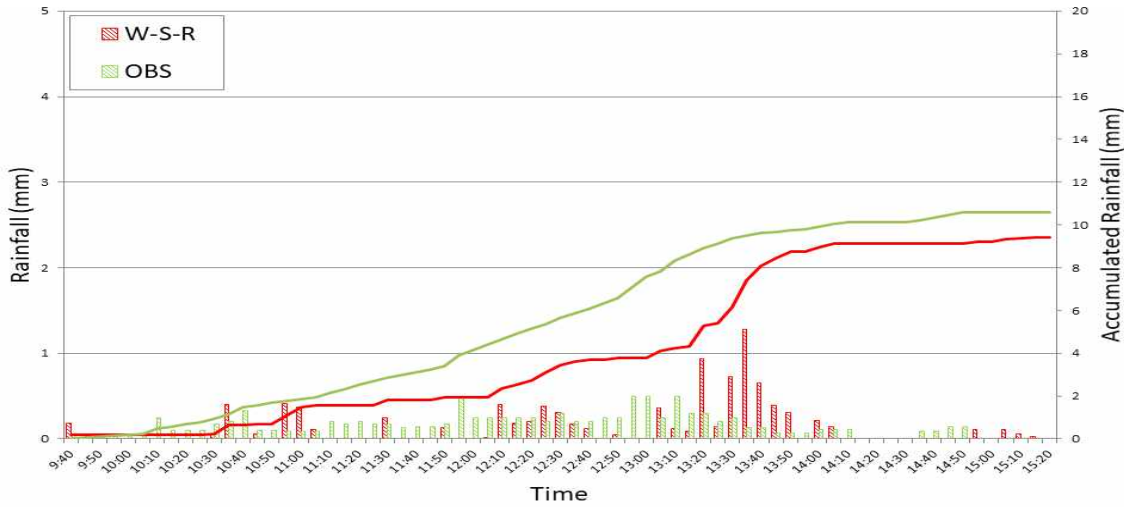


그림 2.2.31 실측강우와 레인센서 강우의 비교 Event 10 (18.11.08 09:40 ~ 13:40)

Event 10은 2018년 11월 08일 09시 40분 ~ 13시 40분에 측정된 실외측정데이터를 실측강우값과 W-S-R 관계식을 비교 분석한 결과이다. W-S-R 관계식을 적용한 결과 W-S-R 관계식의 누적강수는 실측강우값보다 1mm 적게 측정되었다. 실측 강우값과 W-S-R 관계식 값에서 누적강수의 차이는 크게 보이지 않았으나 W-S-R관계식은 비교적 과대 측정된 값이 있음을 확인하였다(그림 2.2.33).

Event 11은 2018년 12월 04일 10시 ~ 11시 10분에 측정된 실외측정데이터를 실측강우값과 W-S-R 관계식을 비교 분석한 결과이다. W-S-R 관계식을 적용한 결과 W-S-R 관계식의 누적강수는 실측강우값보다 1mm 많게 측정되었다. 실측 강우값과 W-S-R 관계식 값에서 누적강수의 차이가 크게 보이지 않았지만 W-S-R관계식은 비교적 과대 측정된 값을 확인하였다(그림 2.2.34).



그림 2.2.32 실측강우와 레인센서 강우의 비교 Event 11 (18.12.04 10:00 ~ 11:10)

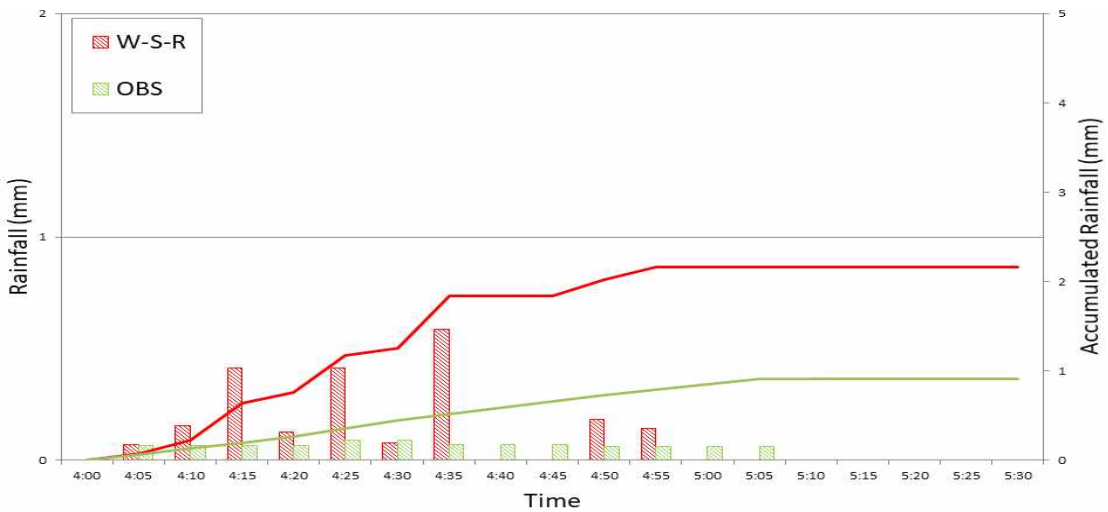


그림 2.2.33 실측강우와 레인센서 강우의 비교 Event 12 (18.12.06 04:00 ~ 05:30)

Event 12는 2018년 12월 06일 04시 ~ 05시 30분에 측정된 실외측정데이터를 실측강우값과 W-S-R 관계식을 비교 분석한 결과이다. W-S-R 관계식을 적용한 결과 W-S-R 관계식의 누적강수는 실측강우값보다 1mm 많게 측정되었다. 실측 강우값과 W-S-R 관계식 값에서 누적강수의 차이가 비교적 크게 나타났다(그림 2.2.35).

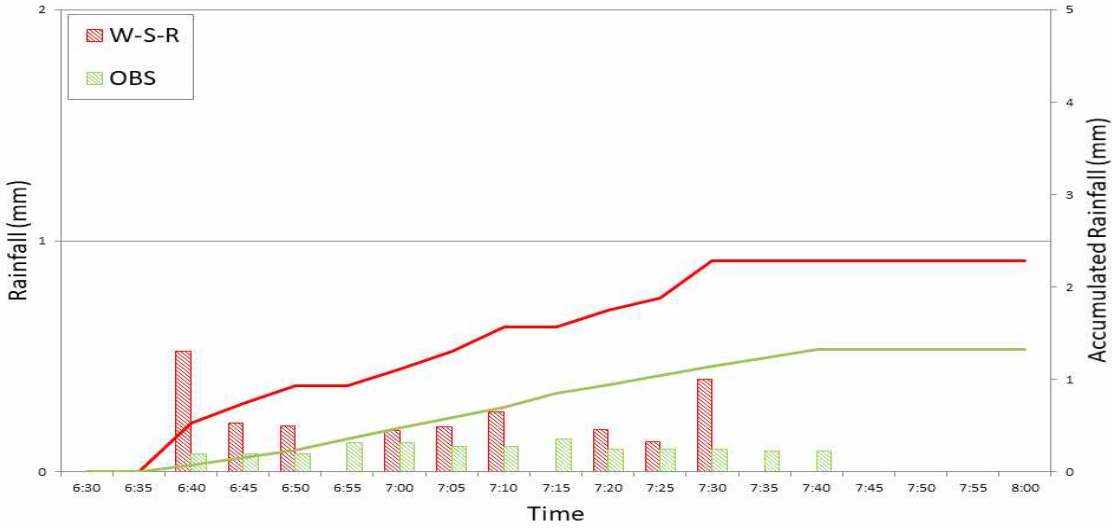


그림 2.2.34 실측강우와 레인센서 강우의 비교 Event 13 (18.12.06 06:30 ~ 08:00)

Event 13은 2018년 12월 06일 06시 30분 ~ 08시 에 측정된 실외측정데이터를 실측강우값과 W-S-R 관계식을 비교 분석한 결과이다. W-S-R 관계식을 적용한 결과 W-S-R 관계식의 누적강수는 실측강우값보다 1mm 많게 측정되었다. 실측 강우값과 W-S-R 관계식 값에서 누적강수의 차이가 비교적 크게 나타났고 과대 측정된 값이 있음을 확인하였다 (그림 2.2.36).

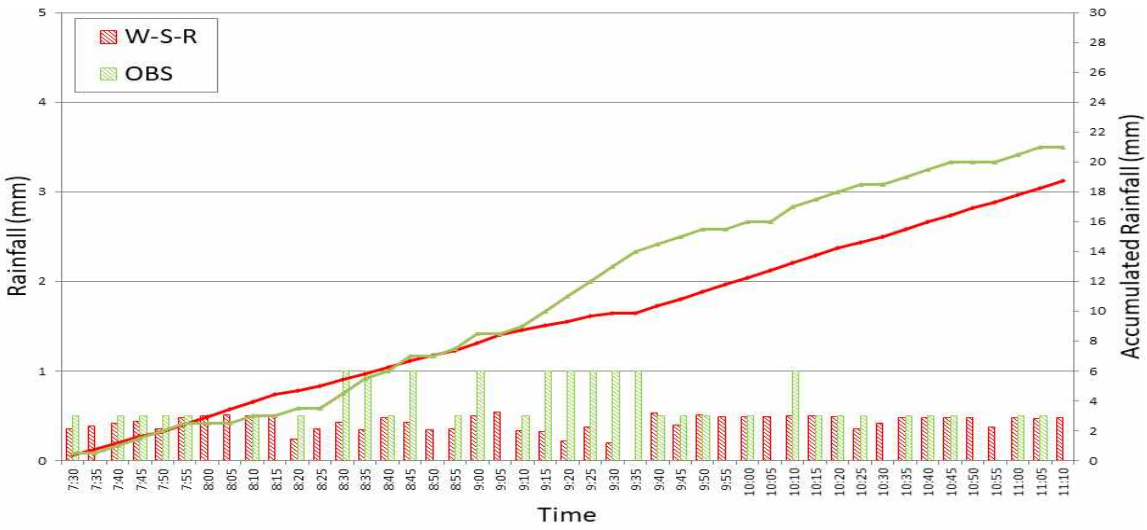


그림 2.2.35 실측강우와 레인센서 강우의 비교 Event 14 (19.06.07 07:30 ~ 11:10)

Event 14는 2019년 06월 07일 07시 30분 ~ 11시 10분에 측정된 실외측정데이터를 실측강우값과 W-S-R 관계식을 비교 분석한 결과이다. W-S-R 관계식을 적용한 결과 W-S-R

관계식의 누적강수는 실측강우값보다 2mm 적게 측정되었다. 실측 강우값과 W-S-R 관계식 값에서 누적강수의 차이가 크게 보이지 않았으며 W-S-R관계식의 일부 값들이 비교적 적게 측정되었을을 확인하였다(그림 2.2.37).

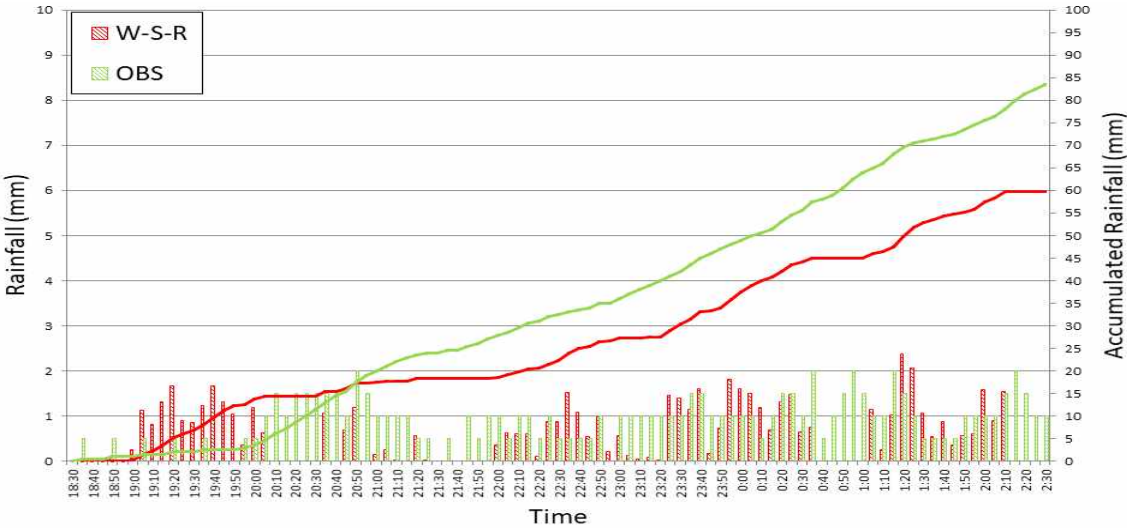


그림 2.2.36 실측강우와 레인센서 강우의 비교 Event 15 (19.07.10 18:30 ~ 19.07.11 02:30)

Event 15는 2019년 07월 10일 18시 30분 ~ 07월 11일 02시 30분에 측정된 실외측정 데이터를 실측강우값과 W-S-R 관계식을 비교 분석한 결과이다. W-S-R 관계식을 적용한 결과 W-S-R 관계식의 누적강수는 실측강우값보다 25mm 적게 측정되었다. 실측 강우값과 W-S-R 관계식 값의 누적강수 상승세가 비교적 유사한 경향을 보였으나 W-S-R관계식의 일부 값들이 적게 측정된 값이 있음을 확인하였다(그림 2.2.38).

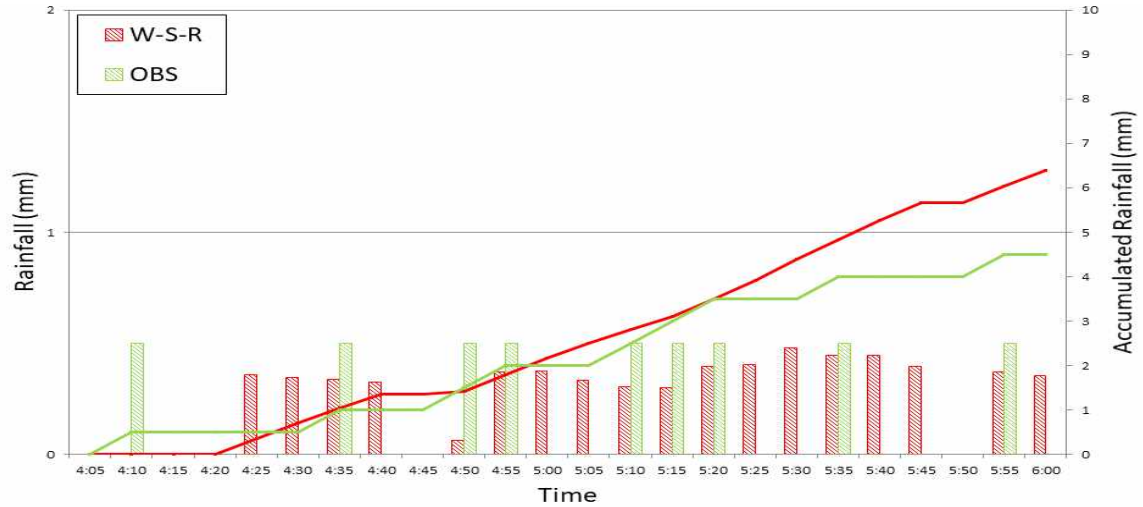


그림 2.2.37 실측강우와 레인센서 강우의 비교 Event 16 (19.08.07 04:00 ~ 06:00)

Event 16은 2019년 08월 07일 04시 ~ 06시에 측정된 실외측정데이터를 실측강우값과 W-S-R 관계식을 비교 분석한 결과이다. W-S-R 관계식을 적용한 결과 W-S-R 관계식의 누적강수는 실측강우값보다 2mm 많게 측정되었다. 실측 강우값과 W-S-R 관계식 값에서 누적강수의 차이가 크게 보이지 않았으며 W-S-R관계식은 무강수 일 때도 강우가 측정됨을 알 수 있다(그림 2.2.39).

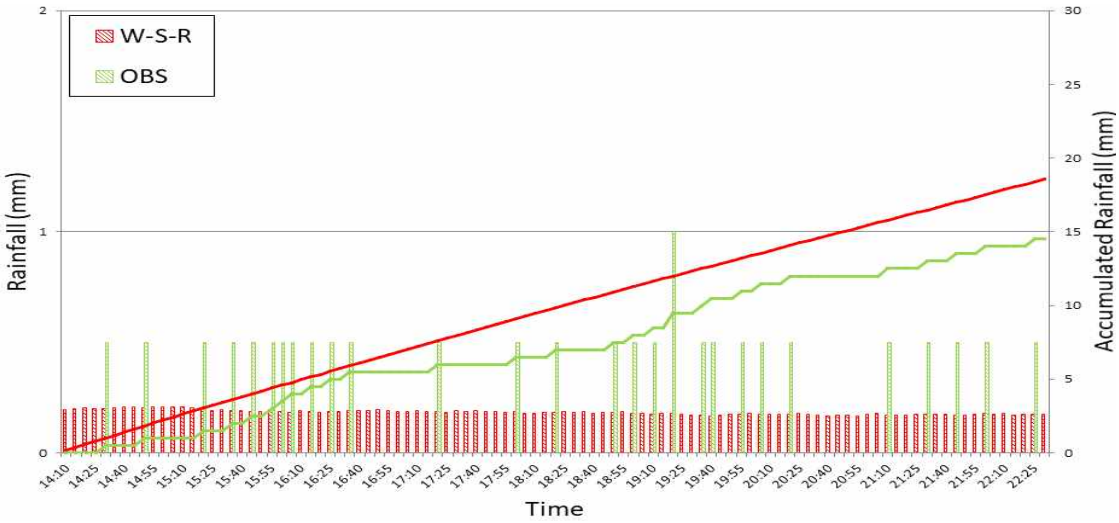


그림 2.2.38 실측강우와 레인센서 강우의 비교 Event 17 (19.09.03 14:10 ~ 19.09.04 22:30)

Event 17은 2019년 09월 03일 14시 10분 ~ 09월 04일 22시 30분에 측정된 실외측정데이터를 실측강우값과 W-S-R 관계식을 비교 분석한 결과이다. W-S-R 관계식을 적용한 결과 W-S-R 관계식의 누적강수는 실측강우값보다 3mm 많게 측정되었다. 실측 강우값과 W-S-R 관계식 값에서 누적강수의 차이가 크게 보이지 않았으며 W-S-R관계식은 무강수 일 때도 강우가 측정됨을 알 수 있다(그림 2.2.40).

Event 18은 2019년 09월 21일 00시 ~ 15시에 측정된 실외측정데이터를 실측강우값과 W-S-R 관계식을 비교 분석한 결과이다. W-S-R 관계식을 적용한 결과 W-S-R 관계식의 누적강수는 실측강우값보다 2mm 많게 측정되었다. 실측 강우값과 W-S-R 관계식 값에서 누적강수의 차이가 크게 보이지 않았다(그림 2.2.41).

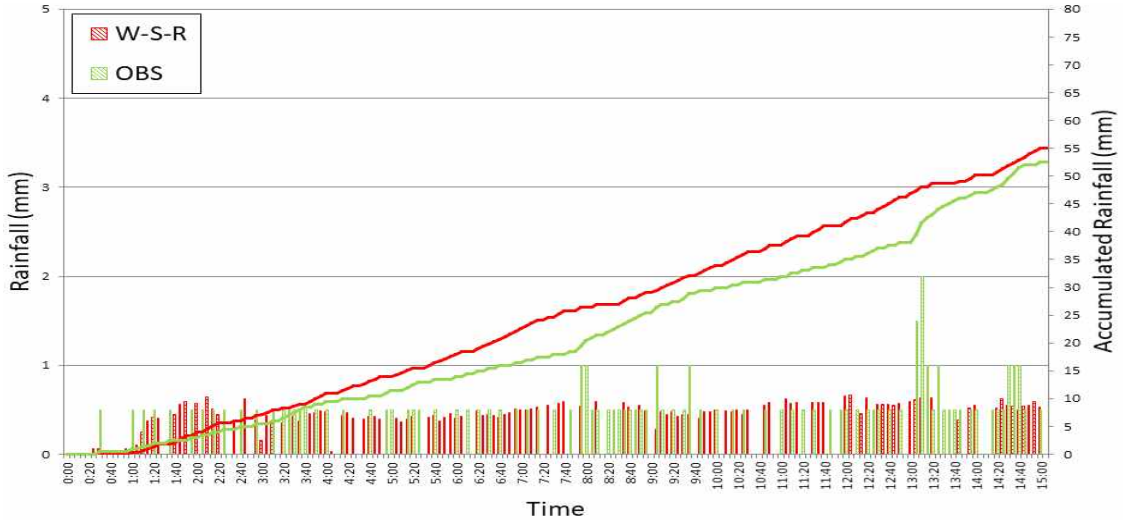


그림 2.2.39 실측강우와 레인센서 강우의 비교 Event 18 (19.09.21 00:00 ~ 15:00)

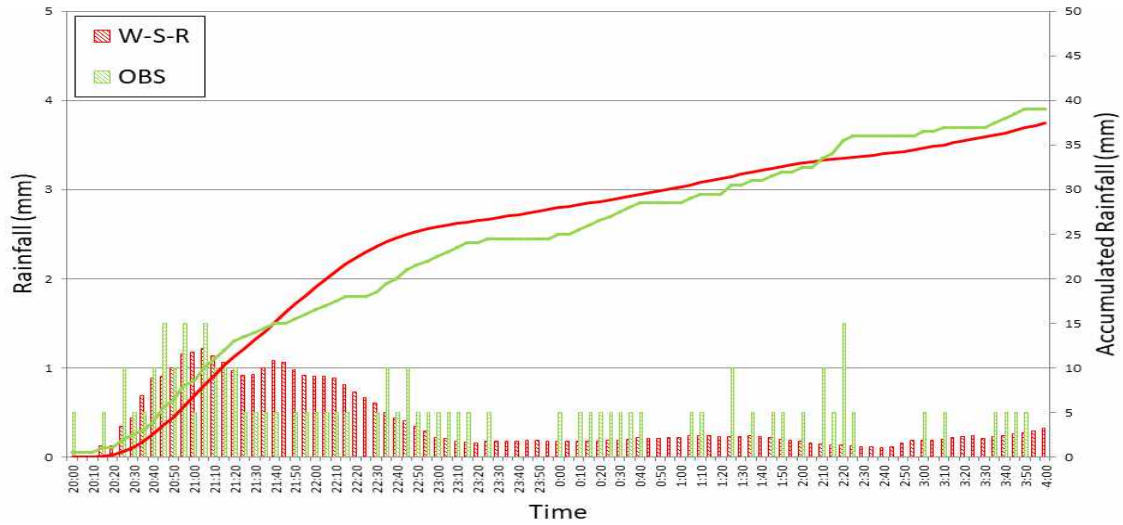


그림 2.2.40 실측강우와 레인센서 강우의 비교 Event 19 (20.05.18 20:00 ~ 20.05.19 04:00)

Event 19는 2020년 05월 18일 20시 ~ 05월 19일 04시에 측정된 실외측정데이터를 실측강우값과 W-S-R 관계식을 비교 분석한 결과이다. W-S-R 관계식을 적용한 결과 W-S-R 관계식의 누적강수는 실측강우값보다 2mm 적게 측정되었다. 실측 강우값과 W-S-R 관계식 값에서 누적강수의 차이가 크게 보이지 않았으며 W-S-R관계식은 무강수 일 때도 강우가 측정됨을 알 수 있다(그림 2.2.42).

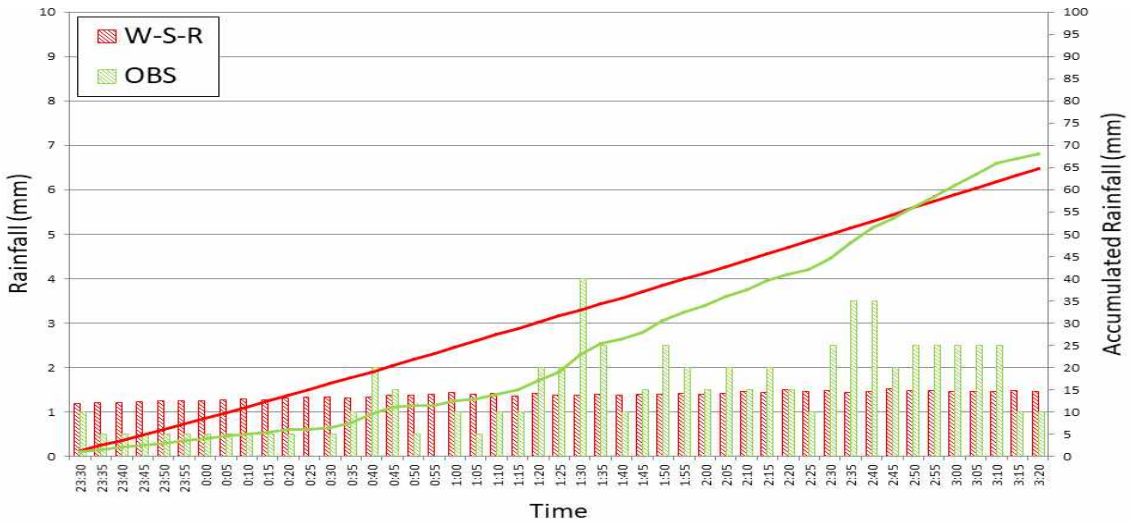


그림 2.2.41 실측강우와 레인센서 강우의 비교 Event 20 (20.06.29 23:30 ~ 20.06.30 03:20)

Event 20은 2020년 06월 29일 23시 30분 ~ 06월 30일 03시 20분에 측정된 실외측정 데이터를 실측강우값과 W-S-R 관계식을 비교 분석한 결과이다. W-S-R 관계식을 적용한 결과 W-S-R 관계식의 누적강수는 실측강우값보다 3mm 적게 측정되었다. 실측 강우값과 W-S-R 관계식 값에서 누적강수의 차이가 크게 보이지 않았으나 W-S-R관계식의 값은 비교적 적게 측정되기도, 비교적 과대 측정되기도 하는 경향을 보였다(그림 2.2.43).

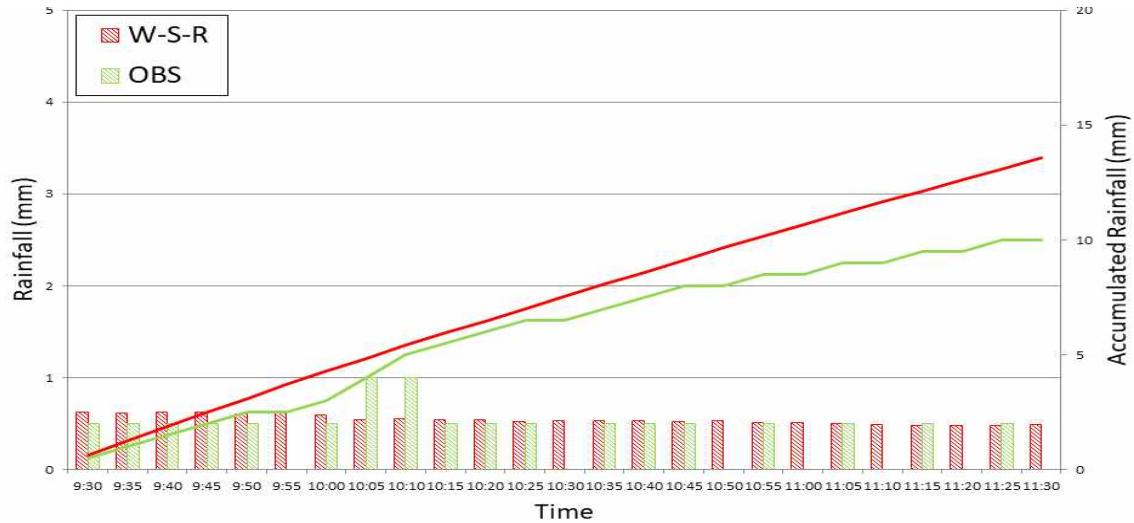


그림 2.2.42 실측강우와 레인센서 강우의 비교 Event 21 (20.07.10 09:30 ~ 12:25)

Event 21은 2020년 07월 10일 09시 30분 ~ 12시 25분에 측정된 실외측정데이터를 실측강우값과 W-S-R 관계식을 비교 분석한 결과이다. W-S-R 관계식을 적용한 결과 W-S-R 관계식의 누적강수는 실측강우값보다 4mm 많게 측정되었다. 실측 강우값과 W-S-R 관계식 값에서 누적강수의 차이가

크게 보이지 않았으며 W-S-R관계식은 무강수 일 때도 강우가 측정됨을 알 수 있다(그림 2.2.44).

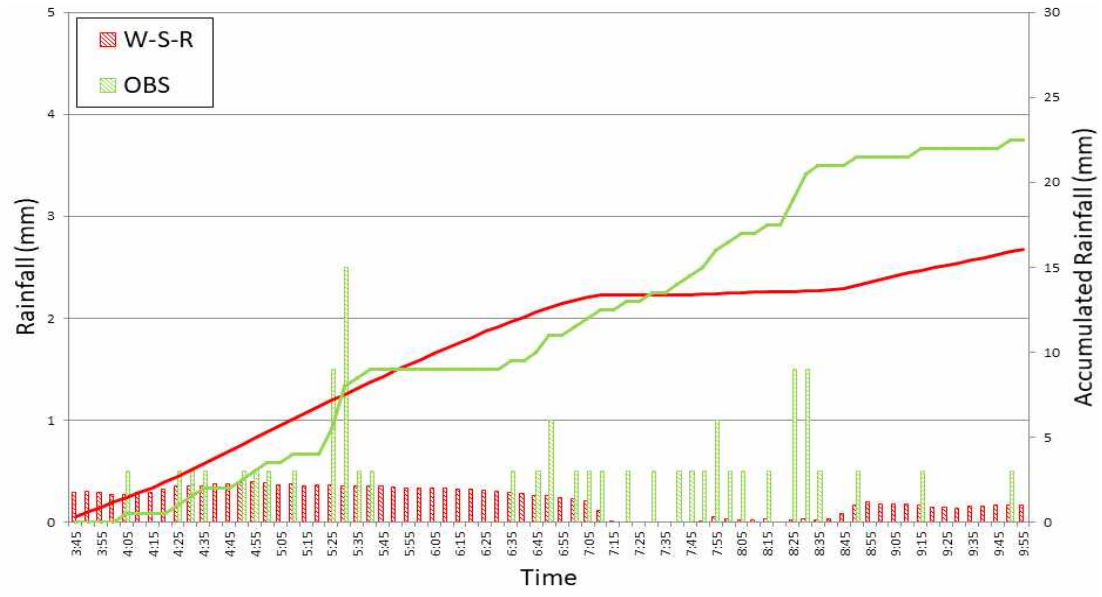


그림 2.2.43 실측강우와 레인센서 강우의 비교 Event 22 (20.07.13 03:45 ~ 09:55)

Event 22는 2020년 07월 13일 03시 45분 ~ 10시에 측정된 실외측정데이터를 실측강우값과 W-S-R 관계식을 비교 분석한 결과이다. W-S-R 관계식을 적용한 결과 W-S-R 관계식의 누적강수는 실측 강우값보다 7mm 적게 측정되었다. 실측 강우값과 W-S-R 관계식 값에서 누적강수의 차이가 비교적 크게 나타났으며 W-S-R관계식이 비교적 적게 측정되는 경향을 확인하였다(그림 2.2.45).

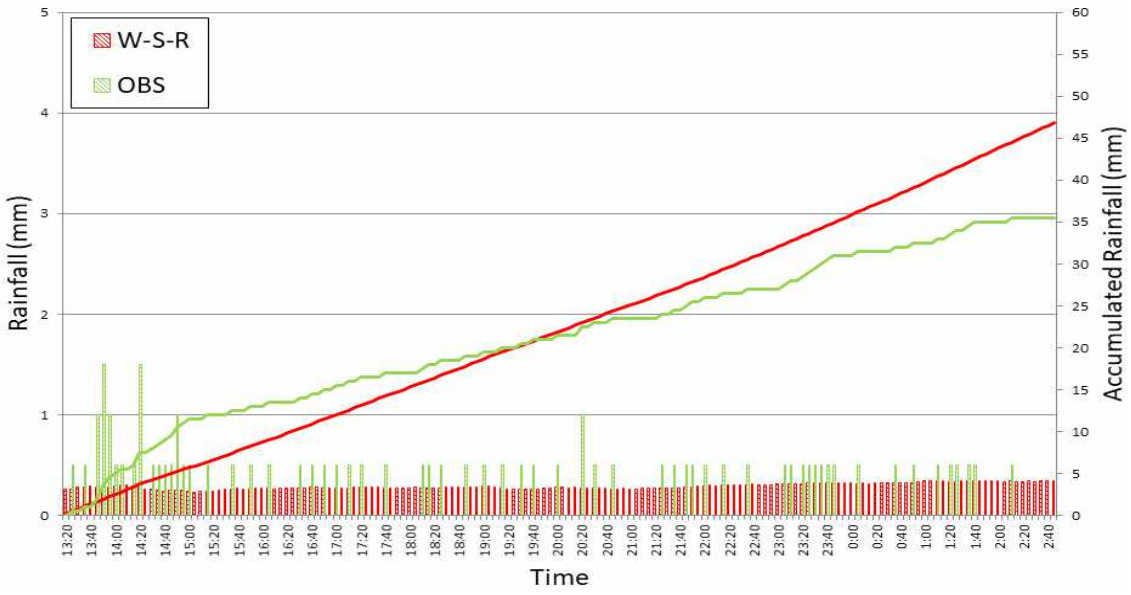


그림 2.2.44 실측강우와 레인센서 강우의 비교 Event 23 (20.07.13. 13:20 ~ 20.07.14. 02:45)

Event 23은 2020년 06월 29일 23시 30분 ~ 06월 30일 03시 20분에 측정된 실외측정 데이터를 실측강우값과 W-S-R 관계식을 비교 분석한 결과이다. W-S-R 관계식을 적용한 결과 W-S-R 관계식의 누적강수는 실측강우값보다 12mm 많게 측정되었다. 실측 강우값과 W-S-R 관계식 값에서 누적강수의 차이가 크게 보이지 않았으며 W-S-R관계식은 무강수일 때도 강우가 측정됨을 알 수 있다(그림 2.2.46).

실측강우값과 비교결과 23개의 Event 중 16개 Event의 누적강우량은 오차범위 ±5mm의 결과가 나타나었고 나머지 7개의 Event도 유사한 경향의 누적강우량을 확인 할 수 있었다.

그림 2.2.47은 실측 강우값과 W-S-R 관계식 값에 대한 누적강우량의 오차를 나타낸 것이다.

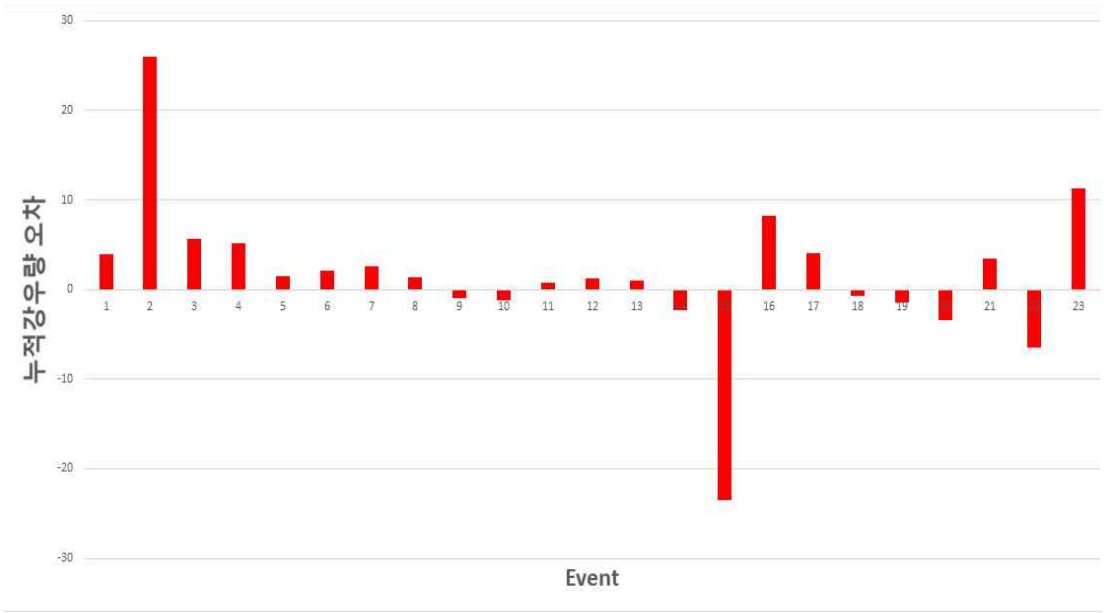


그림 2.2.45 Event 별 실측 강우값에 대한 누적강우량 오차

그림 2.2.48은 실측 강우값과 W-S-R 관계식 값에 대한 평균 강우강도의 오차를 나타낸 것이다. 평균 강우강도 또한 실측 강우값과 오차를 비교해 보았을 때 오차의 범위는 -0.4 ~+10 사이였으며 이는 실외측정 센서시그널 데이터의 W-S-R 관계식 적용 결과 W-S-R 관계식은 정확도가 매우 향상 되었다고 판단된다.

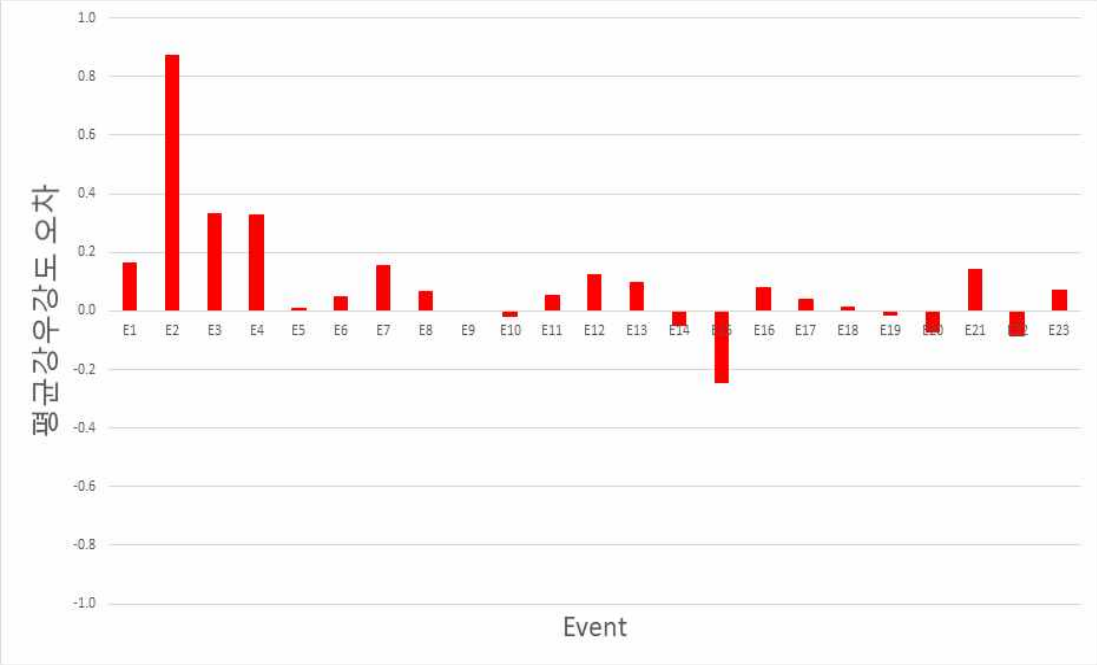


그림 2.2.46 Event 별 실측 강우값에 대한 평균강우강도 오차

다. 레인센서 강우값과 실측강우의 검증

본 연구에서는 레인센서 강우 값과 실측강우의 검증을 위하여 Q-Q Plot과 RMSE를 이용하여 검증을 수행하였다.

(1) Q-Q plot(Quantile-Quantile Plot)

Q-Q plot은 Quantile-Quantile plot의 약어이며 분위수 대조도라고도 불린다. Q-Q플롯은 정규모집단 가정을 하는 방법 중 하나이며 수집데이터를 표준정규분포의 분위수와 비교하는 그래프이다. 좌표평면에 있는 두 개의 축에 서로 다른 두 데이터의 분위수를 그려서 비교하며 비교를 통해 두 데이터가 같은 분포를 따르는지 정성적인 판단을 한다.

다음 그림 2.2.49~2.2.71은 각 Event별 Q-Q플롯을 나타낸 그림이며 Event에 대한 결정계수를 Q-Q플롯 내에 표기하였다.

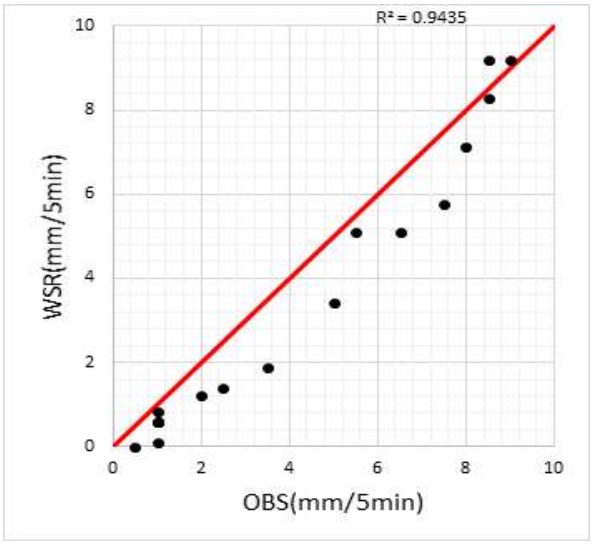


그림 2.2.47 Event 1 Q-Q플롯

Event 1의 W-S-R관계식과 실측강우값의 Q-Q-플롯을 타나낸 그림이다. 결정계수(R^2)는 0.9435로 산정되었으며 W-S-R관계식이 실측 강우 값보다 비교적 과소산정 되기는 하였으나 전체적으로 유사한 경향이 보이는 것을 확인할 수 있었다.(그림 2.2.49)

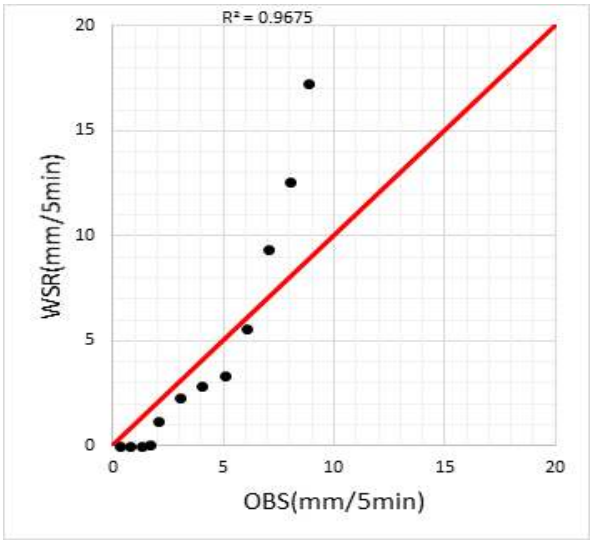


그림 2.2.48 Event 2 Q-Q플롯

Event 2는 W-S-R관계식과 실측강우값의 Q-Q-플롯을 타나낸 그림이다. 결정계수(R^2)는 0.9675로 산정되었으며 W-S-R관계식이 5mm 이후부터 실측 강우 값보다 비교적 과대산정 되기는 하였으나 전체적으로 유사한 경향이 보이는 것을 확인할 수 있었다.(그림 2.2.50)

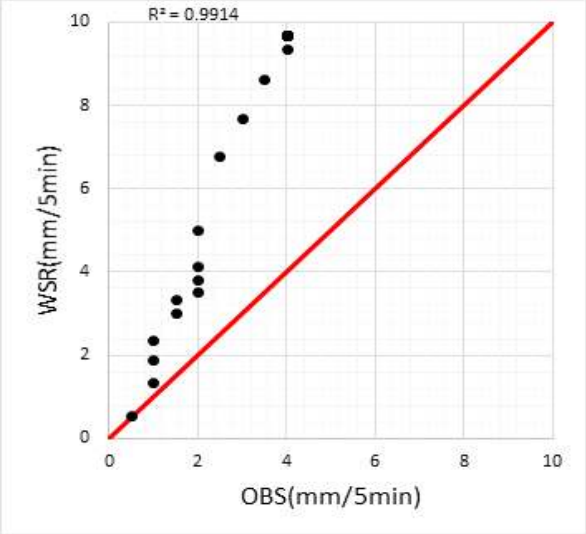


그림 2.2.49 Event 3 Q-Q플롯

Event 3의 W-S-R관계식과 실측강우값의 Q-Q-플롯을 타나낸 그림이다. 결정계수(R^2)는 0.9914로 산정되었으며 W-S-R관계식이 실측 강우 값보다 전체적으로 비교적 과대산정 되었다.(그림 2.2.51)

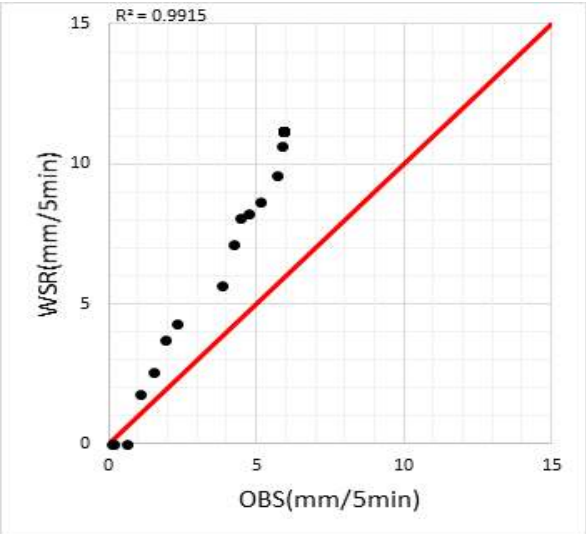


그림 2.2.50 Event 4 Q-Q플롯

Event 4의 W-S-R관계식과 실측강우값의 Q-Q-플롯을 타나낸 그림이다. 결정계수(R^2)는 0.9915로 산정되었으며 W-S-R관계식이 실측 강우 값보다 비교적 과대산정 되기는 하였으나 전체적으로 유사한 경향이 보이는 것을 확인할 수 있었다.(그림 2.2.52)

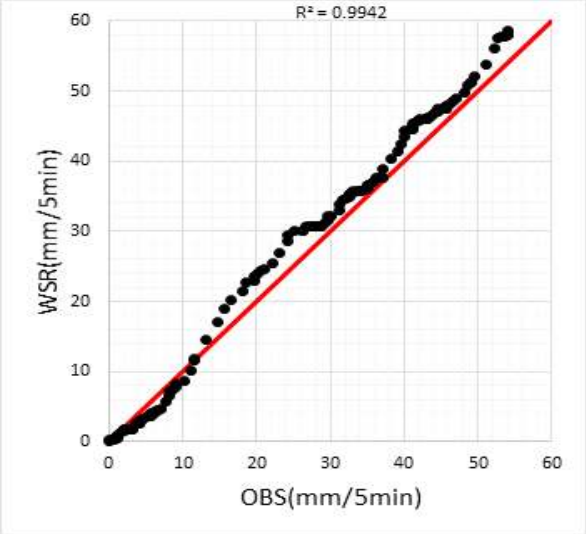


그림 2.2.51 Event 5 Q-Q플롯

Event 5의 W-S-R관계식과 실측강우값의 Q-Q-플롯을 타나낸 그림이다. 결정계수(R^2)는 0.9942로 산정되었으며 W-S-R관계식이 실측 강우 값과 전체적으로 유사한 경향이 보이는 것을 확인할 수 있었다.(그림 2.2.53)

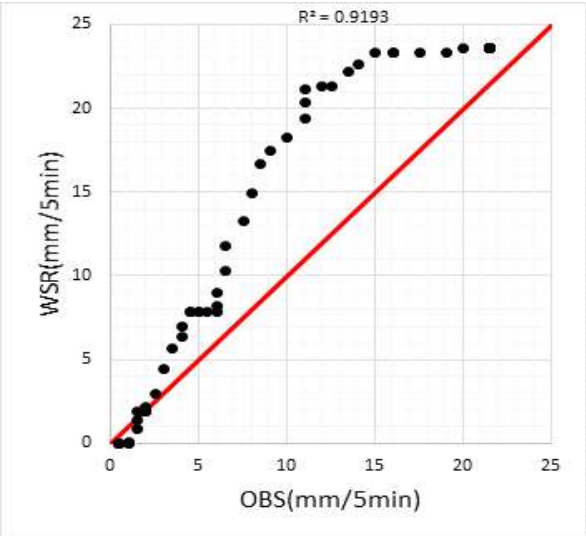


그림 2.2.52 Event 6 Q-Q플롯

Event 6의 W-S-R관계식과 실측강우값의 Q-Q-플롯을 타나낸 그림이다. 결정계수(R^2)는 0.9193으로 산정되었으며 W-S-R관계식이 7㎜이후부터 실측 강우 값보다 비교적 과대산정 되기는 하였으나 전체적으로 유사한 경향이 보이는 것을 확인할 수 있었다.(그림 2.2.54)

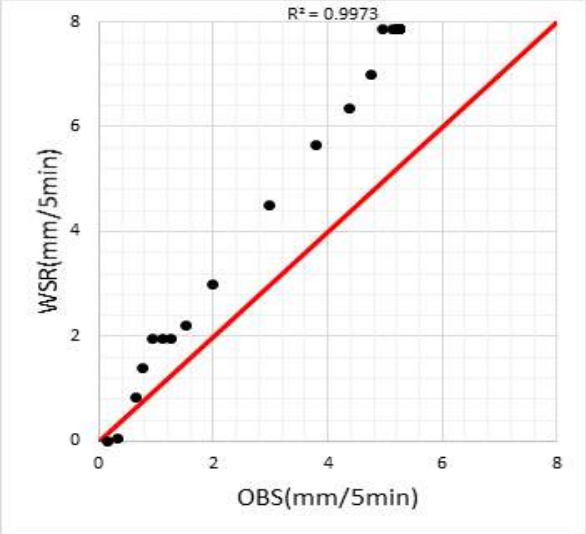


그림 2.2.53 Event 7 Q-Q플롯

Event 7의 W-S-R관계식과 실측강우값의 Q-Q-플롯을 타나낸 그림이다. 결정계수(R^2)는 0.9973으로 산정되었으며 W-S-R관계식이 실측 강우 값보다 비교적 과대산정 되기는 하였으나 전체적으로 유사한 경향이 보이는 것을 확인할 수 있었다.(그림 2.2.55)

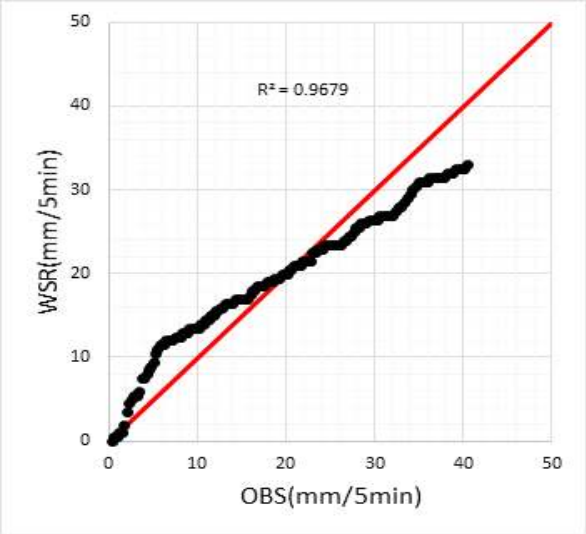


그림 2.2.54 Event 8 Q-Q플롯

Event 8의 W-S-R관계식과 실측강우값의 Q-Q-플롯을 타나낸 그림이다. 결정계수(R^2)는 0.9679로 산정되었으며 W-S-R관계식이 실측 강우 값과 전체적으로 유사한 경향이 보이는 것을 확인할 수 있었다.(그림 2.2.56)

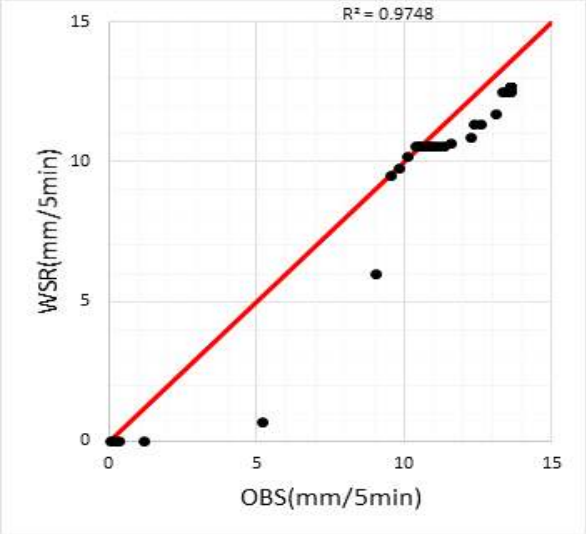


그림 2.2.55 Event 9 Q-Q플롯

Event 9의 W-S-R관계식과 실측강우값의 Q-Q-플롯을 타나낸 그림이다. 결정계수(R^2)는 0.9748로 산정되었으며 W-S-R관계식이 8mm미만의 값은 실측 강우 값보다 비교적 과소산정 되는 모습을 보였지만 8mm이상의 값은 전체적으로 유사한 경향이 보이는 것을 확인할 수 있었다.(그림 2.2.57)

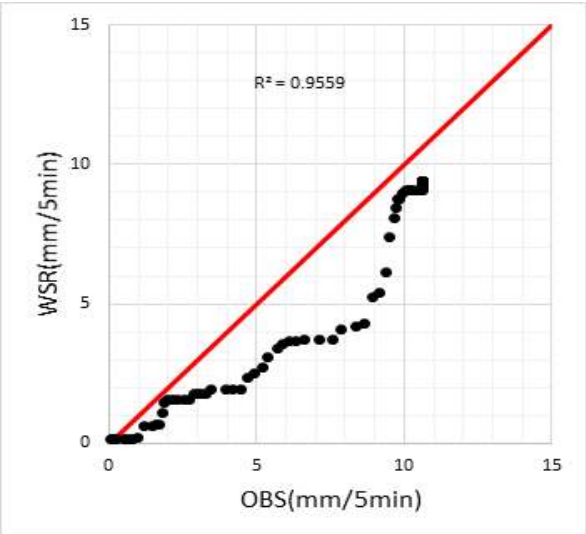


그림 2.2.56 Event 10 Q-Q플롯

Event 10의 W-S-R관계식과 실측강우값의 Q-Q-플롯을 타나낸 그림이다. 결정계수(R^2)는 0.9559로 산정되었으며 W-S-R관계식이 실측 강우 값보다 전체적으로 과소산정되는 경향이 보이는 것을 확인할 수 있었다.(그림 2.2.58)

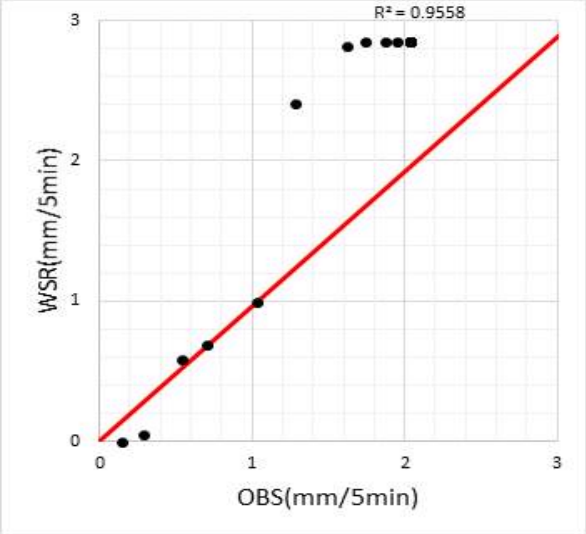


그림 2.2.57 Event 11 Q-Q플롯

Event 11의 W-S-R관계식과 실측강우값의 Q-Q-플롯을 타나낸 그림이다. 결정계수(R^2)는 0.9558로 산정되었으며 W-S-R관계식이 1mm 이후의 값은 실측 강우 값보다 전체적으로 과대산정 된 경향이 보이는 것을 확인할 수 있었다.(그림 2.2.59)

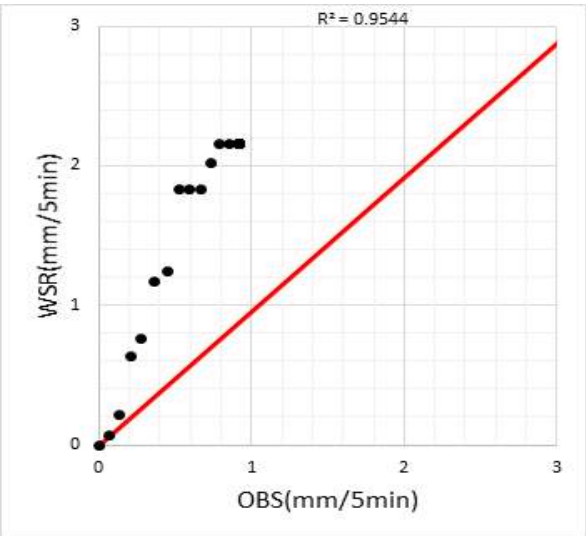


그림 2.2.58 Event 12 Q-Q플롯

Event 12의 W-S-R 관계식과 실측강우값의 Q-Q-플롯을 타나낸 그림이다. 결정계수(R^2)는 0.9544로 산정되었으며 W-S-R관계식이 실측 강우 값보다 전체적으로 과대산정 된 경향이 보이는 것을 확인할 수 있었다.(그림 2.2.60)

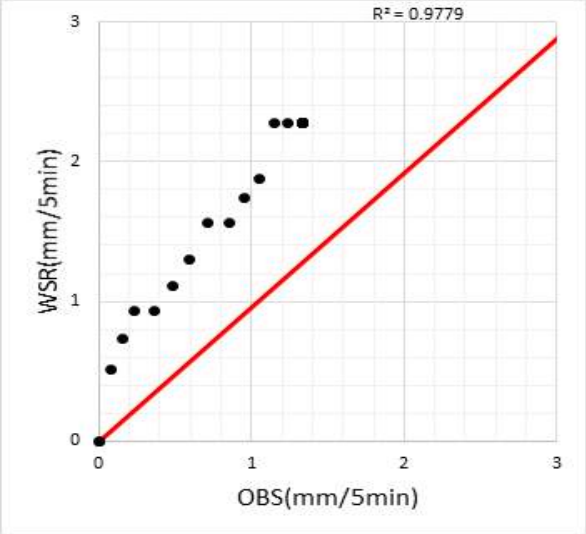


그림 2.2.59 Event 13 Q-Q플롯

Event 13의 W-S-R관계식과 실측강우값의 Q-Q-플롯을 타나낸 그림이다. 결정계수(R^2)는 0.9779로 산정되었으며 W-S-R관계식이 실측 강우 값보다 전체적으로 과대산정 된 경향이 보이는 것을 확인할 수 있었다.(그림 2.2.61)

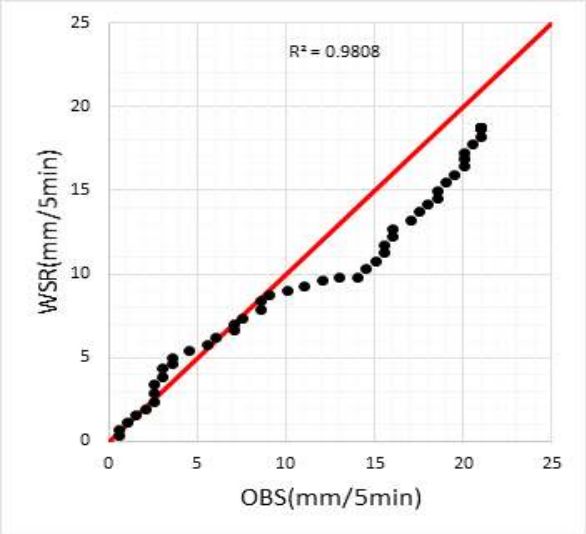


그림 2.2.60 Event 14 Q-Q플롯

Event 14의 W-S-R관계식과 실측강우값의 Q-Q-플롯을 타나낸 그림이다. 결정계수(R^2)는 0.9808로 산정되었으며 W-S-R관계식이 10mm이후로 실측 강우 값보다 비교적 과소산정된 경향을 확인할 수 있었다.(그림 2.2.62)

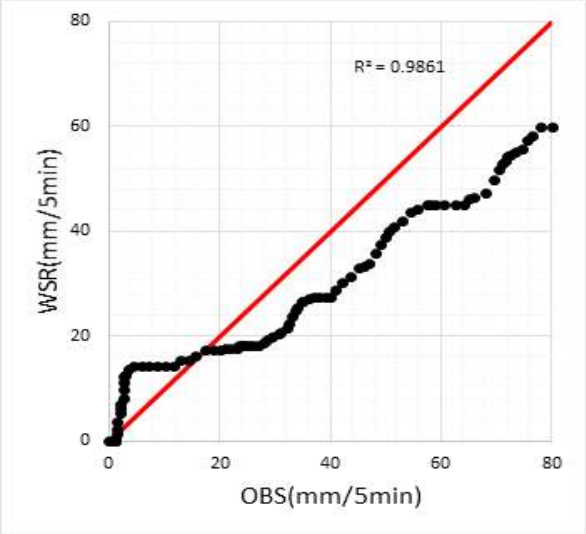


그림 2.2.61 Event 15 Q-Q플롯

Event 15의 W-S-R관계식과 실측강우값의 Q-Q-플롯을 타나낸 그림이다. 결정계수(R^2)는 0.9861로 산정되었으며 W-S-R관계식이 20mm 이후로 실측 강우 값보다 전체적으로 과소 산정 되었으나 유사한 경향을 보이는 것을 확인할 수 있었다.(그림 2.2.63)

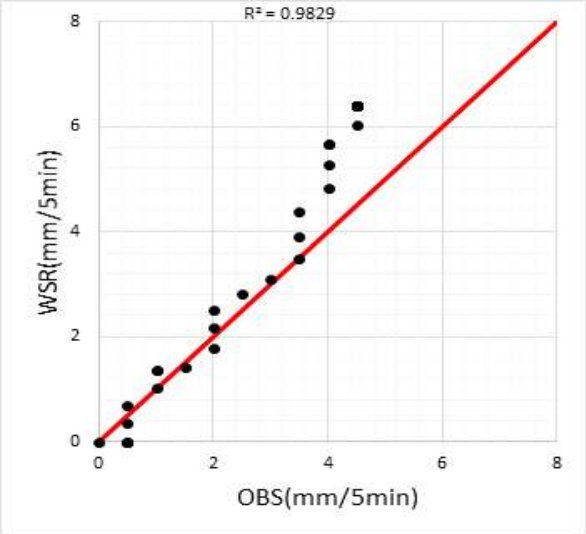


그림 2.2.62 Event 16 Q-Q플롯

Event 16의 W-S-R관계식과 실측강우값의 Q-Q-플롯을 타나낸 그림이다. 결정계수(R^2)는 0.9829로 산정되었으며 W-S-R관계식이 실측 강우 값과 전체적으로 유사한 경향이 보이는 것을 확인할 수 있었다.(그림 2.2.64)

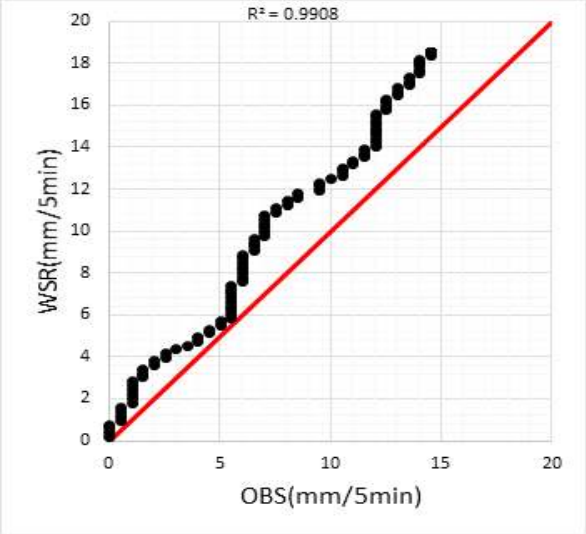


그림 2.2.63 Event 17 Q-Q플롯

Event 17의 W-S-R 관계식과 실측강우값의 Q-Q-플롯을 타나낸 그림이다. 결정계수(R^2)는 0.9908로 산정되었으며 W-S-R관계식이 실측 강우 값과 전체적으로 유사한 경향이 보이는 것을 확인할 수 있었다.(그림 2.2.65)

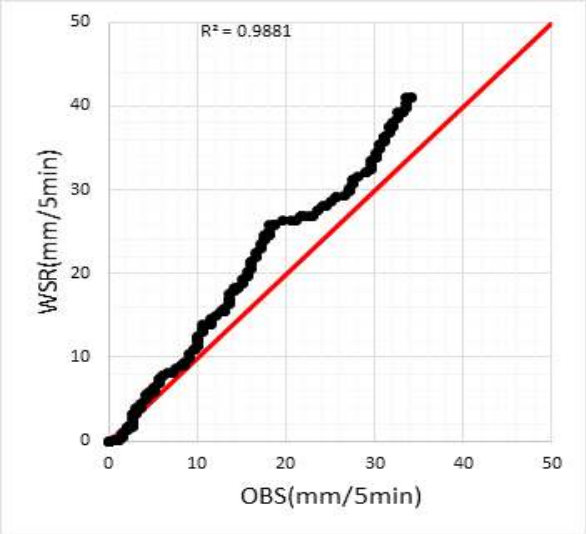


그림 2.2.64 Event 18 Q-Q플롯

Event 18의 W-S-R관계식과 실측강우값의 Q-Q-플롯을 타나낸 그림이다. 결정계수(R^2)는 0.9881로 산정되었으며 W-S-R관계식이 실측 강우 값과 전체적으로 유사한 경향이 보이는 것을 확인할 수 있었다.(그림 2.2.66)

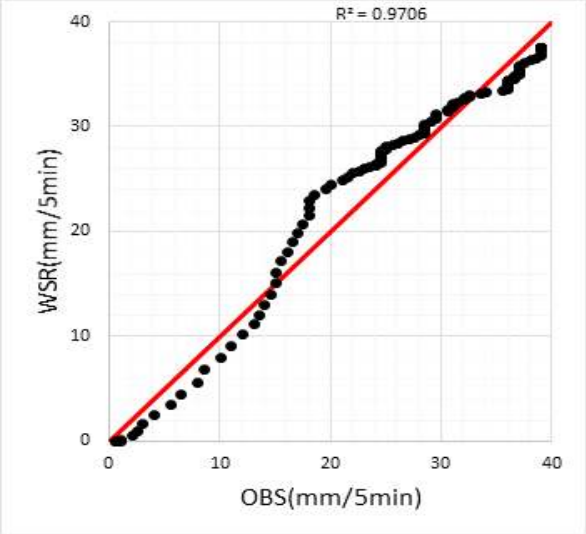


그림 2.2.65 Event 19 Q-Q플롯

Event 19의 W-S-R 관계식과 실측강우값의 Q-Q-플롯을 타나낸 그림이다. 결정계수(R^2)는 0.9706으로 산정되었으며 W-S-R관계식이 실측 강우 값과 전체적으로 유사한 경향이 보이는 것을 확인할 수 있었다.(그림 2.2.67)

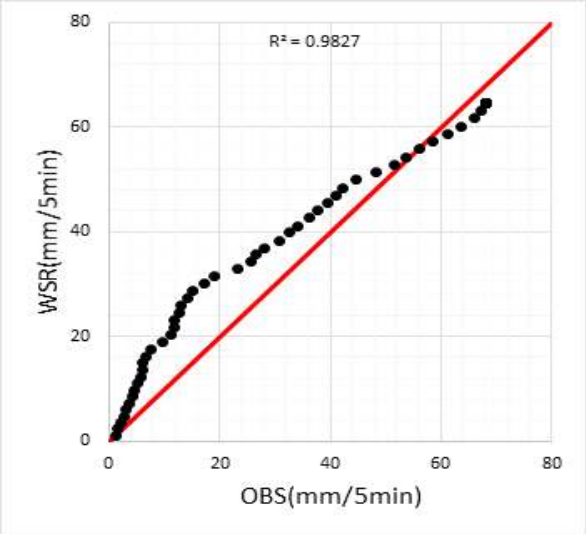


그림 2.2.66 Event 20 Q-Q플롯

Event 20의 W-S-R 관계식과 실측강우값의 Q-Q-플롯을 타나낸 그림이다. 결정계수(R^2)는 0.9827로 산정되었으며 W-S-R관계식이 실측 강우 값과 전체적으로 유사한 경향이 보이는 것을 확인할 수 있었다.(그림 2.2.68)

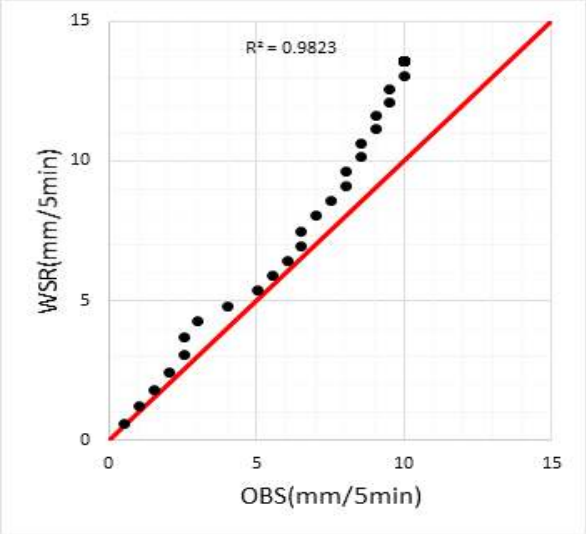


그림 2.2.67 Event 21 Q-Q플롯

Event 21의 W-S-R 관계식과 실측강우값의 Q-Q-플롯을 타나낸 그림이다. 결정계수(R^2)는 0.9823으로 산정되었으며 W-S-R관계식이 실측 강우 값과 전체적으로 유사한 경향이 보이는 것을 확인할 수 있었다.(그림 2.2.69)

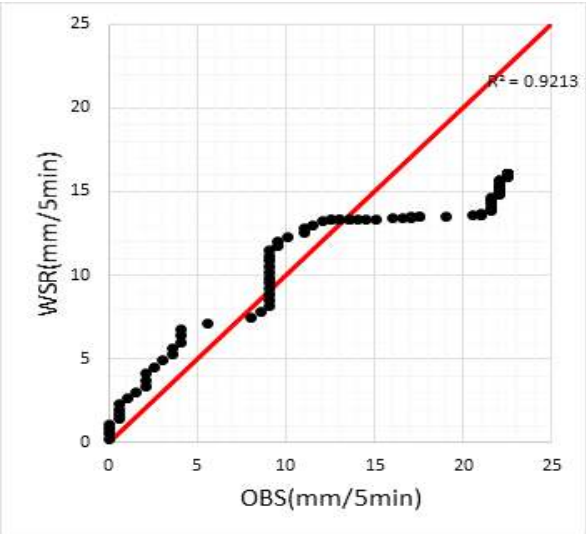


그림 2.2.68 Event 22 Q-Q플롯

Event 22의 W-S-R 관계식과 실측강우값의 Q-Q-플롯을 타나낸 그림이다. 결정계수(R^2)는 0.9213으로 산정되었으며 W-S-R 관계식이 15mm이후로 실측 강우 값보다 비교적 과소 산정된 경향이 보이는 것을 확인할 수 있었다.(그림 2.2.70)

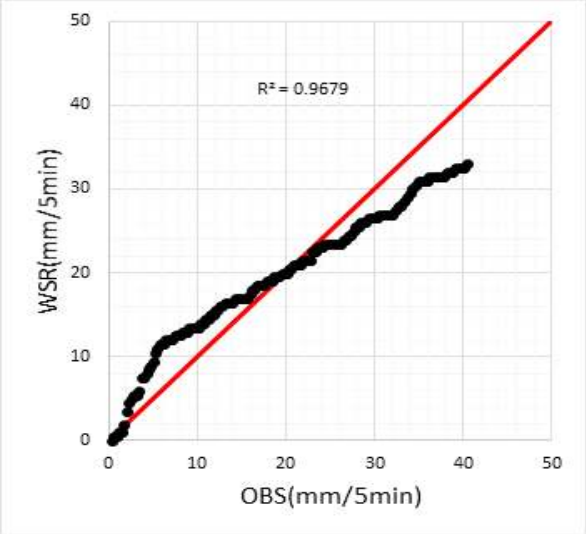


그림 2.2.69 Event 23 Q-Q플롯

Event 23의 W-S-R 관계식과 실측강우값의 Q-Q-플롯을 타나낸 그림이다. 결정계수(R^2)는 0.9679로 산정되었으며 W-S-R관계식이 실측 강우 값과 전체적으로 유사한 경향이 보이는 것을 확인할 수 있었다.(그림 2.2.71)

(2) RMSE

RMSE는 누적제곱근 편차라고 하며 W-S-R관계식과 실측 강우 값의 누적제곱근 편차를 구하였다. RMSE 분석을 위해 W-S-R 관계식과 실측 강우 값의 차를 구하고 다음의 식을 적용 하였다.

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}(x_i - \hat{x}_i)^2}$$

여기서 x_i는 실측 강우 값 $\hat{x}_i$는 W-S-R관계식 값이다.

각 Event별로 RMSE분석을 실시하였으며 총 23개의 RMSE 결과를 확인 하였다. RMSE 분석은 RMSE값이 작을수록 신뢰성이 높다고 판단하며 Event2, Event15을 제외하고는 RMSE 값이 10 이상 나타난 값이 없었다. Event 15는 누적강우량의 편차도 -23.5로 W-S-R관계식의 값이 과소산정된 모습도 확인 할 수 있었다.

RMSE 값이 제일 낮았던 Event는 Event11로 RMSE값이 0.81에 불과하였다. 누적강우량 편차도 0.8로 차이가 매우 미미했으며 23개의 Event 중 가장 정확한 경향을 보였다. W-S-R

관계식의 정확도가 매우 향상되었음을 확인할 수 있었다.

다음의 표 2.2.9는 W-S-R관계식과 실측강우의 RMSE 분석 결과를 정리한 표이다.

표 2.2.9 W-S-R관계식과 실측강우의 RMSE 비교분석 결과

Event	RMSE	Event	RMSE
E1	3.72	E13	0.94
E2	25.78	E14	2.32
E3	5.52	E15	18.93
E4	5.06	E16	1.80
E5	2.86	E17	3.41
E6	3.09	E18	4.14
E7	2.56	E19	1.86
E8	1.28	E20	4.68
E9	0.99	E21	3.39
E10	1.43	E22	5.59
E11	0.81	E23	6.65
E12	1.23		

2.3 레이더 - 지상강우 - 차량용 레인센서 기반 강우 합성 기술 개발

2.3.1 관측강우 정보 생산 및 수집

가. 강우레이더 개요

(1) 레이더 강우

레이더(RADAR)는 “Radio Detection and Raging“의 합성어로 레이더의 안테나에서 발사된 전파의 반사 및 산란특성을 이용하여 목표물의 방위와 거리를 결정해서 목표물의 위치에 관한 정보를 얻기 위한 장치이며, 제2차 세계대전 직전에 항공기나 선박을 탐지하여 추적할 목적으로 개발되었다. 그러나 근대사회의 레이더는 항공기나 선박을 탐지하기 위한 목적으로도 사용되기도 하나, 강수나 기상인자들의 관측에도 사용된다. 레이더를 이용한 강우량 측정의 가장 중요한 장점은 뛰어난 시공간적 해석능력에 있다. 레이더

자료는 적게는 15 ~ 20초 간격으로 관측하며 관측해상도는 최소 75m부터 1km까지 다양한 공간해상도를 가지고 있다. 레이더로부터 강우량 추정 가능거리는 안테나의 빔이나 출력, 수신 감도 등에 따라 약 30 ~ 200km까지 관측이 가능하며, 레이더는 넓은 지역을 단시간에 동시 관측할 수 있으므로 수평관측뿐만 아니라 연직방향 관측도 가능하기 때문에 강우의 공간 분포를 영상화하여 나타낼 수 있다. 이와 같이 레이더 자료는 여러 가지 장점이 있는 반면에, 강우의 양에 대한 신뢰도 측면에서는 지금까지 문제가 계속해서 제기되고 있으며, 실제 수문분석 연구자나 실무자들이 레이더 강우자료를 사용하기에는 제한적이다. 따라서 레이더에 의한 강우량 자료는 지상강우관측소의 자료와 연계하여 신뢰도를 높일 필요가 있다(운용남 2007, 수문학).

(2) 레이더 종류별 특성

단일편파 레이더는 전자기파를 수평으로 송신하고 수신되는 에코를 분석하여 강우구름의 위치와 이동상태, 강우강도 등을 관측한다. 단일편파 레이더를 통해 관측되는 자료는 표 2.3.1과 같이 반사도, 도플러속도, 스펙트럼 폭 등이 있으며, 이중 반사도 자료를 이용하여 강우강도분포, 누적강우량분포, 유역면적강우량 등을 추정할 수 있다.

표 2.3.1 이중편파 레이더 관측자료 및 주요활동 분야

	기본관측자료	산출물	주요활용분야
단일편파 레이더	반사도 (Reflectivity, Z)	반사강도분포, 강우강도분포, 누적강우량분포, 유역면적강우량,	강우발달 및 이동감시, 지점강우 및 유역강우량 산출, 홍수예보 및 돌발홍수 예보
	도플러속도 (Doppler Velocity, V)	바람장분포, 바람시어	수치예보입력, 공항 악기상 감시
	스펙트럼 폭 (Spectrum Width, W)	레이더 관측자료 품질 및 강우정보 신뢰성 향상을 위하여 통합적으로 사용되며 다양한 분석자료 생성의 기초자료로 활용	강폭풍 및 난류분석
	신호품질지수 (Signal Quality Index, SQI)		레이더 자료품질관리

이중편파 레이더는 전자기파를 수직·수평 동시에 송신하고 되돌아오는 에코를 수신하여 목표물의 특성이나 크기 등에 대한 정보를 얻어 대기 중의 기상현상을 정확하게 관측하기 위한 시스템이다. 일반적인 기상 레이더가 수평파만을 송·수신하는 것과 달리 수상입자들의 수직과 수평파에 대한 산란특성 정보를 획득함으로서 구름이나 강우의 정성적, 정량적 특성에 대한 상세한 정보를 취득할 수 있다. 즉 강우입자의 크기, 모양 등에 대한 정보와 강우·강설량의 추정, 구름의 함수량, 대기수상체의 특성 등을 파악하는데 매우 효율적이다. 일반적으로 떨어지는 강우입자는 공기 저항에 의해 수평축의 길이가 수직축의 길이보다 길어져 수평으로 납작한 타원형이 되어 수평단면적이 수직단면적보다 크게 된다. 이와 같이 강우입자의 모양이 수평으로 퍼져 있어 단순히 강우량 추정을 위해 수평 전자기파를 사용하는 단일편파 레이더를 사용하는데, 이중편파 레이더는 수평·수직 수신신호의 차이를 분석하여 강우의 모양, 종류, 형태 등을 산출할 수 있다. 이러한 산출결과는 단일편파 레이더에 비해 보다 정확한 강우량 산정 및 강우입자의 구분, 우박, 눈, 낙뢰 등의 발달과 현상에 대한 연구에 유용하게 사용된다. 그림 2.3.1는 이중편파 레이더의 관측 원리를 그림으로 나타냈다.

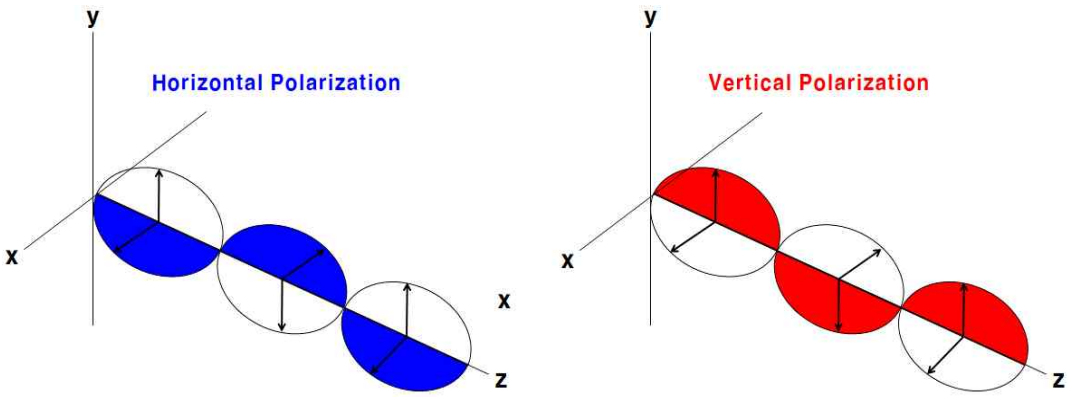


그림 2.3.1 이중편파 레이더의 관측 원리

표 2.3.2는 이중편파 레이더에서 생산되는 기본 관측 자료와 이를 이용하여 생산되는 산출물, 그리고 산출물별 주요 활용분야를 나타냈다. 강우량 추정과 직접적인 관련이 있는 이중편파 레이더의 관측변수들은 수평·수직반사도, 차등반사도, 차등위상차, 비차등위상차, 교차상관계수 등이 있으며, 이들 중 수평반사도만이 기존의 단일편파 레이더가 관측할 수 있는 유일한 변수이다.

표 2.3.2 이중편파 레이더 관측자료 및 주요활동 분야

	기본관측자료	산출물	주요활용분야
이중편파 레이더	수평 · 수직반사도 (Reflectivity, ZH, ZV)	반사강도분포, 강우강도분포, 누적강우량분포, 유역면적강우량,	강우발달 및 이동감시, 지점강우 및 유역강우량 산출, 홍수예보 및 돌발홍수 예보
	차등반사도 (Differential Reflectivity, ZDR)	레이더 관측자료 품질 및 강우정보 신뢰성 향상을 위하여 통합적으로 사용되며 다양한 분석자료 생성의 기초자료로 활용	강우량추정 정확도 향상
	상호상관계수 (Cross Correlation, ρHV)		레이더자료 품질관리 (지형, 곤충 등 비기상에코 판별)
	차등위상 (Differential Phase Difference, ΦDP)		강우량 추정 정확도 향상
	비차등위상 (Specific, KDP)	집중호우지역분포	약 30mm/hr 이상의 집중호우 지역 판별
	수상체구분 (Hydro Class, HC)	강수형태구분도	비, 눈, 비기상에코의 구분

(출처 : Lee, 2013)

(3) 레이더 에코

레이더 에코(Radar echo)란 레이더에 있어서 전파가 목표에서 반사되어 온 수신신호를 뜻하며, 단순히 에코라고도 한다. 원시자료 에코는 관측강우량과 비교검증을 거친 후 정확한 레이더 강우량을 산정할 때 적용되는 Z-R 관계식의 변수 결정에 기여하게 되므로 에코에 대한 정확한 개념 인식과 특징에 대한 정보를 매우 중요하다. 초기 레이더 영상에 나타나는 에코에는 기상상태에 관련되어 있는 기상에코와 그렇지 않은 비기상에코로 구별되는데, 전자는 다시 강수에코와 비강수에코로 분류된다. 강수에코의 경우 전선(Front), 태풍(Typhoon), 뇌우(Thunder strom), Spout 등의 유무에 따라 특징이 결정된다.

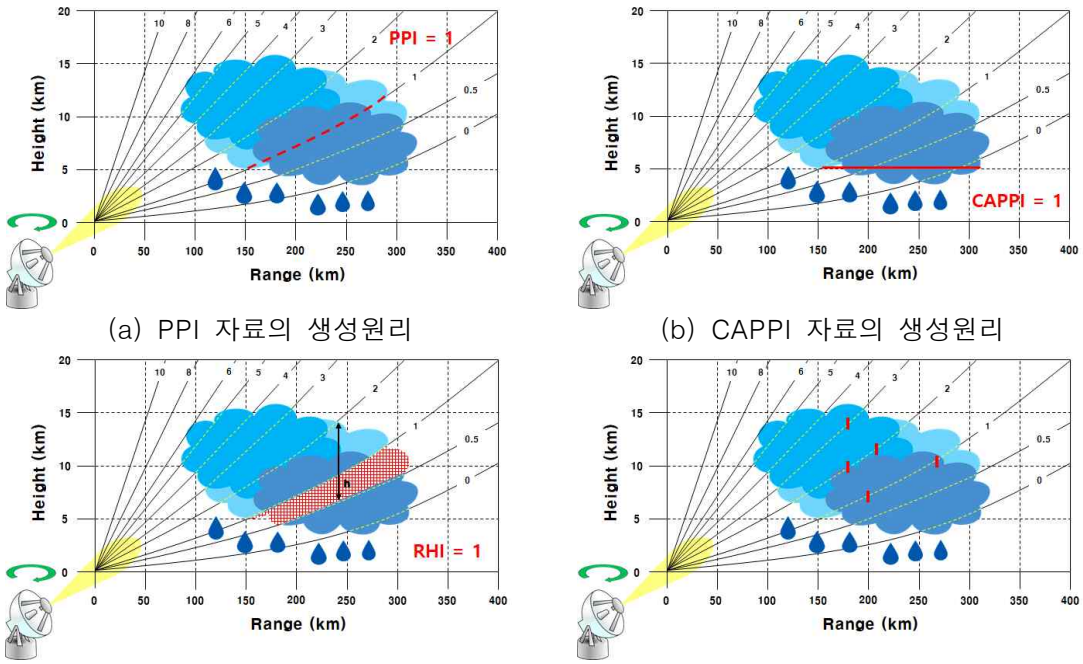
특히 국내와 일본의 경우 미국, 캐나다와 다르게 산악지형이 많기 때문에 에코의 정확한 추출이 요구된다. 이는 지형 및 건축물에 의해 반사되어 나타나는 에코자료의 경우 기상과 무관한 자료가 생성되기 때문에 이를 제거하는 것이 중요하기 때문이다.

강수에코의 종류로는 층상에코, 대류성에코, 태풍에코로 나뉘며, 비강수에코로는 지형에코, 파고에코, 이상굴절에코 등이 있다. 층상에코는 일정한 강도를 가지고 넓게 퍼져 있으며, 이동속도가 느리다. 대류성에코에 비해 강도는 약하나 지형적인 영향이 크게 작용하는 강수 측정 시 에코의 가장자리에서 오차를 포함할 수 있다. 층상에코의 특이한 점은 밝은띠(Bright band)가 관측되는 경우가 있는데, 이는 눈이 낙하하면서 반사율이 강한 물방울로 변하기 때문이다. 대류성에코는 층상에코에 비해 수평범위가 좁고 강도가 강하며 에코의 고도가 높다. 이동속도는 빠른 편이며 때때로 층상에코와 동일한 밝은띠 현상이 발생하며, 한랭전선 전면에서 줄을 서는 모양으로 나타나거나 뇌전을 동반하는 집중호우의 원인이 되기도 하며, 종종 우박이 존재할 때 우박에코가 관측되기도 한다. 태풍에코는 열대성 저기압의 강수구역이 레이더에 포착되는 것으로 태풍의 중심이 레이더 유효 관측범위 안에 들어오면 나선형의 에코모양으로 나타나게 된다.

또한 비강우에코에서 지형에코의 경우 레이더에서 가까운 거리에서 주로 나타나며, 레이더의 저고도각일 때 레이더 부근의 지형이나 건물 등에 의해 반사되어 나타나게 된다. 이상굴절에코의 경우 레이더 고도에 따라 습도가 급격히 감소하거나 기온이 급격히 높아지는 기온역전층에서 주로 발생하는데 레이더의 빔이 평균적인 대기에서보다 지표면 쪽으로 과대 굴절되는 현상이다. 주로 산지나 비탈면에서 주로 나타나며, 해상에서도 종종 발생한다.

파고에코는 레이더 빔이 해면에 반사되어 나타나는 것으로 파도가 높을 때나 파의 진행 전면이 급경사이면 빔이 수면과의 입각이 적어지기 때문에 잘 나타난다. 이 에코는 레이더의 고도각을 수평이하로 조정하였을 때 자주 나타나며 대부분의 레이더 고도각은 수평이하로 조정하지 않기 때문에 잘 나타나지 않는다. 이러한 레이더 에코의 생산원리는 기상 레이더를 통해 관측된 에코를 PPI, CAPPI, RHI, CMAX 등의 영상자료로 생성하여 나타난다. PPI(Plan Position Indicator)는 주어진 고도각에서 관측된 레이더 에코를 평면상에 표출하는 것으로, 레이더 관측거리가 멀어질수록 관측 고도각이 높아지므로 고도면 아래에 있는 에코는 관측되지 않는다. CAPPI(Constant Altitude PPI)는 PPI 관측 자료의 단점을 보완한 자료로서 실무자가 사용할 고도각에서 수평자료를 뽑아서 표출하며 에코의 수평적 분포를 파악하는데 용이하다. 그러나 레이더는 거리가 멀어질수록 고도각이 높아지는데 CAPPI 자료는 일정 고도각에서 수평자료를 뽑아 산정하기 때문에 높은 고도각에서는 거리가 멀어질수록 신뢰성이 떨

어지므로 적당한 높이의 고도각에서의 관측이 필요하다. RHI(Range Height Indicator)는 레이더 안테나의 방위각은 고정한 상태에서 고도각만 변경시키며 관측하는 방법으로 특정 방향에 분포하는 기상 현상의 단면을 파악하는데 사용하는 자료로서, 관측지점에 강수의 연직적인 분포를 볼 수 있으며, 상층에 떠있는 에코나 과장 에코를 분석하는데 용이하다. CMAX(Column Max)는 관측된 에코 가운데서 연직으로 가장 강한 에코를 평면상에 표출한 것이다. 그림 2.3.2는 PPI, CAPPI, RHI, CMAX 영상 자료의 생성원리를 나타낸 그림이다.



(a) PPI 자료의 생성원리 (b) CAPPI 자료의 생성원리

(c) RHI 자료의 생성원리 (d) CMAX 자료의 생성원리

그림 2.3.2 레이더 영상자료의 생성원리

나. 소형강우레이더

(1) 삼척 소형 강우 레이더

강원도는 태백산맥을 중심으로 영동지방과 영서지방으로 나뉘며, 복잡한 기상 및 기후특성을 띄고 있다. 일반적인 기상 특성을 보면 산맥의 급한 경사면을 따라 내려와 바다로 연결되는 영동지방은 해양성기후에 가까운 기상 특성을 많이 보이고 있는 반면에, 영서지방은 한반도의 중앙내륙에 위치해 있어 대륙성기후에 가까운 특성을 보인다. 또한 산맥의 정상부를 중심으로 한 산악지방은 산악기후의 특성을 가지고 있어 복잡한 기상 현상을 나타내고 있다.

본 연구의 주요대상지역인 영동지방의 연강수량은 2,058mm이며, 영서지방은 1,690mm로

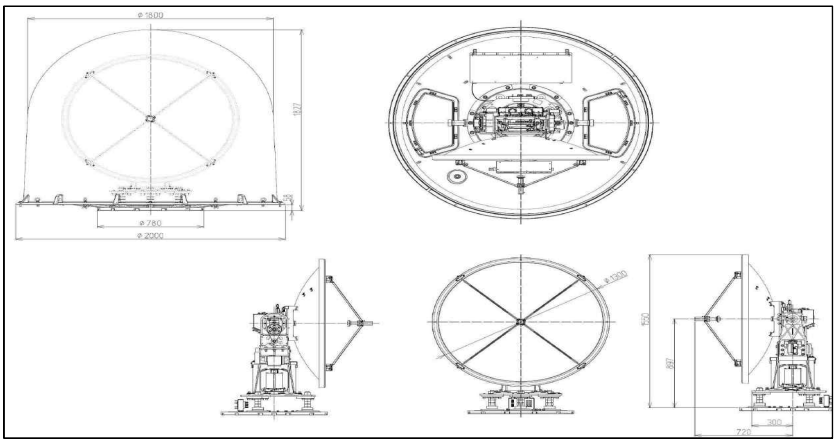
영동(강릉, 속초, 동해, 삼척)이 영서(춘천, 원주, 철원)보다 약 370mm 많은 편이다. 또한 겨울철에는 눈이 많이 내리는데 영동지방은 영서지방이나 서해안지방보다 1월, 2월에 많은 양의 눈이 내리고 북동기류 유입 시에 더욱 많이 내린다(강원도청, 2019). 영동지방(삼척, 동해)의 태풍 및 집중호우, 산악지역의 돌발홍수로 인한 피해를 선제 대응하기 위하여 강원도 삼척시에 소형 강우 레이더가 설치되었으며, 기존에 동해, 삼척을 포함하는 강우 레이더는 가리산과 소백산 대형 강우 레이더가 존재하나 가리산은 소백산 강우 레이더 관측소에 비해 거리가 멀기 때문에 자료의 신뢰도가 떨어지며, 소백산 강우 레이더는 상대적으로 설치된 위치가 해발고도 약 1,400m에도 불구하고 삼척시 레이더 관측결과 산지 지형의 영향으로 완전차폐가 발생하여, 삼척 소형 강우 레이더에 비해 해상도가 떨어진다(환경부, 전파강수관측소 강수자료 분석 및 활용 체계 구축(Ⅰ), 2018). 따라서 강원 영동지방인 동해, 삼척의 강우 산정의 경우 강원 산악지역의 영향을 적게 받는 삼척 소형 강우 레이더 자료를 이용하여 강우를 산정하는 것이 적합하다. 그림 2.3.3은 강원대학교에 설치되어 있는 삼척 소형레이더의 전경이다.



그림 2.3.3 강원대학교 레이더 전경

(2) 삼척 소형 강우 레이더의 제원

삼척 소형 강우 레이더는 JRC사의 X밴드 강우 레이더로서, 관측반경은 50km이며, 공간해상도는 75m로 삼척시와 동해시를 전부 포함하고 있다. 2018년 12월에 완공되어 2019년부터 현재 시범 운영 중에 있다. 그림 2.3.4는 JRC사의 삼척 소형 강우 레이더의 제원을 나타냈다. 삼척 레이더의 설치 위치는 강원대학교 삼척캠퍼스 5공학관 옥상에 설치되어 있으며, 강원대학교 방재전문대학원 기후·스마트 재난관리 연구실에서 실시간으로 강우의 분포 및 이동을 확인할 수 있다(그림 2.3.5).



※ 강우관측 장비 제원 : 중량(250kg), 안테나(D1.3×H1.55m), 커버(D1.8×H1.827m)

그림 2.3.4 삼척 소형 강우 레이더 제원

(출처 : 환경부, 삼척지역 소형 강우관측 장비 계획, 2017)

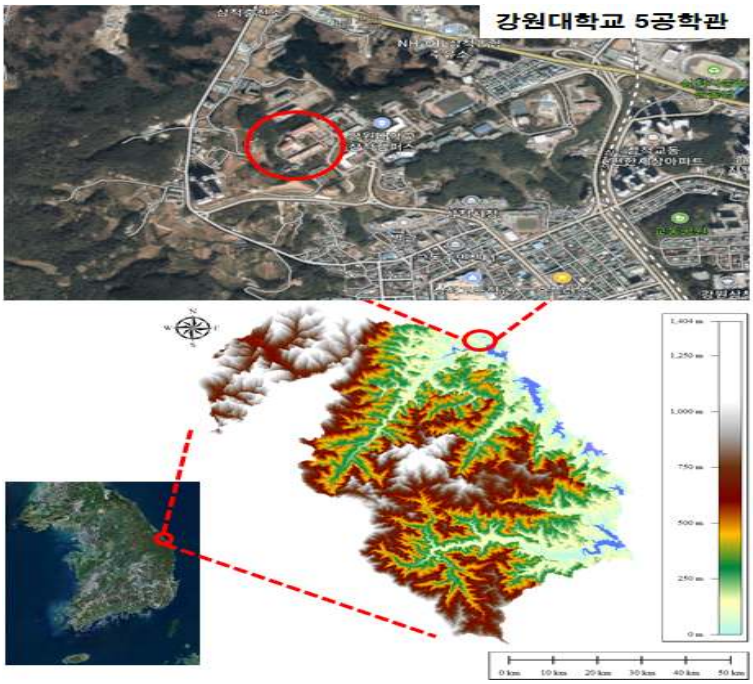
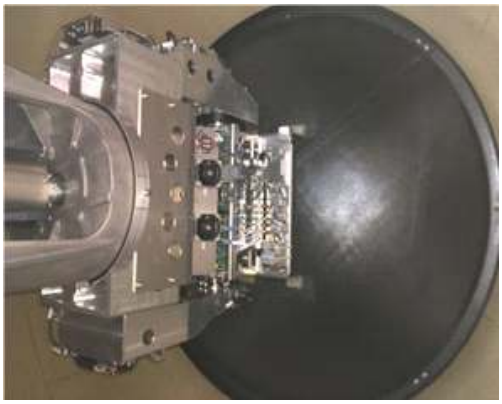


그림 2.3.5 삼척 소형 레이더 설치 위치

그림 2.3.6은 강원대학교 삼척캠퍼스 5공학관의 레이더 설치 전경을 나타낸 그림이다. 그림에서 보는바와 같이 삼척 레이더를 중심으로 동쪽으로는 동해바다, 서쪽과 남쪽, 북쪽으로 다수의 산지가 위치하고 있음을 볼 수 있다.



(a) 레이더 내부



(b) 레이더 외부



(c) 동쪽 전경 (동해바다)



(d) 서쪽 전경



(e) 남쪽 전경 (삼척시)



(f) 북쪽 전경 (동해시)

그림 2.3.6 삼척 소형 강우 레이더 전경

(3) 삼척 소형 강우 레이더의 자료처리 방식

삼척 레이더의 데이터 처리는 JRC사의 신호처리 기법에서 사용되는 개념인 “Sector“로서 그림 2.3.7과 같이 360° 를 360개로 나누어 데이터 처리가 이루어지는 신호처리 단위를 의미하고, 분해능은 1.0° 이며 관측거리를 총 Range bin의 개수로 나누어 데이터 처리가 이루어진다. 또한 분해능은 ” 관측범위 / 총 Range bin 개수 “가 된다.

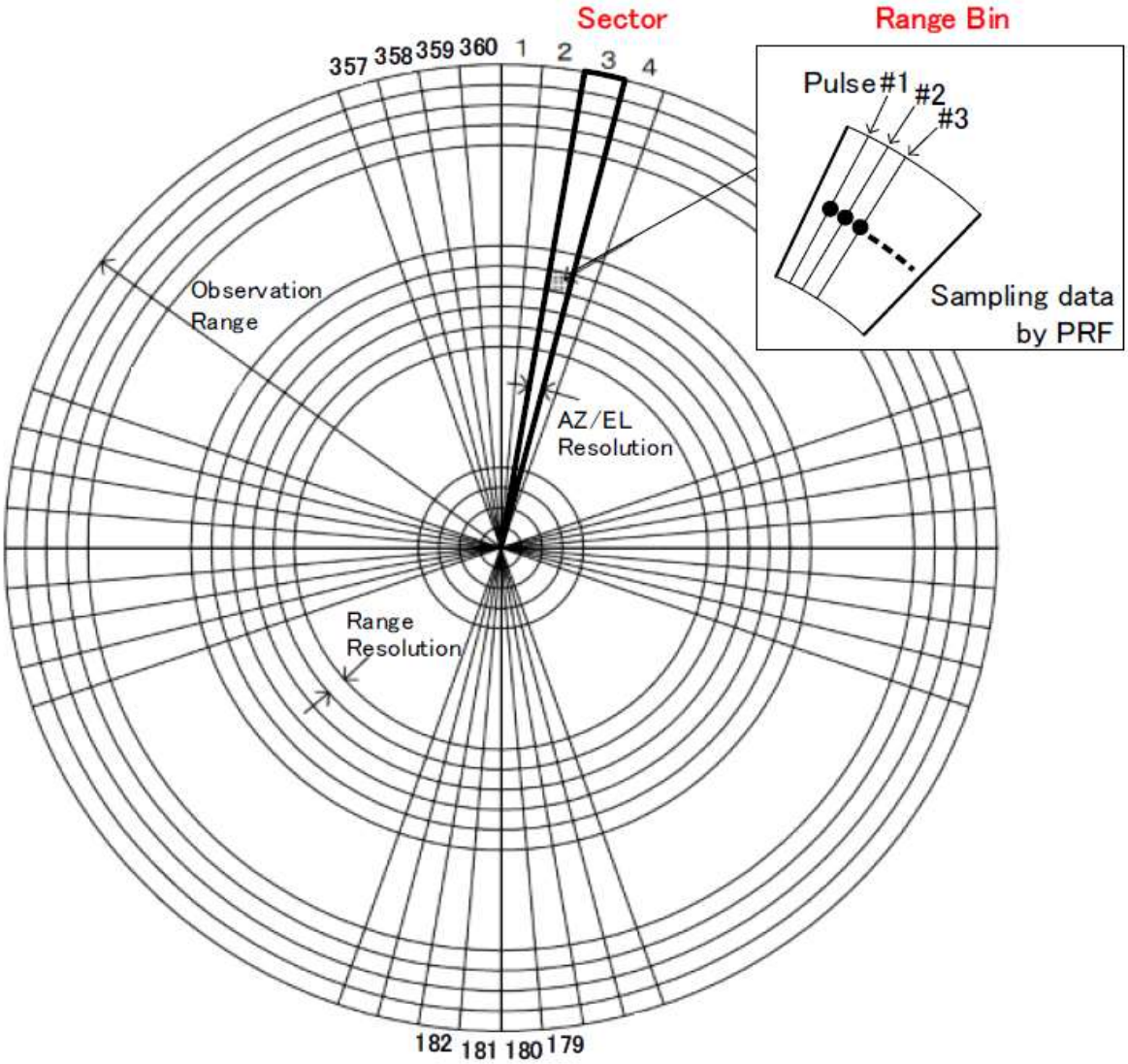


그림 2.3.7 데이터 처리 개념

(출처 : 환경부, 전파강수관측소 강수자료 분석 및 활용 체계 구축Ⅱ, 2019)

그림 2.3.8은 JRC의 자료처리 모식도로 RF 신호를 IF 96MHz로 떨어뜨려 A/D 변환을 한 후 I/Q를 처리하는 전처리 과정과 I/Q의 R0, R1, R2의 매개변수를 통해 이중편파 기상 파라미터로 변환하는 후처리 과정으로 처리된다. JRC 이중편파 레이더는 동시 이중편파 방식을 채택하여 사용하므로 이중편파 기상 변수중 LDR은 생성되지 않는다(환경부, 전파강수관측소 강수자료 분석 및 활용 체계 구축Ⅱ, 2019)

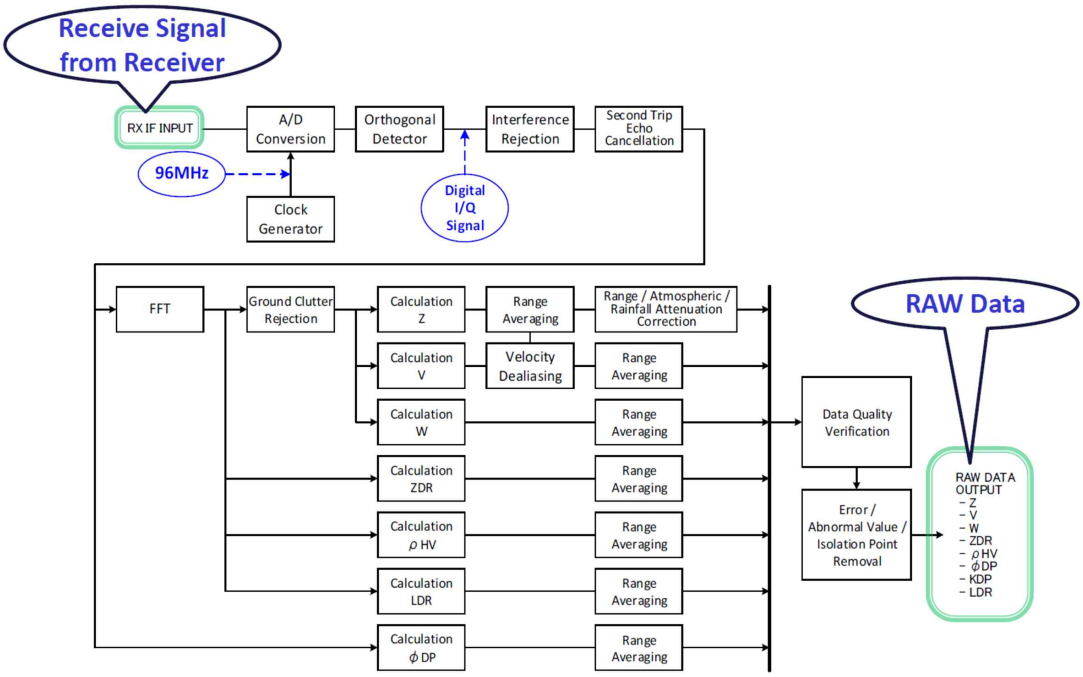


그림 2.3.8 데이터 처리 모식도

(출처 : 환경부, 전파강수관측소 강수자료 분석 및 활용 체계 구축 II, 2019)

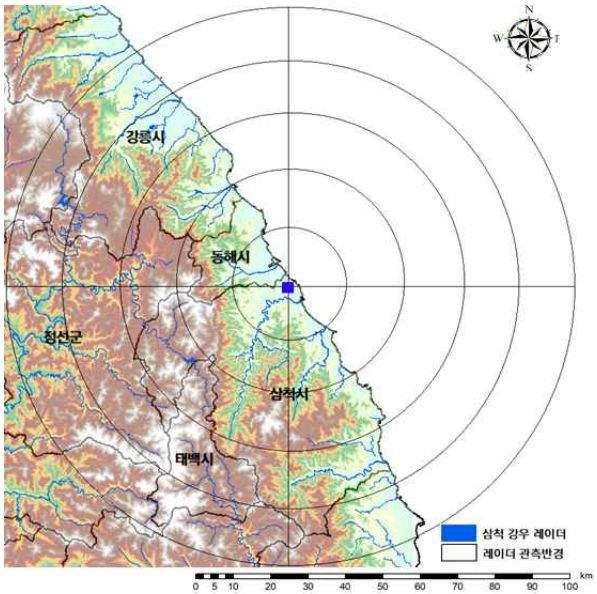
2.3.2 레인센서 강우와 소형강우레이더 관측정보 합성기법 개발

가. 지상강우와 레이더 강우정보 수집 및 전처리

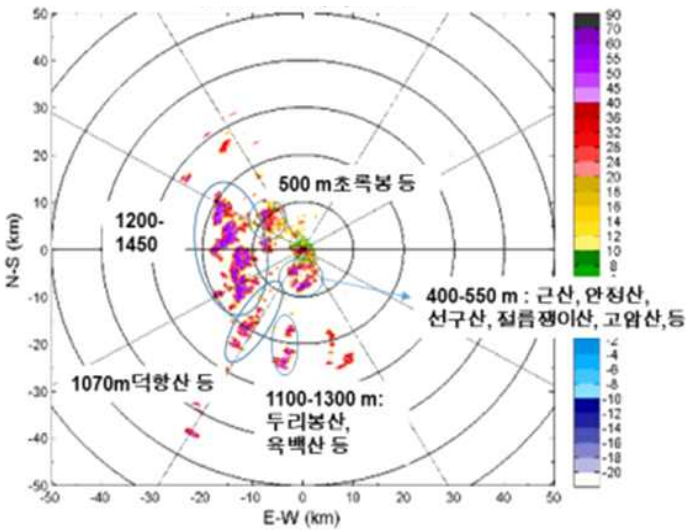
본 연구에서는 영동지방의 임의의 산악지역, 미계측 지역에서 강우량을 산정하기 위하여 삼척 소형 강우 레이더의 레이더 자료를 수집하여 사용하였다. 삼척 소형 강우 레이더는 다른 강우 레이더에 비해 다소 낮은 고도에 설치되어 있기 때문에, 레이더 자료 활용에 앞서 관측반경내 지형에코에 대한 영향을 최소화하기 위해 지형에코 분석이 필요하므로, 본 연구에서는 비강수시의 레이더 자료를 이용하여 삼척 레이더 관측반경내의 지형에코를 분석하였다. 삼척 레이더 관측반경내 지형에코는 그림 2.3.9의 (b)와 같다. 그림에서 보듯 삼척시 내에 고층 아파트 및 해발 400 ~ 500m의 산들이 다수 존재하고 있는 것으로 나타났으며, 이에 따른 지형에 의한 차폐 및 지형에코의 영향이 크다는 것을 알 수 있다.

삼척 레이더의 고도각에 따른 지형에코에 대한 영향을 분석하기 위하여 비강수시 레이더의 고도각이 0.5° ~ 7.5° 까지 1° 씩 고도를 높여 고도각에 따른 지형에코 영향을 분석하였다. 분석 결과 고도각이 0.5° 일 때 관측반경 25km까지 지형에코 영향이 크게 나타나는 것을 알 수 있으며, 4.5° 일 때 지형 에코의 영향이 줄어드나, 관측반경 10km이내

에서 지형 에코 영향이 존재함을 알 수 있다. 대부분의 지형 에코의 영향이 그림에서 보면 왼쪽(내륙)에서 많이 발생하는 것을 알 수 있으며, 관측반경 10km 이내의 관측을 위해서는 5° 이상의 관측이 필요하다. 그림 2.3.10은 삼척 레이더의 고도각별 지형에코의 영향을 분석한 결과를 나타냈다.



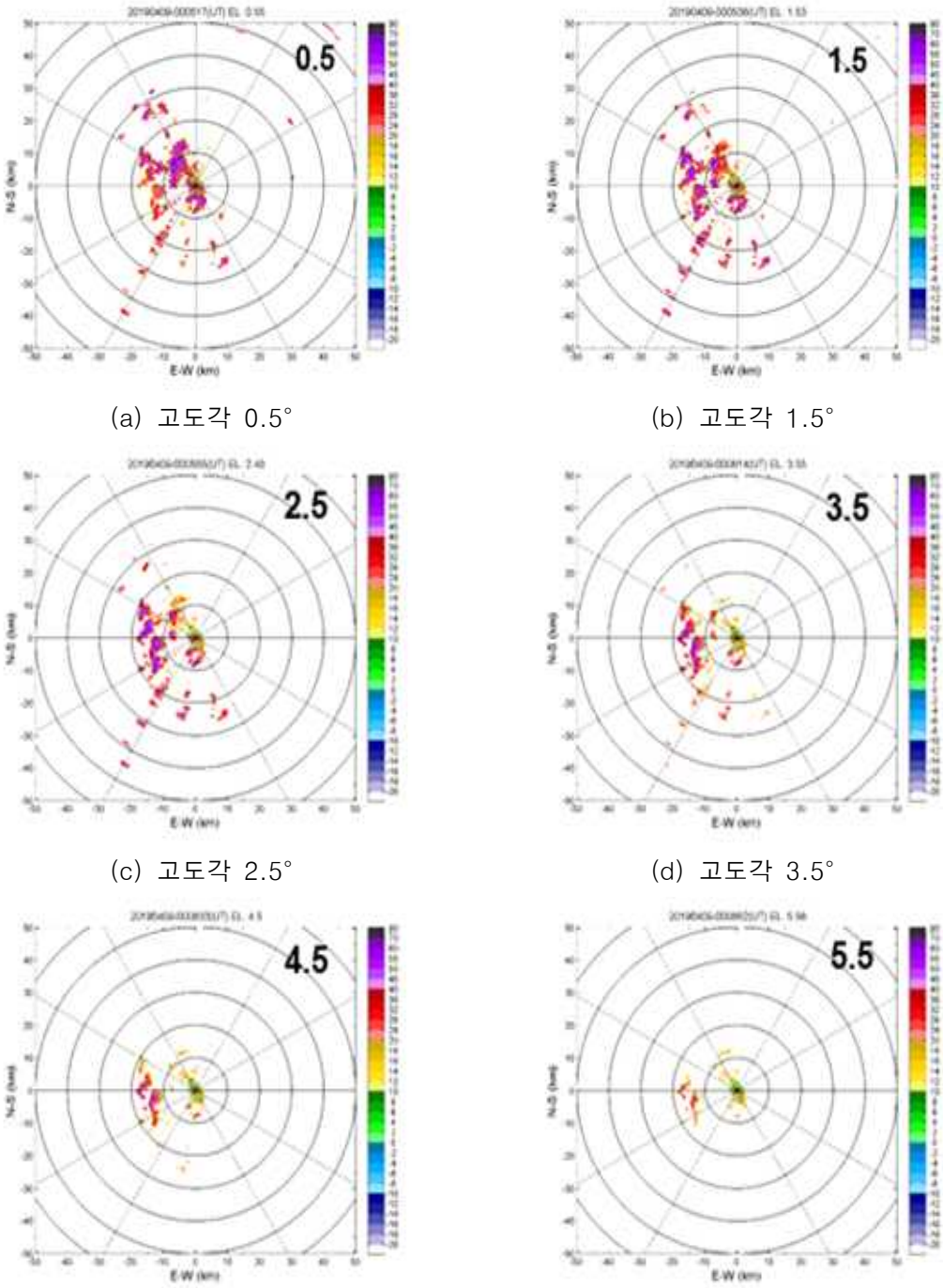
(a) 삼척 레이더 관측반경



(b) 삼척 레이더 주변 지형 에코

그림 2.3.9 삼척 소형 강우 레이더 관측반경 및 지형에코

레이더 자료의 정량적 정확도 및 수문학적 활용 가용성을 고려하면 레이더 유효반경을 30km로 한정할 필요가 있다(전파강수관측소 강수자료 분석 및 활용체계 구축(Ⅰ), 환경부).



(a) 고도각 0.5°　　(b) 고도각 1.5°

(c) 고도각 2.5°　　(d) 고도각 3.5°

(e) 고도각 4.5°　　(f) 고도각 5.5°

그림 2.3.10 삼척 소형 강우 레이더 비강우시 지형에코 영향

(출처 : 환경부, 전파강수관측소 강수자료 분석 및 활용 체계 구축Ⅱ(2019))

따라서 본 연구에서는 삼척 레이더 유효관측반경 30km내에 존재하는 8개소의 AWS 관측소의 강우자료를 수집하였으며, 레이더 자료는 지형에코의 영향을 비교적 적게 받는 고도각 3° 의 PPI 자료를 사용하였다. 앞서 언급한바 있듯이 PPI 자료는 거리가 멀어질수록 고도

각이 높아져 고도면 아래에 있는 에코는 관측되지 않기 때문에, 고도각 3° 의 레이더 자료는 유효관측반경 30km내의 강우를 관측하기에 적절한 것으로 판단되며, 고도각 3° 이상의 레이더 자료는 10km 이내의 관측을 위해 사용하는 것이 적합한 것으로 판단된다.

현재 삼척 강우 레이더는 시범 운영 중으로서 품질 관리를 위해 관측 전략이 지속적으로 바뀌고 있으며, 안정적으로 자료생산이 되지 않는 단계이다. 이에 본 연구에서는 '19년 관측된 자료 중 누락된 5월, 9월의 자료를 제외한 4월, 6월, 7월, 8월, 10월의 5분 단위 레이더 자료를 수집하여 시간단위로 누적하여 사용하였다. 그림 2.3.11은 삼척 강우 레이더 관측반경내 AWS 관측소를 나타냈으며, 표 2.3.3는 AWS 관측소 제원을 나타냈다.

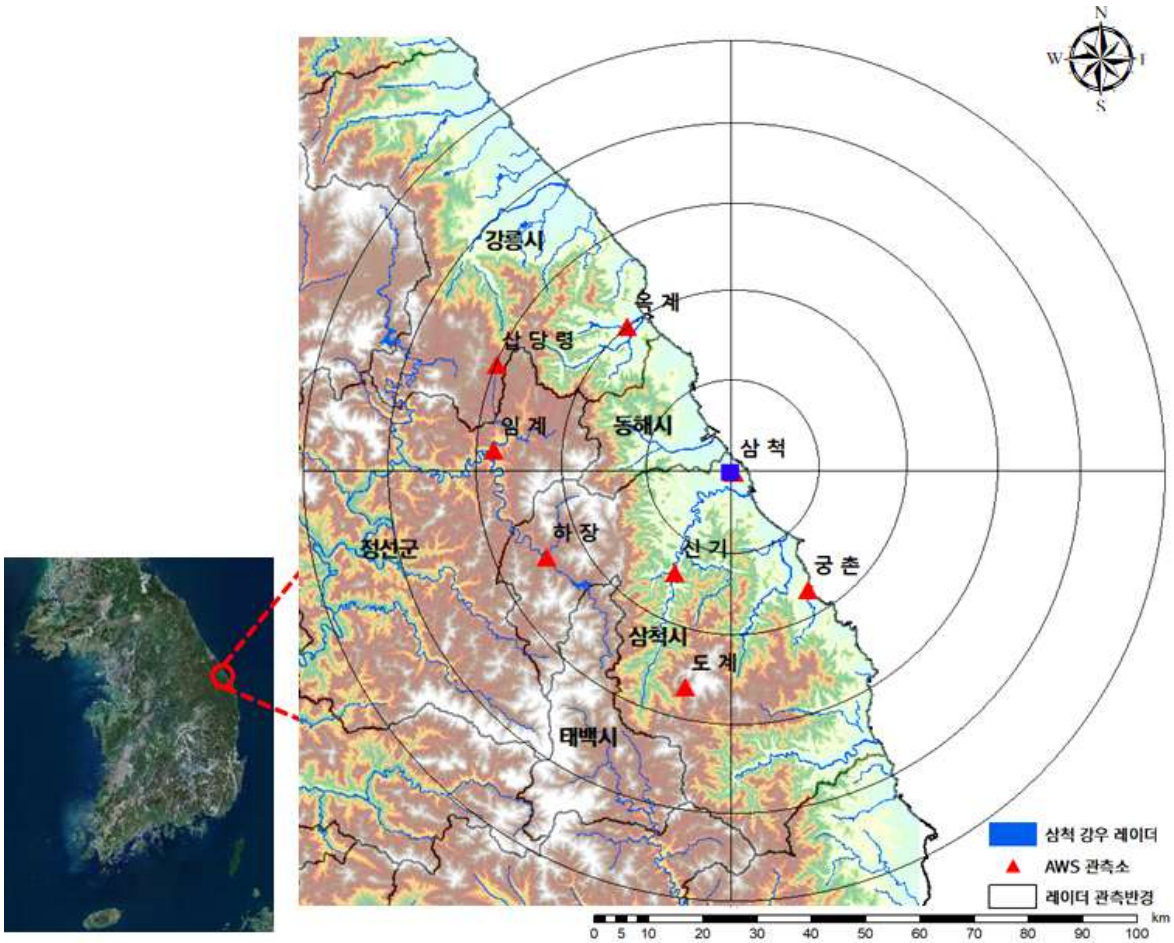


그림 2.3.11 삼척 강우 레이더 관측반경내 AWS 관측소

표 2.3.3 레이더 관측반경내 AWS 관측소 현황

관측소명	경도	위도	해발고도(m)
궁촌	129° 26 ′	37° 32 ′	14
도계	129° 09 ′	37° 22 ′	817
삼척	129° 16 ′	37° 45 ′	68
삽당령	128° 85 ′	37° 57 ′	660
신기	129° 08 ′	37° 34 ′	82
옥계	129° 02 ′	37° 61 ′	58
임계	128° 84 ′	37° 48 ′	488
하장	128° 91 ′	37° 36 ′	607

삼척 강우 레이더는 일본 JRC사의 자체 파일형식에 따라 관측결과가 Polar 파일 형식으로 저장되어, 일반적인 강우레이더 자료 형식과 다르기 때문에 격자기반의 ASCII 파일로 변환하여 사용하였다. 변환한 ASCII 파일은 레이더 반사도 자료(dBZ)로서 강우량(mm/hr)로 변환하기 위하여 Z-R 관계식을 이용하여 레이더 강우량을 추정해야 한다.

Z-R 관계식은 Marshall and Palmer(1948)가 제안한 레이더 강우량 추정하는 관계식이며, 기상청 또한 이 관계식을 이용하여 레이더 강우량을 추정한다. 일반적으로 기상청에서 사용하는 Z-R 관계식은 표 2.3.4와 같다. 대게 기상청에서는 계절 및 강우형태와는 관계없이 획일적으로 층상우의 Z-R 관계식인 $Z=200R^{1.6}$을 적용하여 사용하고 있으며, 삼척 레이더를 활용한 연구 중 환경부의 “전파강수관측소 강수자료 분석 및 활용 체계 구축(Ⅱ)” 연구보고서 또한 $Z=200R^{1.6}$을 사용하였다. 삼척 레이더는 기기의 특성분석이 이루어지지 않았으며, 적합한 Z-R 관계식 또한 정립되어 있지 않은 상태이므로, 본 연구에서는 세계적으로 널리 사용되며, 검증된 Z-R 관계식인 $Z=200R^{1.6}$을 이용하여 레이더 강우량을 산정하였다.

표 2.3.4 기상청 Z-R 관계식

구분	관계식
층상우	$Z = 200R^{1.6}$
뇌우성 강우	$Z = 486R^{1.37}$
지형성 강우	$Z = 31R^{1.71}$
강설	$Z = 2000R^{2.0}$

나. 레인센서 강우와 관측정보 합성기법

레인센서 강우를 이용한 관측정보 합성기법 개발을 위해서 앞서 수집한 강우사상은 EVENT 06~09에서 결측자료를 제외한 레이더자료, 레인센서 강우자료, 지상강우자료를 활용하였다. 그림 2.3.12는 관측자료 합성방법의 모식도이다.

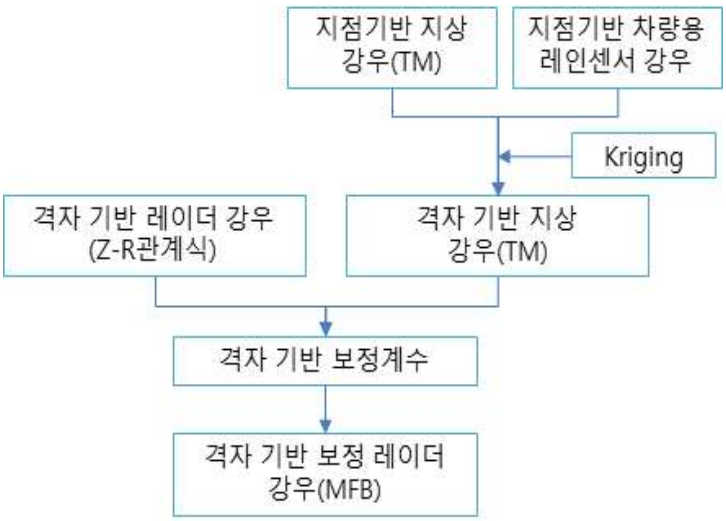


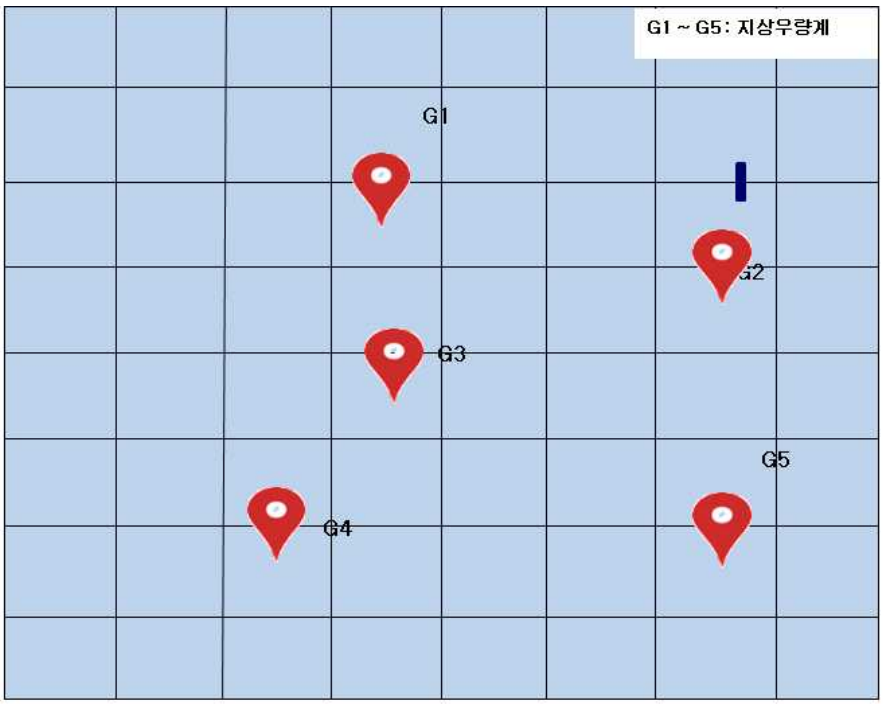
그림 2.3.12 관측자료 합성방법 모식도

본 연구에서는 MFB(Mean-Field Bias) 보정기법을 적용하여 관측정보 합성하였으며 이러한 MFB기법은 G/R 기법 혹은 편의보정 기법이라고도 하며 지상강우량과 레이더 강우의 보정계수를 산정하여 레이더 강우량을 추정하는 전체 영역에 균일하게 적용하여 레이더 강우를 보정하는 기법이다.

레이더 관측 영역 내에서 지상우량계 자료를 활용하여 지점별 보정계수를 산정하고, 레이더 격자 강우량의 보정에 사용하는 방법이다.

$$R_{adj} = R_{ori} \times \overline{C} \qquad \text{(식 19)}$$

여기서 R_{adj}은 MFB를 이용한 보정 레이더 강우량이고 R_{ori}는 보정 전 레이더 강우량, $\overline{C}$는 지점별 보정계수이다.



지점	1	2	3	4	5
우량계 우량값 (G)	G1	G2	G3	G4	G5
레이더 우량값 (R)	R1	R2	R3	R4	R5
보정계수 (C=G/R)	C1=G1/R1	C2=G2/R2	C3=G3/R3	C4=G4/R4	C5=G5/R5

그림 2.3.13 MFB(Mean-Field Bias) 보정기법 개념

MFB(Mean-Field Bias) 보정 기법을 이용한 합성 강우의 적용 전과 후의 비교를 위하여 아래 그림에서 레이더 원자료와 합성 강우의 격자자료를 비교하여 제시하였다.

다. 실강우를 이용한 합성기법의 검증

본 연구에서 제시한 레인센서 강우를 이용한 관측정보 합성기법의 검증을 위하여 동일한 방법과 자료를 적용하되 삼척 AWS관측소를 제외하고 해당 격자에 레인센서 강우를 적용한 후 합성강우를 2019년 07월 10일과 2019년 08월 06일 두 개 사상에 대하여 합성강우에서 삼척 지상 관측소 위치에 해당하는 격자 및 인접한 8개 격자 값의 평균 값과 삼척 AWS 관측소 관측 자료와의 비교를 통해 검증을 수행하였다.

관측 값과 합성된 값의 비교를 위하여 10분 단위 강우와 누적강우를 비교하였고 정확도를 확인하기위하여 자료를 scatter plot 및 RMSE를 통해 비교 검증하였다.

검증 결과 첫 번째 EVENT인 2019년 07월 10일 사상은 누적강우의 경우 강우초기에서 약 20mm 이상의 차이를 보이고 있으나 점차 강우 종료시점의 누적강우에서는 관측 값과 유사한 값으로 모의된 것을 확인 할 수 있었고 scatter plot과 결정계수 값은 0.96으로 다소 높은 유사도를 보이고 있고 RMSE 값 역시 13.64로 분석되어 높은 정확도로 분석된 것을 확인하였다.

두 번째 EVENT인 2019년 08월 06일 사상은 누적강우의 경우 전체 지속시간에서 약 5mm 이하의 차이를 보이며 관측 값과 유사한 경향을 확인 할 수 있었고 scatter plot과 결정계수 값은 0.98으로 다소 높은 유사도를 보이고 있고 RMSE 값 역시 2.24로 분석되어 첫 번째 EVENT보다 높은 정확도로 분석된 것을 확인하였다.

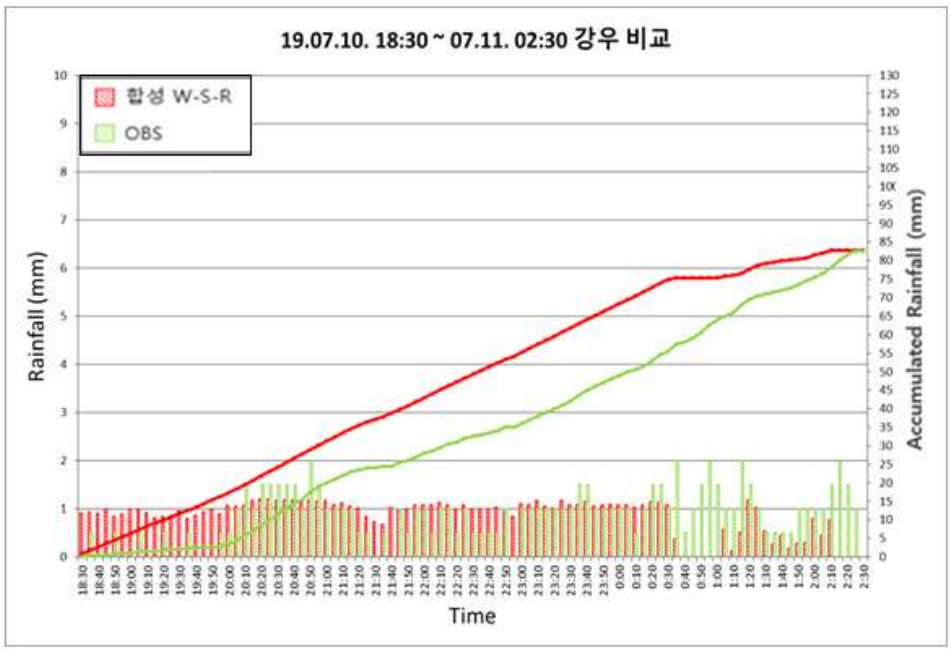


그림 2.3.14 합성기법 검증 EVENT 1

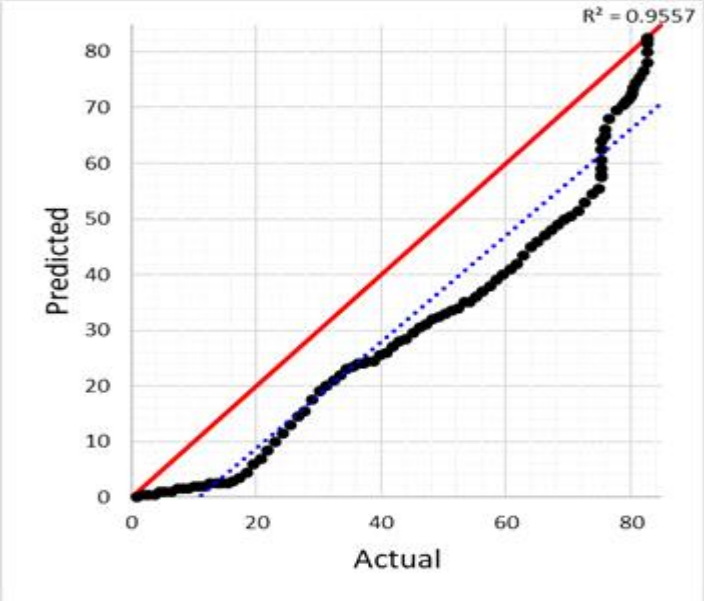


그림 2.3.15 합성기법 검증 scatter plot EVENT 1

표 2.3.5 합성기법 결정계수 및 RMSE 검증 EVENT 1

EVENT	결정계수	RMSE
01	0.96	13.64

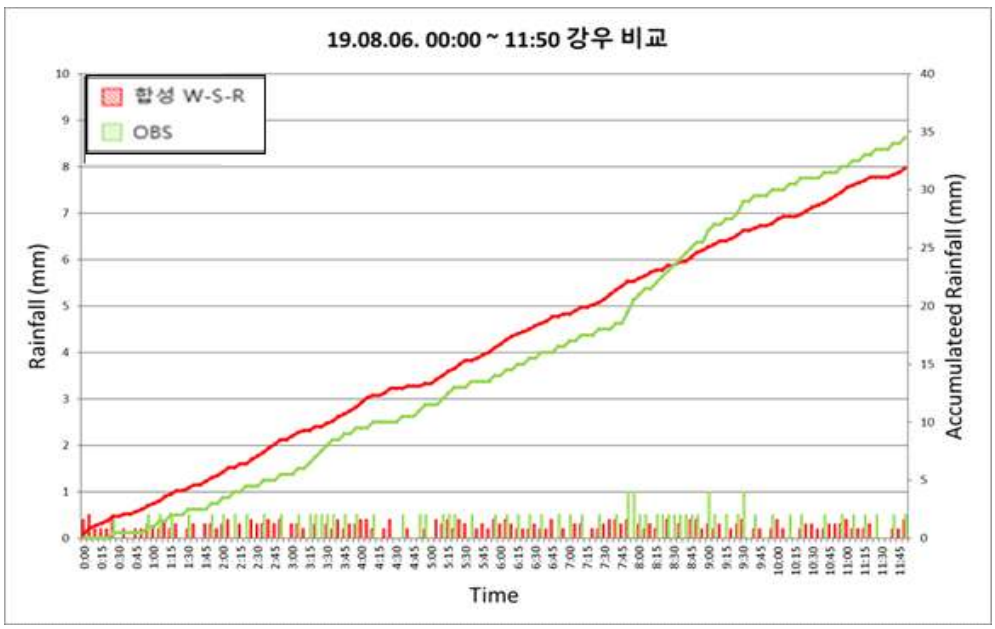


그림 2.3.16 합성기법 검증 EVENT 2

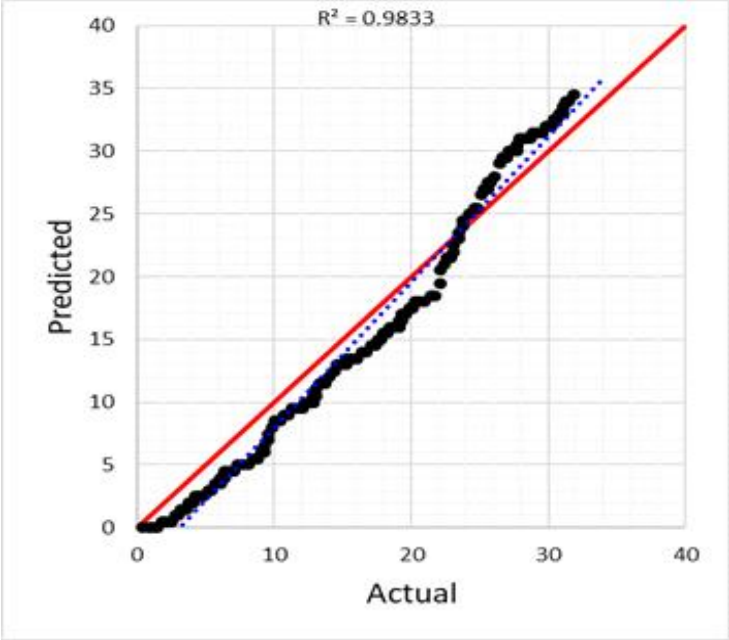


그림 2.3.17 합성기법 검증 scatter plot EVENT 2

표 2.3.6 합성기법 결정계수 및 RMSE 검증 EVENT 2

EVENT	결정계수	RMSE
02	0.98	2.24

2.4 강우조건에 따른 도로 상황 위험도 분석 및 회피경로 분석

2.4.1 강우량 - 도로 침수심 - 차량속도 관계 및 교통흐름(교통장애) 분석

본 연구에서는 강우정보를 이용한 도로 교통장애 예측기술 및 모형 개발을 위하여 도심지에서 침수가 발생하였을 때 교통에 미치는 영향에 대하여 분석을 실시하였다. 강우 발생 시 도로 교통장애 및 빗길로 인한 사고가 발생하기 때문에 강우 정보를 이용하여 도로 교통장애를 미리 예측 가능한 기술 및 모형을 개발하였다.

일반적인 내비게이션의 경우 비가오면 문제가 생길 도로를 알려주어 우회하는 방식이 아닌, 이미 문제가 발생한 도로를 우회하게끔 알려주는 방식이다. 따라서 강우 발생 시 문제가 될 도로를 알지 못하고 이미 문제에 직면한 후 상황을 파악할 수 있는 문제가 있다. 강우 발생 시 미리 문제가 발생할 도로를 예측하는 기술이 있다면 도로 안전 및 교통에

유용한 정보를 줄 수 있을 것으로 판단하였다. 도로 교통장애 예측기술 및 모형 개발을 위한 수문해석 분석 흐름도는 그림 2.4.1과 같다.

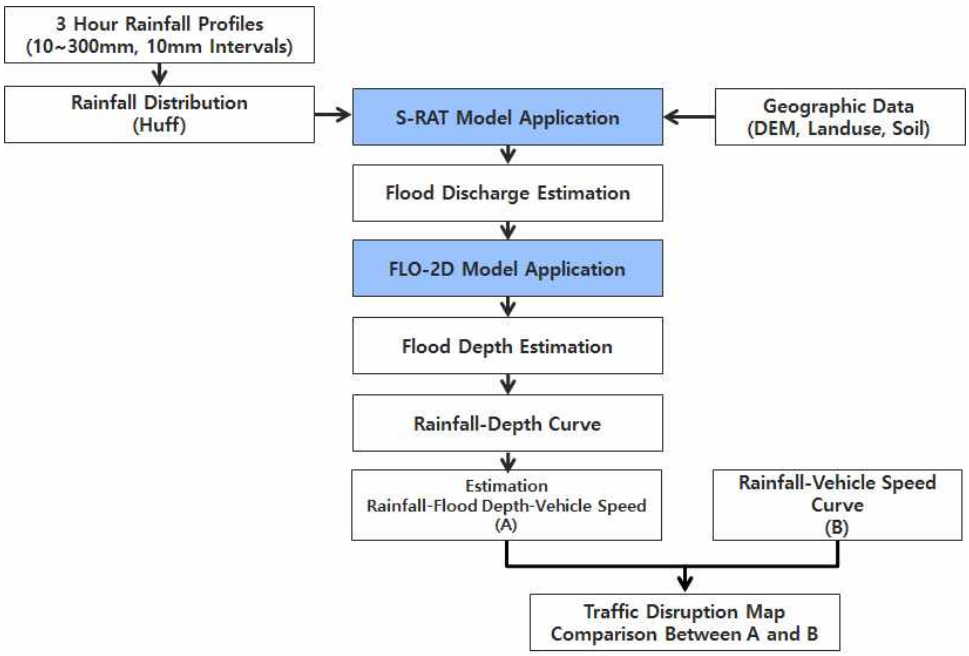


그림 2.4.1 도로 교통장애 예측기술 및 모형 개발을 위한 분석 흐름도

도로 교통장애 예측을 위하여 지속시간 3시간에 대하여 강우자료를 구축하였으며 그림과 같이 유출량 산정을 위하여 분포형 모형인 S-RAT(Spatial Runoff Assessment Tool)을 이용하여 산정된 유출량이 산정된다. 산정된 유출량으로 침수해석모형인 Flo-2D 모형에 적용하여 유출량-침수심 곡선을 작성한다. 이후 선행연구 자료인 침수심-차량속도 곡선식과의 관계를 이용하여 강우-침수심-차량속도 관계를 이용하여 최종적으로 강우가 교통장애에 미치는 영향을 도출하였다.

그림 2.4.2는 각각의 커브들을 연계하여 강우량에서 차량운행속도를 구하는 관계에 대한 그림이다. Rainfall-Depth Curve를 산정 후 Flood Depth-Vehicle Speed Curve와 격자별로 발생한 침수심으로 차량운행속도를 산정한다. 각각 두 커브에 공통으로 연관되어 있는 침수심을 이용하면 각 격자별로 수문학적 특성을 반영할 수 있고 이는 기존 연구와 차별을 둘 수 있을 것으로 판단된다(Choo et al. (2020)).

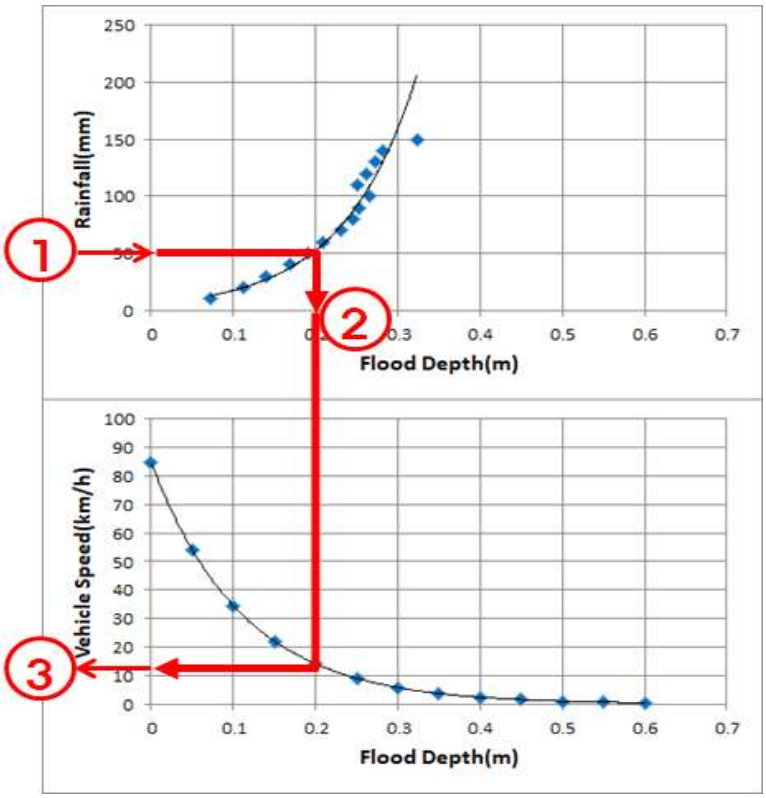


그림 2.4.2 강우-침수심-차량속도 관계

강우량-유출량의 관계를 분석하기 위하여 적용한 분포형 강우--유출 모델인 S-RAT(Spatial Runoff Assessment Tool)모델은 Kim et al. (2010)이 개발한 분포형 강우-유출모델로 GIS자료를 이용하여 대상유역을 일정한 크기의 격자로 구성하고 격자마다 시간 간격별 개념적 물수지를 계산함으로서 유역의 시·공간적 유출량 변화를 모의하도록 설계되었다. S-RAT은 자체적으로 매개변수를 추출하여 입력 자료가 간소화 되어 있다. S-RAT 모델은 각 격자별 침투 및 직접 유출을 산정하기 위해 SCS Curve Number(이하 CN) 방법을 사용하였다. 이를 위해 토양도 및 토지이용도를 입력 받아 CN 값 격자자료를 생성하여 계산하게 된다.

$$S(i,j) = 254(\frac{100}{CN(i,j)} - 1)$$

여기서, $S(i,j)$는 잠재보유수량 ; $CN(i,j)$는 격자별 CN 값

$$\frac{P_n[t,(i,j)]}{P[t,(i,j)]} = \frac{F[t,(i,j)]}{HS(i,j)}$$

여기서, $F[t,(i,j)]$는 침투저류조의 침투능(water content) (mm) ; $HS(i,j)$는 침투 저류조의 용량

$$I[t,(i,j)] = P[t,(i,j)] - P_n[t,(i,j)]$$

$$W[t,(i,j)] = \frac{F[t,(i,j)]}{Hs}$$

$$I[t,(i,j)] - W[t,(i,j)] = \frac{dF[t,(i,j)]}{dt}$$

여기서, $W[t,(i,j)]$은 지표하 유출 ; $P_n[t,(i,j)]$(mm)는 직접유출 ; H_s는 무차원 상수로서 개념적 매개변수이다. 식 (3)-(6)을 이용하여 침투저류조의 질량보존 지배방정식을 산정하면 다음과 같다. 식(6)은 4차 Runge-Kutta 방법을 이용하여 해석 할 수 있다.

$$\frac{dF[t,(i,j)]}{dt} = -\frac{F[t,(i,j)]}{H_s} - E[t,(i,j)] + P[t,(i,j)]\left\{1 - \frac{F[t,(i,j)]}{HS(i,j)}\right\}$$

그림 2.4.3은 본 모델의 격자 물수지 계산 개념도를 나타낸 것이다. 위와 같은 계산식을 통해 강우량을 분포형 유출모델인 S-RAT에 넣어 유출량을 산정한다.

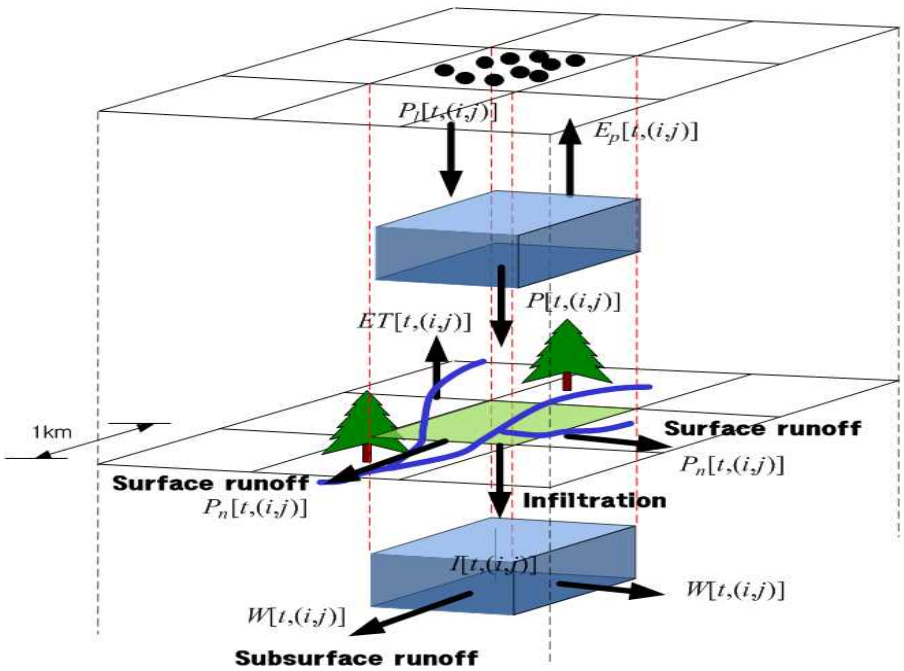


그림 2.4.3 Conceptual Diagram of Grid Water Balance

(출처 : Kim et al., 2010)

유출량-침수심 분석을 위하여 활용한 분포형 홍수 범람 모델인 FLO-2D 모델은 체적을 보존시키면서 홍수의 추적을 재현해내는 모델이다. 미국 연방재난관리청(Federal Emergency Management Agency, FEMA) 공인된 모델이므로 신뢰성이 높으며, GDS, MAPPER++등이 있어 자동적으로 침수 구간을 구별해낼 수 있다.

흐름방정식은 식 (7)와 같으며, 연속방적식과, 운동량방정식을 기본으로 한다. 그림 2.4.4는 흐름방정식을 도식화 한 그림이다.

$$\frac{\partial h}{\partial t}+\frac{\partial hV}{\partial x}=i$$
$$S_f=S_0-\frac{\partial h}{\partial x}-\frac{V}{g}\frac{\partial V}{\partial x}-\frac{1}{g}\frac{\partial V}{\partial x}=0$$

여기서 h는 유량의 깊이, V는 시작격자에서 8방향 흐름(x방향) 중 하나의 평균유속이며, i는 초과강우강도이다. S_f는 마찰경사로 Manning 방정식을 기반으로 한다.

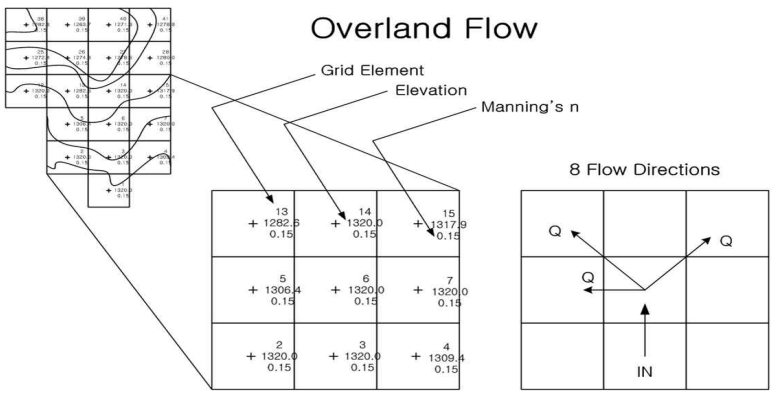


그림 2.4.4 Flo-2D Flow Equation
(출처 : FLO-2D Manual, 2009)

가. 대상지역 현황

본 연구에서는 강원도 내에 레이더가 설치되어 있어 레이더 강우자료를 활용할 수 있는 삼척을 대상지역으로 선정하였으며 삼척시내에 대한 그림은 그림 2.4.5와 같다. 삼척시는 서쪽으로 태백산맥이 위치하여 1,000m 이상의 고위평탄면을 이루고, 동쪽으로 급경사를 이루고 있다. 삼척시내를 관통하는 오십천이 있으며 오십천 유역의 길이는 46.06km, 유역면적은 350.16km2로 이루어져 있다. 기후특성은 전형적인 동해안 기후특성인 해양성기후를 가지고 있어 온난다습하며 지형적인 특성으로 인해 수직적인 기온분포를 띄고 있다. 기상

자료가 수집된 1993년 이후 27년 동안 강수량의 경우 연평균 1,258.3mm로 7, 8, 9월의 강수량이 50% 이상을 차지하며 여름에 비가 집중적으로 내린다.

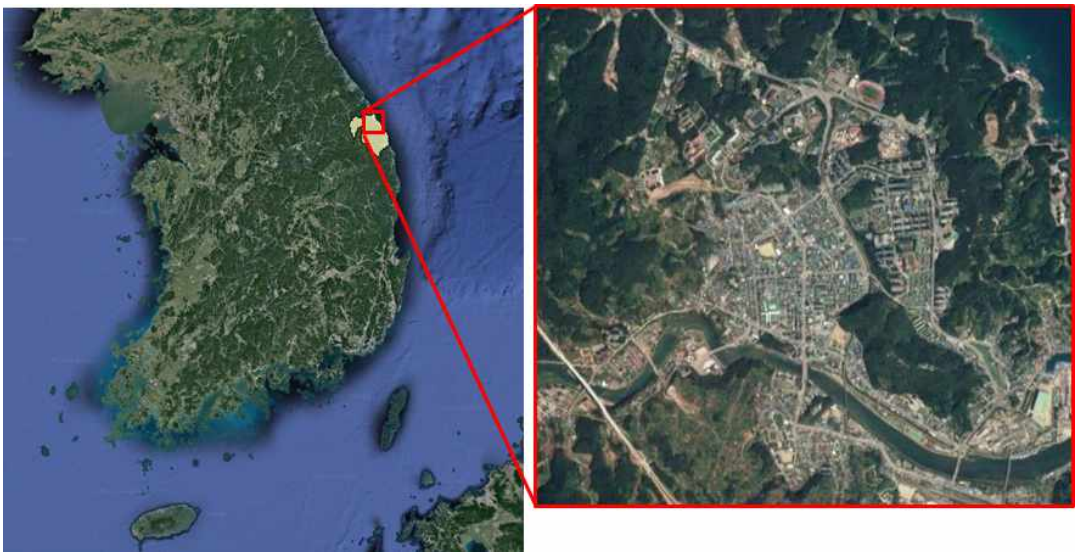


그림 2.4.5 삼척 시내 전경

나. 입력자료 구축

강우-유출모델 S-RAT에서는 강우량과 지형자료(DEM, Landuse, Soilmap)가 필요하다. 총 강우량을 시계열로 분포시키기 위하여 Huff강우분포방법(Huff, 1967)을 이용하였으며 여기서 첨두강우량의 발생에 따라 나누어진 Huff의 4분위 중 가장 많이 사용하고 있는 3분위를 이용하였다. 강우자료는 10~300mm를 10mm 단위로 나누어 30종의 강우시나리오를 설정하였다. 기본 단위는 삼척 레이더 기준 격자인 75m × 75m이며 격자 내에서 침수모델을 적용하기 위한 기준점(범람시작점)을 기준 격자(75m × 75m)에서의 최저표고점으로 정의하였다.

강우자료는 10mm 간격으로 S-RAT모델에 입력하였고 지형자료는 ARC-GIS내에 SWAT Tool을 이용하여 수계를 형성하고 출구점 만들어 그에 따라 유역을 나누고 각 유역의 DEM, Landuse, Soilmap을 입력하였다.

FLO-2D 침수분석에 필요한 자료는 유출량과, DEM이다. S-RAT에서 나온 유출량을 FLO-2D에 적용하였으며 DEM은 강우-유출모델에서 사용된 DEM과 같은 형태의 공간자료를 이용하였다. 그림 2.4.6은 지속시간 따른 Huff 3분위 강우분포 결과이고 그림 2.4.7은 S-RAT 모형의 입력자료인 DEM, Landuse, Soil map 구축자료이다. 그림 2.4.8은 삼척시내 삼척고등학교 부근의 지점을 나타내는 그림이며 선정된 지점에 대하여 교통장애

분석을 실시하였다. 지점에서 산정된 유출량은 홍수범람모델에서의 제내지유입량이 되어 침수분석의 입력 값으로 활용된다.

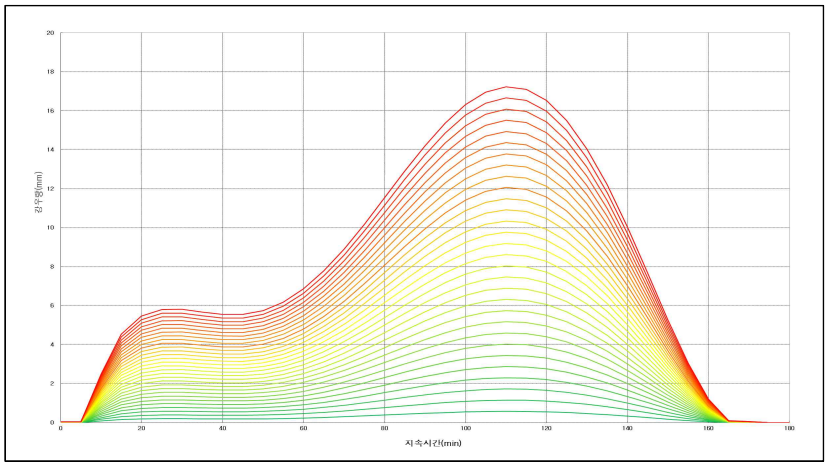
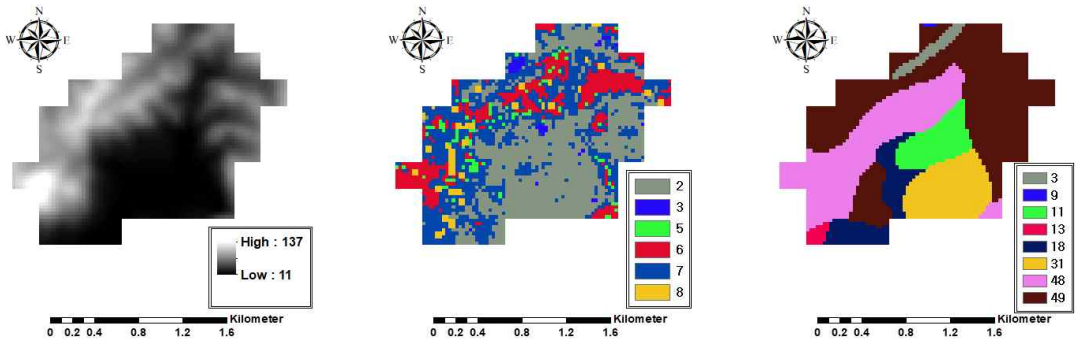


그림 2.4.6 Huff 3분위를 이용하여 강우분포



a) DEM b) Landuse c) Soil

그림 2.4.7 대상유역 입력자료 구축 현황

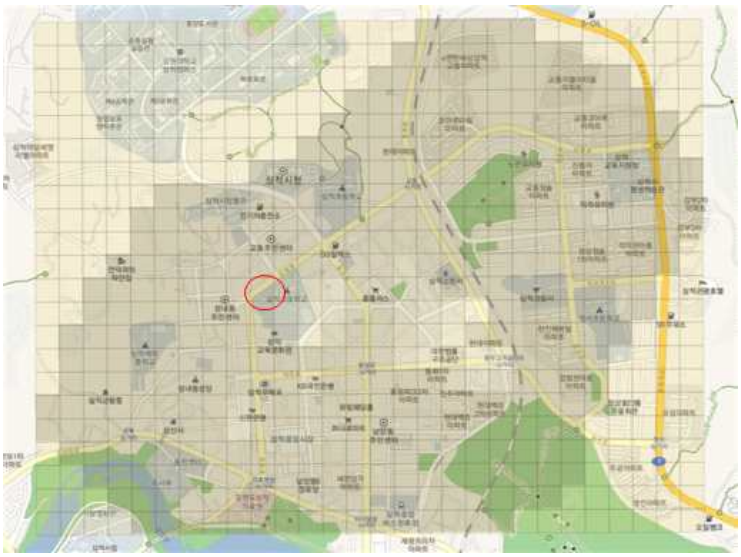


그림 2.4.8 삼척시 침수모의 대상지역 및 지점

다. 수문모형을 이용한 강우량-침수심 곡선 작성

분석대상 격자의 최저표고점에서의 산정된 시나리오별 유출량은 그림 2.4.9와 같으며 산정결과를 표 2.4.1에 나타내었다. 산정된 유출량을 이용하여 홍수모형에 적용하였으며 모의결과 그림 2.4.10과 같이 강우가 160mm보다 많이 발생하였을 때부터 침수가 발생하는 것으로 분석되었다.

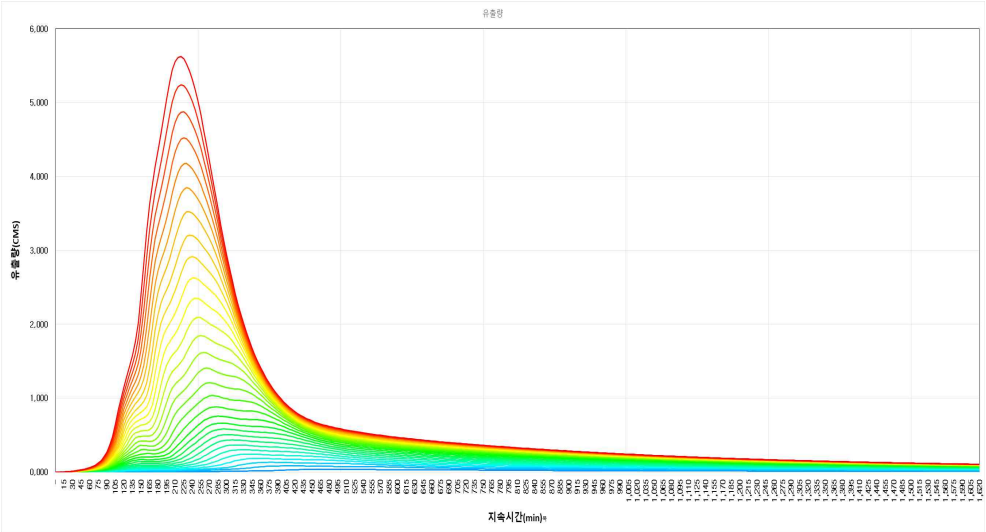
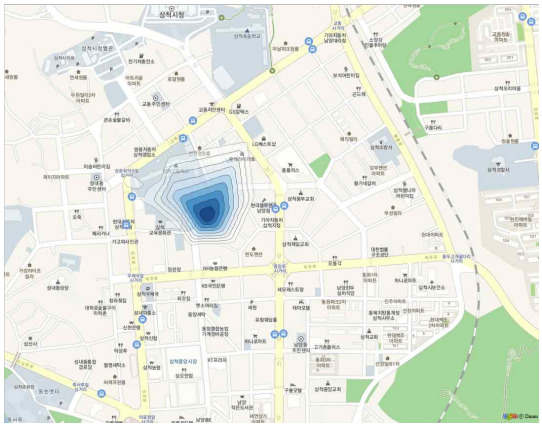


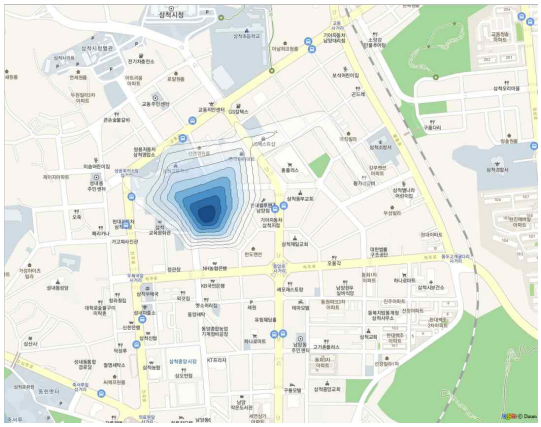
그림 2.4.9 강우분포 시나리오별 유출량

표 2.4.1 강우에 따른 유출량 산정 결과

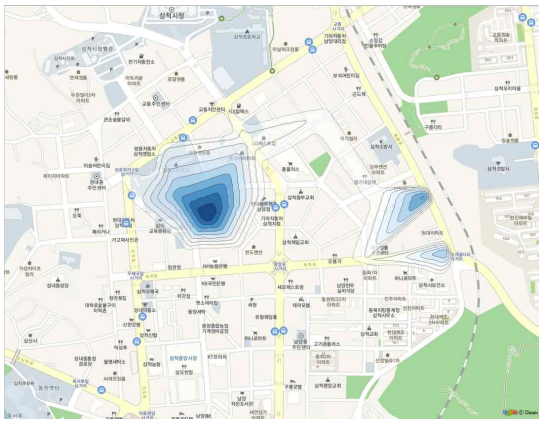
Rainfall (mm)	Discharge (cms)	Rainfall (mm)	Discharge (cms)
10	30	160	1,451
20	91	170	1,665
30	145	180	1,900
40	195	190	2,156
50	244	200	2,434
60	295	210	2,731
70	351	220	3,048
80	416	230	3,384
90	490	240	3,737
100	577	250	4,107
110	679	260	4,490
120	796	270	4,886
130	931	280	5,292
140	1,084	290	5,707
150	1,257	300	6,126



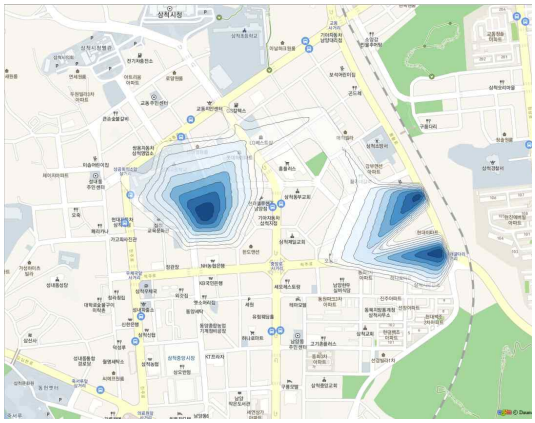
(a) 160mm



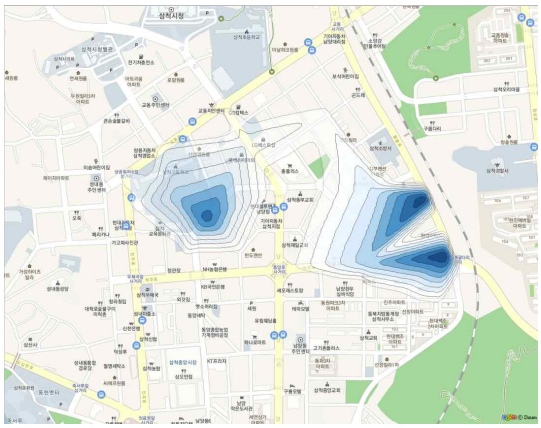
(b) 180mm



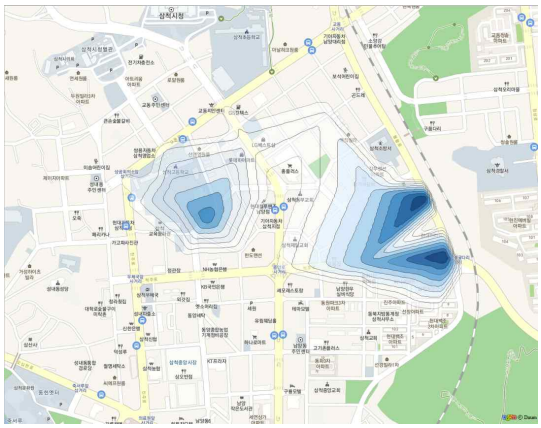
(c) 200mm



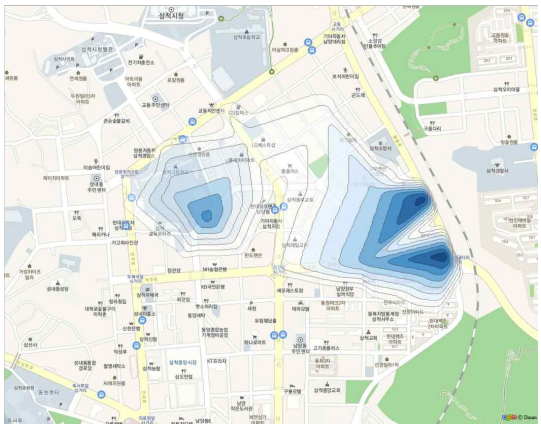
(d) 220mm



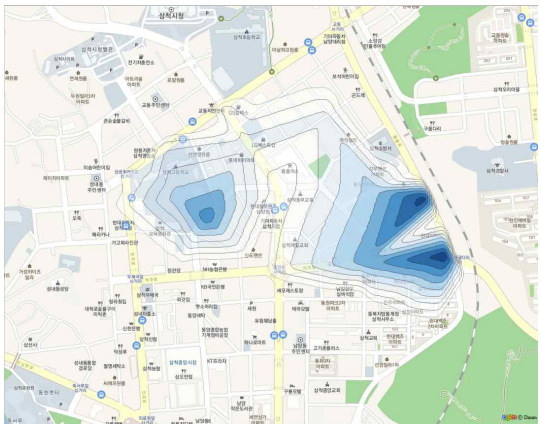
(e) 240mm



(f) 260mm



(g) 280mm



(h)) 300mm

그림 2.4.10 강우에 따른 침수심 산정 결과

산정된 강우량에 따른 침수심 자료를 이용하여 강우량-침수심 곡선을 작성하였으며 삼척고등학교 지점에 해당하는 강우량-침수심 곡선은 그림 2.4.11과 같다.

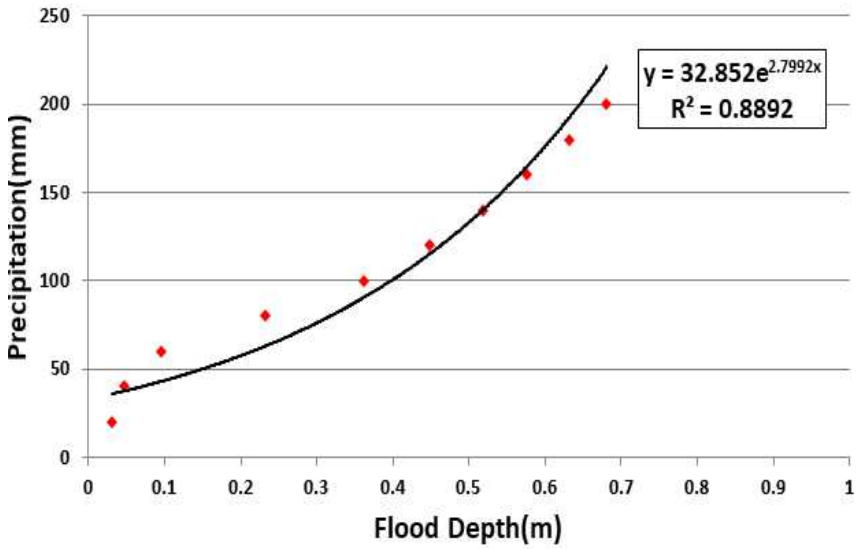


그림 2.4.11 삼척고등학교 지점 강우량-침수심 곡선 산정 결과

라. 강우량-침수심-차량속도 관계 분석

강우량-침수심-차량속도 관계를 이용하기 위해 침수심과 차량운행속도와의 선행분석이 이루어진 자료 Pregnolato et al. (2017)를 이용하여 침수심-차량속도 곡선을 산정하였다. 표 2.4.2는 선행연구의 실험결과 자료이며 실제 침수가 되었을 때의 차량속도를 통계낸 것이 아닌 정적인 실험 및 비디오 자료를 통한 분석을 도출한 것으로 한계가 존재한다.

또한 선행 연구에서는 소형, 대형, 4륜 구동 등 차량를 분류하였지만 본 연구에서 제시한 곡선에는 각 차종의 평균치를 참고하였고 대부분의 운전자가 얕은 침수심에서는 도로 제한속도 이상으로 운전을 하는 것으로 판단되어 침수심 최저치 값에서 속도를 올릴 수 있는 지점으로 보정하여 회귀식을 산정하였고(그림 2.4.12) 산정식은 (식 20)과 같다.

표 2.4.2 침수심에 따른 차량운행속도 선행연구 결과

No.	Flood Depth(m)	Vehicle Speed(km/h)
1	0	88
2	0.01	77
3	0.087	40
4	0.116	37
5	0.125	26
6	0.189	24
7	0.200	16
8	0.230	7
9	0.250	3

(출처 : Pregnolato et al., 2017)

$$y = 85 \times e^{-9x} (R^2=0.87) \qquad \text{(식 20)}$$

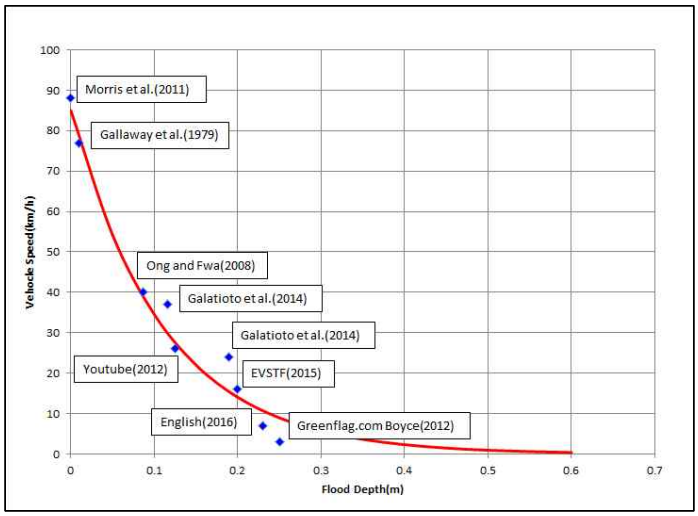


그림 2.4.12 침수심-차량속도 곡선 산정 결과

2.4.2 레인센서 정보를 이용한 도로 상황 위험도 분석 및 현장 검증

강우조건에 따른 교통장애 영향 평가를 위하여 도로상황에 따른 위험도 기준을 산정하였다.

이에 대한 검증을 위하여 삼척시내 도로침수가 발생했던 사상을 대상으로 분석결과를 비교 하였으며 해당 기간은 2019년 10월 2일 13:00 ~ 10월 3일 09:00까지 발생했던 태풍 미탁 사상에 적용하여 분석을 실시하였으며 미탁 사상에 대한 우량주상도는 그림 2.4.13과 같다.

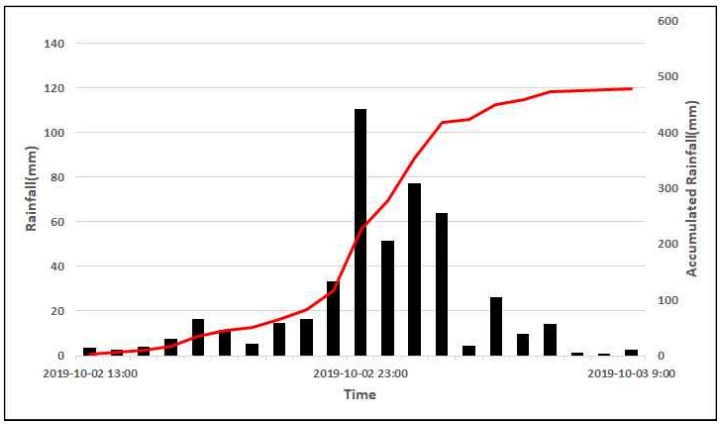


그림 2.4.13 태풍 미탁사상 우량주상도

그림 2.4.14는 강우량-침수심-차량속도 그래프 작성 결과이며 앞서 산정된 강우량-침수심 곡선에 침수심-차량속도 곡선식을 적용하여 작성한 그래프이다. 태풍 미탁으로 인하여 10월 2일 22:00 ~ 10월 3일 02:00까지 현장조사 자료를 이용하여 검증을 수행하였다. 삼척고등학교 지역의 경우 60km 제한속도 도로이며 그림 2.4.15와 같이 현장조사 하였던 시간에 침수피해가 발생하였던 것을 확인할 수 있었다.

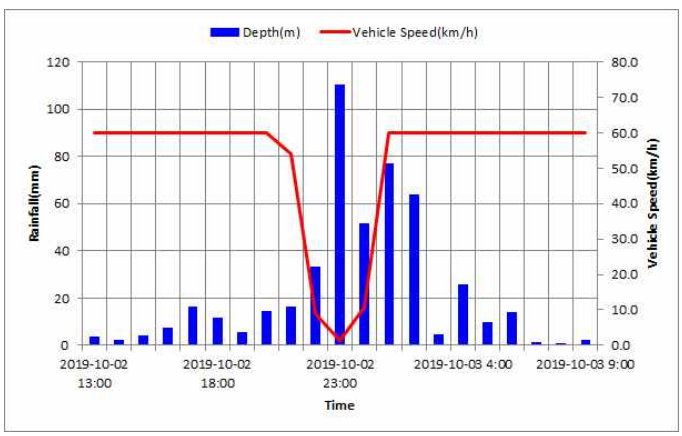
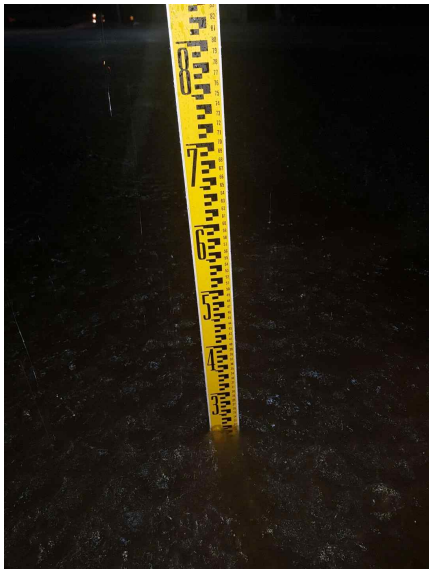


그림 2.4.14 삼척고등학교 지역 강우량-침수심-차량속도 곡선식 미탁 사상 적용 결과



(a) 침수 현장 전경



(b) 침수심 측정 사진

그림 2.4.15 태풍 미탁 현장 조사 결과

도로 상황 위험도는 강우량에 따라 예상되는 침수심을 기준으로 도로상의 차량 주행 속도를 감속하도록 정보 제공을 목적으로 실시간으로 발생하는 합성강우의 강우량에 따라 예상되는 침수심을 이용하여 침수심에 따른 차량 감속 속도를 도로별 주행속도에 감소율을 제시하고 적용하였다. 위험도 기준은 다음과 같이 일반도로의 어린이 보호구역의 제한속도 30km/hr부터 고속도로의 100km/hr로 총 4개의 기준으로 아래 표 2.4.3과 같이 제시하였으며 이외 제한속도는 아래 표의 감소율 기준을 적용하여 위험도를 적용하도록 하였다.

삼척 고등학교 지역의 미탁사상 적용결과 10월 2일 21:00까지 위험등급이 안전등급이었으나 10월 2일 22:00시 이후부터 10월 3일 00:00시 까지 차량운행이 불가능한 위험등급으로 분석되었다.

표 2.4.3 도로 상황 위험도 기준

Risk (Reduction rate)	도로 제한속도 (km/hr)			
	30	60	80	100
very low (0~25%)	0~8	0~15	0~20	0~25
low (25~50%)	8~15	15~30	20~40	25~50
medium (50~75%)	15~23	30~45	40~60	50~75
high (75~100%)	23~30	45~60	60~80	75~100

표 2.4.4 삼척고등학교 지역의 미탁사상 시간대별 교통장애 영향 등급

시간	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00	20:00	21:00	22:00
강우량	3.5	2.5	4	7.5	16.5	11.5	5.5	14.5	16.5	33.5
3시간 누적강우량	10	14	28	35.5	33.5	31.5	36.5	64.5	160.5	195.5
감소율	0	0	0	0	0	0	0	0	10	85
등급										
시간	23:00	00:00	01:00	02:00	03:00	04:00	05:00	06:00	07:00	08:00
강우량	110.5	51.5	77	64	4.5	26	10	14	1.5	1
3시간 누적강우량	239	192.5	145.5	94.5	40.5	50	25.5	16.5	5	4
감소율	98	82	0	0	0	0	0	0	0	0
등급										

설정된 출발지/ 도착지로 경로 탐색을 요청하게 되면, 경로 검색 결과가 표출되고, 경로보기, 안내시작, 경로취소로 구분하여 안내가 가능하다. 일반모드의 경로 탐색은 최소시간, 최단거리를 고려하여 탐색 한다.

위와 같이 미탁으로 인한 강우 발생 시간에 강우량-침수심-차량속도 관계식을 통해 계산된 차량속도가 0에 수렴할 때 실제 침수가 일어나는 것을 확인하였고, 해당 시간대에 시스템내 도로위험도 표출 결과를 확인 및 비교하였다.



그림 2.4.16 침수시 시스템 내 도로위험도 표출 결과

위의 그림은 미탁 침수 발생시간에 시스템내에 표출되는 도로 위험도이다. 삼척 고등학교 주변에 가장 높은 4단계인 도로가 많으며 해당 시간에 전체적으로 도로 위험도 단계가 높은 것을 확인 할 수 있었다. 아래 사진은 시스템내 위험도가 높은 도로의 해당 시간대의 현장 사진이다.

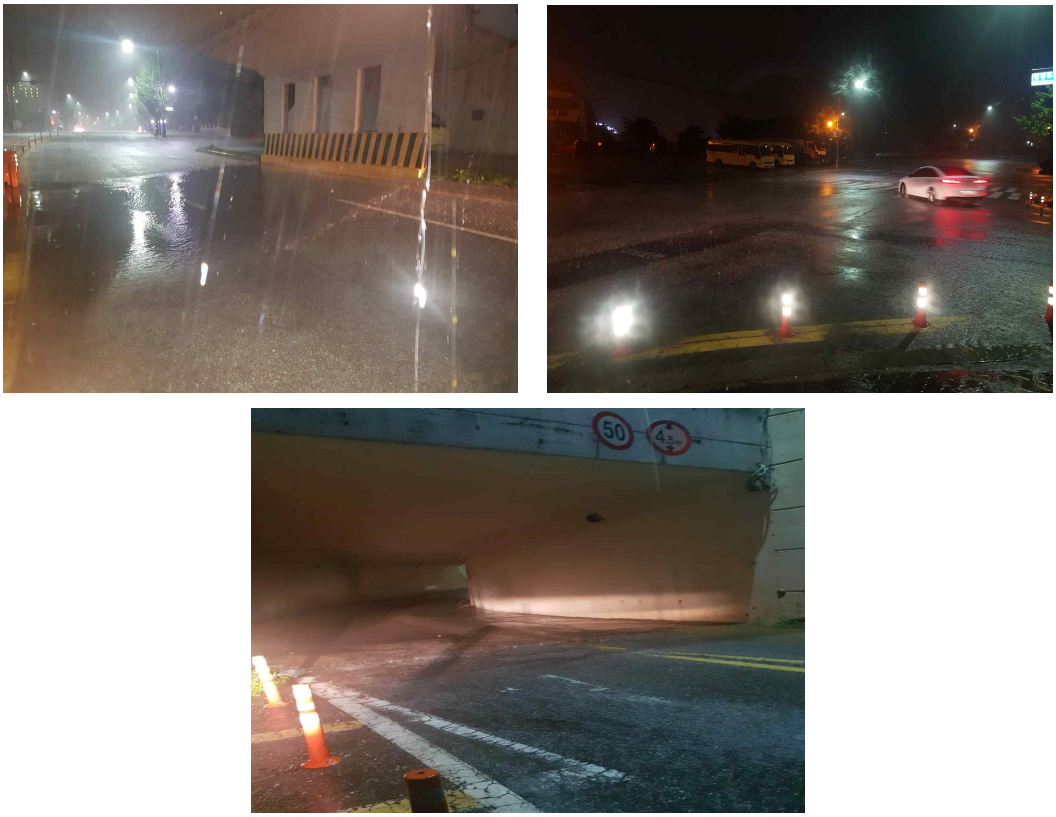


그림 2.4.17 도로 현장 사진

2.4.3 구간별 위험도 분석/강우합성 모듈/침수분석 모듈 개발

위험도 분석 결과를 해당 지역의 도로에 반영하기 위해 예측모형의 개발을 진행하였다.

도로 위험도 단계가 속도 감속률로 정해지기 때문에 해당 지역 도로의 제한속도 정보가 필요하였다. 하지만 시스템 내 도로 정보 등을 표출하는데 있어서 라인형태의 데이터보다 실제 도로 폭을 확인 할 수 있는 실폭 도로 데이터가 적합하다고 판단했다.

제한속도 정보는 표준노드 링크 데이터를 통해, 실폭 도로 정보 또한 오픈마켓 내 실폭 도로 데이터를 통해 확인할 수 있었다.

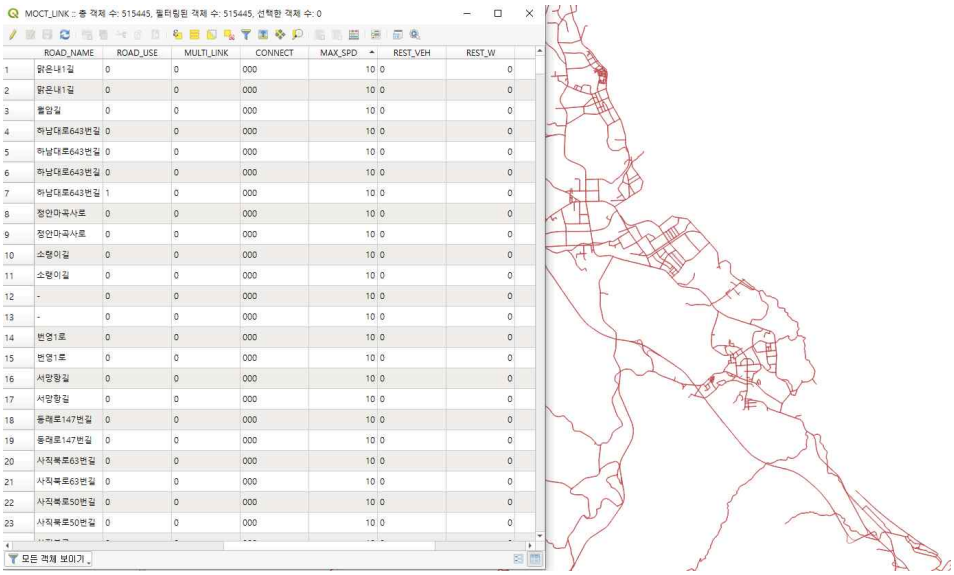


그림 2.4.18 표준노드 링크 데이터

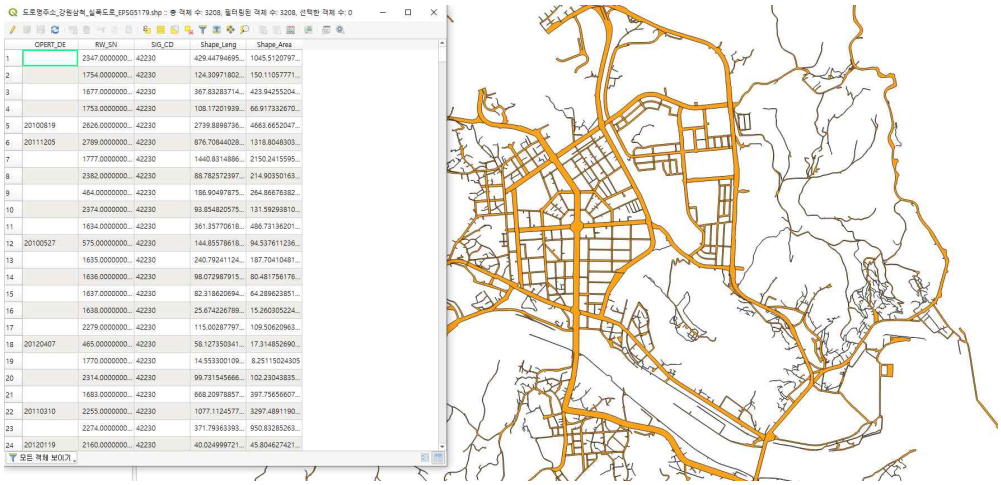


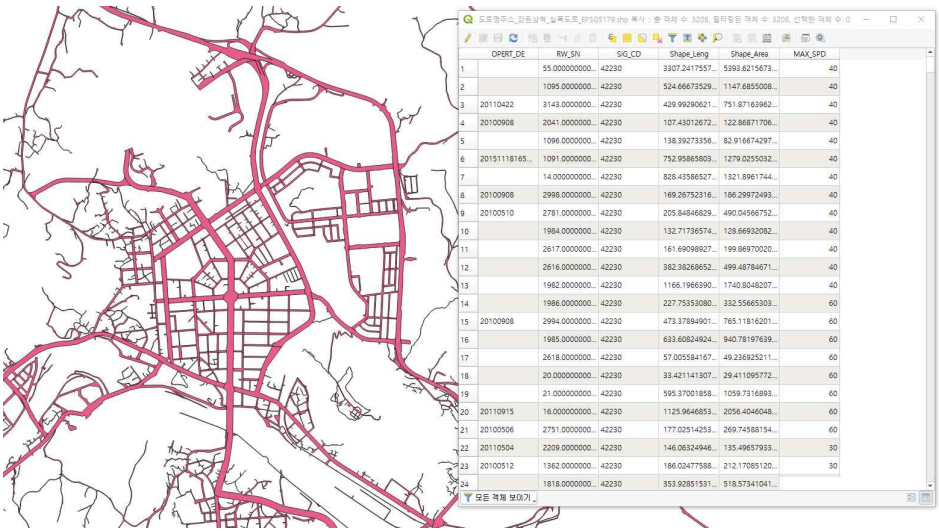
그림 2.4.19 실폭 도로 데이터

2개의 데이터를 비교하였을 때 도로의 정보가 일치하지 않았고 제한속도 정보가 없는 도로가 많은 것을 알 수 있었다.

시스템 내 도로 위험도 정보를 표출하는데 실폭 도로 데이터가 적합하다 판단하여 실폭 도로 데이터의 도로를 기준으로 모든 작업을 진행하였다.

먼저 실폭 도로 데이터와 표준노드 링크 데이터를 매칭을 시켜 겹치는 도로에 대한 제한속도 값을 실폭 도로 컬럼에 추가하였다. 이 후 제한속도 데이터가 없는 도로는 2021년 도입 예정인 정부 '안전속도 5030'을 기준으로 넓은 시내 도로와 좁은 동네 도로를 구분, 각 도로의 제한 속도를 50km/h, 30km/h로 설정하기로 결정하였다.

위와 같은 작업을 통하여 전체 실폭 도로 데이터에 제한속도 컬럼을 추가하였다.



	OPERT_DE	RW_SN	SIG_CD	Shape_Leng	Shape_Area	MAX_SPD
1		55.000000000...	42230	3307.2417557...	5393.6215673...	40
2		1095.0000000...	42230	524.66673529...	1147.6855008...	40
3	20110422	3143.0000000...	42230	429.99290621...	751.87163962...	40
4	20100908	2041.0000000...	42230	107.43012672...	122.86871706...	40
5		1096.0000000...	42230	138.39273356...	82.916674297...	40
6	20151118165...	1091.0000000...	42230	752.95865803...	1279.0255032...	40
7		14.000000000...	42230	828.43586527...	1321.8961744...	40
8	20100908	2998.0000000...	42230	169.26752316...	186.29972493...	40
9	20100510	2781.0000000...	42230	205.84846829...	490.04566752...	40
10		1984.0000000...	42230	132.71736574...	128.66932082...	40
11		2617.0000000...	42230	161.69098927...	199.86970020...	40
12		2616.0000000...	42230	382.38268652...	499.48784671...	40
13		1982.0000000...	42230	1166.1966390...	1740.8048207...	40
14		1986.0000000...	42230	227.75353080...	332.55665303...	60
15	20100908	2994.0000000...	42230	473.37894901...	765.11816201...	60
16		1985.0000000...	42230	633.60824924...	940.78197639...	60
17		2618.0000000...	42230	57.005584167...	49.236925211...	60
18		20.000000000...	42230	33.421141307...	29.411095772...	60
19		21.000000000...	42230	595.37001858...	1059.7316893...	60
20	20110915	16.000000000...	42230	1125.9646853...	2056.4046048...	60
21	20100506	2751.0000000...	42230	177.02514253...	269.74588154...	60
22	20110504	2209.0000000...	42230	146.06324946...	135.49657933...	30
23	20100512	1362.0000000...	42230	186.02477588...	212.17085120...	30
24		1818.0000000...	42230	353.92851531...	518.57341041...	

그림 2.4.20 실폭 도로 테이블에 제한속도 컬럼 추가

도로 위험도는 강우량에 따른 유출량, 유출량에 따른 해당 유역의 침수심, 침수심으로 인한 차량의 속도, 도로 제한속도 기준 감속해야하는 속도량을 차례로 계산하여 감속률이 높을수록 위험한 도로를 나타내는 방식으로 표출한다. 따라서 강우가 발생시 침수가 일어나는 지역 및 침수 유역을 파악하고 해당 유역의 도로 위험도를 분석하는 분석 소스를 개발하였다.

아래는 도로 위험도 분석 소스이다.

```
public void analysis(pgSQLInfo PgSQLInfo, DirectoryInfo dir_OutPath)
        {
            Dictionary<int, Dictionary<int, Dictionary<int, double>>> dicCSSD = inputCimSuSimDo();

            DataTable dt_region = dao.getRectRegionInfo(PgSQLInfo);

            DataTable dt_sPoint = dao.getBasinStartPointInfo(PgSQLInfo);

            foreach (DirectoryInfo dirDate in dir_OutPath.GetDirectories())
            {
                foreach (DirectoryInfo dirMidle in dirDate.GetDirectories())
                {
                    foreach (FileInfo tgAsc in dirMidle.GetFiles())
                    {
                        Dictionary<int, Dictionary<int, double>> dicSumRain = AscToArrange(tgAsc.FullName);

                        string str_StnDt = Path.GetFileNameWithoutExtension(tgAsc.Name).Split('_')[4].Remove(12);

                        dao.insertSumRain(PgSQLInfo, str_StnDt,  dt_region, dicSumRain);

                        DataTable dt_Accum = dao.selectAccum3hr(PgSQLInfo, str_StnDt);

                        if(dt_Accum.Rows.Count > 0)
                        {
                            calcuCimSuSimDo(dt_Accum, dt_sPoint, dicCSSD);
                            calcuSpeed(dt_Accum);
                            calcuDecreaseRateAdnGrade(dt_Accum);

                            dao.insertBasinInfo(PgSQLInfo, str_StnDt, dt_Accum);
                        }
                    }
                }
            }
        }
```

그림 2.4.21 도로 위험도 분석 소스

2.4.4 상습침수 지역, 분석결과를 이용한 회피 경로 분석 모형 개발

도로 위험도 분석 모형에서 분석된 위험도가 높은 도로를 피하고, 안전한 경로를 탐색하기 위한 회피경로 탐색 모형이 필요하다. 이를 위해 도로 네트워크, 주소 데이터 등을 활용하여 위험지역을 회피하고, 단 시간 내에 목표 지점에 도착할 수 있는 경로를 탐색하기 위한 라우팅 알고리즘과 이를 구현하기 위한 모듈을 제시하였다.

분석된 도로 위험도를 기반으로 수행되는 경로안내 프로세스는 다음 그림 2.4.22와 같다.

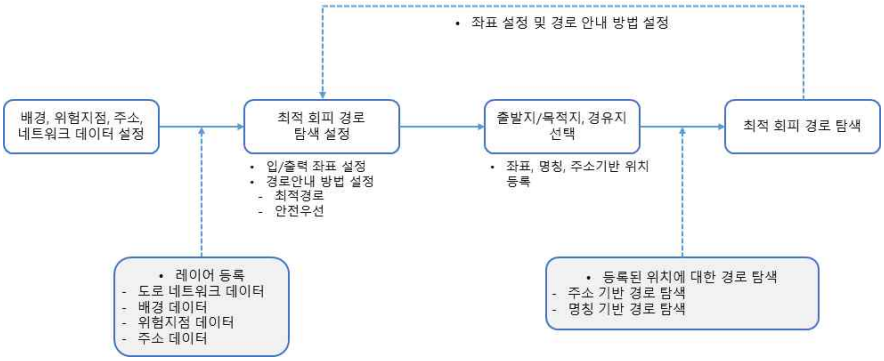
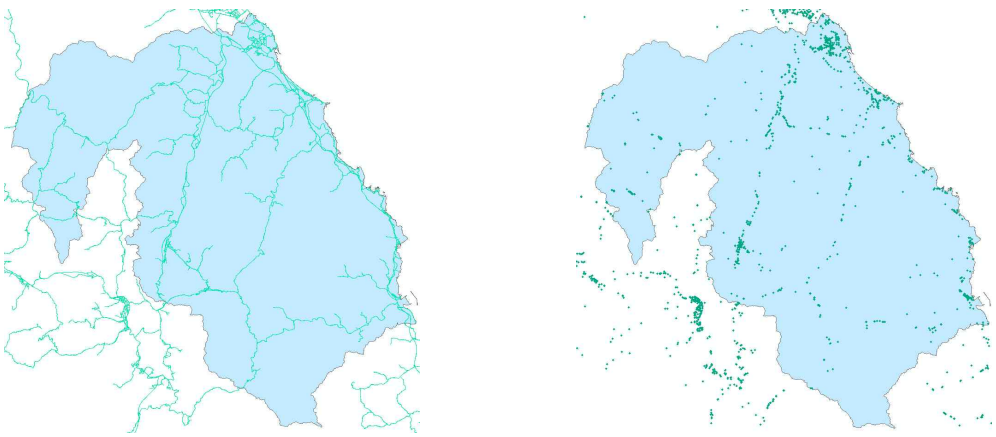


그림 2.4.22 최적 회피 경로 탐색 프로세스

회피경로 탐색 알고리즘 테스트를 위해 삼척시의 네트워크 데이터를 구축하였다. 네트워크 데이터는 도로유형, 도로명, 제한속도 등 탐색에 필요한 속성정보들이 구축되어 있는 노드(NODE)-링크(LINK) 형태의 데이터로 구성되어 있다.



(a) 네트워크 링크 데이터 (b) 네트워크 노드 데이터

그림 2.4.23 삼척시 네트워크 데이터

노드 데이터는 네트워크의 교차지점을 포인트 형태로 표현하는 데이터로 도로에서 속도의 변화가 발생되는 곳을 표현한다. 노드 데이터의 주요 유형은 도로시종점, 도로구조 변환점, 도로 교차점 등이 있으며 네트워크 데이터의 속성이 변하는 구간을 구획해 준다.

링크 데이터는 네트워크 표현을 위한 선형 레이어로 노드와 노드를 연결한 도로중심선을 일정간격 이격시켜 도로 형태로 생성한 데이터이다. 주요 유형은 도로, 고가도로, 터널 등이 있으며, 도로 구간에 대한 정보를 포함하고 있다.

도로 위험도를 고려하여 최적의 회피 경로 알고리즘을 위해 가장 좋은 경로를 추정하기 위해 각 노드에 랭킹을 부여하며 여러 가지 변수를 적용시킬 수 있는 A* 알고리즘을 적용시켜 보았다. A* 알고리즘의 원리는 시작점으로부터 현재 지점까지의 이동 비용을 $g(x)$, 현재지점에서 최종 목적지까지의 직선 이동 비용을 $h(x)$라고 할 때, 둘을 더한 $f(x) = g(x) + h(x)$가 최소가 되는 지점을 우선적으로 탐색하는 방법이다. 휴리스틱 추정값을 이용한 경로탐색 과정은 아래 그림 2.4.24와 같다.

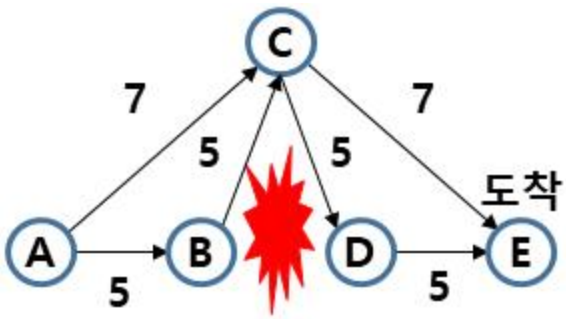


그림 2.4.24 A* 경로탐색 과정

B 지점은 5(지금까지 이동비용)+5(목적지까지 직선 이동비용)= 10으로 C 지점의 7(지금까지 이동비용)+7(목적지까지 직선 이동비용)= 14 보다 작아서 좋은 경로로 보인다. 하지만 장애물이 있어 C지점에서 E지점으로 가는 경로를 선택 하는 것이 A* 알고리즘을 이용한 경로탐색 과정이다.

* B지점으로 이동했을 경우 A→B→C→E의 경로를 선택하게 됨(5+5+7=17), C지점으로 이동 했을 경우 A→C→E의 경로를 선택하게 됨(7+7=14) 그러므로 최소비용인 A→C→E 경로를 선택하는 것

결국 경로탐색은 출발지를 기준으로 인근 모든 링크들의 이동 비용을 계산하여 비용이 가장 낮은 경로를 탐색하여 진행한다.

A* 알고리즘을 적용시켜 라우팅 알고리즘을 수정하였으며, 해당 알고리즘과 구현한

모듈에 아래 표 2.4.5와 같이 함수들을 개발하여 패키징 하여 적용시켰다.

표 2.4.5 최적경로탐색 알고리즘 패키징을 위한 개발 함수(Library) 목록

함수		기능 설명
구분	명칭	
입/출력 좌표설정	SetCoords (short _inType = PROJTYPE _WGS84, short _outType =PROJTYPE_WGS84)	입/출력 좌표 설정
	SetInputCoord(short _Type)	입력 좌표 설정
	SetOuputCoord(short _Type)	출력 좌표 설정
경로탐색 옵션	SetOptions (short _nOpt =ROUTEMAP_OPTS_DEFAULT)	탐색옵션 설정
	ROUTEMAP_OPTS_DEFAULT	최적경로탐색 (Default)
	ROUTEMAP_OPTS_SHORT	최단경로탐색
	ROUTEMAP_OPTS_HIGHWAY	고속도로 우선탐색
출발지 목적지 등록	SetStart(float _fX, float _fY)	출발지 등록
	SetGoal(float _fX, float _fY)	목적지 등록
경유지 등록	AddWayPoint (float _fX, float _fY)	경유지 등록
좌표 지원	PROJTYPE_WGS84	WGS84 (GRS80)
	PROJTYPE_TM_WEST , CENTER, EAST	TM 서부, 중부, 동부
	PROJTYPE_KATEC	KATECH
	PROJTYPE_UTMK	UTM_K
경로 탐색	SearchSync()	경로탐색 시작
경로정보 안내	GetResult (long* _lDist, long* _lTime, long* _lFare)	경로탐색 결과 리턴
	GetTopoCount()	탐색경로의 좌표 리턴
	GetTopo(long _lInx, float* _fX, float* _fY)	경로탐색 상의 위치좌표 리턴
	GetInfoCount()	경로안내 정보의 수 리턴
	GetSummaryInfo(long _lInx, long* _lDist, long* _lTime, float* _fX, float* _fY, long* _nSCode, unsigned short* _pCrsName, unsigned short* _pRodName)	해당 위치의 경로안내 정보 리턴

이와 같이 개발된 함수와 라우팅 알고리즘은 성능 검증을 위하여 검증 모듈을 개발하여 검증하였다.

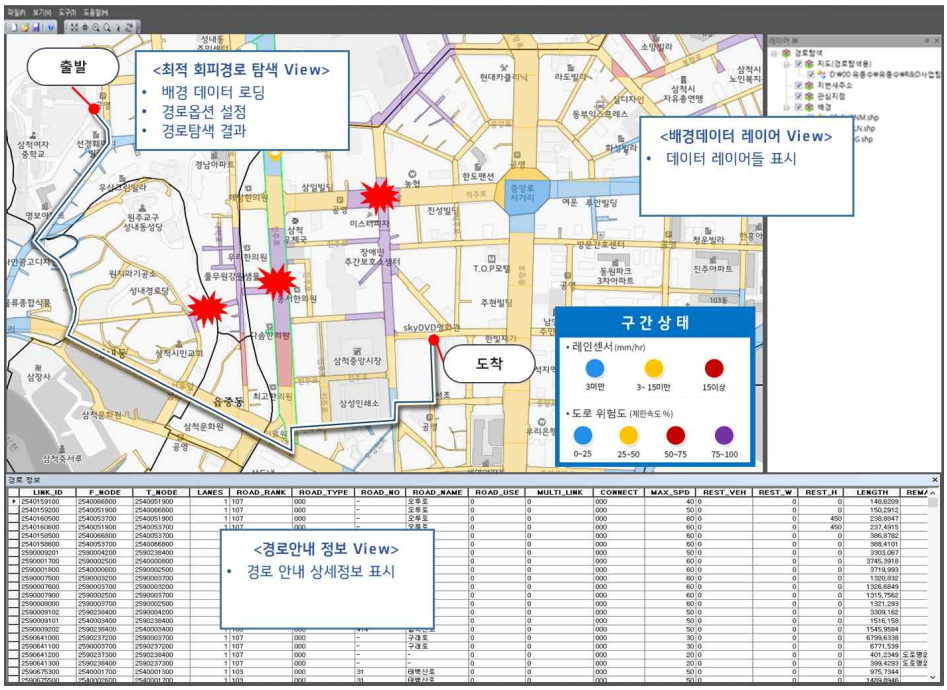


그림 2.4.25 최적 회피경로 테스트 프로그램 화면구성(안)

향후 회피 경로 분석 모형 개발 시 테스트 프로그램을 이용하여 개발 및 성능 개선을 진행하였다.

2.5 4G LTE 무선망 플랫폼과 텔레매틱스 연계기술 개발

실시간 도로 정보를 표출하기 위해서는 빠르고 정확한 데이터 수집, 전송이 기본이 되어있어야 한다. 그러기 위해 4G LTE 무선망 플랫폼을 이용한 텔레매틱스 기술을 개발하였고, 해당 기술은 차량용 센서에서 수집되는 정보를 단말기까지 빠르게 전송하며 해당 데이터를 무선통신을 통하여 분석 서버로 전송, 데이터를 분석하여 DB에 저장하는 순서로 진행되는 방식을 따른다.

해당 기술을 좀 더 효율적이게 사용 가능하도록 단말기의 소형화 및 소프트웨어 업데이트 등을 진행하였고, 많은 양의 데이터를 처리하기 위해 데이터 메모리를 저장 하는 등의 데이터 처리기술을 활용하였다.

2.5.1 각 센서 검지 영역별 신호 정보 분리 측정 방법

레인센서의 기본적인 용도는 빗물의 세기와 양을 스스로 감지하여 와이퍼의 속도나 작동 시간을 자동으로 제어하는 장치이며 빗물감지기 또는 빗물감지센서라고 한다. 운전자가 운전 도중 별도의 불필요한 동작을 하지 않게 함으로써 일어날 수 있는 사고 또는 운전상

불편함을 줄인다.

센서는 빗물이 자동차의 앞 유리에 떨어지면 적외선을 통해 빗물의 양과 강우빈도를 감지하고, 감지한 빗물의 양과 강우빈도에 따라 와이퍼의 움직임을 제어한다.

본 과제에서는 자동차에 적용되는 센서의 기능을 활용하여 실제 내리는 강우량을 분석, 빅데이터로 활용하였다.

레인센서를 이용하여 강우량을 측정하기 위해서는 다양한 변수에 대한 고려가 있어야 하고, 이러한 변수들을 고려하기 위해서는 규격화된 강수 환경 조건에 많은 테스트를 하여 변수에 대한 확정이 필요하다. 레인센서는 적외선 광원과 수광원을 이용하여 전반사 원리에 따라 빗물을 감지하는 센서이며 넓은 영역의 감지가 가능하도록 광학 구조 설계가 필요하다. 그림 2.5.1은 레인센서 동작 개념도 이다.

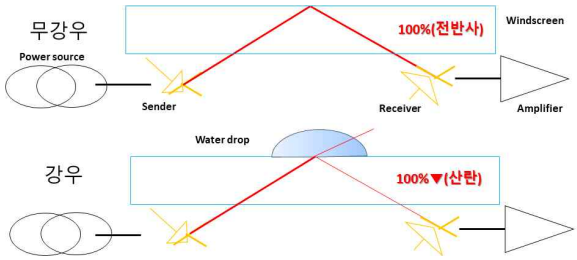


그림 2.5.1 레인센서 동작 개념

레인센서의 작동 원리로는 우적이 없는 경우 모든 광은 전반사 되어 수광부로 입사되는 경우(Signal Max), 우적이 있는 경우 전반사가 이루어 지지 않아 수광부로 입사되는 광량이 줄어드는 경우(Signal 낮아짐)이다. 전반사현상 효율이 높을 수록 감도가 높은 센서이며 내부 전반사란 하기 그림 2.5.2와 같이 굴절율이 높은 물질에서 낮은 물질로 빛이 투과할 때 일정각도 이상이 되면 빛이 투과되지 못하고 반사되는 현상이다. 이때 전반사 현상이 일어나는 각도를 임계각이라고 한다.

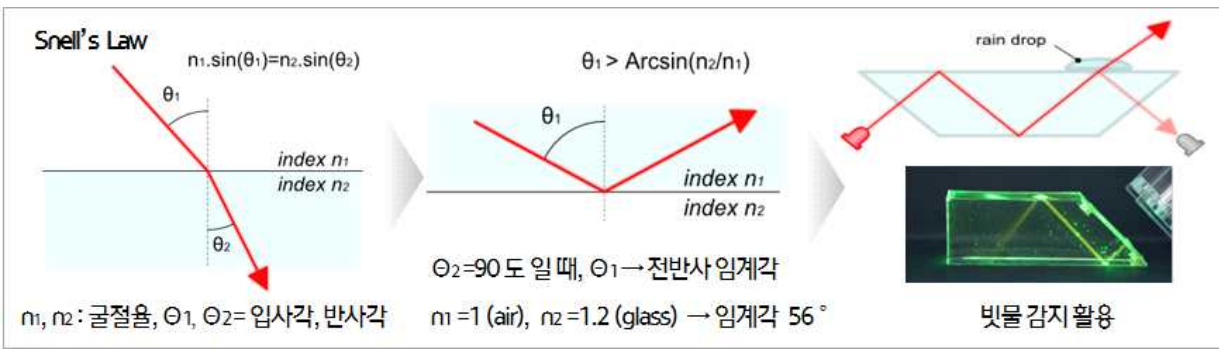


그림 2.5.2 전반사 원리 및 임계각

레인센서는 기본적으로 차량에 장착하는 것을 원칙으로 하고 있으며 또한 센서의 특성을 구현하기 위해서는 자동차 윈드실드 즉 차량 앞쪽 글래스 부분에 밀접하게 장착되어야 한다. 그림 2.5.3은 기본적인 레인세서의 장착 위치에 대한 예시이다.

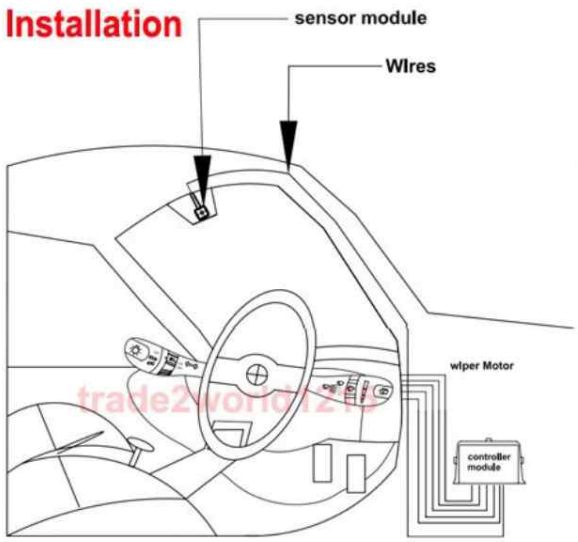


그림 2.5.3 레인센서 장착 위치도

레인센서의 정상 동작을 위해서는 차량에 장착된 와이퍼가 지속적으로 동작되어야 한다. 와이퍼가 동작하지 않은 경우 신호의 포화가 발생하여 정확한 데이터를 수집하기 어렵다. 와이퍼 동작과 신호와의 관계는 그림 2.5.4와 같다.

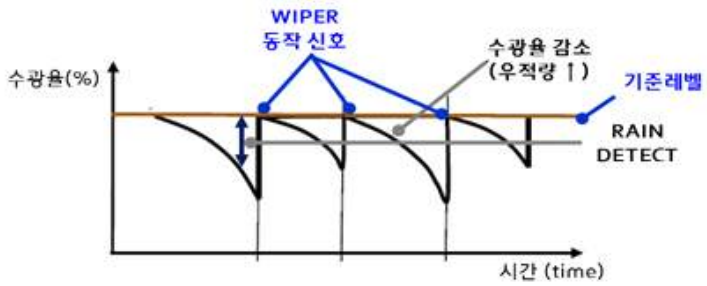
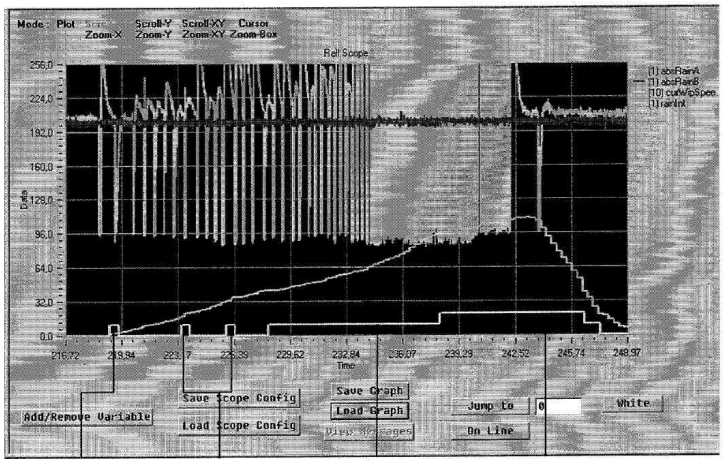


그림 2.5.4 신호 및 와이퍼 동작 관계도

그림과 같이 기준레벨의 신호가 설정되며 강우가 검지 되지 않으면 기준 레벨을 유지하다 강우 검지 시 신호가 떨어지게 되면 이러한 신호가 일정 수준이하로 떨어지면 와이퍼를 동작 시켜 신호를 원래 기준 레벨로 되돌리게 된다. 자동차 운행 시 레인센서는 이러한 동작을 연속적으로 실행하며 주행한다. 따라서 와이퍼의 동작 주기는 강우량과 일정 상관

관계를 갖는다.

그림 2.5.5는 실제 자동차 레인센서가 강우량에 따라 어떠한 신호를 나타내는가를 캡처한 사진이다. 강우량이 적으면 와이퍼의 속도는 천천히 움직이며 강우량이 많을수록 와이퍼의 동작 속도는 빨라지게 된다.



(1) First wipe (2)Intermittent (3) Low speed (4) High speed

그림 2.5.5 와이퍼 동작 주기 대 강우량 곡선

강우량을 측정하고자 하는 본 과제의 목적에 부합하기 위해서는 수광, 발광 구조를 다채널로 형성하여 대면적 검지영역을 형성하는 것이 필요하다. 기존 연구에서는 센서를 제작, 활용하긴 했지만 1개의 채널을 사용하여 데이터를 수집하였지만 본 연구에서는 기존센서에서 고도화된 8개 채널을 사용하였다. 또한, 채널이 1개인 경우와 8개인 경우의 데이터 수집량의 비교 및 8개 채널 모두에 대한 검지가 정확히 이루어지는지에 대한 검지 면전 평가를 실시하였다. 그림 2.5.6은 본 연구에서 사용한 센서의 상면에서 본 구조이다.



그림 2.5.6 레인센서 상면 외관도

기구 구조에 있어서는 하기의 그림과 같이 기본적인 레인센서의 구조를 적용하며 검지 면적을 넓히기 위하여 다채널 구성을 한다.

레인센서용 발광소자는 센서의 성능을 최대화하기 위하여 최대 3개의 발광칩이 실장 가능하도록 설계되었으며 실제 적용의 수는 레인센서 제작 후 최적의 발광칩 수량을 선정하여 적용한다.

이러한 사이드뷰 타입의 발광소는 거울면 반사 레인센서에 최적이며 이는 거울면의 중앙부에 빛이 입사되도록 일정 수준이상의 높이가 필요하다.

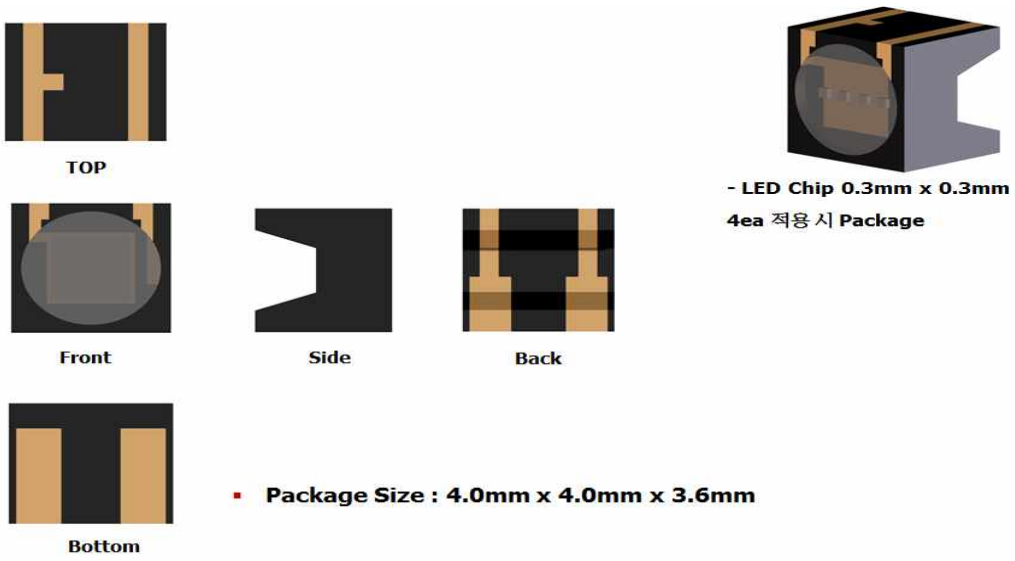


그림 2.5.7 레인센서용 사이드뷰 타입 발광 소자 개략도

상기 소자는 MID(Molded Interconneting Device) 구조로 제작되었으며 이는 플라스틱 사출물에 도금선을 형성하여 발광칩이 실장 가능하도록 구성된 형태의 패키지이다. 이러한 구조의 패키는 발광칩을 보호하기 위하여 에폭시 계열의 수지를 봉지재로 적용하며 이 경우 플라스틱 사출물과 에폭시간 접착 및 수축율이 유사하여 신뢰성에 유리하다.

기본적인 구조는 발광소자를 회로로 연결하여 총 8개의 채널로 구성하였다. 이는 수광소자에서 총 8개의 데이터 취득이 가능하다. 이렇게 취득된 데이터를 평균 등을 통하여 전체적인 강우량을 계산하는데 적용한다.

레인센서가 강우량 측정 가능한 센서로서의 기능을 구현하기 위해 가장 중요한 요소인 빗방울 검지 면적 평가를 위하여 다음과 같이 정의 하였다.

- 검지영역이라 함은 물방울이 센서와 결합된 구조물(글래스) 위에 위치 할 때 신호의 변화가 생기는영역으로 정의함.

- 검지영역으로 판단하기 위한 물방울의 크기는 반지름 1.5mm 크기의 반구형태의 물방울임.(실제 평가에서는 정확히 1.5mm 크기의 반구형태의 물방울을 형성하기 어려우므로 기준 이하의 크기 즉, 반지름 1.5mm 이하의 시료로 평가 시 평가 기준을 만족하는 경우 검지영역으로 인정함) 이 때 정량 토출을 위하여 디스펜서를 사용함.
- 일반적인 환경(물방울이 없는 상태)에서 센서의 해당 위치의 출력값을 기준으로 설정하고 물방울 유,무를 제외한 모든 환경을 동일한 상태로 유지한 상태에서 반지름 1.5mm 크기의 반구형역으로 인정함
- 적외선 발광 LED 렌즈의 중심과 수광 렌즈의 중심을 연결한 선의 중심을 검지면적의 중심이라 정의하고 중심으로부터 평가를 시작하며 발광렌즈 방향과 수광렌즈 방향 각 방향으로 미검지 영역까지의 거리를 측정하며 각 방향의 거리 합을 “X“ 라 함.
- 측정 시 마다 중심으로부터 이동한 거리와 방향, 초기 출력값, 물방울에 의한 출력값 변화율을 기록 후 검지, 미검지 영역에 대한 결정을 함.
- 중심으로부터 렌즈 방향의 수직 방향으로 위, 아래 각 방향으로 미검지 영역까지의 거리를 측정하며 각 방향의 거리 합을 “Y“ 라 함.
- “X“ 와 ” Y“ 를 곱한 사각형의 면적을 해당 채널의 검지면적으로 정의 함.

상기와 같이 정의된 평가 방법 및 기준을 적용하기 위하여 그림 2.5.8과 같이 검지 면적 평가 환경을 구성하였다. 정의된 물방울의 양과 크기, 사이즈를 형성하기 위하여 디스펜서 장비를 사용하였으며 일정거리 이동 후 평가를 위한 모터로 구동되는 로봇을 사용하여 일정 거리 간격을 유지하며 평가 진행하였다. 하기 그림의 오른쪽에 실제 디스펜서를 적용하여 도포한 물방울의 실제 사이즈 확인한 사진이다.



그림 2.5.8 검지면적 평가를 위한 환경

그림 2.5.8과 같이 구성하여 검지 면적을 평가한 결과는 그림 2.5.9와 같다. 검지 면적 평과 결과는 각각의 측정 Point 의 결과값을 엑셀을 이용하여 값을 기록한 후 평가 기준을 넘는 영역을 선별하여 시각화한 자료이다. 검지면적은 평균 $650mm^2$으로 본 과제 목표인 $400mm^2$ 이상을 달성하였다.

평가 결과



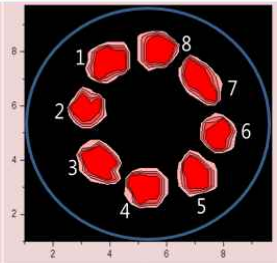
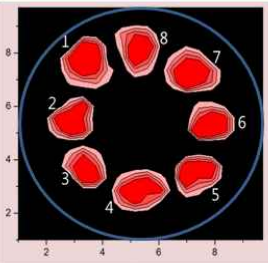
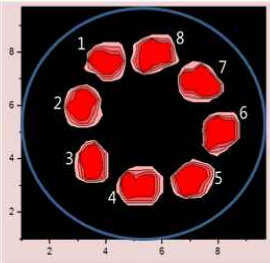
	Sample 1		Sample 2		Sample 3	
측정 데이터						
검지면적 (Unit : mm²)	1 : 88	5 : 88	1 : 108	5 : 72	1 : 76	5 : 76
	2 : 64	6 : 72	2 : 72	6 : 72	2 : 80	6 : 76
	3 : 92	7 : 84	3 : 72	7 : 108	3 : 72	7 : 84
	4 : 88	8 : 80	4 : 99	8 : 90	4 : 96	8 : 92
검지면적 총합	656mm²		693mm²		652mm²	

그림 2.5.9 검지면적 평가 결과

평가 방법 및 기준을 적용하여 검지 면적 환경을 구성하여 평가를 실시하였고, 8개 채널 모두에 대한 검지 면적 평가 결과가 과제 목표를 달성한 것을 확인하였다. 이 후 기존의 1채널과 8채널의 비교를 실시하였다. 해당 비교는 설계 된 강우센서의 수광부에 입사되는 광량과 윈드실드면에 어느 정도 영역에 빛이 입사되는가를 예상하기 위한 시뮬레이션이고, 그 결과는 그림 2.5.10과 같다.

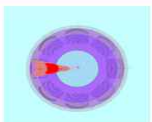
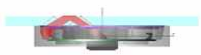
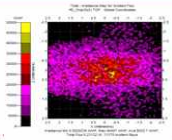
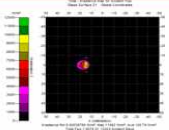
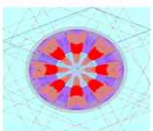
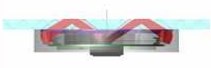
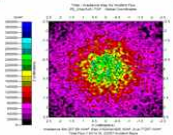
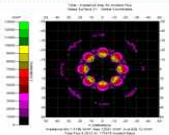
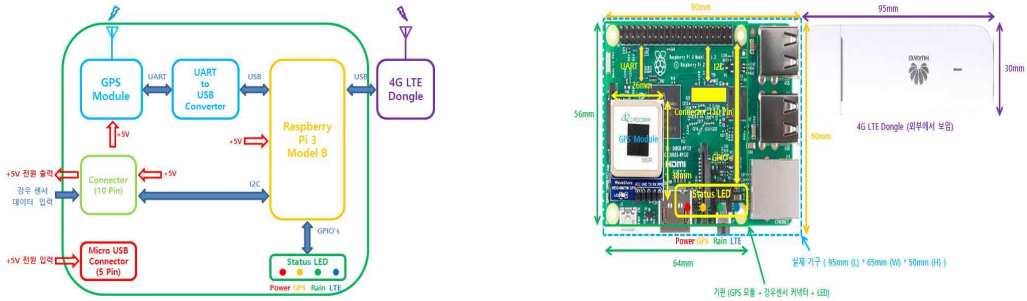
			PD_Output	Emitting Area(Glass)
Concept_1 (Emitter 1ea) 8x10 10x12 0.23218				
Concept_1 (Emitter 8ea) 8x10 10x12 1.9314				
Simulation Condition	- Emitter : Side view type IRED - Detector : Top view type PD - LED Wavelength : 940nm - Viewing angle : LED, PD ±60 deg. - Total Power : 8W(1LED : 1W, LED 8ea) - Glass Material : BK7(5mm) - Lens Material : P.C - Simulation Tool : TracePro			

그림 2.5.10 1채널, 8채널 비교 시뮬레이션

2.5.2 레인센서의 대용량 데이터 압출기술(Pulse-Rainfall) 개발

데이터 압축기술이란 데이터를 더 적은 비트로 인코딩하는 과정으로, 신호 및 데이터 처리에서 대역폭이나 input/output을 줄이고 스토리지에서 랜덤 엑세스 메모리 및 디스크 공간을 절약하는데 유용한 기술이다. 해당 연구에선 차량에 설치된 센서 및 단말기를 통해 수집되는 대용량 데이터를 전송, 분석 및 저장하는 과정에 있어 문제가 발생하지 않도록 데이터를 압축, 정제하는 기술을 적용하였다.

먼저 기존 개발한 차량용 레인센서 수집 단말기를 2년간 운영을 통해 고도화를 진행하였고, 데이터 수신부와 센싱데이터 송신 및 DB 저장부 등을 구분하여 설계하였다.



(a) 단말기 설계 모식도 (b) 단말기 구성도

그림 2.5.11 수집단말기 설계



(a) 기존 단말기 제품 구성



(b) 신규 단말기 제품 구성



(c) 기존 단말기 차량 설치사진



(d) 신규 단말기 차량 설치사진

그림 2.5.12 기존 및 개선 수집단말기 비교

수집 단말기의 센싱 데이터 수신부는 차량에 설치된 센서에서 수집되는 정보를 수집 단말기까지 전송하는 부분으로 시리얼 방식으로 구성되어 데이터를 전송한다. 레인센서 데이터는 8개의 채널에서 발생되는 센싱 정보를 디지털 방식으로 전송한다. 센싱데이터 송신 및 DB 저장부는 RS 시리얼 방식으로 전송된 데이터에 시간(Time Stamp)과 위치 정보(GPS)를 센싱정보와 결합하며 수집 차량이 많아지면서 센서와 단말기 설치시 부여된 센서 ID 정보가 결합되어 저장된다. 이러한 정보를 결합하는 모듈은 고정형 데이터와 비고정형 데이터를 결합하는 기능으로 설계되어 구현되었다. 센서 ID, 시간, GPS 정보가 결합된 데이터는 게이트웨이(Gateway)의 LTE 통신을 통해 수집 서버로 전송 된다. LTE 통신을 활용하기 위해서는 국내 USIM을 결합하여 사용할 수 있는 장비를 수집 단말기에 연결할 수 있도록 하였다. 단말기에서 서버로 전송되는 데이터는 빅데이터 서버로 전송되며 전송된 데이터는 빅데이터 분석을 통해 강수량으로 환산되어 DB 서버에 저장된다. 또한 본 연구에서는 다수의 차량을 관리하기 위한 방안으로 업데이트 모듈을 개발하여 업데이트 서버에서 수집 단말기의 펌웨어를 업데이트 할 수 있도록 기능을 개발하였다.

표 2.5.1 단말기 대표 자재비교

항목	기존 단말기 사양	신규 단말기	변경사항
1. 차량용 Cigar Jack	입력 : DC 10V~28V 출력 : DC 5V/2.4A	입력 : DC 10V~28V 출력 : DC 5V/2.4A	H/W : 변경 없음
2. Raspberry Pi	Raspberry Pi 3 BCM2837 Quad Core Cortex-A53 @ 1.2GHz 1GB SDRAM	Raspberry Pi 3 BCM2837 Quad Core Cortex-A53 @ 1.2GHz 1GB SDRAM	H/W : 변경 없음 S/W : 변경
3. Arduino	Arduino Pro Micro 5V / 16MHz (USB to UART IF 사용)	사용 안함	Raspberry Pi 3 에서 직접 제어로 변경
4. GPS	GNSS 수신기 GPS620 (UBX-G7020 칩셋) (AscenKorea)	Ublox NEO-7M Module (UBX-G7020 칩셋) (Waveshare)	H/W : 변경 S/W : 변경 UART to USB Converter 사용
5. LTE Dongle	Telenor Hipernet 4G	Telenor Hipernet 4G	H/W : 변경 없음 S/W : 변경 없음
6. Rain Sensor			H/W : 변경 없음 Arduino없이 본체에 직접연결

차량에서의 안정적인 운영을 위하여 차량 설치 전 그림 2.5.13과 같이 내부 테스트를 진행하였다. 센서 정보 시간 스탬프, 위치정보 연계, W-S-R 관계식 코딩, 강우 보정 기법 코딩 등 센서 정보 수집을 위한 수집 단말기 펌웨어의 안정성을 테스트하였다. 또한 USIM 구매 후 4G 통신 모듈 테스트, GPS 오차 범위 등을 알아보기 위한 GPS 모듈 테스트 등을 진행하였다. 마지막으로 차량에 설치를 위한 전압 테스트(24v 전원 5v로 다운 및 안정성 테스트, 베터리 전압 테스트 및 단말기 정상여부 확인)도 진행하였다.



a) 수집단말기 개발 코딩 b) 레인센서 실내 테스트 c) 전압 테스트

그림 2.5.13 수집단말기 실내 테스트

위의 단말기로 수집하고 테스트 등을 진행해서 얻는 데이터의 종류는 센서ID, 센서 코드 등 총 12가지의 데이터가 있고, 초 단위로 데이터를 수집한다.

위와 같이 수집된 데이터를 바로 분석서버로 전송하는 과정에서 차량 1대의 초단위 데이터는 문제없이 처리가 되었으나, 차량의 수가 늘어남에 따라 서버에 무리가 가며 전송 connection에 문제가 생기는 것을 확인할 수 있었다. 해당 문제를 해결하기위해 수집된 데이터의 메모리를 1분 단위로 저장하였다가 전송하는 방식을 활용하였고, 이 후 레이더의 데이터 수집 단위에 맞춰 1분 단위의 데이터를 5분 단위 데이터로 변환하여 분석 및 저장을 진행하였다. 표 2.5.2는 레인센서로 수집 및 저장되는 데이터이다.

표 2.5.2 레인센서 데이터

Data Field 논리	Data Field 물리	DataType	Remark
센서ID	sensor_id	serial	자동번호 증가형
센서코드	sensor_code	char(4)	차량 센서 코드 (0000~9999)
센서위치좌표	location_point_geom	geom	차량 센서의 geometry Point Type
x좌표	x_lat	character varying(12)	차량 센서의 위도
y좌표	y_lon	character varying(12)	차량 센서의 경도
표준노드링크 ID	standard_node_link	char(10)	표준노드링크 구분 킷값 - 표준노드링크 정보 공유 필요
읍면동코드	emd_cd	char(8)	읍면동 코드 8자리 - 읍면동 코드 공유 필요
강우강도(mm/hr)	rain_intensity	integer	강우강도(mm/hr)
강우발송시간	rain_send_time	timestamp	SendTime
강우수신시간	rain_recv_time	timestamp	ReceiveTime
센서계산시작시간	sensor_calc_start_time	timestamp	Calculate Time(from)
센서계산종료시간	sensor_calc_end_time	timestamp	Calculate Time(to)

데이터를 1분, 5분 단위로 메모리를 저장 후 전송을 함으로써 데이터 전송과정에서 발생하는 오류 및 서버무리를 완화시켰으며 데이터의 분석도 용이해짐을 확인할 수 있었다.

2.5.3 4G LTE 네트워크를 통한 대용량 데이터 전송을 위한 M2M 방식 설계

본 연구에 적용한 데이터 전송 방식 프레임워크 방식은 데이터 전송 방식 프레임워크 sensor, 4G LTE Network, 데이터 수집/저장/분석, Application 순서대로 진행된다. sensor는 광효율을 높이기 위한 mirror, Lens 적용하고 외란광에 대한 간섭을 최소화하기 위한 원리를 적용하는 신뢰성 높은 수집장치를 이용한다. 안정적 통신체계를 위한 레인센서의 대용량 데이터 압축 기술, GPS 모듈 등 단말기를 이용한다. 4G LTE Network는 무선

데이터 환경 효율적 연동, 안정적 데이터 전송을 보장하고 주기별, 대용량 데이터를 전송한다. 데이터 수집/저장/분석은 수집 데이터 관리/분석, 시스템 모니터링, 원격관리 및 장애 대응, AWS강우 관측정보 연계 등 수집 데이터 및 시스템 관리를 한다. 그림 2.5.14은 레인센서 데이터 전송 프로세스이다.

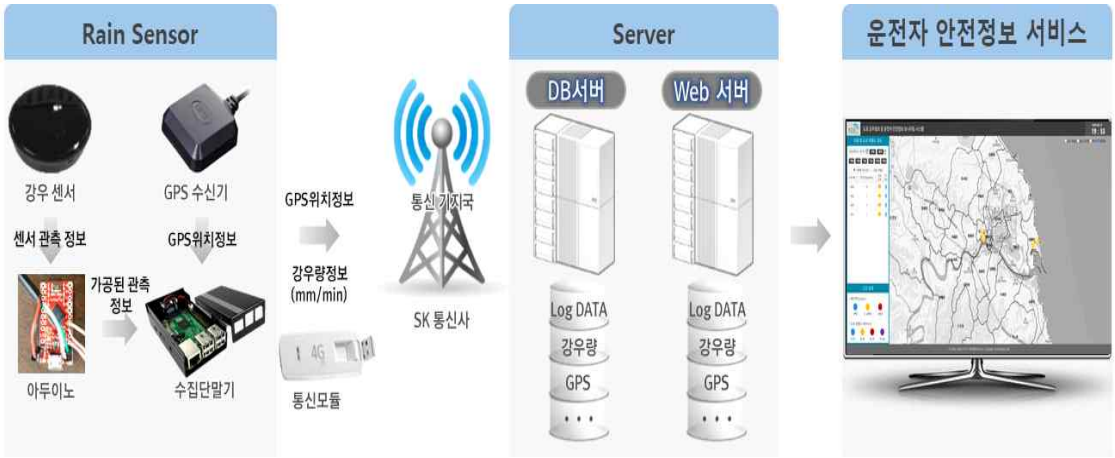


그림 2.5.14 데이터 전송 프로세스

레이더와 AWS는 통제소에서 5분 단위 데이터, API를 통한 분단위 데이터를 받지만 레인센서는 차량이 직접 움직이며 위치정보, 센서로부터 받는 데이터 등을 수집 및 저장 후 통신망을 통해 서버에 전송하는 방식이다. 기존 3G 및 Wifi를 이용한 방법으로는 데이터의 전송 속도가 느리고 데이터의 전송 속도가 느릴수록 많은 양의 데이터를 정확히 처리하지 못하는 문제가 발생했다. 이를 해결하기 위해 4G LTE 네트워크를 통한 데이터 전송 방식으로 변경을 하였다.

레인센서로 얻는 데이터는 센서에서 즉시 저장서버로 전송하는 데이터가 아닌 센서에서 단말기, GPS 수신기에서 단말기로 데이터가 이동하고 단말기에서 통신모듈을 통해 서버까지 전송되는 사물과 사물 중심의 연결이 주로 이루어진다. 이를 효율적으로 활용하기 위해 단말기를 설계하였고, 많은 양의 데이터의 전송의 부담을 덜어주기 위해 단말기 내 펌웨어의 업데이트를 지속적으로 진행, 자동 업데이트 확인 기능까지 추가 설계하여 고도화를 진행하였다.

아래 그림은 현장에서 직접 데이터를 확인 한 과정 및 결과이다.

표 2.6.1 기능 정의서

기능 ID	Level 1	Level 2	Level 3	세부 기능 설명
F-001	차량 및 도로 위험도 정보	시간 조회	년/월/일/ 시간/분 조회	- 조회 하고자 하는 년/월/일/시간/분 설정 후 조회 - 달력아이콘클릭후설정가능 - 직접숫자로입력가능
F-002			현재시간 되돌리기	- 버튼 클릭 시 현재 시간 표출
F-003			30분/10분/ 5분 단위 이동	- 30분/10분/5분 단위로 앞, 뒤 시간 이동 가능
F-004		차량용 레인 센서	차량 리스트	- 현재 운영 중인 차량 리스트 표출 - 해당차량 넘버 표출
F-005			강우강도	- 해당 차량의 현재 지점의 강우강도 표출
F-006			상태단계	- 현재 차량의 강우강도를 기준으로 상태단계 표시 - 색깔별 아이콘 표출
F-007			지도이동	- 해당 차량의 위치로 지도 확대
F-008		도로 위험도	읍면동	- 해당 도로의 읍면동 표출
F-009			위험 단계	- 해당 도로에서 가장 높은 위험 단계 표출
F-010			도로 표출	- 클릭 시 해당 도로의 위치로 지도 확대 및 도로 표시
F-011		구간 상태	레인센서	- 3단계로 구간 상태 표출 - 강우강도 값 기준으로 단계 설정
F-012			도로위험도	- 4단계로 구간 상태 표출 - 도로 제한속도를 활용하여 단계 설정
F-013		상세 정보	차량 상세정보	- 차량 아이콘 클릭 시 해당 차량 상세 정보창 표출 - 해당 차량의 현재 위치등의 정보 표출
F-014			도로 정보	- 도로 클릭 시 상세 정보창 표출 - 주소, 시점, 종점 정보 표출 - 위험 단계 그래프 표출
F-015	지도 표출	읍면동	읍면동 표출	- 삼척시 읍면동 라인 표출
F-016		레이더	레이더 격자 표출	- 지도 내 격자로 레이더 강우강도 표출 (삼척시 레이더 범위)
F-017		합성 강우량	합성 강우량 격자 표출	- 지도 내 합성 강우량 값 격자로 표출 (동 단위 범위)
F-018		강우 위험도	강우 위험도 표출	- 지도 내 도로에 강우 위험도 표출 - 도로 위험도 부분 제외한 나머지 도로 범위(동 단위 범위)
F-019		차량 및 도로	차량 및 도로 표출	- 차량 위치 아이콘으로 표출 - 도로 클릭 시 해당 도로만 다른 색상으로 표출

위의 기능 정의서를 기준으로 도로 강우정보 및 운전자 안전정보 모니터링 시스템 메뉴 구조 및 하위 메뉴 구성을 확정하였다.

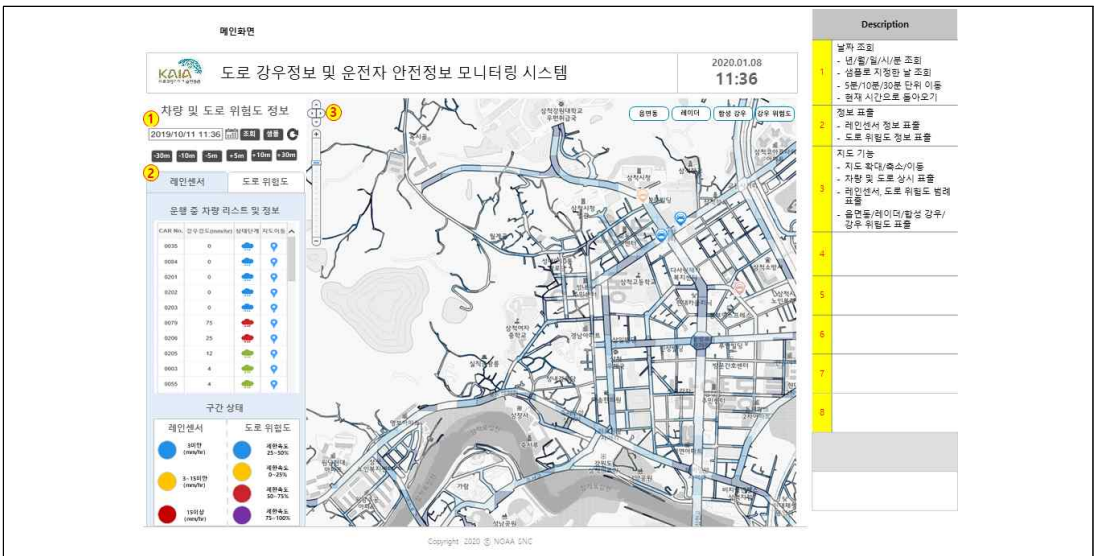
과거 이력 조회, 레인센서 정보, 도로 위험도 정보, 지도 정보로 4개의 상위 메뉴를 구성하였고, 각 메뉴의 하위 메뉴를 추가로 구성하였다.



그림 2.6.1 시스템 기능 구조도

화면별로 기능을 매칭하고, 표출되는 정보의 형태를 고려하여 화면정의를 수행하였다. 시스템 개발 관련하여 세부책임자 및 연구진 의견을 반영하였다.

먼저 시스템 메인화면을 정의하였다. 별도의 로그인 화면은 없으며 메인화면에서 실시간으로 차량 및 도로의 위험도정보가 표출되어야 한다고 판단하여 시스템 접속 시 해당 정보들이 상시표출 되도록 구성하였다.



• 기능 : 과거 이력 조회, 레인센서 정보, 도로 위험도 정보, 지도 정보

그림 2.6.2 시스템 메인화면

과거 이력 조회 기능은 년, 월, 일, 시간 조회 부분에 달력 기능을 추가하여 조금 더 쉽게 기능조회가 가능하도록 서비스 하였이며, 시간별 강우의 흐름을 확인 할 수 있도록 5분, 10분, 30분 단위로 시간 이동이 가능하도록 구성하였다. 또한 강우 데이터가 많았던 날을 샘플 데이터로 추가하여 조회가 가능하도록 하였다.



• 기능 : 시간 조회, 5분/10분/30분 단위 시간 이동, 시간 되돌리기

그림 2.6.3 과거 이력 조회

차량용 레인센서 정보는 상시 표출되는 정보로 현재 운영중인 차량용 레인센서의 값을 알아보기 쉽게 표 형태로 표출하도록 구성하였다. 먼저 현재 운영중인 차량의 리스트가 표출되며 각 차량의 번호 및 강우 강도 값이 표출된다. 이어서 강우 강도 값에 따른 상태 단계와 해당 차량의 위치로 지도가 이동 및 확대되는 지도이동 기능까지 표출되도록 구성하였다. 차량용 레인센서 값이 상시표출 되기 때문에 구간 상태 및 지도 내의 차량 아이콘 또한 상시 표출되는 정보로 구성하였다.

좌측 표에는 차량 전체에 대한 내용이 표출되도록 구성하였기 때문에 많은 정보를 보여주기엔 제한이 있다고 판단하여 지도 내 차량의 아이콘을 클릭 시 해당 차량의 상세 정보 팝업창이 표출되는 기능을 추가로 구성하였다.

상세 정보창에는 기존 표에서 표출되는 정보 이외에 해당 차량의 위치 정보가 추가로 표출된다.



• 기능 : 차량 리스트, 차량 위험 단계, 지도 이동, 상세정보 팝업

그림 2.6.4 차량용 레인센서 정보

도로 위험도 정보는 차량용 레인센서와 같이 상시 표출되는 정보로 현재 강우 값이 있는 도로를 알기 쉽게 표 형태로 표출하도록 구성하였다. 먼저 현재 강우 값을 가진 도로의 리스트가 표출되며 각 도로의 동 단위 주소, 위험단계 값 표출, 해당 도로의 위치로 지도가 이동 및 확대되는 도로표출 기능으로 구성하였다. 차량용 레인센서와 똑같이 값이 상시 표출 되기 때문에 구간 상태 및 지도 내의 도로에 위험도 또한 상시 표출되는 정보로 구성하였다.

좌측 표에는 도로 전체에 대한 내용이 표출되도록 구성하였기 때문에 지도 내 도로를 클릭 시 해당 도로의 상세정보 팝업창이 표출되는 기능을 추가로 구성하였다.

상세 정보창 에서는 해당 도로의 시점, 종점 정보를 표출하며 해당 도로에 해당되는 도로 위험도 단계별 개수를 쉽게 파악 가능하도록 그래프 형식으로 구성을 하였다.

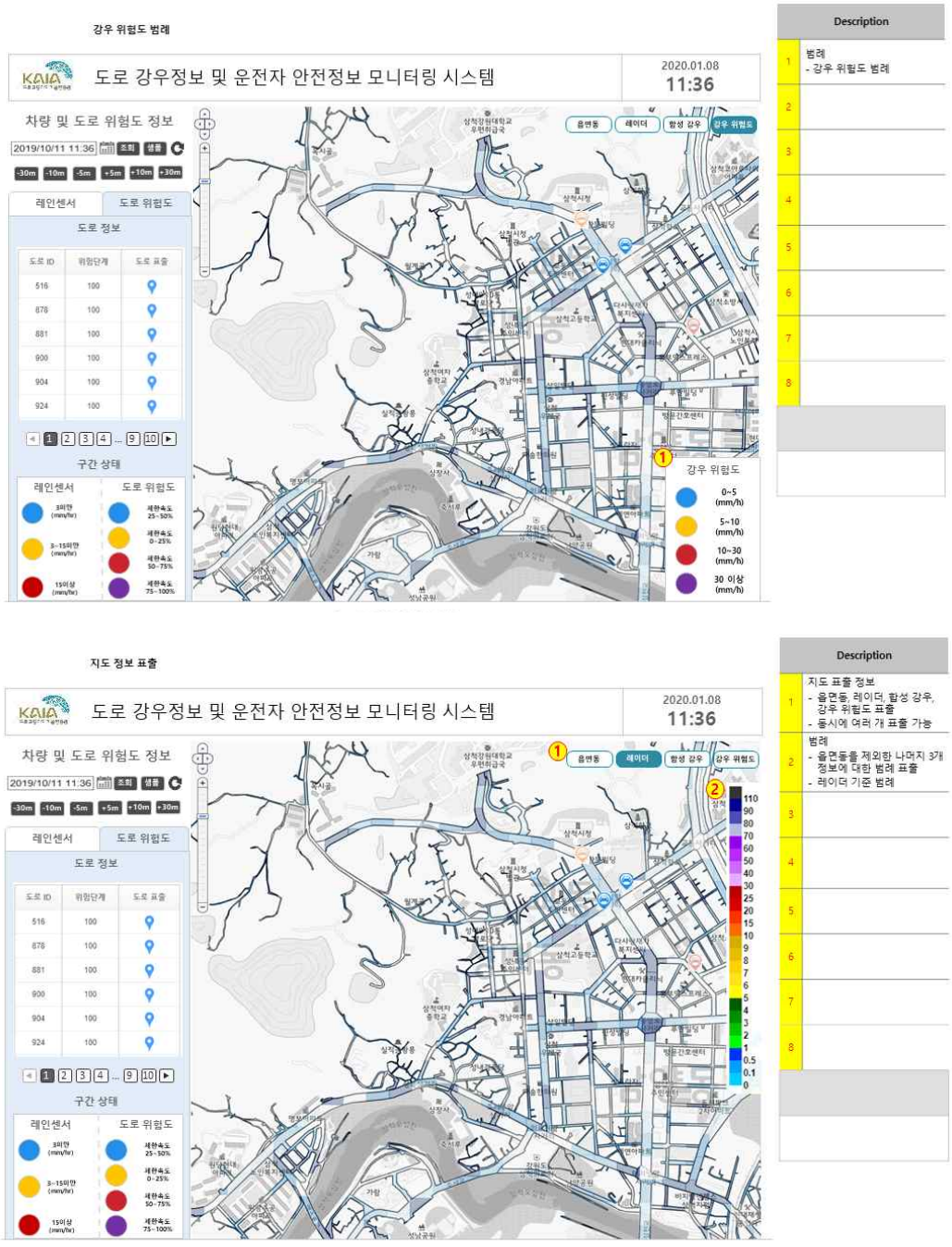


• 기능 : 도로 리스트, 위험 단계, 도로 표출, 상세 정보 팝업

그림 2.6.5 도로 위험도 정보

지도 정보는 읍면동, 레이더, 합성 강우량, 강우 위험도 총 4가지로 구성하였다. 먼저 읍면동은 체크 시 지도에 동 단위 기준으로 구분이 되는 기능이다. 해당 기능은 현재 비가 많이 오는 지역, 차량이 위치해 있는 지역 등을 좀 더 쉽게 알 수 있게 하기위해 추가하였다. 레이더와 합성 강우량은 격자 단위로 표출되는 기능으로 레이더는 삼척시 레이더 전체 범위, 합성 강우량은 동 단위 기준으로 표출이 되게 구성하였다. 두 가지 기능 모두 격자별 강우 값을 확인 할 수는 없지만 기상청 레이더의 범례 기준으로 격자에 색으로 표출되기 때문에 전체적인 강우 상황을 확인하는데 어려움이 없을 것으로 판단하였다.

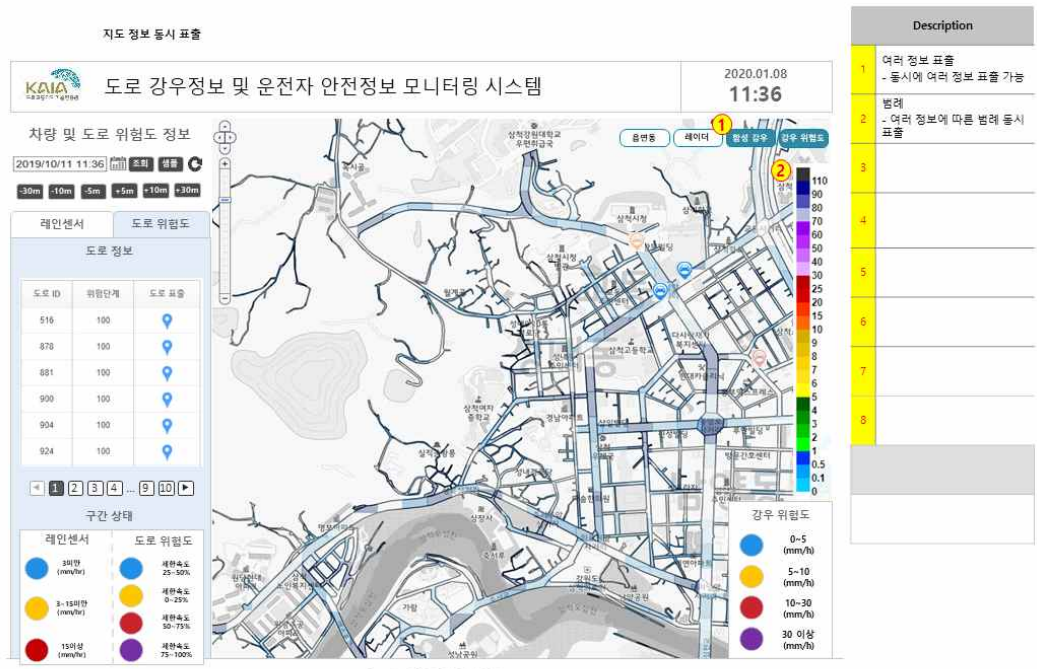
강우 위험도는 합성 강우량 값을 그대로 도로에 표출해주는 기능으로 기상청 레이더 범례를 도로 위험도처럼 4단계로 나누어 표출하도록 구성하였다. 해당 기능은 침수가 일어나지 않아 도로 위험도 계산이 안되는 도로에 위험도 정보를 표출해주는 목적으로 구성하였으며 도로 위험도 정보를 어느 정도까지 대체가 가능한지는 실제 비가 왔을 경우 검증을 진행 하였다.



• 기능 : 읍면동, 강우 위험도, 합성 강우량, 레이더

그림 2.6.6 지도 정보

지도 정보는 차량용 레인센서, 도로 위험도 정보처럼 상시 표출되는 정보가 아니고 각각의 기능을 on/off 할 수 있도록 구성한 기능들이다. 따라서 해당 기능들은 하나씩 켜고 끌 수 있을 뿐만 아니라 동시에 여러가지 기능도 표출이 가능하도록 구성하였다.



• 기능 : 지도 정보 동시 표출

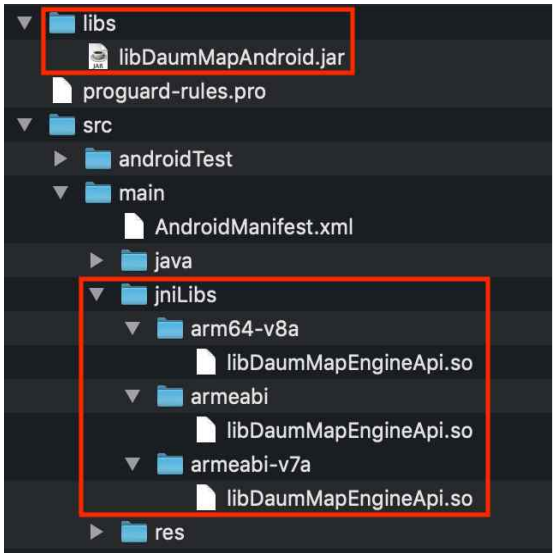
그림 2.6.7 지도 정보 동시 표출

2.6.2 향후 내비게이션 정보 제공을 위한 표준 인터페이스 설계

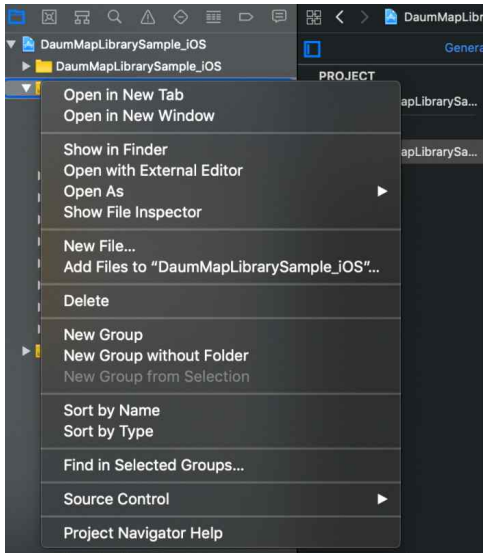
본 시스템과 앞서 구상하였던 회피 경로 분석 모형을 적용하여 회피 경로 안내 서비스를 제공할 수 있도록 표준 인터페이스 설계를 진행하였다. 시스템의 특성에 맞게 도로위험 등을 표출하고 안전경로를 제공하며, 경로 안내 기능을 포함하여 차량용 서비스를 제공한다.

서비스를 제공하기 위한 배경 지도는 Kakao Maps API를 이용하였다. Kakao Maps API는 무료로 제공하고 있으며, Android, Web, IOS 종류별로 APP KEY를 등록하면 사용할 수 있다. 본 연구에서 필요한건 Web에서 표출되는 맵이 아닌 어플을 통한 내비게이션 정보 제공이기 때문에 Android, IOS를 활용하여 설계를 진행하였다. Android와 IOS 모두 전체적인 설계구조 및 방향은 같고 크게 준비사항, 코드 작성, 지도앱 URL Scheme로 나뉜다.

먼저 준비사항에서는 네이티브 앱 키 발급 및 키 해시 등록하기, 라이브러리 파일 추가 작업이 진행된다.



(a) Android 라이브러리 파일 추가



(b) IOS 라이브러리 파일 추가

그림 2.6.8 라이브러리 파일 추가

위와 같은 준비 사항이 끝나고 난 후 소스코드 작업을 진행하였다. 소스코드는 MapView 구현, 지도 중심점 및 레벨(Zoom) 변경, 마커 추가, Reverse Geo-Coding 크게 4가지 작업으로 나뉘며 Android와 IOS가 조금씩 차이는 있다. 아래는 각각의 작업에 대한 부가 설명 및 XML 예시 화면이다.

표 2.6.2 소스 코드 상세

소스 코드 내용	운영체제	부가 설명
MapView 띄우기	Android, IOS	지도화면 구현
MapView Event 감지	Android	각 이벤트 발생에 대한 결과 통보
지도 중시점, 레벨 변경	Android, IOS	지도 중심점과 지도 확대/축소 레벨 변경
마커(Marker) 추가	Android, IOS	마커 생성 및 Inferface 구현
Overlay 요소 그리기	Android, IOS	지도뷰 위에 폴리라인 및 원 그리기
Reverse Geo-Coding	Android, IOS	지도 좌표로 주소 정보 가져오기
지도 화면 이동 및 축소/확대	IOS	지도 화면의 위치 이동 및 축소 확대

```xml
<!-- xml Layout -->
<?xml version="1.0" encoding="utf-8"?>
<RelativeLayout xmlns:android="http://schemas.android.com/apk/res/android"
    android:orientation="vertical" android:layout_width="match_parent"
    android:layout_height="match_parent">
    <RelativeLayout
        android:id="@+id/map_view"
        android:layout_width="match_parent"
        android:layout_height="match_parent" />
    ...
</RelativeLayout>
```

그림 2.6.9 MapView 띄우기

```java
// 중심점 변경
mapView.setMapCenterPoint(MapPoint.mapPointWithGeoCoord(37.53737528, 127.00557633), true);

// 줌 레벨 변경
mapView.setZoomLevel(7, true);

// 중심점 변경 + 줌 레벨 변경
mapView.setMapCenterPointAndZoomLevel(MapPoint.mapPointWithGeoCoord(33.41, 126.52), 9, true);

// 줌 인
mapView.zoomIn(true);

// 줌 아웃
mapView.zoomOut(true);
```

그림 2.6.10 지도 중심점, 레벨 변경

```java
MapPOIItem marker = new MapPOIItem();
marker.setItemName("Default Marker");
marker.setTag(0);
marker.setMapPoint(MARKER_POINT);
marker.setMarkerType(MapPOIItem.MarkerType.BluePin); // 기본으로 제공하는 BluePin 마커 모양.
marker.setSelectedMarkerType(MapPOIItem.MarkerType.RedPin); // 마커를 클릭했을때, 기본으로 제공하는 RedPin 마커 모양.

mapView.addPOIItem(marker);
```

그림 2.6.11 마커 추가

```
MapPolyline polyline = new MapPolyline();
polyline.setTag(1000);
polyline.setLineColor(Color.argb(128, 255, 51, 0)); // Polyline 컬러 지정.

// Polyline 좌표 지정.
polyline.addPoint(MapPoint.mapPointWithGeoCoord(37.537229, 127.005515));
polyline.addPoint(MapPoint.mapPointWithGeoCoord(37.545024,127.03923));
polyline.addPoint(MapPoint.mapPointWithGeoCoord(37.527896,127.036245));
polyline.addPoint(MapPoint.mapPointWithGeoCoord(37.541889,127.095388));

// Polyline 지도에 올리기.
mapView.addPolyline(polyline);

// 지도뷰의 중심좌표와 줌레벨을 Polyline이 모두 나오도록 조정.
MapPointBounds mapPointBounds = new MapPointBounds(polyline.getMapPoints());
int padding = 100; // px
mMapView.moveCamera(CameraUpdateFactory.newMapPointBounds(mapPointBounds, padding));
```

그림 2.6.12 Overlay 요소 그리기

```
MapReverseGeoCoder reverseGeoCoder = new MapReverseGeoCoder("LOCAL_API_KEY", mapPoint, reverseGeoCodingResultListener, contextActivity);
reverseGeoCoder.startFindingAddress();

...


// reverseGeoCodingResultListener
@Override
public void onReverseGeoCoderFoundAddress(MapReverseGeoCoder mapReverseGeoCoder, String addressString) {
    // 주소를 찾은 경우.
}

@Override
public void onReverseGeoCoderFailedToFindAddress(MapReverseGeoCoder mapReverseGeoCoder) {
    // 호출에 실패한 경우.
}
```

그림 2.6.13 Reverse Geo-Coding

코드 작성이 끝난 후 지도앱 URL Scheme를 통해 개발중인 운전자 안전정도 Web 시스템에서 카카오 지도앱으로 연결이 가능하도록 하는 작업을 진행하였다. 지도앱 URL Scheme에는 지도앱 열기, 좌표로 이동, 장소로 이동, 검색하기, 길찾기, 로드뷰 마커 보기, 예외처리 총 7가지가 있다.

위와 같은 과정을 통해 내비게이션 정보 제공을 위한 표준 인터페이스 설계를 진행하였다.

2.6.3 데이터 수집/가공/표출을 위한 아키텍처 설계

가. 효율적인 H/W, S/W 구성

수집되는 데이터의 양과 형태를 파악하고 표출에 효율적일 수 있게 아키텍처 설계를 진행하였다. 운전자 안전정보 시스템은 레이더, AWS, 차량용 레인센서의 강우 데이터를 활용하여 합성강우를 산출하고, 합성강우를 활용하여 도로 위험도 계산, 표출하는 시스템으로 크게 데이터의 수집 및 전송, 가공, 표출 단계로 나눠 설계하였다. 그림 2.6.14는 H/W 구성도이다.

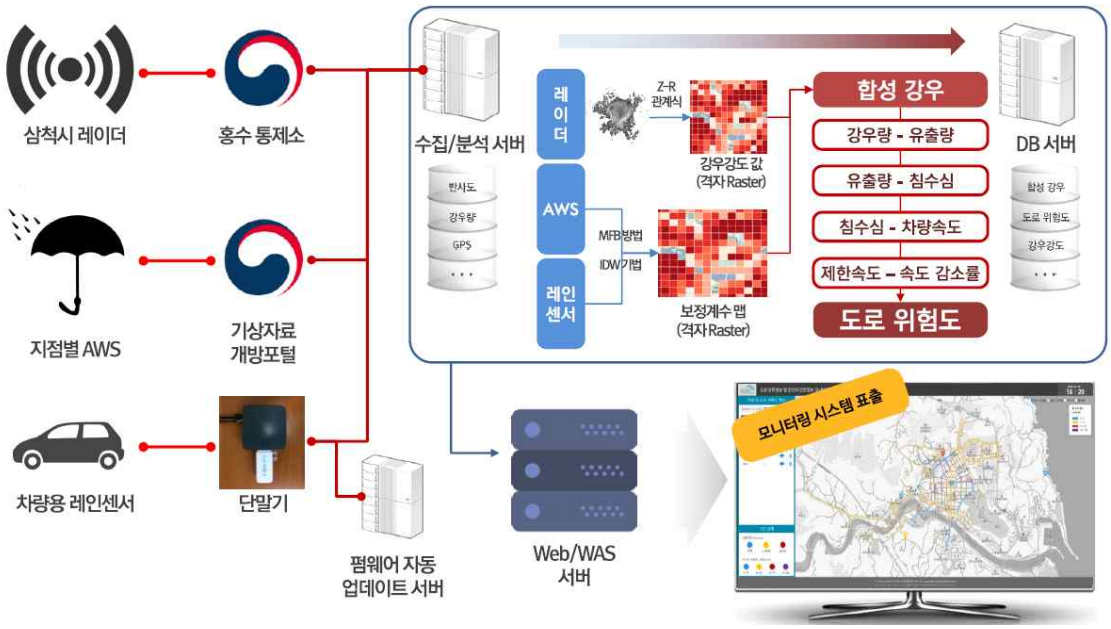


그림 2.6.14 H/W 구성도

데이터는 레이더, AWS, 레인센서를 모두 활용하지만 레이더는 통제소, AWS는 기상청 API를 통해 직접적으로 데이터를 전송받으며 차량용 레인센서는 자체적으로 개발한 센서 및 단말기를 통해 데이터를 수집한다. 해당 연구에선 테스트베드가 삼척시로 한정되어 있었기 때문에 각각 다른 4대의 차량에 레인센서를 부착하여 운행을 진행하였다. 수집에 이용된 강우 레인센서, 그리고 분석 및 저장이 이루어지는 각종 서버들의 장비명, 기능 요건은 표 2.6.3과 같다.

표 2.6.3 H/W 구성 요소

장비명	기능요건	수량
연계 서버	- CPU: 3.6Ghz이상*8Core - Memory : 8GB이상 - Internal Disk : 4TB	1
GIS 서버	- CPU: 3.6Ghz이상*8Core - Memory : 8GB이상 - Internal Disk : 4TB	1
WEB 서버	- CPU: 3.6Ghz이상*8Core - Memory : 8GB이상 - Internal Disk : 4TB	1
레인센서	- 8채널 광센서, 검지면적 200^2 이상, 직경 70mm	4
송 · 수신기	- CPU: 1.2GHz Quad-Core ARM Cortex-a53 - Memory : 1GB LPDDR2 - Internal Disk : 16GB	4

아래는 WEB, 지도, DBMS 등 서버의 제품 명, 기능요건으로 H/W를 통해 전송되는 데이터들을 분석, 저장, 표출하는 S/W이다. 표 2.6.4는 S/W의 구성 요소, 그림 2.6.15 ~ 2.6.16은 S/W 구성도 및 논리 물리 ERD이다.

표 2.6.4 S/W 구성 요소

구분	제품명	수량	기능요건
WEB	Apache Tomcat	1	- 웹 서버와 연동하여 실행할 수 있는 자바 환경 제공 - 자바 서버 페이지(JSP)와 자바 서블릿이 실행할 수 있는 환경 제공.
Web map Service	geoserver	1	- 개방형 표준을 사용하여 다양한 공간 데이터 소스 서비스 제공 - 운용환경에 대한 유연성과 유지보수 비용 절감 효과
DBMS	Postgresql, Post GIS	1	- 다양한 Platform 를 지원 - 대용량의 Storage 를 지원

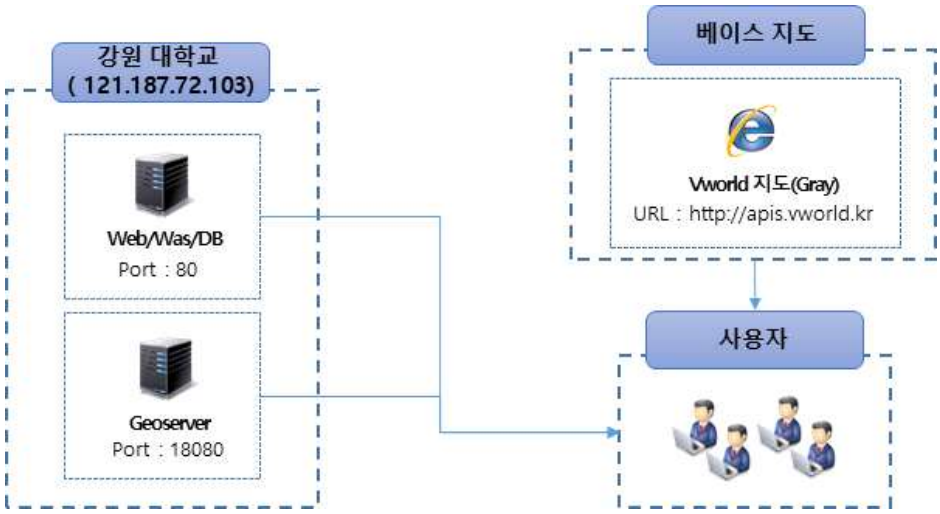
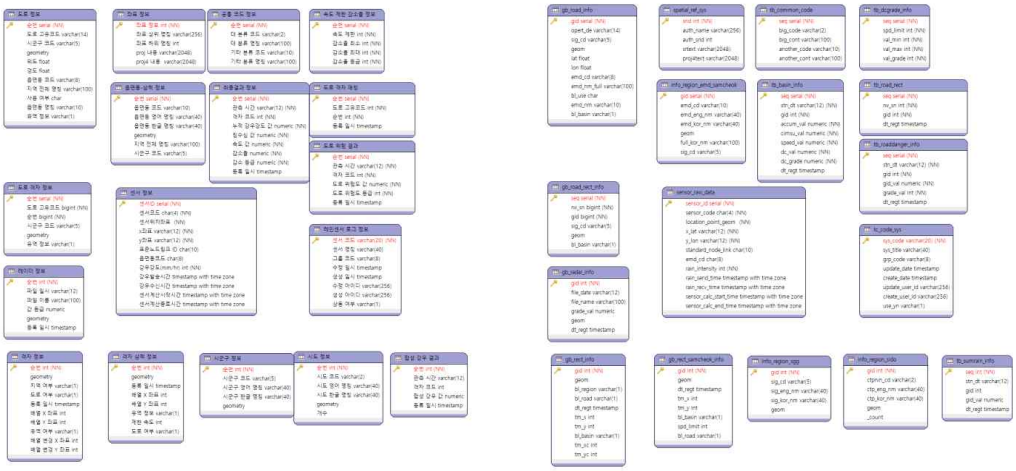


그림 2.6.15 S/W 구성도



<물리 ERD> <논리 ERD>

그림 2.6.16 ERD

나. 빅데이터를 활용하기 위해 요구되는 차량 대수 및 수집주기

빅데이터란 디지털 환경에서 생성되는 데이터로 그 규모가 방대하고, 생성 주기가 짧고, 수치 데이터뿐이 아닌 문자와 영상 데이터를 포함하는 대규모 데이터를 말한다. 어떤 그룹에서는 빅데이터를 테라바이트 이상의 데이터라고 정의하기도 하며 대용량 데이터를 처리하는 아키텍처라고 정의하기도 한다.

현재 차량용 레인센서로 수집되는 데이터는 초당 발생하는 데이터로 1분 단위 데이터를 모았다가 전송하는 형태이다. 이 때 분당 데이터량은 180 kbyte이며 약 3,800개의 데이터가 수집된다. 아래 표는 차량 1대가 1시간, 3시간, 6시간, 12시간, 24시간 운행 시 수집되는 데이터량과 데이터 수를 계산한 표이다.

표 2.6.5 차량 1대 수집 데이터

운행시간	데이터량(kbyte)	데이터 수(개)
1	10800	228000
3	32400	684000
6	64800	1368000
12	129600	2736000
24	259200	5472000

현재는 강우 발생 시에만 데이터를 수집하고 차량을 운행하지만 향후 버스, 택시 등 차량에 센서 설치 후 운행을 고려하였을 때 운행시간을 최소 12시간으로 계산을 진행해야 한다고 판단했다. 아래 표는 12시간 운행 시 차량 수에 따른 수집되는 데이터량과 데이터 수다.

표 2.6.6 12시간 운행 시 차량 수에 따른 수집 데이터

차량 수	데이터량(kbyte)	데이터량(Tbyte)	데이터 수(개)
10	1,296,000	1	27,360,000
50	6,480,000	6	136,800,000
100	12,960,000	12	273,600,000
300	38,880,000	37	820,800,000
500	64,800,000	62	1,368,000,000

문자나 영상 데이터가 아닌 수치로만 된 데이터지만 데이터를 초단위로 수집, 1분 단위 데이터로 전송하며 최종 5분 단위 데이터로 가공 및 저장을 하기 때문에 생성 주기가 짧다. 또한 12시간 운행 시 차량 수가 10대만 넘어가도 테라바이트 이상의 데이터량을 처리하며 데이터의 규모가 방대한 것을 확인 할 수 있다.

위의 계산된 자료를 기준으로 12시간 운행 기준 100대 이상의 차량이면 빅데이터로 활용할 수 있는 데이터라고 판단이 된다.

본 연구에서는 종류별로 4대의 차량으로 삼척 시내 주변만 운행을 하였지만 향후 버스, 택시, 경찰차 등에 센서를 부착하여 운행을 하면 100대보다 훨씬 많은 수의 차량으로부터 데이터를 받을 수 있으며 차량 수가 늘어날수록 보다 정확한 데이터를 저장 가능하다고 판단된다.

2.7 차량 레인센서 빅데이터를 활용한 운전자 안전정보 시스템 개발

2.7.1 Web 기반 운전자 안전정보 시스템 개발

시스템 개발을 위해 총 17개(합성강우 결과, 도로 위험도 결과 등)의 DB의 작업을 진행하였다.

DB구성은 크게 3가지로 분류하였다. 원자료를 이용하여 새로운 형태의 자료가 생성되는 레이더, 격자, 도로 등의 정보와 기본적인 정보로써 원자료를 그대로 사용하는 시군구, 시도, 좌표, 공통 코드 등의 기본적인 정보, 위의 정보를 이용해서 결과 값이 도출되는 도로 위험 결과, 합성 강우 결과 등의 정보가 있다.

먼저 시군구, 시도, 좌표, 공통 코드, 속도 제한 감소율 정보는 해당 자료들을 가져와서 그대로 DB에 저장한 자료로써 분석 단계가 포함되지 않은 정보이다.

레이더, 격자, 격자 삼척, 도로, 읍면동-삼척, 레인센서 로그 정보는 수집 단계 이 후 분석 단계를 거쳐 새로운 형태의 자료를 저장, 표출하는 정보이다.

No	데이터베이스ID	테이블스페이스ID	테이블ID	테이블명
1	postgresql	rs	gb_radar_info	레이더 정보
2	postgresql	rs	gb_rect_info	격자 정보
3	postgresql	rs	gb_rect_samcheok_info	격자 삼척 정보
4	postgresql	rs	gb_road_info	도로 정보
5	postgresql	rs	gb_road_rect_info	도로 격자 정보
6	postgresql	rs	info_region_emd_samcheok	읍면동-삼척 정보
7	postgresql	rs	info_region_sgg	시군구 정보
8	postgresql	rs	info_region_sido	시도 정보
9	postgresql	rs	spatial_ref_sys	좌표 정보
10	postgresql	rs	sensor_raw_data	센서 정보
11	postgresql	rs	tb_basin_info	최종결과 정보
12	postgresql	rs	tb_common_code	공통 코드 정보
13	postgresql	rs	tb_dcgrade_info	속도 제한 감소율 정보
14	postgresql	rs	tb_road_rect	도로 격자 매칭
15	postgresql	rs	tb_roaddanger_info	도로 위험 결과
16	postgresql	rs	tb_sumrain_info	합성 강우 결과
17	postgresql	rs	tc_code_sys	레인센서 로그 정보

그림 2.7.1 테이블 정의서

아래는 각 DB의 수집-분석-저장 단계에 대해 자세히 정리하였다.

레이더 5분 단위 데이터는 홍수통제소를 통해 반사도 ASC 파일 형태로 수집, 반사도를 강우강도 값으로 계산이 가능한 Z-R 관계식은 건설기술연구원을 통해 수집하였다.

레이더 자료는 반경 80km이며 75m x 75m 격자 파일로 이루어져있기 때문에 각 격자별로 Z-R 관계식을 활용하여 강우강도 값으로 변환하였다. 또한 5분 단위로 ASC파일이

존재하기 때문에 레이더 강우강도 분석 소스를 개발하여 많은 양의 데이터를 빠르게 처리가 가능하도록 하였다.

레이더의 범위가 넓고 격자의 크기가 작기 때문에 해당 데이터를 시스템에서 표출 시 처리속도에 영향이 있을 것으로 판단하여 같은 범위 내의 값을 가진 격자들을 dissolve 후 polygon 형태로 저장하였다.

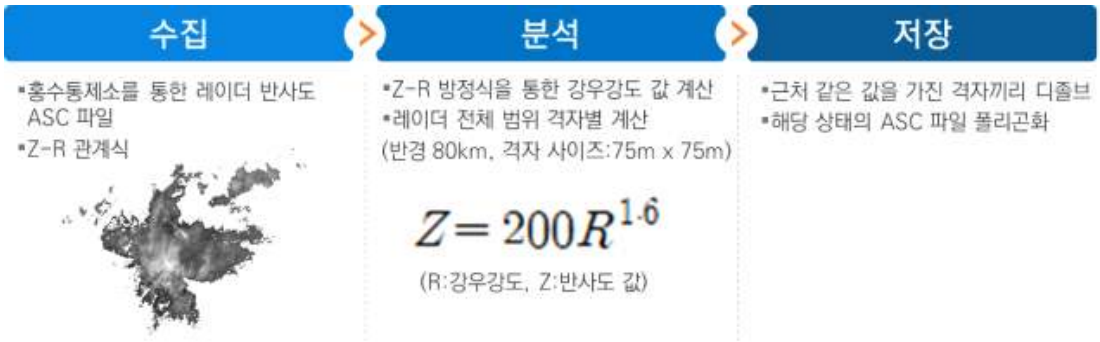


그림 2.7.2 레이더 정보 프로세스

```
public void analysisReder(DirectoryInfo dir_RaderPath, DirectoryInfo dir_OutPath , WriteLog writeLog, RaderInsert ri, ShpFileInfo shpFileInfo, DBManager dbManager, PgSQLInfo PgSQLInfo)
    {
        foreach (DirectoryInfo dirDate in dir_RaderPath.GetDirectories())
        {
            DirectoryInfo cDirDate = new DirectoryInfo(Path.Combine(dir_OutPath.FullName, dirDate.Name));
            cDirDate.Create();
            foreach (DirectoryInfo dirMidle in dirDate.GetDirectories())
            {
                DirectoryInfo cdirMidle = new DirectoryInfo(Path.Combine(cDirDate.FullName, dirMidle.Name));
                cdirMidle.Create();

                foreach (FileInfo tgAsc in dirMidle.GetFiles())
                {
                    StreamWriter sw = new StreamWriter(Path.Combine(cdirMidle.FullName, tgAsc.Name), false, System.Text.Encoding.GetEncoding( "ks_c_5601-1987" ));

                    sw.WriteLine( "ncols2104" );
                    sw.WriteLine( "nrows2104" );
                    sw.WriteLine( "xllcorner366217" );
                    sw.WriteLine( "yllcorner857373" );
                    sw.WriteLine( "cellsize75" );
                    sw.WriteLine( "NODATA_value=-9999" );

                    Dictionary<int, Dictionary<int, double>> dicReder = AscToArrange(tgAsc.FullName);

                    for (int i = 0; i < dicReder.Count; i++)
                    {
                        string strRow = string.Empty;

                        for (int j = 0; j < dicReder[i].Count; j++)
                        {
                            string strVal = string.Empty;

                            if ((dicReder[i])[j] != -9999)
                            {
                                double calRaderRain = Math.Pow((dicReder[i])[j] / 200, 1 / 1.6);
                                strVal = calRaderRain.ToString();
                            }
                            else
                                strVal = "-9999" ;

                            if (j == 0)
                                strRow = strVal;
                            else
                                strRow = string.Concat(strRow, " ", strVal);
                        }
                        sw.WriteLine(strRow);
                    }
                    sw.Close();
                    sw.Dispose();
                    ri.raderAscInsert(writeLog, Path.Combine(cdirMidle.FullName, tgAsc.Name), shpFileInfo, dbManager, PgSQLInfo);
                }
            }
        }
    }
```

그림 2.7.3 레이더 강우강도 분석 소스

합성 강우, 도로 위험도 값 모두 레이더 격자 데이터를 기반으로 표출되기 때문에 레이더 기준 격자 데이터를 생성하였다. 하지만 레이더 격자 데이터를 기반으로 합성 강우, 도로 위험도 정보가 표출될 뿐, 표출 범위를 삼척시 동단위로 결정하였기 때문에 최종적으로 레이더 범위가 아닌 동 단위의 격자, 도로 정보 데이터가 필요하다고 판단했다.

아래와 같은 순서 및 방법을 통해 해당 데이터들을 생성하였다.

먼저 삼척시 레이더 ASC 파일 기준 격자 데이터만 polygon 형태로 저장하여 레이더 범위의 격자 데이터를 저장하였다.

이 후 해당 격자 데이터와 삼척시 동 레이어를 활용하여 삼척시 동 범위 격자 데이터를 생성하였다. 해당 데이터는 합성 강우량, 도로 격자 정보, 도로 격자 매칭 등의 데이터를 분석, 저장하는데 수집 자료로 활용된다.



그림 2.7.4 격자 삼척 정보 프로세스

도로 위험도를 표출하기 위해 도로 정보 데이터의 작업을 진행하였다. 실폭 도로와 삼척시 동 레이어를 Intersection을 통해 동 범위의 도로 정보를 생성하였다.



그림 2.7.5 도로 정보 프로세스

위의 작업을 통해 생성한 격자 삼척 정보, 도로 정보를 활용하여 도로 격자 정보 데이터를 생성하였다. 도로 격자 정보 데이터는 삼척시 동 범위의 실폭 도로위에 격자 데이터를 Intersection하여 최종 결과 값이 75m x 75m 격자 크기의 형태로 표출되는 것이 아닌 실폭 도로 위에 표출될 수 있는 도로-격자별 레이어가 생성된다.



그림 2.7.6 도로 격자 정보 프로세스

위의 DB 작업은 결과 값을 산출하기 위해 필요한 자료들을 생성하는 작업으로, 해당 데이터를 활용하여 합성 강우량, 도로 위험도 등을 분석 및 저장하여 시스템에 표출하였다. 먼저 합성 강우 결과 DB 작업이다.

해당 작업은 레이더 정보와 보정계수 맵을 활용한다. 보정계수 맵은 AWS와 차량용 레인센서 값을 활용하여 삼척시 동 범위 내 격자별 보정계수 값을 계산한 데이터이다. 레이더와 보정계수 둘 다 같은 크기의 격자 데이터이기 때문에 격자별로 합성 강우량 계산식을 활용하여 값을 산출하였다. 합성 강우량 계산식은 아래와 같다.

$$R_c = f \times R_r, (f = R_g / R_r)$$

f : 각 그리드 보정계수, R_g : 지상강우 및 레인센서강우 그리드 포인트 강우량,

R_r : 레이더 그리드 포인트 우량, R_c : 보정레이더 셀 강우량

위의 계산식을 활용하여 아래와 같은 방법으로 합성 강우를 계산하였고, 해당 분석 과정을 계산하는 합성 강우량 분석 소스를 개발하였다.

1	3	5	2
8	7	15	3
4	20	16	17
9	21	26	9
8	18	12	10
13	10	9	7

레이더 정보

X

8.10	8.23	8.18	7.99
7.98	8.05	7.99	8.12
8.11	8.13	8.10	8.20
8.21	8.20	8.18	8.10
7.99	8.05	8.08	8.07
8.06	8.10	8.11	8.12

보정계수 맵

=

8.10	24.7	40.9	16.0
...	...	...	...
...	...	...	...
...	...	...	...
...	...	...	...
...	...	...	...

그림 2.7.7 합성 강우 계산 과정



```
public void analysis(DirectoryInfo dir_RadarPath, DirectoryInfo dir_OutPath, FileInfo fi_Weight)
        {
            Dictionary<int, Dictionary<int, double>> dicWeight = AscToArrange(fi_Weight.FullName);

            foreach (DirectoryInfo dirDate in dir_RadarPath.GetDirectories())
            {
                DirectoryInfo cDirDate = new DirectoryInfo(Path.Combine(dir_OutPath.FullName, dirDate.Name));
                cDirDate.Create();
                foreach (DirectoryInfo dirMidle in dirDate.GetDirectories())
                {
                    DirectoryInfo cdirMidle = new DirectoryInfo(Path.Combine(cDirDate.FullName, dirMidle.Name));
                    cdirMidle.Create();

                    foreach (FileInfo tgAsc in dirMidle.GetFiles())
                    {
                        StreamWriter sw = new StreamWriter(Path.Combine(cdirMidle.FullName, tgAsc.Name), false, System.Text.Encoding.GetEncoding("ks_c_5601-1987"));

                        sw.WriteLine("ncols2134");
                        sw.WriteLine("nrows2134");
                        sw.WriteLine("xllcorner1868217");
                        sw.WriteLine("yllcorner1853773");
                        sw.WriteLine("cellsize75");
                        sw.WriteLine("NODATA_value-9999");

                        Dictionary<int, Dictionary<int, double>> dicRadar = AscToArrange(tgAsc.FullName);

                        for(int i=0; i < dicRadar.Count; i++)
                        {
                            string strRow = string.Empty;

                            for(int j =0; j< dicRadar[i].Count; j++)
                            {
                                string strVal = string.Empty;

                                if ((dicRadar[i][j] != -9999)
                                {
                                    double calRadarRain = Math.Pow( (dicRadar[i][j] / 200, 1 / 1.6) ;
                                    double calSumRain = calRadarRain * (dicWeight[i][j]);

                                    strVal = calSumRain.ToString( );
                                }
                                else
                                    strVal = "-9999";

                                if( j == 0)
                                    strRow = strVal;
                                else
                                    strRow = string.Concat(strRow, " ", strVal);
                            }

                            sw.WriteLine(strRow);
                        }

                        sw.Close( );
                        sw.Dispose( );
                    }
                }
            }
        }
```

그림 2.7.8 합성 강우 분석 소스

도로 위험도는 기존의 데이터와 다르게 동 범위가 아닌 침수 유역 범위로 값이 표출되기 때문에 침수 유역 범위의 도로 격자 매칭 작업을 진행하였다.

도로 격자 매칭은 아래와 같은 과정으로 진행되었다.



그림 2.7.9 도로 격자 매칭 프로세스

이 후 해당 레이어를 기준으로 강우량-유출량, 유출량-침수심, 침수심-속도 관련 관계식을 모두 적용하여 속도 감속률을 최종적으로 산출하고 해당 도로의 제한속도 데이터와 비교, 도로 위험도를 계산한다.

위와 같은 DB 및 소스 개발 후 시스템에 적용하였다. 아래는 시스템의 전체적인 기능에 대한 설명 및 화면별 표출되는 정보에 대한 상세 설명이다.

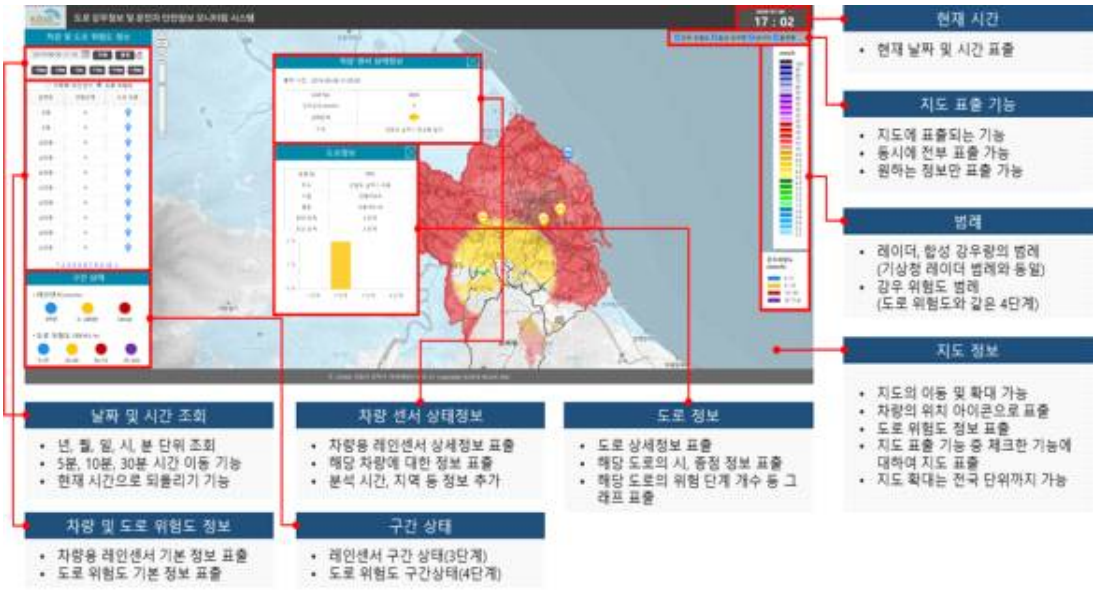


그림 2.7.10 시스템 기능 정리

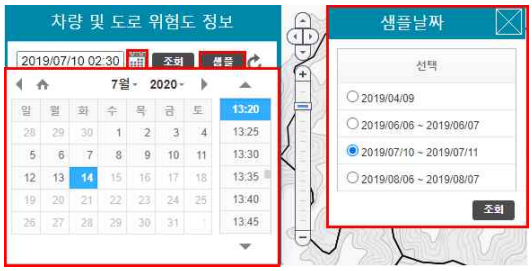
도로 강우정보 및 운전자 안전정보 모니터링 시스템은 화면 설계에서 설명한 기능이 전부 반영되었으며, 표출되는 정보들을 조금 더 세분화하여 정리하였다. 화면 설계에서 크게 나눴던 과거 이력 조회, 레인센서, 도로 위험도, 지도 정보 기능에 대해 각각의 기능이 실제 시스템에서 어떻게 적용되었고 해당 기능을 사용하였을 경우 실제 표출되는 화면을 정리해보았다.

먼저 과거 이력 조회 부분이다.

과거 이력 조회는 년, 월, 일, 시간, 분을 설정하여 해당 날짜를 조회 하는 기능이다. 직접 날짜 및 시간을 입력하여 조회하는 방법도 가능하지만 조금 더 쉽고 편리하게 조회가 가능하도록 달력 아이콘을 클릭 시 달력형태의 팝업창이 표출되도록 개발을 진행하였다. 또한 과거에 비가 많이 내려 데이터가 많은 날을 샘플날짜로 지정하여 추가로 표출해주었다.

과거 날짜를 조회하는 기능뿐 아니라 시간의 흐름에 따른 강우 지역의 변화 및 차량 위치 등의 정보를 쉽게 알아 볼 수 있도록 5분, 10분, 30분 단위로 시간을 이동 할 수 있는 기능을 개발하였다.

과거 이력 조회가 끝난 후 실시간 모니터링을 할 수 있게 현재의 시간으로 돌아오는 되돌리기 기능까지 추가해주었다.



(a) 달력을 통한 시간 조회 및 샘플날짜 조회 기능



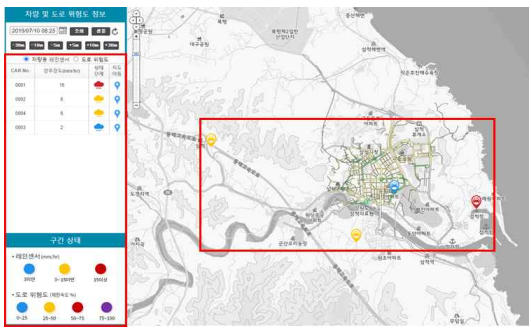
(b) 시간 이동 및 되돌리기 기능

그림 2.7.11 과거 이력 조회 기능

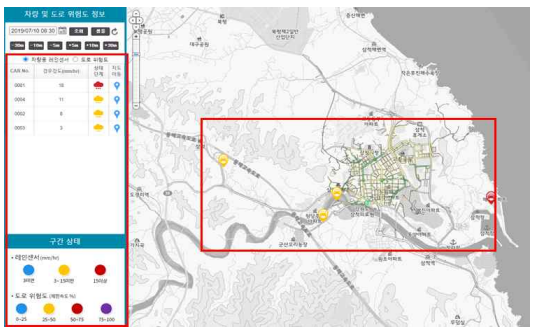
두 번째로 레인센서 부분이다.

차량용 레인센서는 현재 및 조회된 시간에 운영중인 차량의 리스트 및 정보를 표출하며 상시 표출되는 정보이다. 상시 표출되는 정보이기 때문에 좌측하단에 차량용 레인센서의 구간 상태에 대한 기준 및 색상 또한 지속적으로 표출이 되게 하였고, 지도 내의 아이콘, 표 내의 상태 단계가 이 구간 상태 기준에 따른 색상이 표출된다.

아래 그림은 시간의 흐름에 따라 차량의 위치와 단계가 바뀜에 따라 지도 및 표 내의 아이콘 색상이 바뀌는 모습이다.



(a) 5분 전 데이터



(b) 현재 데이터

그림 2.7.12 시간 이동에 따른 정보 변경

상시 표출되는 기능 이외에도 레인센서 부분에서 직접 사용하는 기능이 2가지가 있다. 지도 이동과 상세 정보 창 기능이다. 먼저 지도 이동 기능은 해당 차량의 위치로 지도가 이동되며 확대되는 기능이다.

상세 정보 창은 지도 내의 차량 아이콘을 클릭 할 시 아래 그림과 같이 해당 차량의 상세 정보 창이 표출된다. 상세 정보 창에는 분석 시간, 차량이 위치한 지역 정보가 추가로 표출된다.



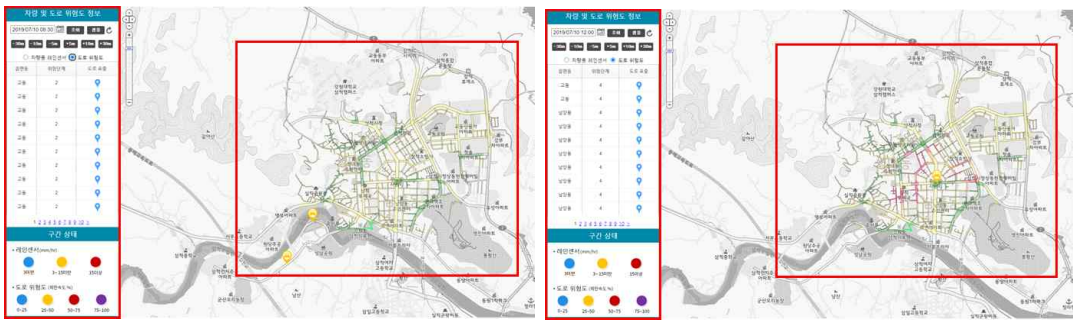
(a) 지도 표출 기능 (b) 상세 정보 표출

그림 2.7.13 지도 표출 및 상세 정보 표출 기능

세 번째는 도로 위험도 부분이다.

도로 위험도는 현재 및 조회된 시간에 강수 값이 있는 도로의 리스트 및 정보를 표출하며 상시 표출되는 정보이다. 레인센서와 마찬가지로 상시 표출되는 정보이기 때문에 좌측하단에 도로 위험도의 구간 상태에 대한 기준 및 색상 또한 지속적으로 표출이 되게 하였고, 지도 내의 도로에 구간 상태 기준에 따른 색상이 표출된다.

아래 그림은 시간의 흐름에 따라 차량의 위치와 단계가 바뀜에 따라 지도 내의 도로의 색상이 바뀌는 모습이다.



(a) 5분 전 데이터 (b) 현재 데이터

그림 2.7.14 시간 이동에 따른 정보 변경

레인센서와 마찬가지로 도로 위험도 부분에서 직접 사용하는 기능이 2가지가 있다. 도로 표출과 상세 정보 창 기능이다. 먼저 도로 표출 기능은 해당 도로의 위치로 지도가 이동되며 확대되는 기능이다.

상세 정보 창은 지도 내의 도로를 클릭 할 시 아래 그림과 같이 해당 차량의 상세 정보 창이 표출된다. 상세 정보 창에는 해당 도로의 시점, 종점 정보와 도로가 가지고 도로내의 위험도 최대, 최소 단계가 표출되며 해당 위험도의 개수를 한눈에 알기 쉽게 그래프 형식으로 보여진다.



(a) 도로 표출 기능 (b) 상세 정보 표출

그림 2.7.15 시간 이동에 따른 정보 변경

레인센서는 하나의 차량이 하나의 값을 가지지만 도로 위험도는 레이더, 합성 강우량과 같이 격자별 데이터로 위험도 값을 계산하기 때문에 하나의 도로가 하나의 위험 단계를 가지지 않고 여러 개의 단계를 가지는 형태로 나타난다. 때문에 위와 같이 하나의 도로에 여러 단계의 값이 표출이 되며 최대, 최소 단계 및 단계별 개수가 상세 정보 창에 추가되었다.

마지막으로 지도 기능 부분이다.

지도 기능은 크게 강우 위험도, 합성 강우량, 레이더, 읍면동 표출 기능이 있으며, 해당 기능들은 on/off 방식으로 원하는 기능만을 사용하거나 동시에 2개 이상의 기능을 사용할 수 있다. 또한 위의 기능뿐 아니라 기본적으로 지도의 이동 및 확대/축소 기능이 있다.

아래 그림의 좌측상단은 지도의 기본 기능이며 해당 버튼이 아니고 마우스를 이용해서도 기능의 사용이 가능하다.

지도를 보면 삼척시 동 이름과 동별 구분이 되어있는데 우측 상단의 읍면동 기능을 체크하면 해당 기능이 활성화된다.

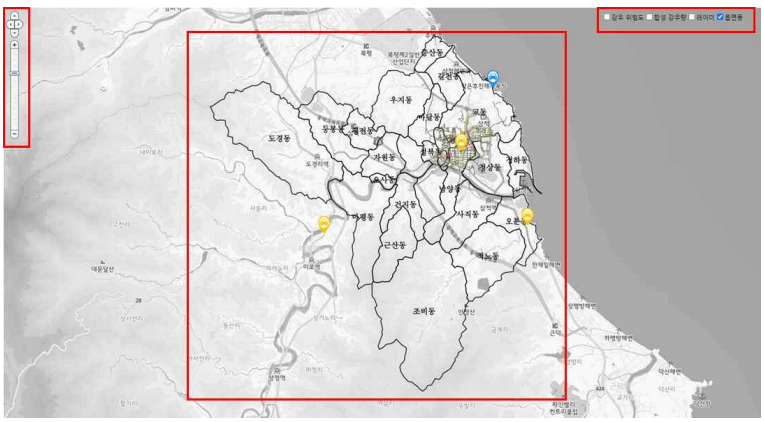


그림 2.7.16 지도 기본 기능 및 읍면동 표출 기능

레이더 표출 기능은 삼척시 소형 레이더의 범위 전체가 표출되며 기상청 레이더와 같은 범례를 사용한다. 삼척시 레이더를 중심으로 반경 80km 범위이며 격자의 크기는 75m x 75m다.

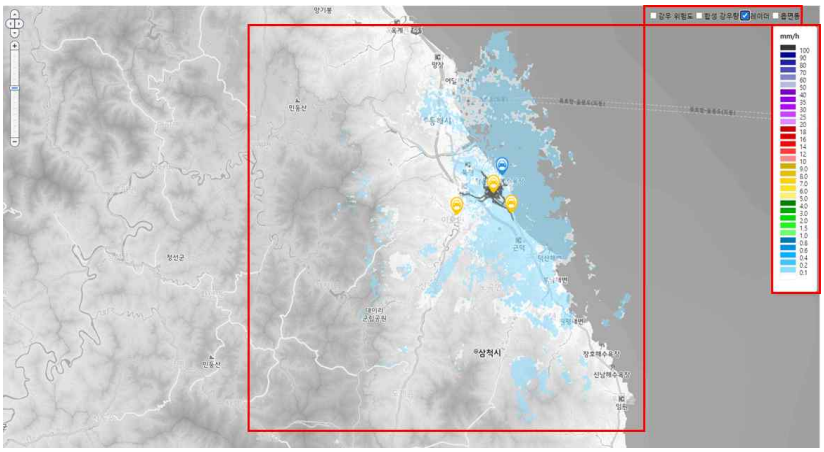
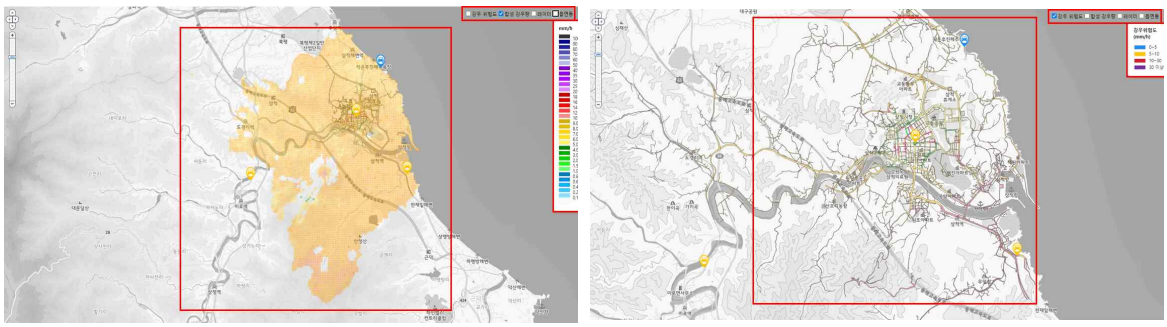


그림 2.7.17 레이더 표출 기능

합성 강우량은 및 강우 위험도는 모두 동 단위로 표출 되는 데이터이다. 먼저 합성 강우량은 레이더 값을 기반으로 계산되어 나오는 값이기 때문에 범례 및 격자의 크기가 레이더와 같다. 다만 차량용 레인센서가 레이더의 범위 전체를 커버하기에 한계가 있었기 때문에 범위를 동 단위로 결정하여 개발하였다.

강우 위험도는 합성 강우량 값을 그대로 실폭 도로에 표출한 값이다. 침수가 발생하지 않아 도로 위험도 값이 계산되지 않는 도로에만 강우 위험도 값이 표출되며 범례는 합성 강우량의 범례를 도로 위험도와 같이 4단계로 임의로 설정하였다.



<합성 강우량 표출 기능> <강우 위험도 표출 기능>

그림 2.7.18 동 단위 지도 정보 표출 기능

2.7.2 내비게이션 표출을 위한 인터페이스 제공

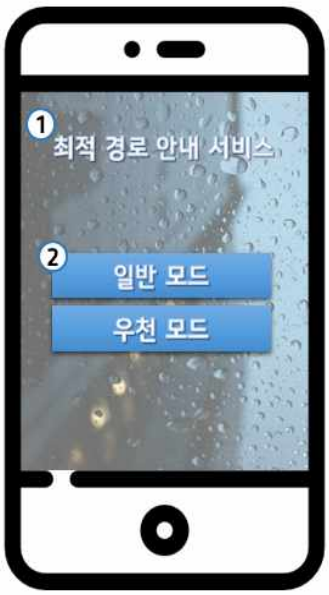
내비게이션 표출을 위한 인터페이스 제공 방안을 생각하였다. 정보 제공 방법으로는 크게 2가지 방안을 생각하였으며 현재 카카오맵, 티맵 등 Open API로 제공되는 정보를 활용하여 자체적으로 내비게이션 어플을 제작하거나, 기존에 사용되고 있는 내비게이션 회사와의 협의를 통해 시스템에서 제공되는 도로위험도 등의 정보를 추가하는 방안이다.

내비게이션에 표출되는 정보는 크게 경로 안내, 설정으로 나누었고 각각의 기능에 대한 화면 구성(안)을 생각하였다. 기존의 내비게이션을 일반 모드, 강우 시 침수 및 도로 위험도에 따른 경로를 우천 모드 방식으로 구성을 하였다. 아래는 실제 내비게이션 표출이 이루어졌을 경우 운전자가 사용하게 될 화면 및 정보 항목(안)이다.

(1) 경로 안내

초기(Intro) 화면에서 평상시, 우천시 메뉴를 선택하여 메인 화면으로 이동한다.

최적 경로 안내 서비스	Screen Definition
Intro	0. Intro



Description	
①	APP명으로 구성
②	일반모드/ 우천모드 선택 후 화면 이동

Copyright © NOAA SNC. All Rights Reserved

UI 구성은 일반모드와 우천모드가 동일하도록 구성하였다. 메인 화면에서는 Home, 출발지, 목적지 검색, 지도 모드 선택, 설정, 현재 위치로 이동을 할 수 있는 버튼이 표출된다.



경로 검색은 주소검색, 지도에서 선택, 최근 검색어, 내 위치로 지정으로 선택할 수 있도록 구성하였다. 주소검색은 출발지/ 도착지 입력 창에 텍스트를 입력하려 주소를 검색 후 출발지/ 도착지로 선택한다. 텍스트 박스를 터치하였을 때 하단 리스트에는 최근 검색 기록들이 표출되도록 구성하였다.



출발지 혹은 도착지 텍스트 박스를 선택 후 현재 내 위치로 설정을 터치하면 현재 내 위치를 출발지 혹은 도착지로 지정한다.



텍스트 박스 터치 후 우측 지도 아이콘을 터치하면 지도에서 직접 출발지/ 도착지 설정이 가능하다.



설정된 출발지/ 도착지로 경로 탐색을 요청하게 되면, 경로 검색 결과가 표출되고, 경로보기, 안내시작, 경로취소로 구분하여 안내가 가능하다. 일반모드의 경로 탐색은 최소시간, 최단거리를 고려하여 탐색 한다.

최적 경로 안내 서비스	Screen Definition
경로검색	경로검색 > 경로 선택 및 경로 표출(일반모드)



Copyright © NOAA SNC. All Rights Reserved

우천모드 시 도로위험도를 고려하여 도로 위험도와 시간을 고려하여 경로를 탐색한다.

최적 경로 안내 서비스	Screen Definition
경로검색	경로검색 > 경로 선택 및 경로 표출(우천모드)



Copyright © NOAA SNC. All Rights Reserved

경로 탐색 결과 화면에서 안내시작을 누르면 사용자의 현재 위치에 따라 경로가 안내되고, 하단의 경로 보기 버튼을 누르면 최종 목적지까지의 경로가 리스트 형태로 표출 된다.

최적 경로 안내 서비스	Screen Definition
경로안내	경로검색 결과 > 경로 안내



경로 안내 중 현재 위치 기반으로 도로 상황에 따라 위험 지역이 있을 경우 경고 메시지를 표출 한다.

최적 경로 안내 서비스	Screen Definition
경로안내	경로검색 결과 > 경로 안내



경로 안내 중 경로 취소 버튼을 누르면 경로 안내를 중지하고, 메인 화면으로 이동한다.

(2) 설정

지도는 일반지도와 위성지도로 표출할 수 있도록 구성하였다.



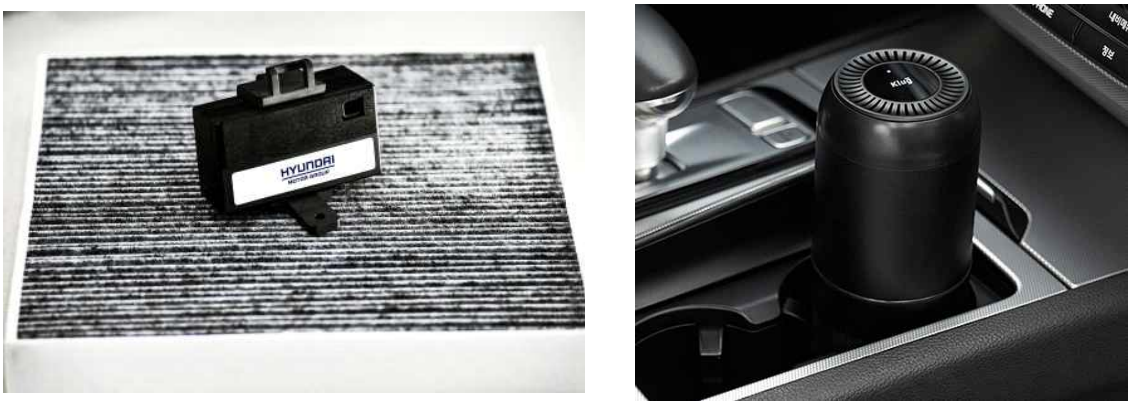
설정 메뉴에서는 검색범위 설정, 마커 추가, 즐겨찾기 설정을 할 수 있도록 구성하였다. 검색범위 설정은 경로 안내 중 주변 도로 위험을 탐색하는 범위를 설정 하는 기능이고, 마커는 경로안내 중 지역표시나 특정 지역에 메모 등을 남길 수 있는 기능이다. 즐겨찾기 설정은 자주 가는 경로를 편리하게 경로 안내를 할 수 있도록 설정하는 기능이다.



2.7.3 타 연구에서 실시되고 있는 차량용 센서 조사 및 통합 방안

현재 차량에는 미세먼지 감지센서, 레이더 센서 등 다양한 센서가 부착되어 많은 정보를 받아들인다. 본 연구에서 사용한 센서 이외에도 다른 센서 정보를 활용하여 새로운 정보를 제공 및 표출할 수 있는지 조사를 진행하였다.

먼저 2018년부터 이슈가 되어 온 미세먼지 관련 센서에 대해 알아보았다. 미세먼지 센서는 레이저 기반 정밀 센서로 차량 실내 미세먼지 수치에 따라 차량이 스스로 공기 청정 기능을 작동하게 한다.



(a) 현대기아차 지능형 공기청정 시스템 (b) 차량용 공기청정기

그림 2.7.19 지능형 공기청정 시스템 및 차량용 공기청정기

실내 미세먼지를 지속적으로 모니터링하며 자동으로 해당 기능을 작동하는 차량도 있지만 아직 많은 차들이 해당 기능을 수동으로 사용해야하며, 해당 기능이 없는 차량은 개인적으로 차량용 공기청정기를 구매해 상시 작동하는 등의 방법을 활용하고 있다. 이러한 문제점을 해결하기 위해 환경부 실시간 대기오염도 및 미세먼지 예보 실시간 제공 자료를 활용하여 시스템에 도로 위험도와 같이 대기질 또는 미세먼지 현황을 제공하는 방안을 마련했다. 해당 정보를 통해 대기질이 좋지 않은 경우에만 공기청정 기능 또는 공기 청정기를 사용함으로써 자원 낭비를 줄이고, 반대로 대기질이 좋은 경우엔 창문을 열거나 환기를 시킬 수 있는 등 활용 가치가 높다고 판단된다. 아래 그림은 현재 운영되고 있는 실시간 대기정보 표출 시스템이다.

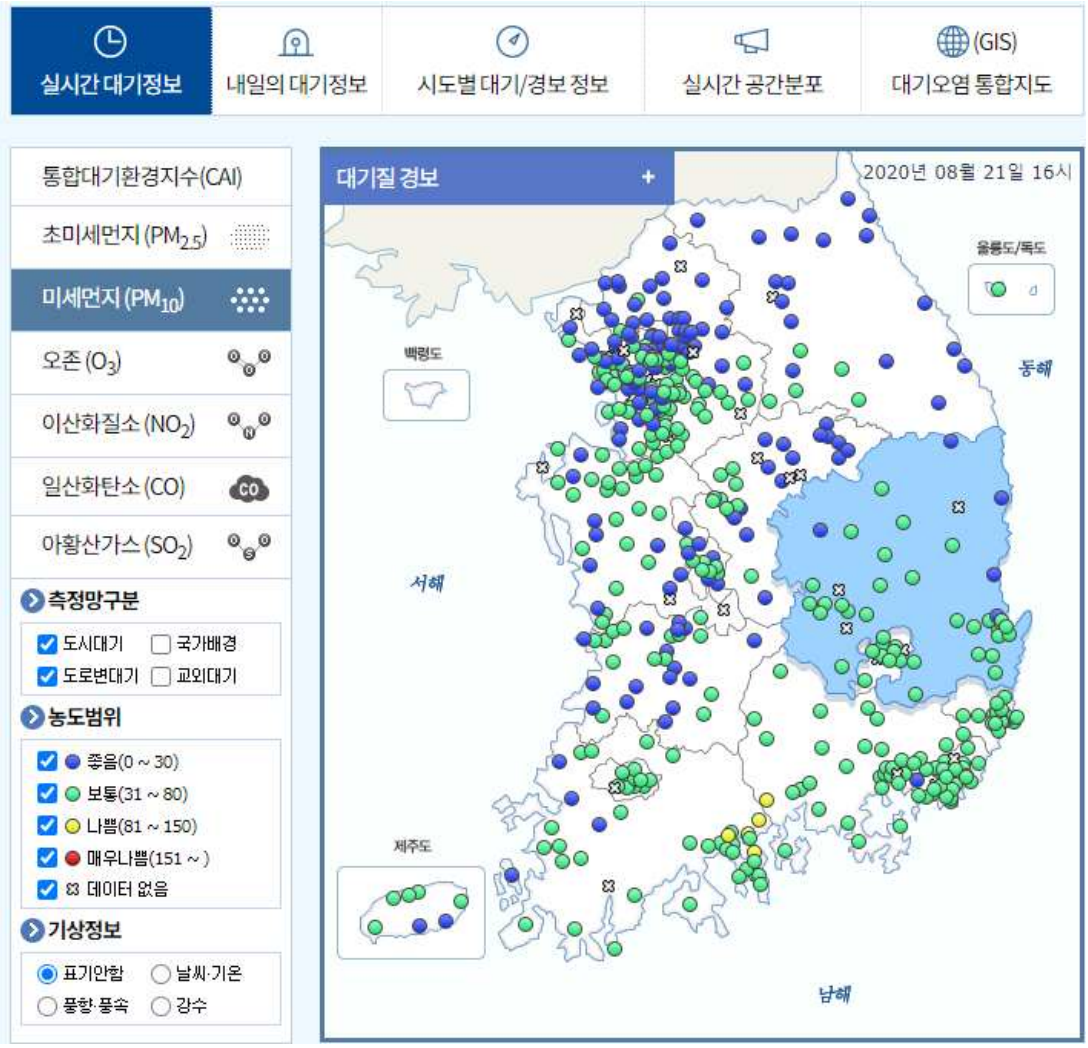


그림 2.7.20 실시간 대기정보 표출 시스템

미세먼지 센서 이외에도 안전 방지용 레이더 센서들이 이미 차량에 사용되고 있었다. 대표적인 센서를 활용한 기술에는 앞차 간의 거리를 파악 및 유지, 차선 이탈 보조 등이 있다. 하지만 해당 기술들은 위험 등이 감지되는 경우 즉각적으로 차량에 경고음을 통해 알리거나 차량내에서 직접 제어하는 등의 기능으로 본 연구에서 제공하려는 운전자 안전 정보 시스템과의 통합 및 연계 부분에는 알맞지 않은 것으로 판단했다.

2.7.4 시범도시 시민 및 전문가 대상 설문조사를 통한 사용자 만족도 평가

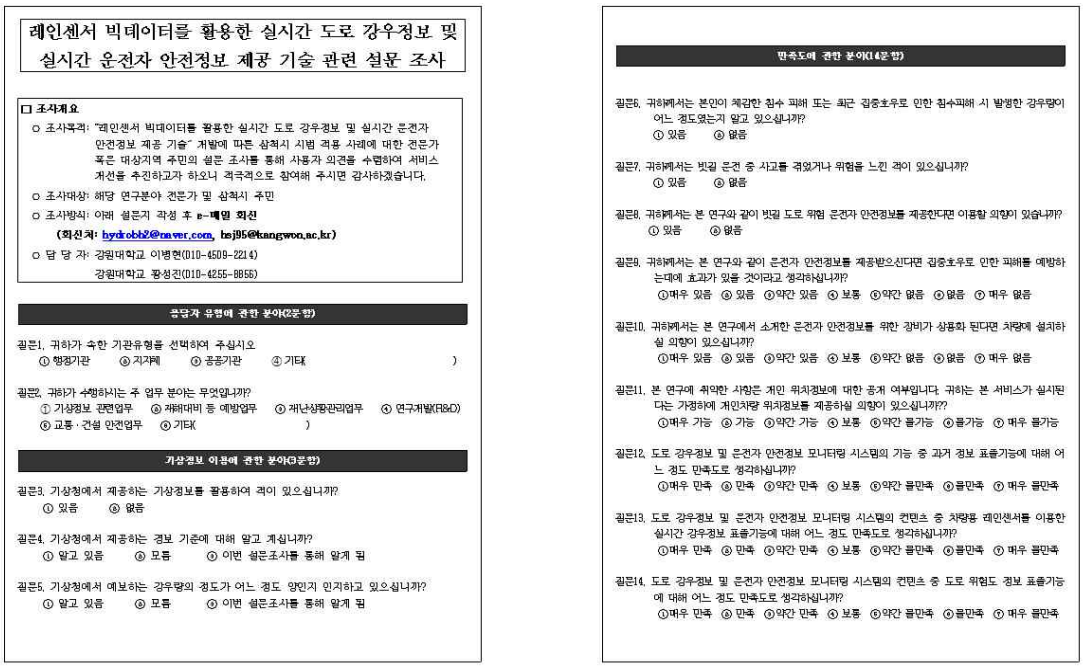
본 연구의 성과에 대한 평가를 위하여 삼척시의 시민 및 전문가를 대상으로 만족도 관련 설문조사를 수행하였으며 설문조사 수행 방법은 다음과 같다.

표 2.8.1 만족도 평가 개요

구분	방법
제목	레인센서 빅데이터를 활용한 실시간 도로 강우정보 및 실시간 운전자 안전정보 제공 기술 관련 설문 조사
조사 목적	“레인센서 빅데이터를 활용한 실시간 도로 강우정보 및 실시간 운전자 안전정보 제공 기술” 개발 이후 삼척시 시범 적용 사례에 대한 전문가 혹은 대상지역 주민의 의견 수집을 통해 운전자 안전정보 서비스 개선
조사 대상	삼척시청 도시과 및 재난과 전문가(30명) 및 삼척시 주민(70명) 총 100명
조사 기간	2020년 6월 01일 ~ 30일(1개월간)
조사 문항 수	응답자 유형에 관한 분야(2문항) 기상정보 이용에 관한 분야(3문항) 만족도에 관한 분야(14문항) 총 19문항
조사 방법	방문 조사 및 웹 설문툴을 이용한 설문
조사 사진	

본 연구의 만족도 관련 설문조사를 수행하기 위하여 방문조사의 경우 삼척시청 및 삼척 시내 등에서 연구성과 관련 설명 후 아래 그림과 같은 설문조사지를 작성하여 직접적으로 설문조사를 수행하였다. 이외에 코로나 19로 인해 온라인으로 설명자료를 배포 후

상용설문조사 툴인 네이버 설문조사 툴을 이용하여 온라인 설문조사지를 작성 후 온라인 설문조사를 수행하여 결과를 수집하였다. 직접조사한 설문조사 결과 역시 네이버 설문에 입력하여 최종 결과를 정리하였다.



레인센서 빅데이터를 활용한 실시간 도로 강우정보 및 실시간 운전자 안전정보 제공 기술 관련 설문 조사

□ 조사개요

○ 조사목적: "레인센서 빅데이터를 활용한 실시간 도로 강우정보 및 실시간 운전자 안전정보 제공 기술" 개발에 따른 삼척시 시범 적용 사례에 대한 전문가 혹은 대상지역 주민의 설문 조사를 통해 사용자 의견을 수렴하여 서비스 개선을 추진하고자 하오니 적극적으로 참여해 주시면 감사하겠습니다.

○ 조사대상: 해당 연구분야 전문가 및 삼척시 주민

○ 조사방식: 아래 설문지 작성 후 e-메일 회신

(회신처: hydrobb82@naver.com, hsj95@kangwon.ac.kr)

○ 담 당 자: 강원대학교 이병현(010-4509-2214)

강원대학교 홍성진(010-4255-8858)

공통사항 유형에 관한 분야(2문항)

질문1. 귀하가 속한 기관유형을 선택하여 주십시오

① 행정기관 ② 지자체 ③ 공공기관 ④ 기타( )

질문2. 귀하가 수행하시는 주 업무 분야는 무엇입니까?

① 기상정보 관련업무 ② 재해대비 등 예방업무 ③ 재난상황관리업무 ④ 연구개발(R&D)

⑤ 교통·건설 안전업무 ⑥ 기타( )

기상정보 이용에 관한 분야(3문항)

질문3. 기상청에서 제공하는 기상정보를 활용하여 격이 있으십니까?

① 있음 ② 없음

질문4. 기상청에서 제공하는 경보 기준에 대해 알고 계십니까?

① 알고 있음 ② 모름 ③ 이번 설문조사를 통해 알게 됨

질문5. 기상청에서 예보하는 강우량의 정도가 어느 정도 양인지 인지하고 있으십니까?

① 알고 있음 ② 모름 ③ 이번 설문조사를 통해 알게 됨

만족도에 관한 분야(14문항)

질문6. 귀하께서는 본인이 체감한 침수 피해 또는 최근 집중호우로 인한 침수피해 시 발생한 강우량이 어느 정도였는지 알고 있으십니까?

① 있음 ② 없음

질문7. 귀하께서는 빗길 운전 중 사고를 겪었거나 위험을 느낀 적이 있으십니까?

① 있음 ② 없음

질문8. 귀하께서는 본 연구와 같이 빗길 도로 위험 운전자 안전정보를 제공한다면 이용할 의향이 있습니까?

① 있음 ② 없음

질문9. 귀하께서는 본 연구와 같이 운전자 안전정보를 제공받으신다면 집중호우로 인한 피해를 예방하는데에 효과가 있을 것이라고 생각하십니까?

①매우 있음 ② 있음 ③약간 있음 ④ 보통 ⑤약간 없음 ⑥ 없음 ⑦ 매우 없음

질문10. 귀하께서는 본 연구에서 소개한 운전자 안전정보를 위한 장비가 상용화 된다면 차량에 설치하실 의향이 있으십니까?

①매우 있음 ② 있음 ③약간 있음 ④ 보통 ⑤약간 없음 ⑥ 없음 ⑦ 매우 없음

질문11. 본 연구에 취약한 사항은 개인 위치정보에 대한 공개 여부입니다. 귀하는 본 서비스가 실시된다는 가정하에 개인차량 위치정보를 제공하실 의향이 있으십니까?

①매우 가능 ② 가능 ③약간 가능 ④ 보통 ⑤약간 불가능 ⑥불가능 ⑦ 매우 불가능

질문12. 도로 강우정보 및 운전자 안전정보 모니터링 시스템의 가능 중 과거 정보 표출기능에 대해 어느 정도 만족도로 생각하십니까?

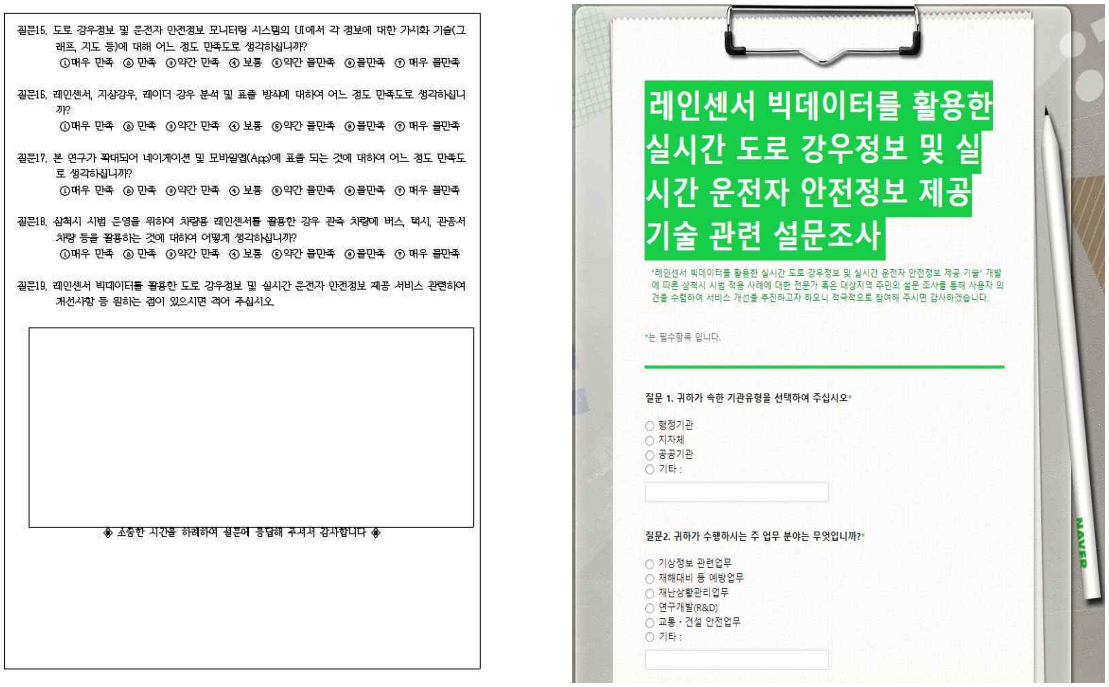
①매우 만족 ② 만족 ③약간 만족 ④ 보통 ⑤약간 불만족 ⑥불만족 ⑦ 매우 불만족

질문13. 도로 강우정보 및 운전자 안전정보 모니터링 시스템의 컨텐츠 중 차량용 레인센서를 이용한 실시간 강우정보 표출기능에 대해 어느 정도 만족도로 생각하십니까?

①매우 만족 ② 만족 ③약간 만족 ④ 보통 ⑤약간 불만족 ⑥불만족 ⑦ 매우 불만족

질문14. 도로 강우정보 및 운전자 안전정보 모니터링 시스템의 컨텐츠 중 도로 위험도 정보 표출기능에 대해 어느 정도 만족도로 생각하십니까?

①매우 만족 ② 만족 ③약간 만족 ④ 보통 ⑤약간 불만족 ⑥불만족 ⑦ 매우 불만족



질문15. 도로 강우정보 및 운전자 안전정보 모니터링 시스템의 UI에서 각 정보에 대한 가시화 기술(그래프, 지도 등)에 대해 어느 정도 만족도로 생각하십니까?

①매우 만족 ② 만족 ③약간 만족 ④ 보통 ⑤약간 불만족 ⑥불만족 ⑦ 매우 불만족

질문16. 레인센서, 기상강우, 레이더 강우 분석 및 표출 방식에 대하여 어느 정도 만족도로 생각하십니까?

①매우 만족 ② 만족 ③약간 만족 ④ 보통 ⑤약간 불만족 ⑥불만족 ⑦ 매우 불만족

질문17. 본 연구가 확대되어 네이게이션 및 모바일앱(App)에 표출 되는 것에 대하여 어느 정도 만족도로 생각하십니까?

①매우 만족 ② 만족 ③약간 만족 ④ 보통 ⑤약간 불만족 ⑥불만족 ⑦ 매우 불만족

질문18. 삼척시 시범 운영을 위하여 차량용 레인센서를 활용한 강우 관측 차량에 버스, 택시, 관공서 차량 등을 활용하는 것에 대하여 어떻게 생각하십니까?

①매우 만족 ② 만족 ③약간 만족 ④ 보통 ⑤약간 불만족 ⑥불만족 ⑦ 매우 불만족

질문19. 레인센서 빅데이터를 활용한 도로 강우정보 및 실시간 운전자 안전정보 제공 서비스 관련하여 개선사항 등 원하는 점이 있으시면 격어 주십시오.

◈ 소중한 시간을 내주셔서 설문에 응답해 주셔서 감사합니다 ◈

레인센서 빅데이터를 활용한 실시간 도로 강우정보 및 실시간 운전자 안전정보 제공 기술 관련 설문조사

*레인센서 빅데이터를 활용한 실시간 도로 강우정보 및 실시간 운전자 안전정보 제공 기술" 개발에 따른 삼척시 시범 적용 사례에 대한 전문가 혹은 대상지역 주민의 설문 조사를 통해 사용자 의견을 수렴하여 서비스 개선을 추진하고자 하오니 적극적으로 참여해 주시면 감사하겠습니다.

*는 필수항목 입니다.

질문 1. 귀하가 속한 기관유형을 선택하여 주십시오*

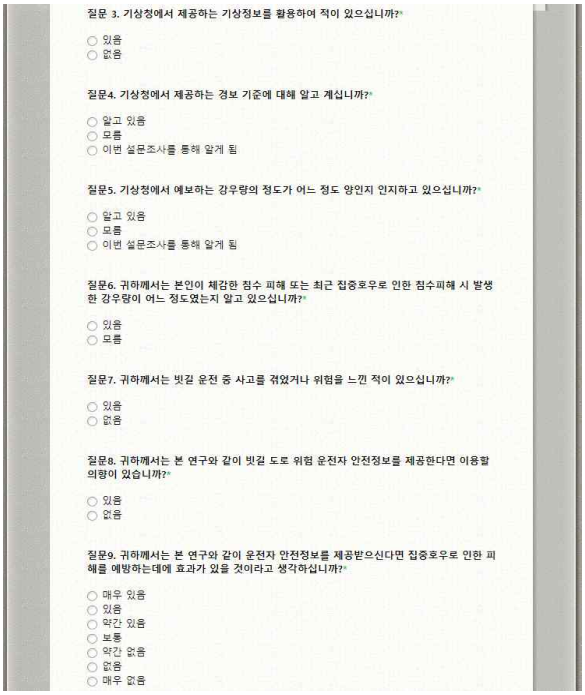
○ 행정기관
○ 지자체
○ 공공기관
○ 기타 :

질문2. 귀하가 수행하시는 주 업무 분야는 무엇입니까?*

○ 기상정보 관련업무
○ 재해대비 등 예방업무
○ 재난상황관리업무
○ 연구개발(R&D)
○ 교통·건설 안전업무
○ 기타 :

그림 2.8.1 설문조사지 양식

그림 2.8.1 설문조사지 양식(계속)



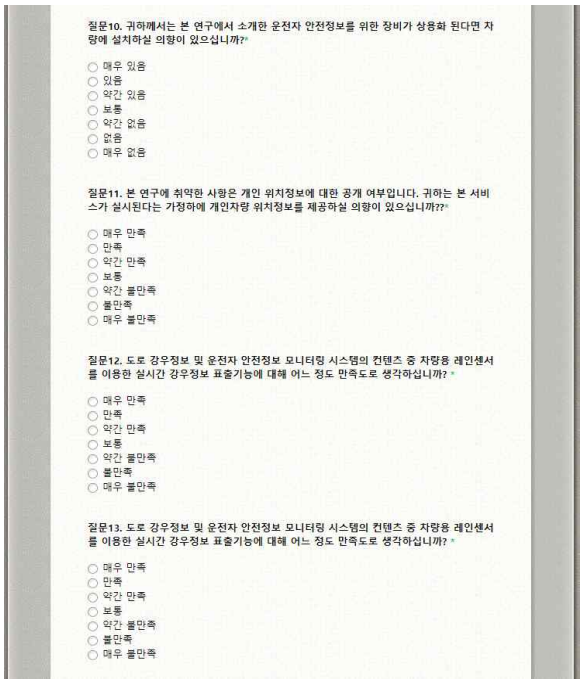
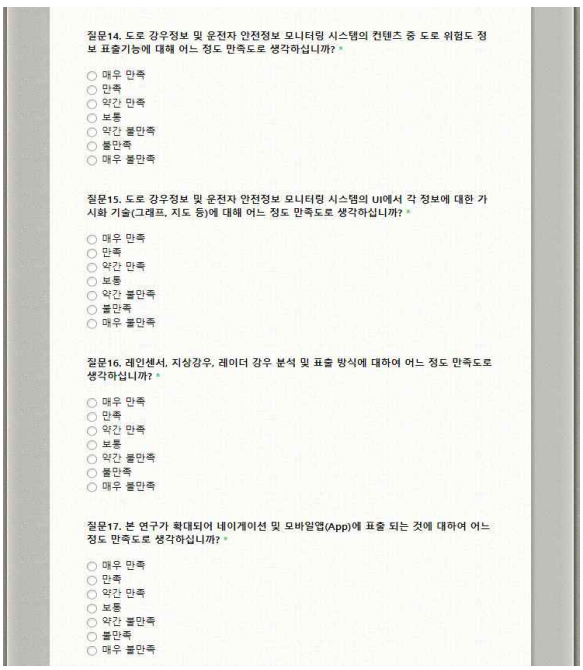


그림 2.8.1 설문조사지 양식(계속)



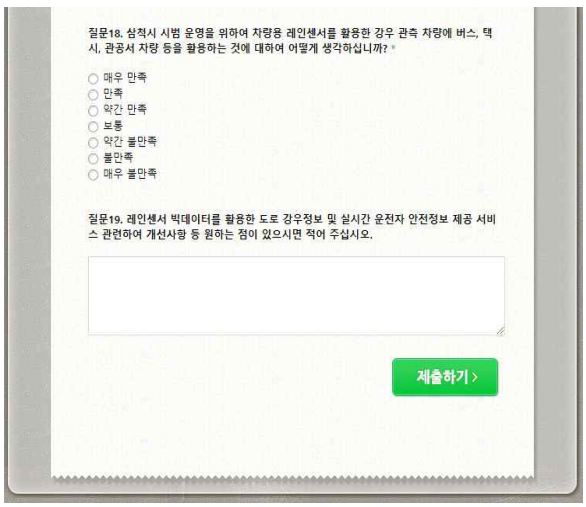
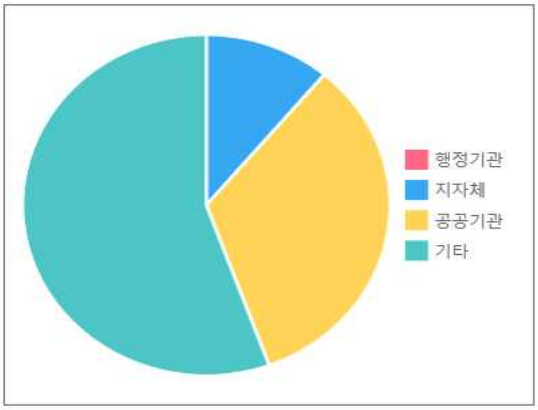


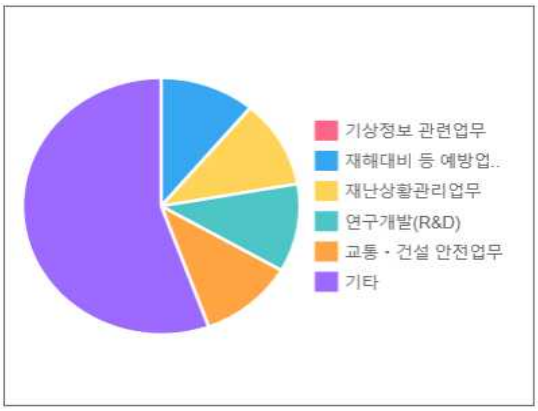
그림 2.8.1 설문조사지 양식(계속)

질문1. 귀하가 속한 기관유형을 선택하여 주십시오



응답	응답수
행정기관	0%
지자체	11.1%
공공기관	33.3%
기타	55.6%

질문2. 귀하가 수행하시는 주 업무 분야는 무엇입니까?



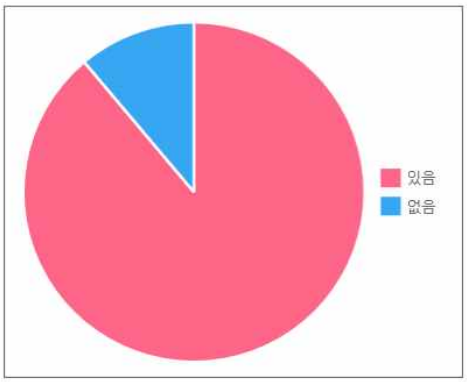
응답	응답수
기상정보 관련업무	0%
재해대비 등 예방업무	11.1%
재난상황관리업무	11.1%
연구개발(R&D)	11.1%
교통 · 건설 안전업무	11.1%
기타	55.6%

그림 2.8.2 설문조사 결과_응답자 유형

설문조사 인원 100명 중 응답자 유형은 지자체 11%, 공공기관 33% 전문가를 대상으로 구성되었고 기타 일반시민이 56%로 구성되었다. 또한 업무분야로는 재해대비 등 예방업무가 11%, 재난상황관리 업무가 11%, 연구개발이 11%, 교통 건설 안전업무가 11%, 기타 일반분야가 56%로 구성되었다.

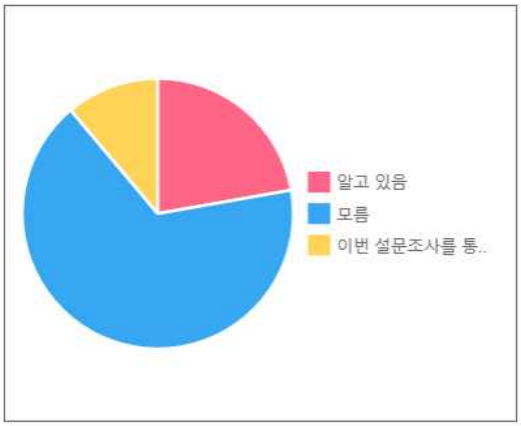
설문조사 인원 100명 중 기상정보 이용유형은 기상청에서 제공하는 기상정보를 89%가 활용해 본적이 있는 것으로 조사됐으며 이중 기상 경보기준에 대해서 22%는 알고 67%는 모르고 활용하고 있었던 것으로 조사되었다. 그리고 기상청에서 예보하는 강우량의 정도를 56%는 인지하고 있고 44%는 모르는 것으로 조사되었다.

질문3. 기상청에서 제공하는 기상정보를 활용하여 적이 있으십니까?



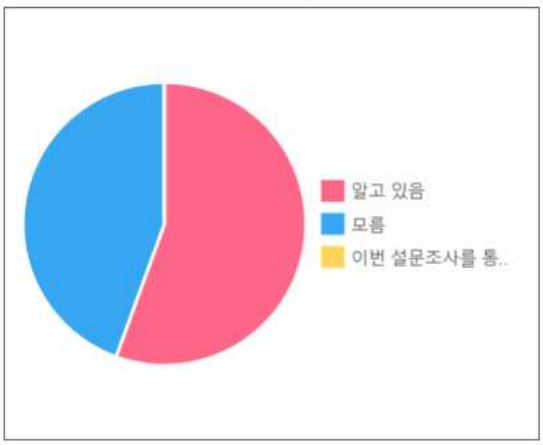
응답	응답수
있음	88.9%
없음	11.1%

질문4. 기상청에서 제공하는 경보 기준에 대해 알고 계십니까?



응답	응답수
알고 있음	22.2%
모름	66.7%
이번 설문조사를 통해 알게 됨	11.1%

질문5. 기상청에서 예보하는 강우량의 정도가 어느 정도 양인지 인지하고 있으십니까?

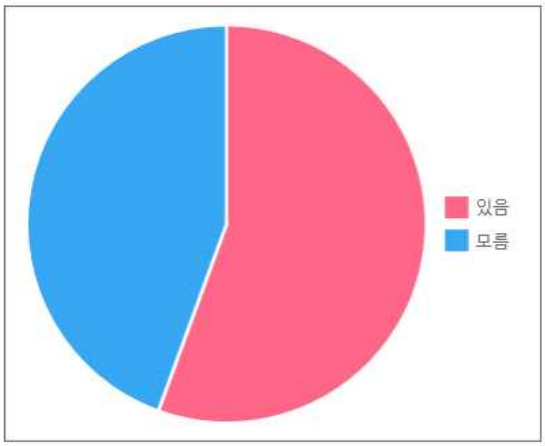


응답	응답수
알고 있음	55.6%
모름	44.4%
이번 설문조사를 통해 알게 됨	0%

그림 2.8.3 설문조사 결과_기상정보 이용유형

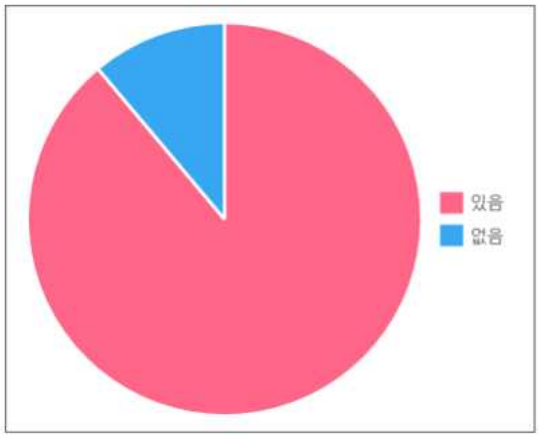
만족도 설문조사 인원 100명 중 침수 피해에 발생한 강우량이 어느 정도인지 56%가 알고 있고 44%는 비가와도 어느 정도인지 모르는 것으로 조사되었으며, 그럼에도 빗길운전 중 사고를 격었거나 위험을 느낀 적이 있었던 대상자가 89%로 조사되었다.

질문6. 귀하께서는 본인이 체감한 침수 피해 또는 최근 집중호우로 인한 침수피해 시 발생한 강우량이 어느 정도였는지 알고 있으십니까?



응답	응답수
있음	55.6%
모름	44.4%

질문7. 귀하께서는 빗길 운전 중 사고를 겪었거나 위험을 느낀 적이 있으십니까?

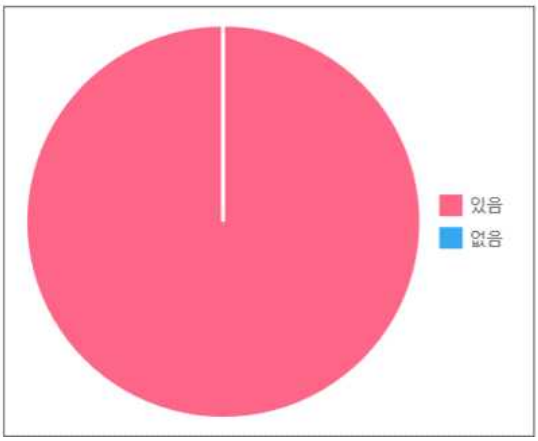


응답	응답수
있음	88.9%
없음	11.1%

그림 2.8.4 설문조사 결과_만족도 관련

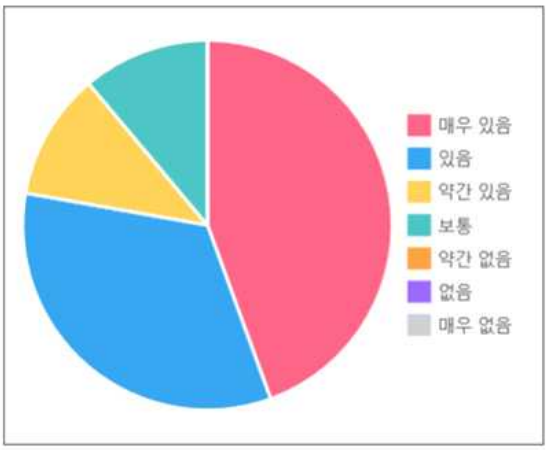
또한 빗길 도로 위험 운전자 안전정보를 제공한다면 100%에 해당하는 인원이 이용할 의향이 있으며, 이로인해 집중호우로 인한 피해를 예방하는데 효과가 있다에 44%가 매우 그렇다, 33%가 그렇다 등 모두 보통이상의 효과가 있을 것으로 집계되었다.

질문8. 귀하께서는 본 연구와 같이 빗길 도로 위험 운전자 안전정보를 제공한다면 이용할 의향이 있습니까?



응답	응답수
있음	100%
없음	0%

질문9. 귀하께서는 본 연구와 같이 운전자 안전정보를 제공받으신다면 집중호우로 인한 피해를 예방하는데에 효과가 있을 것이라고 생각하십니까?



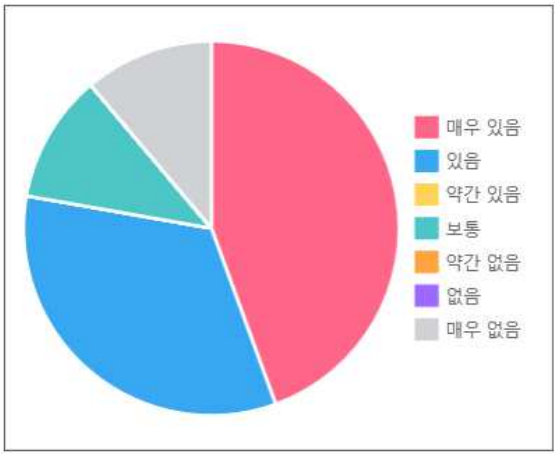
응답	응답수
매우 있음	44.4%
있음	33.3%
약간 있음	11.1%
보통	11.1%
약간 없음	0%
없음	0%
매우 없음	0%

그림 2.8.5 설문조사 결과_만족도 관련(계속)

안전정보 생산을 위한 장비를 차량에 부착 할 의향이 있냐는 질문에서 매우 있음 44%, 있음 33% 등 77% 이상이 장비 장착 의향이 있는 것으로 조사되었고 이외 보통과 매우 없음이 각각 11%로 집계되었다.

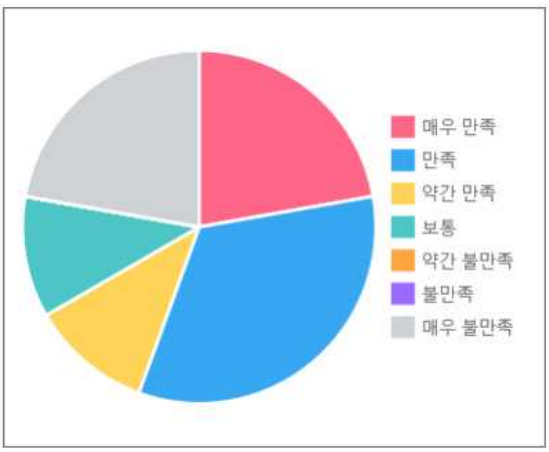
본 연구에서 가장 고민하고 있는 질문 중 하나인 위치정보 제공에서 운전자 안전정보 생산을 위하여 위치정보 제공 의사 관련 질문에서 매우만족 22%, 만족 33%, 약간 만족 11%로 제공 의사가 약 67%로 집계되었고 매우 불만족에 22%로 거부 의사가 있는 것으로 조사되었다.

질문10. 귀하께서는 본 연구에서 소개한 운전자 안전정보를 위한 장비가 상용화 된다면 차량에 설치하실 의향이 있으십니까?



응답	응답수
매우 있음	44.4%
있음	33.3%
약간 있음	0%
보통	11.1%
약간 없음	0%
없음	0%
매우 없음	11.1%

질문11. 본 연구에 취약한 사항은 개인 위치정보에 대한 공개 여부입니다. 귀하는 본 서비스가 실시된다는 가정하에 개인차량 위치정보를 제공하실 의향이 있으십니까??

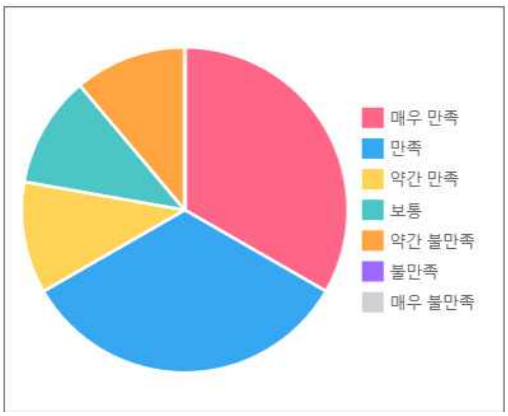


응답	응답수
매우 만족	22.2%
만족	33.3%
약간 만족	11.1%
보통	11.1%
약간 불만족	0%
불만족	0%
매우 불만족	22.2%

그림 2.8.6 설문조사 결과_만족도 관련(계속)

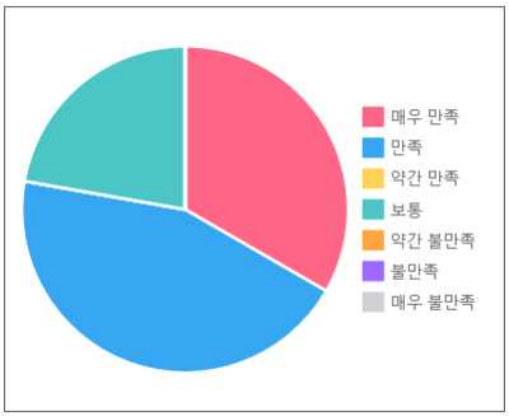
도로 강우정보 운전자 안전정보 모니터링 시스템 기능 중 과거 정보 표출 기능의 만족도는 만족에 해당하는 답변이 78%, 보통에 11%, 약간 불만족에 11%로 집계되었고 레인센서 강우정보 표출기능은 만족에 78%, 보통에 22%로 대부분 만족하는 것으로 조사되었다. 도로 위험도 표출기능에서도 마찬가지로 만족에 78%, 보통에 22%로 대부분 만족하는 것으로 조사되었다.

질문12. 도로 강우정보 및 운전자 안전정보 모니터링 시스템의 기능 중 과거 정보 표출기능에 대해 어느 정도 만족도로 생각하십니까?



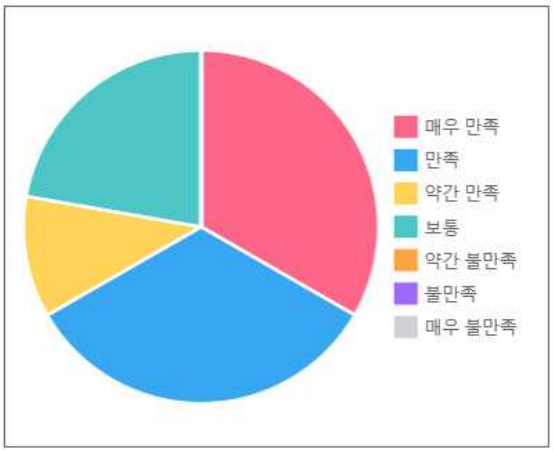
응답	응답수
매우 만족	33.3%
만족	33.3%
약간 만족	11.1%
보통	11.1%
약간 불만족	11.1%
불만족	0%
매우 불만족	0%

질문13. 도로 강우정보 및 운전자 안전정보 모니터링 시스템의 컨텐츠 중 차량용 레인센서를 이용한 실시간 강우정보 표출기능에 대해 어느 정도 만족도로 생각하십니까?



응답	응답수
매우 만족	33.3%
만족	44.4%
약간 만족	0%
보통	22.2%
약간 불만족	0%
불만족	0%
매우 불만족	0%

질문14. 도로 강우정보 및 운전자 안전정보 모니터링 시스템의 컨텐츠 중 도로 위험도 정보 표출기능에 대해 어느 정도 만족도로 생각하십니까?

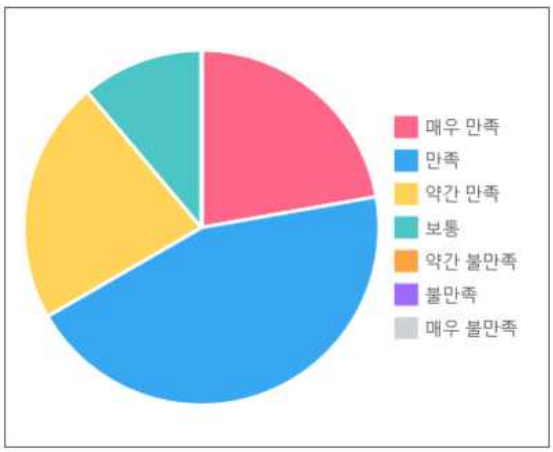


응답	응답수
매우 만족	33.3%
만족	33.3%
약간 만족	11.1%
보통	22.2%
약간 불만족	0%
불만족	0%
매우 불만족	0%

그림 2.8.7 설문조사 결과_만족도 관련(계속)

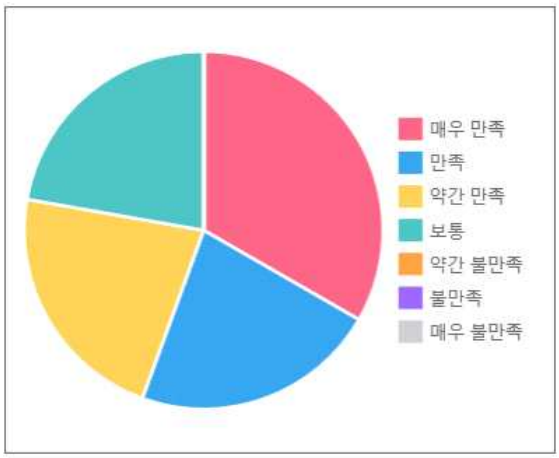
도로 강우정보 운전자 안전정보 모니터링 시스템의 UI에 대해서는 89%가 만족, 보통이 11%로 거의 만족하는 것으로 조사되었고 레이더 강우 표출 방식에 대해서도 보통 22%를 제외하고 78%가 만족하는 것으로 조사되었다.

질문15. 도로 강우정보 및 운전자 안전정보 모니터링 시스템의 UI에서 각 정보에 대한 가시화 기술(그래프, 지도 등)에 대해 어느 정도 만족도로 생각하십니까?



응답	응답수
매우 만족	22.2%
만족	44.4%
약간 만족	22.2%
보통	11.1%
약간 불만족	0%
불만족	0%
매우 불만족	0%

질문16. 레인센서, 지상강우, 레이더 강우 분석 및 표출 방식에 대하여 어느 정도 만족도로 생각하십니까?



응답	응답수
매우 만족	33.3%
만족	22.2%
약간 만족	22.2%
보통	22.2%
약간 불만족	0%
불만족	0%
매우 불만족	0%

그림 2.8.8 설문조사 결과_만족도 관련(계속)

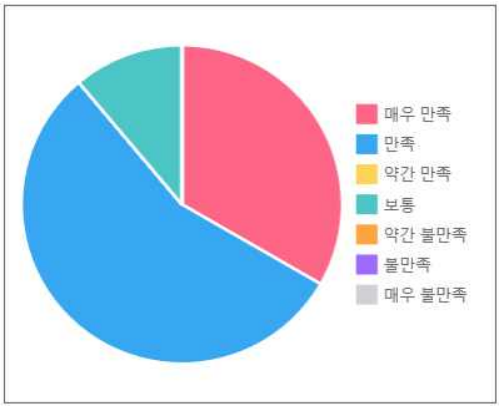
향 후 본 연구성과가 확대되어 네비게이션 및 모바일앱에 표출된다면에 대한 질문에서 매우만족 67%를 비롯하여 100%가 만족하는 것으로 조사되었고 지속적이고 안정적인 정보생산 및 수집을 위하여 버스, 택시 및 관공서 차량등을 이용한 관측에 대한 질문에서 보통 11%를 제외하고 89%가 만족하는 것으로 조사되었다.

질문17. 본 연구가 확대되어 네이게이션 및 모바일앱(App)에 표출 되는 것에 대하여 어느 정도 만족도로 생각하십니까?



응답	응답수
매우 만족	66.7%
만족	11.1%
약간 만족	22.2%
보통	0%
약간 불만족	0%
불만족	0%
매우 불만족	0%

질문18. 삼척시 시범 운영을 위하여 차량용 레인센서를 활용한 강우 관측 차량에 버스, 택시, 관공서 차량 등을 활용하는 것에 대하여 어떻게 생각하십니까?



응답	응답수
매우 만족	33.3%
만족	55.6%
약간 만족	0%
보통	11.1%
약간 불만족	0%
불만족	0%
매우 불만족	0%

그림 2.8.9 설문조사 결과_만족도 관련(계속)

설문조사 결과 지자체 11% 공공기관 33%, 일반 시민 56%로 총 100명에 대해 만족도를 평가 한 결과 기상정보 이용 유형 및 인지도에 관해서는 기상청 기상정보를 89%가 이용해 보았고 기상 경보 기준을 22%는 알고 67%는 모르고 활용하는 것으로 조사 됬으며, 기상청 예보 강우량의 정도를 56%는 인지하고 있고 44%는 모는 것으로 조사되었다. 또한 재해를 유발하는 강우량의 정도를 56%가 알고 있고 44%는 모르는 반면, 빗길운전 중 사고를 89%가 경험했거나 위험을 느낀 것으로 조사되었다.

운전자 안전정보 제고 관련 질문에서는 빗길 도로 위험 운전자 안전정보를 100%가 이용 할 의향 있고 이 정보가 집중호우로 인한 피해 예방에 효과 있다 77%, 보통이 23% 집계되었으며 운전자 안전정보 제공시 모두(100%)가 이용 할 것이다 라고 조사되었다.

또한 안전정보 생산 수집 장비를 77%가 차량에 부착 가능하다고 하였으며, 위치 정보

제공 의사가 약 67%, 보통이 11% 거부가 22%로 집계 되었다.

운전자 안전정보 모니터링 시스템 기능 중 과거 정보 표출 기능은 만족 78%, 보통 11%, 약간 불만족에 11%로 집계되었고 레인센서 강우정보 표출 기능은 만족 78%, 보통 22%로 집계되었으며, 도로 위험도 표출 기능은 만족 78%, 보통 22%로 집계 되었다.

또한, 시스템의 UI는 만족 89%, 보통 11%로 집계되었고, 레이더 강우 표출 방식은 만족 78%, 보통 22%로 집계되었다.

이외 향후 개선사항 관련 질문은 네비게이션 및 모바일앱 표출하게 된다면 매우만족 67% 포함 100%가 만족으로 적용시 모두 만족하는 것으로 집계되었고, 버스, 택시 및 관공서 차량 등을 이용한 관측은 만족 89%, 보통 11%로 대부분 긍정적인 답변으로 집계되었다.

표 2.8.2 만족도 평가 결과

구분	결과
응답자 유형	○ 지자체 11%, 공공기관 33% 전문가(재해관련 33%, 교통 건설 11%), 기타 일반 시민이 56% 구성
기상정보 이용유형 및 인지도	○ 기상청 기상정보를 89%가 이용해 봄 ○ 기상 경보 기준을 22%는 알고 67%는 모르고 활용 ○ 기상청 예보 강우량의 정도를 56%는 인지하고 있고 44%는 모름 ○ 재해를 유발하는 강우량의 정도를 56%가 알고 있고 44%는 모름 ○ 빗길운전 중 사고를 89%가 경험했거나 위험을 느낌
운전자 안전정보 제공 관련	○ 빗길 도로 위험 운전자 안전정보를 100%가 이용 할 의향 있음 ○ 집중호우로 인한 피해 예방에 효과 있다 77%, 보통이 23% 집계 ○ 운전자 안전정보 제공시 모두(100%)가 이용 할 것으로 집계 ○ 안전정보 생산 수집 장비를 차량에 부착을 77%가 있음 ○ 위치 정보 제공 의사가 약 67%, 보통이 11% 거부가 22%로 집계
운전자 안전정보 모니터링 시스템	○ 과거 정보 표출 기능 : 만족 78%, 보통 11%, 약간 불만족에 11%로 집계 ○ 레인센서 강우정보 표출 기능 : 만족 78%, 보통 22%로 집계 ○ 도로 위험도 표출 기능 : 만족 78%, 보통 22%로 집계 ○ 시스템의 UI : 만족 89%, 보통 11%로 집계 ○ 레이더 강우 표출 방식 : 만족 78%, 보통 22%로 집계
향후 개선관련	○ 네비게이션 및 모바일앱 표출 : 매우만족 67% 포함 100%가 만족으로 집계 ○ 버스, 택시 및 관공서 차량 등을 이용한 관측 : 만족 89%, 보통 11%로 집계
기타 건의사항	○ 기상청 강우정보의 정확도를 높여주세요. 수시로 틀려서 믿지 못해서 다른나라 예보를 보고 있습니다. ○ 운전 중에도 한눈에 보고 이해하기 쉽게 개발되면 좋겠습니다.

3.1 목표 달성도

3.1.1 목표

가. 1차연도

구분	세부연구개발 목표	가중치 (%)	달성도 (%)	평가의 착안점 및 기준
주관	레인센서 빅데이터를 활용한 빗길 교통안전을 위한 오픈 플랫폼	50	100	- 연계 모듈을 통한 강우정보 수집 - 수집율 분석 결과 80% 이상
공동	바람과 속도를 고려한 W-S-R 관계식 개발	50	100	- 실제 강우자료 수집을 통한 정확도 분석 - W-S-R 관계식을 통한 강우 정확도 분석 결과 70% 이상

나. 2차연도

구분	세부연구개발 목표	가중치 (%)	달성도 (%)	평가의 착안점 및 기준
주관	범용 내비게이션 적용을 위한 표준 인터 페이스 모듈 (Wevigation)	50	100	- Web 시스템 개발 - 시스템 기능별 응답률 90% 이상
공동	소형강우레이더와 지상강우를 활용한 차량용 레인센서 강우자료의 합성기술 개발	50	100	- 강우합성 알고리즘 개발 - 레인센서 강우정보 대비 합성 강우 신뢰도 분석 - 신뢰도 70% 이상

3.1.2 목표 달성여부

가. 1차연도

1차년도 세부연구개발 목표는 레인센서 빅데이터를 활용한 빗길 교통안전을 위한 오픈 플랫폼 개발 및 바람과 속도를 고려한 W-S-R 관계식 개발이다. 각각에 대한 평가의 착안점 및 기준은 연계 모듈을 통한 강우정보 수집과 수집율 분석 결과 80% 이상, 실제 강우자료 수집을 통한 정확도 분석과 W-S-R 관계식을 통한 강우 정확도 분석 결과 70% 이상이다.

레인센서 데이터는 단말기를 통해 수집이 된다. 수집되는 정보는 GPS를 통한 차량의 위치정보, 강우 정보 등이 있다. 데이터는 5초 간격으로 수집이 되며 분당 강우 강도 값을 계산하여 DB에 저장이 된다. 단말기로 수집된 데이터의 확인 결과 GPS 신호 등의 문제로 수집이 안되는 몇몇의 데이터를 제외하고는 모두 정상 수집이 되고 수집율이 80%가 넘는 것을 확인하였다.

강우가 내릴 시 바람 및 차량에 속도에 대한 조건별 실험을 통해 바람과 속도를 고려한 W-S-R 관계식을 개발하였다. 관계식을 통해 얻은 강우 값과 실제 강우 시 수집된 자료를 비교하여 정확도 분석을 진행한 결과 W-S-R 관계식을 통한 강우 정확도 분석율이 70% 이상이었다.

위의 내용은 근거로 1차연도에 목표로 했던 2가지 세부연구개발에 대한 평가의 착안점 및 기준치를 모두 달성했다 판단하였다.

가. 2차연도

2차년도 세부연구개발 목표는 범용 내비게이션 적용을 위한 표준 인터페이스 모듈 개발 및 소형강우레이더와 지상강우를 활용한 차량용 레인센서 강우자료의 합성기술 개발이다. 각각에 대한 평가의 착안점 및 기준은 Web 시스템 개발과 시스템 기능별 응답률 90% 이상, 강우합성 알고리즘 개발 및 레인센서 강우정보 대비 합성강우 신뢰도 분석과 신뢰도 70% 이상이다.

현재 '도로 강우정보 및 운전자 안전정보 모니터링 시스템' Web 시스템은 개발이 완료된 상태이다. 해당 시스템의 기능은 총 19가지 기능으로 모든 기능이 이상 없이 응답하는 것을 확인할 수 있다. 레이더 기능의 경우 범위가 넓고 격자의 크기가 작기 때문에 표출 시 다른 기능에 비해 시간이 조금 더 소요가 되지만, 해당 기능도 2초 내에 표출이 완료되기 때문에 문제가 되지 않는다고 판단된다.

강우합성 알고리즘은 레이더 데이터 기반의 보정계수 맵을 곱해주는 형식의 알고리즘을 개발 하였다. 레이더, AWS, 차량용 레인센서를 모두 활용하여 새로운 합성강우를 계산하는 알고리즘으로 기존의 강우 정보 값에 비해 보다 정확한 강우 값을 도출한다. 과거 태풍의 강우 자료를 활용하여 합성강우 값이 신뢰도 분석을 진행하였다. 그 결과 합성강우 값의 신뢰도가 70%인 것을 확인했다.

위의 내용은 근거로 2차연도에 목표로 했던 2가지 세부연구개발에 대한 평가의 착안점 및 기준치를 모두 달성했다 판단하였다.

4.1 성과 활용 계획

연구 개발 성과의 활용 방안으로 실용화, 사업화, 추가 기술 개발 총 3가지로 정리해 보았다.

가. 실용화 - 재난관리 문제 해결을 위한 공공부문 적용추진

- 강우정보 제공 및 운전자 안전정보 제공을 위해 개발된 시스템을 기반으로 기상기후와 더불어 재난안전 분야에 활용함으로써 재난관리 현장문제 해결 지원
- 해상/육상/항공의 항행 정보를 제공하는 교통관제센터에 적용하여 사고예방, 정보제공, 교통관리, 질서 확립 등에 활용
- 지자체 재난 상황실에 설치·운영되고 있는 지자체 방재 시스템과 연계하여 도로 강우 정보를 모니터링하고 연계되어 있는 CCTV등을 통해 상황 관리에 활용

나. 사업화 - 내비게이션, 센서 등 관련 기업에 의한 기술사업화

- 내비게이션 기반의 도로 상황, 경로 안내 서비스 분야의 사업화를 추진하여 관련 산업의 경쟁력 확보
- 차량을 활용하여 데이터를 생성 및 수집을 위한 단말기 및 센서를 제품화하고 상용화함으로써 해당 기업의 경쟁력 제고
- 정부 주도의 재난관련 대응뿐이 아닌 예측 및 예방 단계에서부터 시스템을 기반으로 하여 민간의 적극참여를 유도함으로써 재난안전 관리 산업 전반이 활성화 될 수 있도록 유도
- 강우 시 빗길 위험도에 대한 일반인의 접근성을 높여 관련된 추가 기능 및 신규 단말 모델 등을 발굴하고 적용하여 공급자와 수요자가 모두 이득을 취할 수 있도록 추진

라. 추가 기술개발 - 적용 대상 및 서비스 확대를 위한 추가 기술개발 추진

- 도로 강우정보 및 운전자 안전정보 모니터링 시스템에 적용된 핵심기술의 활용성과 타 기술과 융합을 통한 기술적 발전을 위한 기술 확장 방안 도출 및 추가 연구 수행
- 테스트베드 지역 외 레이더, AWS, 차량용 레인센서를 활용한 합성강우량의 전국 지역의 검증을 진행, 보다 정확한 데이터 제공 가능
- 시스템의 축적된 데이터에 대해 다양한 관점의 재난안전 관련 대국민 서비스를 생산할 수 있도록 추가 연구 진행 가능

4.2 기대효과

향후 본 연구를 통해 얻을 수 있는 기대효과를 과학기술적, 사회적, 경제·산업적 측면으로 나눠 생각해보았다. 그림 4.1.2는 여러 가지 측면별 기대효과이다.

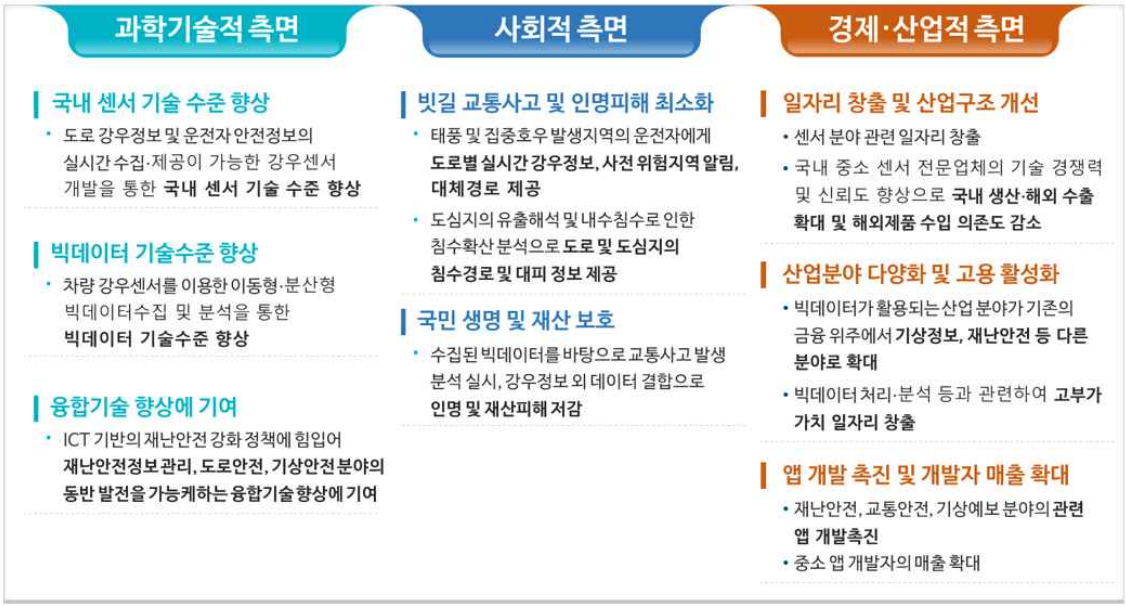


그림 4.1.1 여러 가지 측면별 기대효과

가. 과학기술적 측면

과학기술적 측면에서의 기대효과는 크게 3가지로 센서 기술 수준 향상, 빅데이터 기술 수준 향상, 융합 기술 향상이 있다.

첫 번째로 도로 강우정보 및 운전자 안전정보의 실시간 수집·제공이 가능한 레인센서 개발을 통한 국내 센서 기술 수준의 향상이 있다. 현재 레인센서는 단순히 빗물을 감지하여 와이퍼를 작동하는 수준으로만 활용하지만 향후 해당 센서를 통한 와이퍼의 움직임을 통해 강우정보를 수집 하는 등의 센서 기술 수준의 향상을 기대할 수 있다고 판단했다.

두 번째로 차량 레인센서를 이용한 이동형·분산형 빅데이터 수집 및 분석을 통한 빅데이터 기술수준 향상이 있다. 고정되어 있는 하나의 장소에서 많은 양의 데이터의 수집 및 전송이 아닌 지속적으로 이동하는 차량에서 전송되는 센서 데이터 및 GPS 데이터와 해당 데이터를 통한 분석 및 처리, 저장까지의 과정을 처리해야 한다. 차량의 수, 그로부터 들어오는 데이터의량, 전국단위의 지역 등을 고려하였을 때 해당 데이터를 처리하는 빅데이터 기술수준의 향상이 있을 것이라 판단한다.

세 번째로 ICT 기반의 재난안전 강화 정책에 힘입은 재난안전정보관리, 도로안전, 기상 안전분야의 동반 발전을 가능케하는 융합기술 향상에 기여한다. 레이더, AWS 등 각각의 기상 데이터와 레인센서 데이터까지 활용한 새로운 합성강우와 해당 강우를 활용한 도로 위험도 정보 산출, 이러한 정보를 표출하는 시스템을 활용하여 각 분야의 동반 발전이 가능하다고 판단한다.

나. 사회적 측면

사회적 측면에서의 기대효과는 크게 2가지로 빗길 교통사고 및 인명피해의 최소화, 국민 생명 및 재산 보호가 있다.

첫 번째로 태풍 및 집중호우 발생지역의 운전자에게 현재 도로의 실시간 강우정보, 사전 위험지역 알림 등을 통해 위험여부를 알리고 대체경로를 제공함으로써 빗길 교통사고 및 인명피해의 위험을 줄일 수 있다. 또한, 도심지의 유출해석 및 내수침수로 인한 침수 확산 분석을 통해 도로 및 도심지의 침수경로 및 대피 정보 등도 추가로 제공이 가능하다.

두 번째로 수집된 빅데이터를 바탕으로 교통사고 발생 분석을 실시, 강우정보 외 데이터 경합으로 인한 인명 및 재산피해 저감에 대한 효과를 기대할 수 있다. 센서 및 레이더, AWS 데이터를 모두 수집하여 처리하기 때문에 교통사고 이외의 하천 및 내수 침수, 사면재해 등의 사고 발생을 분석하는데에도 도움이 될 수 있다고 판단한다.

다. 경제·산업적 측면

경제·산업적 측면에서의 기대효과는 크게 3가지로 일자리 창출 및 산업구조 개선, 산업분야 다양화 및 고용 활성화, 앱 개발 촉진 및 개발자 매출 확대가 있다.

첫 번째로 센서 분야 관련 일자리 창출이 늘어나며 국내 중소 센서 전문업체의 기술 경쟁력 및 신뢰도의 향상으로 인한 해외제품 수입 의존도가 감소할 수 있으며, 국내 해당 기술로 제작한 물품의 해외 수출 등의 확대가 가능하다.

두 번째로 빅데이터가 활용되는 분야가 기존의 금융 위주가 아닌 기상정보, 재난안전 등의 다른 분야로의 확대가 이루어질 수 있다. 또한 빅데이터 활용 분야가 넓어지며 빅데이터 처리 및 분석 등과 관련된 업체의 고용 또한 활성화 될 수 있다.

세 번째로 센서, 빅데이터 등을 활용한 재난안전, 교통안전, 기상예보 분야 관련 시스템 및 앱 개발이 지금보다 더 활발해 질 수 있다고 판단한다. 해당 분야의 시스템 및 앱 개발이 촉진되면 중소 앱 개발자 등의 매출 확대까지 이어질 수 있다.

붙임. 참고 문헌

- 정보통신부/ETRI, “텔레매틱스 시장 및 서비스 적용모델 분석”, 2006
- 강부식, 이봉기 (2008), “인공신경망과 중규모기상수치예보를 이용한 강수확률 예측”, 대한토목학회논문집, 대한토목학회, Vol. 28, pp.485-493
- 강연수 외, “텔레매틱스 시대를 대비한 첨단 종합 교통정보 서비스 체계화 방안 연구”, 한국교통연구원, 2003
- 김광섭. 김종필. 박찬희. 임태경 (2006), “상층기상자료와 신경망기법을 이용한 면적 강우 예측” 한국수자원학회논문집, 한국수자원학회, Vol. 39, pp.717-726
- 김두식, “미, 텔레매틱스 시장 동향”, KOTRA, 2007
- 김수전, 권영수, 이건행, 김형수 (2010), “신경망에 의한 레이더강우 보정 및 유출해석”, 대한토목학회논문집, 대한토목학회, Vol. 30, No.2-B, pp.159-167
- 김현일, 이재영, 한건연, 조재웅 (2020) “관측 강우와 심층신경망의 적용을 통한 도시 홍수 분석”, 한국방재학회논문집, 한국방재학회, Vol. 20, No. 1, pp.339-350
- 임명환, 김향미, “국내 텔레매틱스 서비스 및 사업동향 분석”, 전자통신동향분석, 2004
- 윤두영, 김봉준, “ 텔레매틱스 서비스 현황 및 전망”, 정보통신정책 17(4), 2005
- 이봉규, “텔레매틱스 기술 개요 및 국내외 현황”, 2005
- 이소연, “미래 텔레매틱스 기술 전망”, ETRI, 2006
- 이영미, 고철민, 신성철, 김병식 (2019), “수문학적 활용을 위한 머신러닝 기반의 강우 보정기술 개발”, 한국환경과학회지, 한국환경과학회, Vol. 28, No. 1, pp.125-135
- 이지성. 강효섭. 석재욱. 김윤태 (2019), “전국단위 산사태 발생 예측을 위한 위험수준별 강우한계선 개발”, 한국방재학회논문집, 한국방재학회, Vol. 19, No. 5. pp.225-236
- 전황수, “차량종합서비스 텔레매틱스”, ETRI CEO Information 제30호, 2005
- 전황수, “국내・외 내비게이션 시장 및 업체 동향”, ETRI, 2007
- 최창현, 김종성, 김동현, 이준형, 김덕환, 김형수 (2018), “머신러닝 기법을 이용한 수도권 지역의 호우피해 예측함수 개발”, 한국방재학회논문집, 한국방재학회, Vol. 18, No.7, pp.435-447
- Arduino Web Site, “http://www.arduino.cc ”, 2015
- Beagle Board Web Site, “http://www.beagleboard.org”, 2015
- Cubie Board Web Site, “http://cubieboard.org”, 2015
- Elmos Semiconductor AG. (2017)

- EVSTF. (2015) EVS GTR on protection against water. 8th EVS GTR IWG meeting, Electric Vehicle Safety Task Forces (EVSTF), Changchun (China). Available at: https://globalautoregs.com/documents/11234 (Accessed: 23/09/2016)
- Galatioto, F., Glenis, V., Roberts, R., Kilsby, C., (2014) Exploring and modelling the impacts of rainfall and flooding on transport network. The case study of Newcastle upon Tyne. In: 2nd International Conference on Urban Sustainability and Resilience (USAR 2014). London, UK, 5--7 September 2014.
- Greenflag.com, 2012. Expert advice: Driving through flood water. Available at: http://blog.greenflag.com/2015/expert-advice-driving-through-flood-water/ (Accessed: 22/09/2016)
- Haiming, T., Chandrasekar and Haonan, C. (2017), "A machine learning model for radar rainfall estimation based on gauge observations", 2017 United States National Committee of URSI National Radio Science Meeting (USNC-URSI NRSM).
- Institute of Information & Communications Technology Planning & Evaluation. (2018). "Artificial intelligence developed by AI First and AI Ecerywher" (Link)
- Intel Maker Web Site, "http://www.intel.com/content/www/us/en/do-ityourself/maker.html", 2015
- Korea Institute of Science and Technology Information. (2013). Global Trends Briefing Mailing Service
- Korea Meteorological Administration(2009). Weather technology policy
- Korea Meteorological Administration(2013). Weather Radar Center
- Korea Meteorological Administration(2018), Use of vehicle sensors to expand road hazard weather information production Road weather convergence service report
- KOTRA & KOTRA Overseas Market News. (2018). "Machine Learning Services Market Outlook" (Link)
- MindBranch Asia Pacific Co. Ltd, "권역별 텔레매틱스 시장 분석", 2005
- MindBranch Asia Pacific Co. Ltd, "세계 텔레매틱스 시장 현황 및 전망", 2005
- MindBranch Asia Pacific Co. Ltd. (2005). "Telematics Market Analysis by Region"
- MindBranch Asia Pacific Co. Ltd. (2005). "World Telematics Market Status and Outlook"
- Ministry of Information and Communication, ETRI, (2006). "Analysis of telematics market and service application model"
- Ministry of the Interior and Safety. (2012). Big data master plan for smart country implementation

- Morris, B., Boddington, K., Notley, S., Rees, T., (2011) External factors affecting motorway capacity. TRL Report.
- Netduino Web Site, “http://www.netduino.com/”, 2015
- Orange Pi Web Site, “http://www.orangepi.org”, 2015
- Radxa Rock Web Site, “http://www.radxa.com”, 2015
- Raspberry Pi Web Site, “https://www.raspberrypi.org”, 2015
- SOFTBANK Research & Consulting, “텔레매틱스 산업 현황 및 발전 전망”, 2004
- SOFTBANK Research & Consulting. (2004). “Telematics Industry Status and Prospects”
- UDOO Web Site, “http://www.udoo.org/”, 2015
- Wikimedia Commons, “http://commons.wikimedia.org/wiki/Main_Page”, 2015
- Youtube, 2012. Video: UK flood observation, Perth https://www.youtube.com/watch?v=tCqEARMI-_k. Accessed: 22/09/2016.
- A. Overeem, H. Leijnse, R. Uijlenhoet (2011). “Measuring urban rainfall using microwave links from commercial cellular communication networks“, Water Resources Research, Vol.47
- Chandrasekar, V., Wang, Y., and Chen, H. (2012). “The CASA quantitative precipitation estimation system: a five year validation study”, Hazards Earth Syst. VOL. 12, pp. 2811-2820.
- Chandrasekar, V., Y. Wang, and H. Chen., The CASA quantitative precipitation estimation system: a five year validation study. Natural Hazards and Earth System Sciences., 12 (2012), 2811-2820.
- Choi, K.H., Kim, Y.S., Hyun, M.S. (2006). “Observation of rainfall using radar”, Journal of Korea Water Resource Association, Vol.39(6), pp20-25
- Choi, K.N. (2011). “Rain Sensor using Scattered Light Outside Waveguide”, The Institute of Electronics Engineers of Korea, Vol.48 No.2, pp. 22~27
- E. Rabiei, U. Haberlandt, M. Sester, and D. Fitzner. (2013). “Rainfall estimation using moving cars as rain gauges laboratory experiments”, Hydrology and Earth System Sciences. VOL.17, 4701-4712
- Eunbi Jeong, Cheol Oh, Sungmin Hong. (2013) Prediction of Speed by Rain Intensity using Road Weather Information System and Vehicle Detection System data. Intelligent Transport Systems. Vol. 12. No.4. pp.44-55

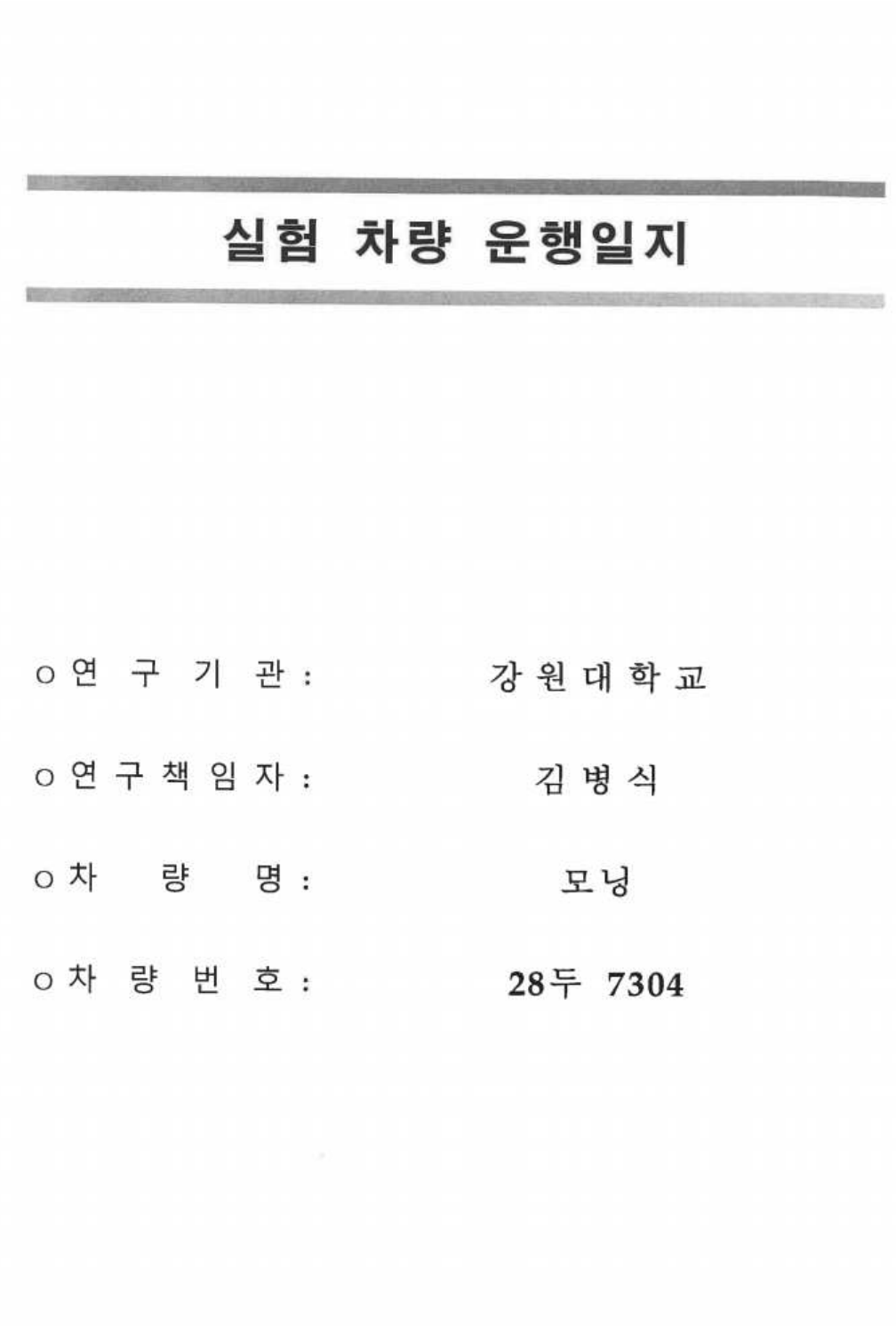
- Fox, J. T., and Magoulick, D. D. (2019) “Predicting hydrologic disturbance of streams using species occurrence data”, Science of the Total Environment, pp. 254-263.
- Gallaway, B.M., Ivey, D.L., Hayes, G.G., Ledbetter, W.G., Olson, R.M., Woods, D.L., Schiller., R.E., (1979) Pavement and Geometric Design Criteria for Minimizing Hydroplaning. Report No. FHWA-RD-79-31. Springfield: Federal Highway Administration, pp. 302.
- Haiyun Lu. (2014) Short-term Traffic Prediction Using Rainfall, International Journal of Signal Processing Systems Vol.2, No.1, June 2014
- Hall, T., Brooks, H.E., and Doswell, III C.A (1999), “Precipitation Forecasting Using a Neural Network”, Wea Forecasting, Vol. 14, pp.338-345.
- Hong, Y.S. (2006). “A Study on Effective Police Traffic Information Service”
- Huff. F. A., (1967), Time Distribution of Rainfall in Heavy Storms. Water Resour. Res., 3, 1007-1019.
- Innopolis Foundation. (2018). Innopolise Technology Global Market Trend Report 2018 (Link)
- Jang, M.K. (2013). “Road Weather Service for Car Navigation using GPS”
- Jeon, H.S. (2005). “Integrated Vehicle Telematics”, ETRI CEO Information
- Jeon, H.S. (2007). “Domestic and foreign navigation market and company trend”, ETRI
- Jo, S.A. (2012). “Investigation of association between influenza occurrence and climate factors using time series analysis”. Master thesis, Korea University
- Kang, Y.S., Moon, Y.J., Park, Y.K., Lee, J.I. (2003), “A Study on Systematization of Advanced Integrated Traffic Information Service for Telematics”, The Korea Transport Institute
- Kim B.S., Y.G. Kim, and S.H. Lee., Development of rainfall information manufacturing technology by using signal of a vehicle rainfall sensor. Advanced Science and Technology Letters, 141 (2016), 133-138
- Kim, B.S., H.S. Kim, and D.M. Yang., Comparison of spatial distributions of rainfall derived from rain gages and a radar. Journal of Korean Wetlands Society, 12 (2010), 63-73.
- Kim, B.S., Lee, S.H., Kim, Y.G. (2017). “Development of Relationship Using Vehicle Sensor’s Signal and Observed Rainfall”, Journal of Korea Water Resource Association, Vol50(1), pp.29-35
- Kim, D.S. (2007). “US, telematics market trend”, KOTRA

- Kim, D.W. (2002). “A Study on the Development of All - Season Rain Gauge”, Master thesis, Daegu Catholic University
- Kim, H.S., Lee, B.C., OH, Y.S., Lee, J.H., Kong, N.K., Kim, J. (2014). “Development of the Integrated Rain Sensor using image sensor and BLU”, Transactions of the Korean Society of Automotive Engineers, Vol.2014 No.11
- Kim, K.H., Son, C., Kim, K.B., Cheon, M.J. (2015). “Air Pollution Level and Rainfall Differences in Rainfall of ASOS, AWS and RSA -”,Korean Society of Hazard Mitigation, Vol.14
- Kim, Y.G. (2018). “Development of Rainfall Intensity Calculation Equation Using Rain Sensor for Vehicle”, Master thesis, Kangwon National Unviersity
- Kim. B.S, Kim. Y.G., and Lee, S.H. (2016). “Development of Rainfall Information Manufacturing Technoly by Using Signal of a Vehicle Rainfall Sensor”, Advanced Science and Technology Letters. VOL 141, pp. 133-138.
- Kim. B.S, Kim. Y.G., and Lee, S.H. (2017). “Development of Rainfall Information Production Technology Using the Optical Signal of Windshield Rain Sensors”, An International Interdisciplinary Journal. VOL 20(6), pp. 4521-4533.
- Kuligowski, R. J., and Barros, A. P. (1998), “Localized precipitation forecasts from a numerical weather prediction model using artificial neural networks”, Weather and Forecasting, Vol. 13, no. 4, pp.1194-1204
- Lee, B.K., Song, J.Y. (2005). “Telematics Technology Overview and Domestic and Foreign Status“, Korean Information Processing Society review, Vol.11(4)
- Lee, S.H., Y.G. Kim, and B.S. Kim., Development of relationship equation for vehicle sensor signal and observed rainfall. Journal of Korea Water Resources Association, 49 (2017).
- Lee, S.Y. (2006). “Future Telematics Technology Outlook”, ETRI
- Leijnse H., R. Uijlenhoet, and J.N.M. Stricke., Rainfall measurement using radio links from cellular communication networks. Water Resources Researc. 43 (2007), 1029–1056.
- Leong Wai Leong, Kelvin Lee, Kumar Swapnil, Xiao Li, Ho Yao Tong Victor, Nikola Mitrovic, Muhammad Tayyab Asif, Justin Dauwels, and Patrick Jaillet (2016) Improving traffic prediction by including rainfall data
- Lim, M.H., Kim, H.M. (2004) “A Study on the Trends of Telematics Service and Business in Korea”, ETRI Electronics and Telecommunications Trends

- Lim, S.C. (2010). “Development of WiBro-based wireless telematics terminal”
- Maria Pregnolato, Alistair Ford, Sean M. Wilkinson, Sean Wilkinson, Richard Dawson(2017) The Impact of flooding on road transport: A Depth-Disruption Function. ELSEVIER. Vol.55. pp. 67-81
- Noh, S.J., Lim, S.H., Choi, S.W., Hwang, S.H., Lee, D.R. (2014). “Comparison of Quantitative Precipitation Estimation Algorithms using Dual Polarization Radar Measurements in Korea”, Journal of Disaster Management, Vol14(6), pp.105-116
- Nordiana Mashros, Johnnie Ben-Edigbe, Hashim Mohammed Alhassan, Sitti Asmah Hassan. (2014) Investigating the Impact of Rainfall on Travel Speed. Journal Teknologi. Vol. 71. No.3. pp. 33-38
- Ong, G.P., Fwa, T.F., (2008) Hydroplaning Risk Management for Grooved Pavements. In: 7th International Conference on Managing Pavement Assets, 23--28 June 2008.
- Rabiei, E., U. Haberlandt, M. Sester, and D. Fitzner., Rainfall estimation using moving cars as rain gauges laboratory experiments. Hydrology and Earth System Sciences, 17 (2013), 4701-4712.
- Seo, G.D., T.R. Sung, K.W. Lee, and Y.C. Ji., development of a precipitation gauge using ultrasonic measuring technique. Journal of the Korea Institute of Information and Communication Engineering 17 (2013), 2745-2752.
- Seo, K.D., Hong, S.T., Ryu, C., Lee, K.W., Ji, Y.C. (2013). “Development of a Precipitation Gauge Using Ultrasonic Measuring Technique”, Journal of the Korea Institute of Information and Communication Engineering, Vol17(11), pp.2745-2752
- Shin, K.W., Hong, S.T., Lee, D.K. (2005). “Conductivity type rain gauge standard calibration facility and analysis of maximum measurement capability”, Proceedings of the Autumn Meeting of KMS, pp.426-427
- Tae woon Kim, Ju sam Oh(2015) Analysis of Provincial road in National Highway Average Speed Variation According to Rainfall Intensity. The journal of the Korea Contents Association. Vol. 15. No. 4. pp. 510-518
- U. Haberlandt and M. Sester. (2010). “Areal rainfall estimation using moving cars as rain gauges a modelling study”, Hydrology and Earth System Sciences. VOL.14, pp. 1139-2010.

- Valverde Ramirez, M.C., de Campos Velho, H.F. (2005). “Artificial neural network technique for rainfall forecasting applied to the Sao Paulo region. J. Hydrol., Vol. 301, pp. 146-162.
- William H. K. Lam, M.ASCE, Mei Lam Tam, Xinqing Cao, Xiangmin Li. (2013) Modeling the Effects of Rainfall Intensity on Traffic Speed, Flow, and Density Relationships for Urban Roads. Journal of Transportation Engineering. Vol. 139. No. 7. pp. 758-770
- Woo, D.M. (2001). “ A Study on the Characteristics by the rainfall intensity of the tipping-bucket rain gauge” , Master thesis, Seoul National University of Science and Technology
- Yang, C.H. (2011). “A study on the plan for the construction of advanced road snow removal system (1st)” , Korea Institute Of Construction Technology
- Yang, M.Y., Yun, S.H. (2018). “The method of rainfall prediction for road weather service ” , Journal of the Korean Data & Information Science Society, Vol.29 No.2
- Yen, M. H., Liu, D. W., Hsin, Y. C., Lin, C. E., and Chen, C. C. (2019), “Application of the deep learning for the prediction of rainfall in Southern Taiwan“, Scientific Reports 9.
- Yuhan Jia, Jianping Wu, Moshe Ben-Akiva, Ravi Seshadri, Yiman Du(2017) Rainfall-integrated traffic speed prediction using deep learning method
- Yun, D.Y., Kim, B.J. (2005). “Telematics Service Status and Outlook” , Information communication policy, Vol.17(4)
- Yun, M.K. (2010). “Study on Cross-correlation and Forecasting with Multivariate Time Series” , Master thesis, University of Seoul

부록 1 차량운행일지


실험 차량 운행일지

○연 구 기 관 : 강원대학교

○연구책임자 : 김병식

○차 량 명 : 모닝

○차 량 번 호 : 28두 7304

부록 그림 1.1 차량운행일지-모닝

차량운행일지	연구담당자	연구책임자
	이병현	김병식
	사용차량	모닝

순번	일시	운행시간	운행장소	운행거리	운행목적	계기판 적산거리	사용자	서명
1	2019.01.03	09:00~11:00	삼척↔동해	47	GPS test	302109	황성진	황성진
2	2019.01.14	09:00~11:00	삼척↔동해	49	평시측정	302158	황성진	황성진
3	2019.02.20	09:00~16:00	삼척(교내)		실내실험		황성진	황성진
4	2019.02.28	10:00~15:00	삼척(교내)		실내실험		황성진	황성진
5	2019.03.04	09:00~12:00	삼척↔강릉	126	평시측정	302284	황성진	황성진
6	2019.03.07	03:30~09:00	삼척(교내)		강수량 측정		황성진	황성진
7	2019.03.13	09:00~12:00	삼척(교내)		실내실험		황성진	황성진
8	2019.03.28	14:00~18:00	삼척(교내)		실내실험		황성진	황성진
9	2019.03.29	15:00~18:00	삼척(교내)		실내실험		황성진	황성진
10	2019.04.03	09:00~11:00	삼척↔동해	46	GPS test	302330	황성진	황성진
11	2019.04.10	05:00~12:00	삼척(교내)		강수량측정		황성진	황성진
12	2019.04.18	09:00~15:00	삼척(교내)		실내실험		황성진	황성진
13	2019.04.25	04:00~09:00	삼척(교내)		강수량측정		황성진	황성진
14	2019.04.25	21:00~10:00	삼척(교내)		강수량 측정		황성진	황성진
15	2019.05.01	09:00~12:00	삼척↔강릉	132	평시측정	302462	황성진	황성진
16	2019.05.03	10:00~15:00	삼척(교내)		실내실험		황성진	황성진
17	2019.05.07	10:00~16:00	삼척(교내)		실내실험		황성진	황성진
18	2019.05.09	07:00~12:00	삼척↔동해	63	GPS test	302525	황성진	황성진
19	2019.05.13	09:00~18:00	삼척(교내)		실내실험		황성진	황성진
20	2019.05.14	09:00~16:00	삼척(교내)		실내실험		황성진	황성진
21	2019.05.14	17:00~18:00	삼척↔동해	54	평시측정	302579	황성진	황성진
22	2019.05.16	10:00~16:00	삼척(교내)		실내실험		황성진	황성진
23								
24								
25								
26								
27								
28								
29								
30								
31								

부록 그림 1.2 차량운행일지-모닝(계속)

차량운행일지	연구담당자	연구책임자
	이병현	김병식
	사용차량	모닝

순번	일시	운행시간	운행장소	운행거리	운행목적	계기판 적산거리	사용자	서명
1	2019.05.24	09:00~15:00	삼척(오내)		실내실험	302,579	이병현	이병현
2	2019.06.03	09:00~16:00	삼척(오내)		실내실험	302,579	이병현	이병현
3	2019.06.05	09:00~13:00	삼척↔동해	53	GPS 레브	302,632	이병현	이병현
4	2019.06.09	09:00~14:00	삼척↔오계	63	초정측정	302,695	이병현	이병현
5	2019.06.17	13:00~16:00	삼척(오내)		실내실험	302,695	이병현	이병현
6	2019.06.27	09:00~18:00	삼척(오내)		강우측정	302,695	이병현	이병현
7	2019.07.06	09:00~18:00	삼척↔동해	54	강우측정	302,749	이병현	이병현
8	2019.07.09	13:00~16:00	삼척의료원	4	GPS 레브	302,753	이병현	이병현
9	2019.07.12	09:00~18:00	삼척↔동해	55	강우측정	302,808	이병현	이병현
10	2019.07.23	13:00~18:00	삼척↔오계	65	강우측정	302,873	이병현	이병현
11	2019.08.07	09:00~18:00	삼척(오내)		강우측정	302,873	이병현	이병현
12	2019.08.13	09:00~15:00	삼척(오내)		실내실험	302,873	이병현	이병현
13	2019.08.15	09:00~18:00	삼척↔동해	54	강우측정	302,927	이병현	이병현
14	2019.08.23	10:00~15:00	삼척(오내)		실내실험	302,927	이병현	이병현
15	2019.09.04	09:00~18:00	삼척(오내)		강우측정	302,927	이병현	이병현
16	2019.09.11	09:00~15:00	삼척의료원	5	강우측정	302,932	이병현	이병현
17	2019.09.12	09:00~14:00	삼척(오내)		실내실험	302,932	이병현	이병현
18	2019.09.21	10:00~19:00	삼척↔오계	63	강우측정	302,995	이병현	이병현
19	2019.09.22	14:00~22:00	삼척↔오계	64	강우측정	303,059	이병현	이병현
20	2019.09.26	09:00~15:00	삼척(오내)		실내실험	303,059	이병현	이병현
21	2019.10.03	09:00~15:00	삼척↔도계	70	강우측정	303,129	추경수	추경수
22	2019.10.14	09:00~16:00	삼척↔도계	66	강우측정	303,189	추경수	추경수
23	2019.10.15	14:00~18:00	삼척(오내)		실내실험	303,189	추경수	추경수
24	2019.10.24	15:00~17:00	삼척의료원	7	강우측정	303,196	추경수	추경수
25	2019.11.11	10:00~12:00	생태(오내)		실내실험	303,196	추경수	추경수
26	2019.11.19	16:00~18:00	삼척(오내)		실내실험	303,196	추경수	추경수
27	2019.11.24	13:00~15:00	삼척(오내)		실내실험	303,196	추경수	추경수
28	2019.11.30	10:00~13:00	삼척(오내)		실내실험	303,196	추경수	추경수
29	2019.12.02	09:00~18:00	삼척(오내)		실내실험	303,196	추경수	추경수
30	2019.12.11	09:00~12:00	삼척의료원	6	정서추출	303,202	추경수	추경수
31	2019.12.17	09:00~15:00	삼척의료원	6	강우측정	303,208	추경수	추경수

부록 그림 1.3 차량운행일지-모닝(계속)

차량운행일지	연구담당자	연구책임자
	이병현	김병식
	사용차량	모닝

순번	일시	운행시간	운행장소	운행거리	운행목적	계기판 적산거리	사용자	서명
1	2019.12.26	09:00 ~ 13:00	삼척 (실내)		실내실험	303,208	추정수	추정수
2	2020.01.03	09:00 ~ 12:00	삼척 (실내)		실내실험	303, 209	추정수	추정수
3	2020.01.08	09:00 ~ 15:00	삼척의료원	6	강우측정	303, 213	추정수	추정수
4	2020.01.15	13:00 ~ 18:00	삼척 (실내)		실내실험	303, 213	추정수	추정수
5	2020.01.23	09:00 ~ 12:00	삼척 (실내)		실내실험	303, 218	추정수	추정수
6	2020.01.28	09:00 ~ 16:00	삼척+울진	6	강우측정	303, 219	추정수	추정수
7	2020.02.03	13:00 ~ 16:00	삼척의료원		실내실험	303, 219	추정수	추정수
8	2020.02.14	10:00 ~ 15:00	삼척의료원	6	강우측정	303, 225	추정수	추정수
9	2020.02.26	10:00 ~ 16:00	삼척+울진	7	강우측정	303, 232	추정수	추정수
10	2020.03.05	13:00 ~ 16:00	삼척 (실내)		실내실험	303, 232	추정수	추정수
11	2020.03.10	09:00 ~ 16:00	삼척의료원	5	강우측정	303, 237	추정수	추정수
12	2020.03.24	15:00 ~ 18:00	삼척 (실내)		실내실험	303, 237	추정수	추정수
13	2020.03.29	16:00 ~ 18:00	삼척 (실내)		실내실험	303, 237	추정수	추정수
14	2020.04.10	10:00 ~ 17:00	삼척 (실내)		실내실험	303, 237	추정수	추정수
15	2020.04.19	09:00 ~ 18:00	삼척의료원	6	강우측정	303, 243	추정수	추정수
16	2020.04.29	10:00 ~ 15:00	삼척 (실내)		실내실험	303, 243	추정수	추정수
17	2020.05.07	09:00 ~ 12:00	삼척 (실내)		실내실험	303, 243	추정수	추정수
18	2020.05.21	09:00 ~ 12:00	삼척 (실내)		실내실험	303, 243	추정수	추정수
19	2020.05.29	13:00 ~ 16:00	삼척 (실내)		실내실험	303, 243	추정수	추정수
20								
21								
22								
23								
24								
25								
26								
27								
28								
29								
30								
31								

부록 그림 1.4 차량운행일지-모닝(계속)

차량운행일지	연구담당자	연구책임자
	이병현	김병식
	사용차량	모닝

순번	일시	운행시간	운행장소	운행거리	운행목적	계기판 적산거리	사용자	서명
1	2020.06.03	15:00~19:00	삼척 (실내)		실내실험	30개, 243	추경식	
2	2020.06.05	09:00~18:00	삼척해변	4	현지측정	30개, 247	추경식	
3	2020.06.09	09:00~18:00	삼척~속초	143	이동중에도	30개, 390	추경식	
4	2020.06.11	09:00~18:00	삼척인동원	6	강우측정	30개, 396	추경식	
5	2020.06.12	09:00~18:00	삼척 (실내)		실내실험	30개, 396	추경식	
6	2020.06.15	14:00~19:00	삼척 (실내)		실내실험	30개, 396	추경식	
7	2020.06.16	09:00~18:00	삼척 (실내)		실내실험	30개, 396	추경식	
8	2020.06.19	10:00~14:00	삼척 (실내)		실내실험	30개, 396	추경식	
9	2020.06.23	09:00~12:00	삼척 (실내)		실내실험	30개, 396	추경식	
10	2020.06.24	14:00~18:00	삼척 - 도계	63	실내실험	30개, 459	추경식	
11	2020.06.25	14:00~18:00	삼척 (실내)		실내실험	30개, 459	추경식	
12	2020.06.29	09:00~18:00	삼척인동원	6	강우측정	30개, 465	추경식	
13	2020.06.30	13:00~17:00	삼척 (실내)		실내실험	30개, 465	추경식	
14	2020.06.30	17:00~21:00	삼척인동원	6	강우측정	30개, 471	추경식	
15								
16								
17								
18								
19								
20								
21								
22								
23								
24								
25								
26								
27								
28								
29								
30								
31								
32								
33								
34								
35								
36								
37								
38								
39								
40								
41								
42								
43								
44								

부록 그림 1.5 차량운행일지-모닝(계속)

실험 차량 운행일지

ㅇ연 구 기 관 : 강원대학교

ㅇ연구책임자 : 김병식

ㅇ차 량 명 : 카니발

ㅇ차 량 번 호 : 75호 9928

부록 그림 1.6 차량운행일지-카니발

차량운행일지	연구담당자	연구책임자
	이석호	김병식
	사용차량	카니발 75호 9928

순번	일시	운행시간	운행장소	운행거리	운행목적	계기판 적산거리	사용자	서명
1	2018.12.11	09:00~14:00	삼척↔강릉	213	강우량 측정(2회)	8975	임가귤	
2	2018.12.13	09:00~18:00	삼척↔서울	611	강우량측정	9652	임가귤	
3	2018.12.17	09:00~18:00	삼척↔서울	668	강우량 측정	10320	임가귤	
4	2018.12.28	09:00~20:00	삼척↔원산	693	레이센서 점검점	11013	임가귤	
5	2019.1.16	09:00~20:00	삼척↔서울	675	레인센서 점검	11680	임가귤	
6	2019.2.15	09:00~16:00	삼척↔원산	652	레인센서 점검	12340	임가귤	
7	2019.2.23	09:00~21:00	삼척↔서울	671	레인센서 점검	13011	임가귤	
8	2019.3.6	09:00~16:00	삼척↔강릉	256	강우량 측정	13267	임가귤	
9	2019.3.10	09:00~16:00	삼척↔강릉	274	강우량 측정	13541	임가귤	
10	2019.3.11	09:00~20:00	삼척↔서울	699	강우량 측정	14240	임가귤	
11	2019.3.16	09:00~15:00	삼척↔강릉	211	강우량 측정	14451	임가귤	
12	2019.3.20	09:00~15:00	삼척↔원산	672	강우량측정	15123	임가귤	
13	2019.3.24	09:00~14:00	삼척↔강릉	280	레인센서점검	15403	임가귤	
14	2019.3.27	09:00~18:00	삼척↔강릉	282	강우량 측정	15685	임가귤	
15	2019.3.29	09:00~21:00	삼척↔원산	640	강우량 측정	16325	임가귤	
16	2019.3.31	09:00~16:00	삼척↔강릉	250	강우량 측정	16575	임가귤	
17	2019.4.5	09:00~15:00	삼척↔원산	689	강우량 측정	17264	임가귤	
18	2019.4.9	09:00~22:00	삼척↔서울	682	강우량 측정	17946	임가귤	
19	2019.4.15	11:00~16:00	삼척↔강릉	277	레인센서 점검	18223	임가귤	
20	2019.4.18	15:00~22:00	삼척↔원산	699	강우량 측정	18922	임가귤	
21	2019.4.20	09:00~20:00	삼척↔원산	652	강우량 측정	19574	임가귤	
22	2019.4.24	09:00~16:00	삼척↔강릉	277	강우량 측정	19851	임가귤	
23	2019.4.25	09:00~22:00	삼척↔서울	667	강우량 측정	20518	임가귤	
24	2019.4.27	09:00~15:00	삼척↔강릉	298	강우량 측정	20816	임가귤	
25	2019.5.6	09:00~16:00	삼척↔원산	698	강우량 측정	21514	임가귤	
26	2019.5.13	09:00~22:00	삼척↔원산	629	강우량 측정	22143	임가귤	
27								
28								
29								
30								
31								

부록 그림 1.7 차량운행일지-카니발(계속)

차량운행일지	연구담당자	연구책임자
	이석호	김병식
	사용차량	카니발 75호 9928

순번	일시	운행시간	운행장소	운행거리	운행목적	계기판 적산거리	사용자	서명
1	2019. 6. 12	09:00~16:00	삼척↔울산	696	레일센서 점검	22839	임가군	
2	2019. 6. 18	09:00~16:00	삼척↔서울	672	강수량 측정	23511	임가군	
3	2019. 6. 19	09:00~15:00	삼척↔강릉x2	262	강수량측정	23773	임가군	
4	2019. 7. 3	09:00~16:00	삼척↔울산	692	레일센서 점검	24465	임가군	
5	2019. 7. 5	09:00~15:00	삼척(교내)		실내실험		임가군	
6	2019. 7. 16	09:00~16:00	삼척↔서울	668	강수량 측정	25133	임가군	
7	2019. 7. 17	09:00~12:00	삼척(교내)		실내실험		임가군	
8	2019. 7. 28	09:00~16:00	삼척↔서울	674	강수량측정	25801	임가군	
9	2019. 7. 29	09:00~15:00	삼척(교내)		실내실험		임가군	
10	2019. 08. 5	09:00~16:00	삼척↔울산	690	레일센서점검	26491	임가군	
11	2019. 08. 11	09:00~16:00	삼척(교내)		실내실험		임가군	
12	2019. 08. 12	09:00~17:00	삼척↔서울	668	강수량 측정	27165	임가군	
13	2019. 08. 23	09:00~16:00	삼척(교내)		실내실험		임가군	
14	2019. 08. 29	09:00~16:00	삼척↔서울	671	강수량 측정	27834	임가군	
15	2019. 09. 03	10:00~18:00	삼척	38	현장 답사	27814	임가군	
16	2019. 09. 04	10:00 18:00	삼척	38	현장답사	27912	임가군	
17	2019. 09. 11	13:00~17:00	삼척	64	현장 답사	27976	임가군	
18	2019. 09. 12	13:00~18:00	삼척	52	현장답사	28028	임가군	
19	2019. 09. 24	09:00~16:00	삼척(교내)		실내실험		임가군	
20	2019. 09. 27	09:00~16:00	삼척↔울산	692	레일센서 점검	28720	임가군	
21	2019. 10. 02	09:00~19:00	삼척	96	현장답사	28816	임가군	
22	2019. 10. 03	00:00~3:00	삼척	44	현장답사	28860	임가군	
23	2019. 10. 05	13:00~16:00	삼척	41	현장답사	28901	임가군	
24	2019. 10. 08	13:00~16:00	삼척	47	현장답사	28948	임가군	
25	2019. 10. 11	09:00~19:00	삼척↔강릉	240	현장답사(2회)	29188	임가군	
26	2019. 10. 16	09:00~19:00	삼척↔울산	694	레일센서점검	29882	임가군	
27	2019. 10. 23	09:00~19:00	삼척	133	현장답사	30015	임가군	
28	2019. 10. 24	09:00~19:00	삼척	146	현장 답사	30161	임가군	
29	2019. 10. 31	09:00~16:00	삼척(교내)		실내실험	30161	임가군	
30	2019. 11. 04	09:00~18:00	삼척↔울산	692	레일센서점검	30853	임가군	
31	2019. 11. 07	09:00~15:00	삼척(교내)		실내실험	30853	임가군	

부록 그림 1.8 차량운행일지-카니발(계속)

차량운행일지	연구담당자	연구책임자
	이석호	김병식
	사용차량	카니발 75호 9928

순번	일시	운행시간	운행장소	운행거리	운행목적	계기판 적산거리	사용자	서명
1	2019.11.10	14:00~20:00	삼척	157	현장답사	31020	임가출	
2	2019.11.13	14:00~20:00	삼척	162	현장답사	31172	임가출	
3	2019.11.17	09:00~13:00	삼척↔강릉	141	강우량측정	31313	임가출	
4	2019.11.25	09:00~18:00	삼척(교내)		실내실험	31313	임가출	
5	2019.12.03	09:00~18:00	삼척↔원산	617	레이저계 점검	31991	임가출	
6	2019.12.06	09:00~18:00	삼척(교내)		실내실험	31991	임가출	
7	2019.12.11	09:00~18:00	삼척↔서울	642	강우량측정	32633	임가출	
8	2019.12.18	09:00~18:00	삼척↔강릉	144	강우량측정	32777	임가출	
9	2019.12.23	09:00~18:00	삼척(교내)		실내실험	32777	임가출	
10	2020.01.07	09:00~13:00	삼척↔서울	693	강우량측정	33630	임가출	
11	2020.01.08	09:00~18:00	삼척↔서울	648	강우량측정	34078	임가출	
12	2020.01.14	09:00~18:00	삼척(교내)		실내실험	34078	임가출	
13	2020.01.18	09:00~18:00	삼척↔원산	676	레이저계 설정	34754	임가출	
14	2020.01.20	09:00~18:00	삼척(교내)		실내실험	34754	임가출	
15	2020.01.21	09:00~17:00	삼척(교내)		실내실험	34754	임가출	
16	2020.01.28	13:00~18:00	삼척↔강릉	141	강우량측정	34901	임가출	
17	2020.01.30	13:00~18:00	삼척↔강릉	145	강우량측정	35046	임가출	
18	2020.02.04	09:00~18:00	삼척↔서울	649	강우량측정	35695	임가출	
19	2020.02.06	09:00~18:00	삼척(교내)		실내실험	35695	임가출	
20	2020.02.10	09:00~18:00	삼척(교내)		실내실험	35695	임가출	
21	2020.02.12	13:00~18:00	삼척↔강릉	148	강우량측정	35843	임가출	
22	2020.02.14	09:00~18:00	삼척↔원산	677	레이저계 점검	36520	임가출	
23	2020.02.18	09:00~18:00	삼척(교내)		실내실험	36520	임가출	
24	2020.02.20	09:00~18:00	삼척(교내)		실내실험	36520	임가출	
25	2020.02.24	09:00~18:00	삼척↔서울	648	강우량측정	37168	임가출	
26	2020.02.26	09:00~12:00	삼척↔강릉	147	강우량측정	37315	임가출	
27	2020.02.28	09:00~18:00	삼척(교내)		실내실험	37315	임가출	
28	2020.03.10	09:00~18:00	삼척↔강릉	139	강우량측정	37454	임가출	
29	2020.03.16	13:00~16:00	삼척(실내)		실내실험			
30	2020.03.19	10:00~15:00	삼척(실내)		실내실험			
31	2020.03.20	09:00~18:00	삼척↔원산		레이저계 철거작업	38123	임가출	

부록 그림 1.9 차량운행일지-카니발(계속)

차량운행일지	연구담당자	연구책임자
	이석호	김병식
	사용차량	카니발 75호 9928

순번	일시	운행시간	운행장소	운행거리	운행목적	계기판 적산거리	사용자	서명
1	2020.03.30	09:00~17:00	삼척(오내)		실내실험	38123	임규호	
2	2020.04.02	09:00~15:00	삼척(오내)		오내실험	38127	임규호	
3	2020.04.01	13:00 -15:00	삼척(오내)		실내실험	38269	정진우	정진우
4	2020.04.14	13:00 - 18:00	삼척오내		실내실험	38269	정진우	정진우
5	2020.04.19	10:00 - 18:00	삼척(강릉)	144	강수측정	38413	정진우	정진우
6	2020.04.22	13:00 - 18:00	삼척(오내)		실내실험	38413	정진우	정진우
7	2020.04.29	12:00 - 18:00	삼척(오내)		실내실험	38413	정진우	정진우
8	2020.05.04	13:00 - 17:00	삼척(오내)		실내실험	38413	정진우	정진우
9	2020.05.07	10:00 - 18:00	삼척 - 강릉	147	강수측정	38560	정진우	정진우
10	2020.05.11	09:00 - 12:00	삼척(오내)		실내실험	38560	정진우	정진우
11	2020.05.13	07:00 - 18:00	삼척 - 일산	614	레인센서성능검증	39234	정진우	정진우
12	2020.05.27	12:00 - 18:00	삼척(오내)		실내실험	39234	정진우	정진우
13								
14								
15								
16								
17								
18								
19								
20								
21								
22								
23								
24								
25								
26								
27								
28								
29								
30								
31								

부록 그림 1.10 차량운행일지-카니발(계속)

차량운행일지	연구담당자	연구책임자
	강동호	김병식
	사용차량	카니발 75호 9928

순번	일시	운행시간	운행장소	운행거리	운행목적	계기판 적산거리	사용자	서명
1	2020.06.01	13:00~18:00	삼척(실내)		실내실험	39234	정진우	
2	2020.06.04	09:00~15:00	삼척(교내)		실내실험	39234	정진우	
3	2020.06.05	09:00~18:00	삼척-서울	638	평시측정	39872	정진우	
4	2020.06.08	09:00~15:00	삼척(교내)		실내실험	39872	정진우	
5	2020.06.09	09:00~18:00	삼척-서울	637	GPS테스트	40509	정진우	
6	2020.06.11	10:00~18:00	삼척-동해	53	강우측정	40562	정진우	
7	2020.06.15	14:00~18:00	삼척(교내)		실내실험	40562	정진우	
8	2020.06.17	09:00~14:00	삼척(교내)		실내실험	40562	정진우	
9	2020.06.19	14:00~18:00	삼척(교내)		실내실험	40562	정진우	
10	2020.06.22	09:00~13:00	삼척(교내)		실내실험	40562	정진우	
11	2020.06.24	10:00~14:00	삼척(교내)		실내실험	40562	정진우	
12	2020.06.24	14:00~18:00	삼척-도계	65	평시측정	40627	정진우	
13	2020.06.26	13:00~17:00	삼척(교내)		실내실험	40627	정진우	
14	2020.06.29	09:00~18:00	삼척-울산	672	레이저센서정밀측	41299	정진우	
15	2020.06.30	09:00~15:00	삼척-강릉	145	강우측정	41444	정진우	
16	2020.06.30	17:00~21:00	삼척-강릉	146	강우측정	41590	정진우	
17								
18								
19								
20								
21								
22								
23								
24								
25								
26								
27								
28								
29								
30								
31								
32								
33								
34								
35								
36								
37								
38								
39								
40								
41								
42								
43								
44								

부록 그림 1.11 차량운행일지-카니발(계속)

실험 차량 운행일지

ㅇ연 구 기 관 : 강원대학교

ㅇ연구책임자 : 김병식

ㅇ차 량 명 : K7

ㅇ차 량 번 호 : 65호 5454

부록 그림 1.12 차량운행일지-K7

차량운행일지	연구담당자	연구책임자
	이병현	김병식
	사용차량	K7 65호 5454

순번	일시	운행시간	운행장소	운행거리	운행목적	계기판 적산거리	사용자	서명
1	2019.01.15	07:00~18:00	삼척↔일산	679	레벨센서정기점검	36891km	황성진	황성진
2	2019.03.06	09:00~18:00	삼척↔일산	681	레벨센서 정기점검	37572km	황성진	황성진
3	2019.03.29	09:00~18:00	삼척↔서울	573	강수량측정	38145km	황성진	황성진
4	2019.04.08	09:00~11:00	삼척↔동해	52	GPS test	38197km	황성진	황성진
5	2019.04.19	07:00~19:00	삼척↔서울	584	강수량측정	38781km	황성진	황성진
6	2019.05.06	09:00~19:00	삼척↔일산	677	레벨센서정기점검	39458km	황성진	황성진
7	2019.05.15	09:00~19:00	삼척↔일산	682	강수량측정	40140km	황성진	황성진
8	2019.05.20	07:00~18:00	삼척↔서울	603	강수량측정	40743km	황성진	황성진
9								
10								
11								
12								
13								
14								
15								
16								
17								
18								
19								
20								
21								
22								
23								
24								
25								
26								
27								
28								
29								
30								
31								

부록 그림 1.13 차량운행일지-K7(계속)

차량운행일지	연구담당자	연구책임자
	이병현	김병식
	사용차량	K7 65호 5454

순번	일시	운행시간	운행장소	운행거리	운행목적	계기판 적산거리	사용자	서명
1	2019.05.23	09:00~18:00	삼척↔서울	606	강우측정	41349	황성진	황성진
2	2019.05.26	14:00~17:00	삼척↔도계	66	GPS테스트	41415	황성진	황성진
3	2019.05.28	09:00~18:00	삼척↔월산	678	레인센서 정체점검	42093	황성진	황성진
4	2019.06.04	09:00~12:00	삼척↔강릉	271	평시측정	42364	황성진	황성진
5	2019.06.04	13:00~16:00	삼척↔도계	68	평시측정	42432	황성진	황성진
6	2019.06.09	13:00~17:00	삼척↔강릉	269	강우측정	42701	황성진	황성진
7	2019.06.10	12:00~18:00	삼척(교내)		실내실험	42701	황성진	황성진
8	2019.06.11	09:00~18:00	삼척↔월산	680	레인센서점검	43381	추정수	추정수
9	2019.06.18	09:00~20:00	삼척↔서울	672	강우측정	44053	추정수	추정수
10	2019.06.23	09:00~13:00	삼척↔강릉	272	센서점검	44325	추정수	추정수
11	2019.06.27	09:00~16:00	삼척↔월산	678	평시측정	45003	추정수	추정수
12	2019.06.29	09:00~16:00	삼척↔강릉	280	강우측정	45283	추정수	추정수
13	2019.07.10	09:00~20:00	삼척↔월산	679	강우측정	45962	추정수	추정수
14	2019.07.11	09:00~16:00	삼척↔강릉	292	강우측정	46254	추정수	추정수
15	2019.07.15	09:00~16:00	삼척↔강릉	302	강우측정	46556	추정수	추정수
16	2019.07.20	10:00~20:00	삼척↔강릉	251	강우측정	46807	추정수	추정수
17	2019.07.26	09:00~18:00	삼척↔서울	634	강우측정	47441	추정수	추정수
18								
19								
20								
21								
22								
23								
24								
25								
26								
27								
28								
29								
30								
31								

부록 그림 1.14 차량운행일지-K7(계속)

차량운행일지	연구담당자	연구책임자
	이병현	김병식
	사용차량	K7 65호 5454

순번	일시	운행시간	운행장소	운행거리	운행목적	계기판 적산거리	사용자	서명
1	2019. 07. 30	09:00 - 18:00	삼척↔서울	635	레인센서 전기점검	48016	오청현	오청현
2	2019.08.02.	09:00 - 15:00	삼척↔김응	218	GPS테스트	48344	오청현	오청현
3	2019. 08. 07.	09:00 - 18:00	삼척↔강릉	261	강우측정	48611	오청현	오청현
4	2019. 08. 13.	09:00 - 13:00	삼척↔도계	66	평시측정	48677	오청현	오청현
5	2019. 08. 15.	09:00 - 18:00	삼척↔동해	55	강우측정	48732	오청현	오청현
6	2019. 08. 22.	09:00 - 15:00	삼척↔강릉	265	평시측정	48997	오청현	오청현
7	2019. 09. 03.	09:00 - 15:00	삼척↔동해	56	강우측정	49053	오청현	오청현
8	2019. 09. 11.	09:00 - 18:00	삼척↔김응	271	강우측정	49324	오청현	오청현
9	2019. 09. 16.	10:00 - 18:00	삼척↔서울	637	레인센서 정기점검	49961	오청현	오청현
10	2019. 09. 21.	09:00 - 18:00	삼척↔도계	65	강우측정	50026	오청현	오청현
11	2019. 09. 26.	09:00 - 18:00	삼척↔강릉	269	GPS테스트	50295	오청현	오청현
12	2019. 10. 02.	09:00 - 18:00	삼척↔동해	54	강우측정	50349	오청현	오청현
13	2019 10.03.	09:00 - 18:00	삼척↔강릉	275	강우측정	50624	오청현	오청현
14	2019. 10. 14.	09:00 - 18:00	삼척↔강릉	271	강우측정	50895	오청현	오청현
15	2019. 10. 17.	09:00 - 13:00	삼척↔도계	62	평시측정	50957	오청현	오청현
16	2019. 10. 21.	09:00 - 15:00	삼척↔동해	58	평시측정	51015	오청현	오청현
17	2019. 10. 28.	09:00 - 18:00	삼척↔서울	653	레인센서 정기점검	51668	오청현	오청현
18	2019. 11. 04.	10:00 - 15:00	삼척↔동해	60	평시측정	51728	오청현	오청현
19	2019. 11. 07.	10:00 - 19:00	삼척↔도계	70	GPS테스트	51798	오청현	오청현
20	2019. 11. 18.	09:00 - 15:00	삼척↔강릉	212	강우측정	52010	오청현	오청현
21	2019. 11. 21.	10:00 - 18:00	삼척↔강릉	261	평시측정	52331	오청현	오청현
22	2019. 11. 25.	09:00 - 18:00	삼척↔동해	64	강우측정	52401	오청현	오청현
23	2019. 11. 28.	09:00 - 15:00	삼척↔강릉	271	평시측정	52672	오청현	오청현
24	2019. 12. 02.	14:00 - 18:00	삼척 (실내)		실내실험	52672	오청현	오청현
25	2019. 12. 11.	09:00 - 18:00	삼척↔강릉	142	강우측정	52814	오청현	오청현
26	2019. 12. 18.	09:00 - 18:00	삼척↔강릉	145	강우측정	52959	오청현	오청현
27	2019. 12. 24.	10:00 - 15:00	삼척 (실내)		실내실험	52959	오청현	오청현
28	2019. 12. 30.	09:00 - 12:00	삼척↔강릉	143	평시측정	53102	오청현	오청현
29	2020. 01. 08.	09:00 - 18:00	삼척↔강릉	147	강우측정	53249	오청현	오청현
30	2020. 01. 16.	09:00 - 18:00	삼척↔울산	670	레인센서 정기점검	53919	오청현	오청현
31	2020. 01. 20.	09:00 - 13:00	삼척↔강릉	142	평시측정	54061	오청현	오청현

부록 그림 1.15 차량운행일지-K7(계속)

차량운행일지	연구담당자	연구책임자
	이병현	김병식
	사용차량	K7 65호 5454

순번	일시	운행시간	운행장소	운행거리	운행목적	계기판 적산거리	사용자	서명
1	2020.01.28	13:00-18:00	삼척↔강릉	142	강우측정	54203	오청현	오청현
2	2020.02.07	09:00-14:00	삼척(실내)		실내실험	54203	오청현	오청현
3	2020.02.14.	09:00-14:00	삼척↔울산	611	레이저 계측법	54880	오청현	오청현
4	2020.02.25.	09:00-15:00	삼척↔강릉	144	강우측정	55024	오청현	오청현
5	2020.03.10.	09:00-18:00	삼척↔강릉	139	강우측정	55163	오청현	오청현
6	2020.03.16.	13:00-16:00	삼척(실내)		실내실험	55163	오청현	오청현
7	2020.03.17.	10:00-15:00	삼척(실내)		실내실험	55163	오청현	오청현
8	2020.03.20.	09:00-18:00	삼척↔울산	669	레이저 계측	55832	오청현	오청현
9	2020.03.30.	09:00-19:00	삼척(실내)		실내실험	55832	오청현	오청현
10	2020.04.02.	09:00-15:00	삼척(실내)		실내실험	55832	오청현	오청현
11	2020.04.06	10:00-15:00	삼척(실내)		실내실험	55832	오청현	오청현
12	2020.04.09	10:00-16:00	삼척(실내)		실내실험	55832	오청현	오청현
13	2020.04.15	13:00-18:00	삼척(실내)		실내실험	55832	오청현	오청현
14	2020.04.19	10:00-18:00	삼척↔강릉	142	강우측정	55974	오청현	오청현
15	2020.04.24	14:00-18:00	삼척(실내)		실내실험	55974	오청현	오청현
16	2020.05.01	12:00-18:00	삼척(실내)		실내실험	55974	오청현	오청현
17	2020.05.09	12:00-18:00	삼척↔강릉	144	강우측정	56118	오청현	오청현
18	2020.05.13	09:00-18:00	삼척↔울산	674	레이저 계측	56792	오청현	오청현
19	2020.05.19	09:00-15:00	삼척↔강릉	145	강우측정	56937	오청현	오청현
20	2020.05.26	09:00-15:00	삼척↔강릉	146	강우측정	57083	오청현	오청현
21								
22								
23								
24								
25								
26								
27								
28								
29								
30								
31								

부록 그림 1.16 차량운행일지-K7(계속)

차량운행일지	연구담당자	연구책임자
	이병현	김병식
	사용차량	K7

순번	일시	운행시간	운행장소	운행거리	운행목적	계기판 적산거리	사용자	서명
1	2020.06.03	15:00-19:00	삼척(실내)		실내실험	303,243	오청현	오청현
2	2020.06.05	09:00-18:00	삼척해변	4	표사측정	303,241	오청현	오청현
3	2020.06.09	09:00-18:00	삼척↔동해	43	GPS테스트	303,290	오청현	오청현
4	2020.06.11	09:00-18:00	삼척의료원	6	강우측정	303,296	오청현	오청현
5	2020.06.12	09:00-14:00	삼척(실내)		실내실험	303,296	오청현	오청현
6	2020.06.15	14:00-18:00	삼척(실내)		실내실험	303,296	오청현	오청현
7	2020.06.16	15:00-18:00	삼척(실내)		실내실험	303,296	오청현	오청현
8	2020.06.19	10:00-14:00	삼척(실내)		실내실험	303,296	오청현	오청현
9	2020.06.23	09:00-12:00	삼척(실내)		실내실험	303,296	오청현	오청현
10	2020.06.24	14:00-18:00	삼척↔동해	63	강우측정	303,359	오청현	오청현
11	2020.06.25	14:00-18:00	삼척↔동해(실내)		실내실험	303,859	오청현	오청현
12	2020.06.29	09:00-18:00	삼척의료원	6	강우측정	303,365	오청현	오청현
13	2020.06.30	13:00-19:00	삼척(실내)		실내실험	303,365	오청현	오청현
14	2020.06.30	19:00-21:00	삼척의료원	6	강우측정	303,371	오청현	오청현
15								
16								
17								
18								
19								
20								
21								
22								
23								
24								
25								
26								
27								
28								
29								
30								
31								
32								
33								
34								
35								
36								
37								
38								
39								
40								
41								
42								
43								
44								

부록 그림 1.17 차량운행일지-K7(계속)

실험 차량 운행일지

○ 연 구 기 관 : 강원대학교

○ 연구책임자 : 김병식

○ 차 량 명 : SM5

○ 차 량 번 호 : 01노 4656

부록 그림 1.18 차량운행일지-SM5

차량운행일지	연구담당자	연구책임자
	이병헌	김병식
	사용차량	SM5

순번	일시	운행시간	운행장소	운행거리	운행목적	계기판 적산거리	사용자	서명
1	2019.01.11	08:00~20:00	삼척(교내)		실내실험	173156	오청현	오청현
2	2019.01.23	09:00~20:00	삼척(교내)		실내실험	173156	오청현	오청현
3	2019.02.15	10:00~21:00	삼척(교내)		실내실험	173156	오청현	오청현
4	2019.02.21	12:00~16:00	삼척↔도계	66	강우측정	173222	오청현	오청현
5	2019.03.05	12:00~20:00	삼척(교내)		실내실험	173222	오청현	오청현
6	2019.03.20	10:00~18:00	삼척↔강릉	55	강우측정	173249	오청현	오청현
7	2019.03.21	11:00~20:00	삼척↔동해	131	강우측정	173408	오청현	오청현
8	2019.04.05	10:00~22:00	삼척(교내)		실내실험	173408	오청현	오청현
9	2019.04.06	08:00~24:00	삼척(교내)		강우측정	173408	오청현	오청현
10	2019.04.07	00:00~20:00	삼척(교내)		강우측정	173408	오청현	오청현
11	2019.04.24	08:00~20:00	삼척(교내)		실강우측정	173408	오청현	오청현
12	2019.04.25	08:00~22:00	삼척↔동해	53	강우측정	173461	오청현	오청현
13	2019.04.26	08:00~18:00	삼척(교내)		강우측정	173461	오청현	오청현
14	2019.04.29	10:00~18:00	삼척(교내)		강우측정	173461	오청현	오청현
15	2019.05.06	09:00~18:00	삼척↔울해	55	강우측정	173516	오청현	오청현
16	2019.05.15	10:00~20:00	삼척(교내)		실내실험	173516	오청현	오청현
17	2019.05.16	10:00~18:00	삼척(교내)		실내실험	173516	오청현	오청현
18								
19								
20								
21								
22								
23								
24								
25								
26								
27								
28								
29								
30								
31								

부록 그림 1.19 차량운행일지-SM5(계속)

차량운행일지	연구담당자	연구책임자
	이병현	김병식
	사용차량	SM5

순번	일시	운행시간	운행장소	운행거리	운행목적	계기판 적산거리	사용자	서명
1	2019.07.30	09:00~12:00	삼척(교내)		실내실험	174459	황성진	황성진
2	2019.08.02	10:00~12:00	삼척(교내)		실내실험	174459	황성진	황성진
3	2019.08.07	09:00~17:00	삼척↔강릉	263	강우측정	174722	황성진	황성진
4	2019.08.12	10:00~12:00	삼척(교내)		실내실험	174722	황성진	황성진
5	2019.08.15	09:00~19:00	삼척↔강릉	265	강우측정	174987	황성진	황성진
6	2019.08.20	09:00~15:00	삼척(교내)		실내실험	174987	황성진	황성진
7	2019.08.26	09:00~16:00	삼척(교내)		실내실험	174987	황성진	황성진
8	2019.09.04	09:00~17:00	삼척↔동해	55	강우측정	175042	황성진	황성진
9	2019.09.05	18:00~00:00	삼척(교내)		강우측정	175042	황성진	황성진
10	2019.09.11	09:00~18:00	삼척↔동해	54	강우측정	175096	황성진	황성진
11	2019.09.13	09:00~12:00	삼척(교내)		실내실험	175096	황성진	황성진
12	2019.09.18	13:00~17:00	삼척(교내)		실내실험	175096	황성진	황성진
13	2019.09.21	11:00~00:00	삼척(교내)		강우측정	175096	황성진	황성진
14	2019.09.22	00:00~23:00	삼척(교내)		강우측정	175096	황성진	황성진
15	2019.09.25	15:00~18:00	삼척↔동해	55	평시측정	175151	황성진	황성진
16	2019.09.27	09:00~18:00	삼척↔울산	692	레벨센서 적기점검	175843	황성진	황성진
17	2019.09.30	10:00~14:00	삼척(교내)		실내실험	175843	황성진	황성진
18	2019.10.02	12:00~00:00	삼척(교내)		강우측정	175843	황성진	황성진
19	2019.10.03	00:00~12:00	삼척(교내)		강우측정	175843	황성진	황성진
20	2019.10.08	10:00~15:00	삼척↔도계	64	GPS 테스트	175,907	황성진	황성진
21	2019.10.10	09:00~17:00	삼척(교내)		실내실험	175907	황성진	황성진
22	2019.10.14	10:00~15:00	삼척(교내)		실내실험	175907	황성진	황성진
23	2019.10.15	09:00~16:00	삼척(교내)		실외실험	175907	황성진	황성진
24	2019.10.24	10:00~15:00	삼척↔동해	57	강우측정	175964	황성진	황성진
25	2019.10.28	10:00~17:00	삼척(교내)		실내실험	175964	황성진	황성진
26	2019.11.04	13:00~17:00	삼척↔도계	66	평시측정	176030	황성진	황성진
27	2019.11.08	13:00~15:00	삼척(교내)		실내실험	176030	황성진	황성진
28	2019.11.12	10:00~15:00	삼척(교내)		실내실험	176070	황성진	황성진
29	2019.11.18	09:00~18:00	삼척↔울산	691	레벨센서 적기점검	176721	황성진	황성진
30	2019.11.21	10:00~15:00	삼척(교내)		실내실험	176721	황성진	황성진
31	2019.11.25	09:00~18:00	삼척(교내)		실외실험	176721	황성진	황성진

부록 그림 1.20 차량운행일지-SM5(계속)

차량운행일지	연구담당자	연구책임자
	이병현	김병식
	사용차량	SM5

순번	일시	운행시간	운행장소	운행거리	운행목적	계기판 적산거리	사용자	서명
1	2019.11.28	10:00~15:00	삼척(교내)		실내실험	176721	황성진	황성진
2	2019.12.03	09:00~13:00	삼척(교내)		실내실험	176721	황성진	황성진
3	2019.12.04	15:00~18:00	삼척(교내)		실내실험	176721	황성진	황성진
4	2019.12.09	09:00~13:00	삼척(교내)		실내실험	176721	황성진	황성진
5	2019.12.11	09:00~18:00	삼척(교내)		강우측정	176721	황성진	황성진
6	2019.12.17	09:00~18:00	삼척↔도계	63	강우측정	176784	황성진	황성진
7	2019.12.18	09:00~15:00	삼척↔동해	55	강우측정	176839	황성진	황성진
8	2019.12.20	09:00~13:00	삼척(교내)		실내실험	176839	황성진	황성진
9	2019.12.26	14:00~18:00	삼척(교내)		실내실험	176839	황성진	황성진
10	2020.01.08	09:00~18:00	삼척↔동해	54	강우측정	176893	황성진	황성진
11	2020.01.10	10:00~17:00	삼척(교내)		실내실험	176893	황성진	황성진
12	2020.01.15	09:00~12:00	삼척(교내)		실내실험	176893	황성진	황성진
13	2020.01.28	09:00~18:00	삼척↔도계	64	강우측정	176957	황성진	황성진
14	2020.02.04	09:00~18:00	삼척↔강릉	145	강우측정	177102	황성진	황성진
15	2020.02.07	15:00~18:00	삼척(교내)		실내실험	177102	황성진	황성진
16	2020.02.14	09:00~18:00	삼척↔동해	65	강우측정	177167	황성진	황성진
17	2020.02.17	09:00~13:00	삼척(교내)		실내실험	177167	황성진	황성진
18	2020.02.25	09:00~14:00	삼척↔동해	63	강우측정	177230	황성진	황성진
19	2020.03.05	09:00~12:00	삼척(교내)		실내실험	177230	황성진	황성진
20	2020.03.10	09:00~18:00	삼척(교내)		강우측정	177230	황성진	황성진
21	2020.03.16	09:00~12:00	삼척(교내)		실내실험	177230	황성진	황성진
22	2020.03.19	09:00~13:00	삼척(교내)		실내실험	177230	황성진	황성진
23	2020.03.24	09:00~14:00	삼척(교내)		실내실험	177230	황성진	황성진
24	2020.03.27	10:00~15:00	삼척(교내)		실내실험	177230	황성진	황성진
25	2020.04.01	09:00~16:00	삼척(교내)		실내실험	177230	황성진	황성진
26	2020.04.02	10:00~17:00	삼척(교내)		실내실험	177230	황성진	황성진
27	2020.04.17	09:00~15:00	삼척(교내)		실내실험	177230	황성진	황성진
28	2020.04.19	09:00~18:00	삼척-도계	63	강우측정	177293	황성진	황성진
29	2020.04.28	10:00~15:00	삼척(교내)		실내실험	177293	황성진	황성진
30	2020.05.08	09:00~16:00	삼척(교내)		실내실험	177293	황성진	황성진
31	2020.05.15	09:00~15:00	삼척(교내)		실내실험	177293	황성진	황성진

부록 그림 1.21 차량운행일지-SM5(계속)

차량운행일지	연구담당자	연구책임자
	이병헌	김병식
	사용차량	SM5

순번	일시	운행시간	운행장소	운행거리	운행목적	계기판 직산거리	사용자	서명
1	2020.05.22	13:00~16:00	삼척(고내)		실내실험	177293	황성진	황성진
2	2020.05.30	14:00~17:00	삼척(고내)		실내실험	177293	황성진	황성진
3								
4								
5								
6								
7								
8								
9								
10								
11								
12								
13								
14								
15								
16								
17								
18								
19								
20								
21								
22								
23								
24								
25								
26								
27								
28								
29								
30								
31								

부록 그림 1.22 차량운행일지-SM5(계속)

차량운행일지	연구담당자	연구책임자
	이병헌	김병식
	사용차량	SM5

순번	일시	운행시간	운행장소	운행거리	운행목적	계기판 적산거리	사용자	서명
1	2020.06.02	10:00~16:00	삼척(교내)		실내실험	177293	황성진	황성진
2	2020.06.05	09:00~16:00	삼척-강릉	147	평시측정	177440	황성진	황성진
3	2020.06.09	09:00~18:00	삼척-동해	43	GPS테스트	177483	황성진	황성진
4	2020.06.10	09:00~18:00	삼척(교내)		실내실험	177483	황성진	황성진
5	2020.06.11	09:00~18:00	삼척-도계	64	강우측정	177547	황성진	황성진
6	2020.06.12	09:00~18:00	삼척(교내)		실내실험	177547	황성진	황성진
7	2020.06.15	09:00~13:00	삼척(교내)		실내실험	177547	황성진	황성진
8	2020.06.17	14:00~18:00	삼척(교내)		실내실험	177547	황성진	황성진
9	2020.06.24	09:00~14:00	삼척-강릉	143	평시측정	177690	황성진	황성진
10	2020.06.24	14:00~18:00	삼척-도계	65	평시측정	177755	황성진	황성진
11	2020.06.25	09:00~14:00	삼척(교내)		실내실험	177755	황성진	황성진
12	2020.06.29	09:00~16:00	삼척-동해	42	강우측정	177797	황성진	황성진
13	2020.06.30	09:00~15:00	삼척-도계	65	강우측정	177862	황성진	황성진
14	2020.06.30	17:00~21:00	삼척-도계	66	강우측정	177928	황성진	황성진
15								
16								
17								
18								
19								
20								
21								
22								
23								
24								
25								
26								
27								
28								
29								
30								
31								
32								
33								
34								
35								
36								
37								
38								
39								
40								
41								
42								
43								
44								

부록 그림 1.23 차량운행일지-SM5(계속)

부록 2 차량을 이용한 실내실험



부록 그림 2.1 차량별 실내실험 모습 – K7



부록 그림 2.2 차량별 실내실험 모습 – K3



부록 그림 2.3 차량별 실내실험 모습 – 카니발

부록 3 실외강우관측 - K7



부록 그림 3.1 삼척 시청 앞



부록 그림 3.2 삼척고등학교 앞



부록 그림 3.3 삼척 상공회의소 앞



부록 그림 3.4 삼척 신한은행 앞



부록 그림 3.5 삼척 중앙시장 입구



부록 그림 3.6 삼척 시외버스 터미널 앞

부록 4 실외강우관측 - 카니발



부록 그림 4.1 삼척 시청 앞



부록 그림 4.2 삼척고등학교 앞



부록 그림 4.3 삼척 상공회의소 앞



부록 그림 4.4 삼척 신한은행 앞



부록 그림 4.5 삼척 중앙시장 입구



부록 그림 4.6 삼척 시외버스 터미널 앞

부록 5 실외강우관측 - K3



부록 그림 5.1 삼척 시청 앞



부록 그림 5.2 삼척고등학교 앞



부록 그림 5.3 삼척 상공회의소 앞



부록 그림 5.4 삼척 신한은행 앞



부록 그림 5.5 삼척 중앙시장 입구



부록 그림 5.6 삼척 시외버스 터미널 앞

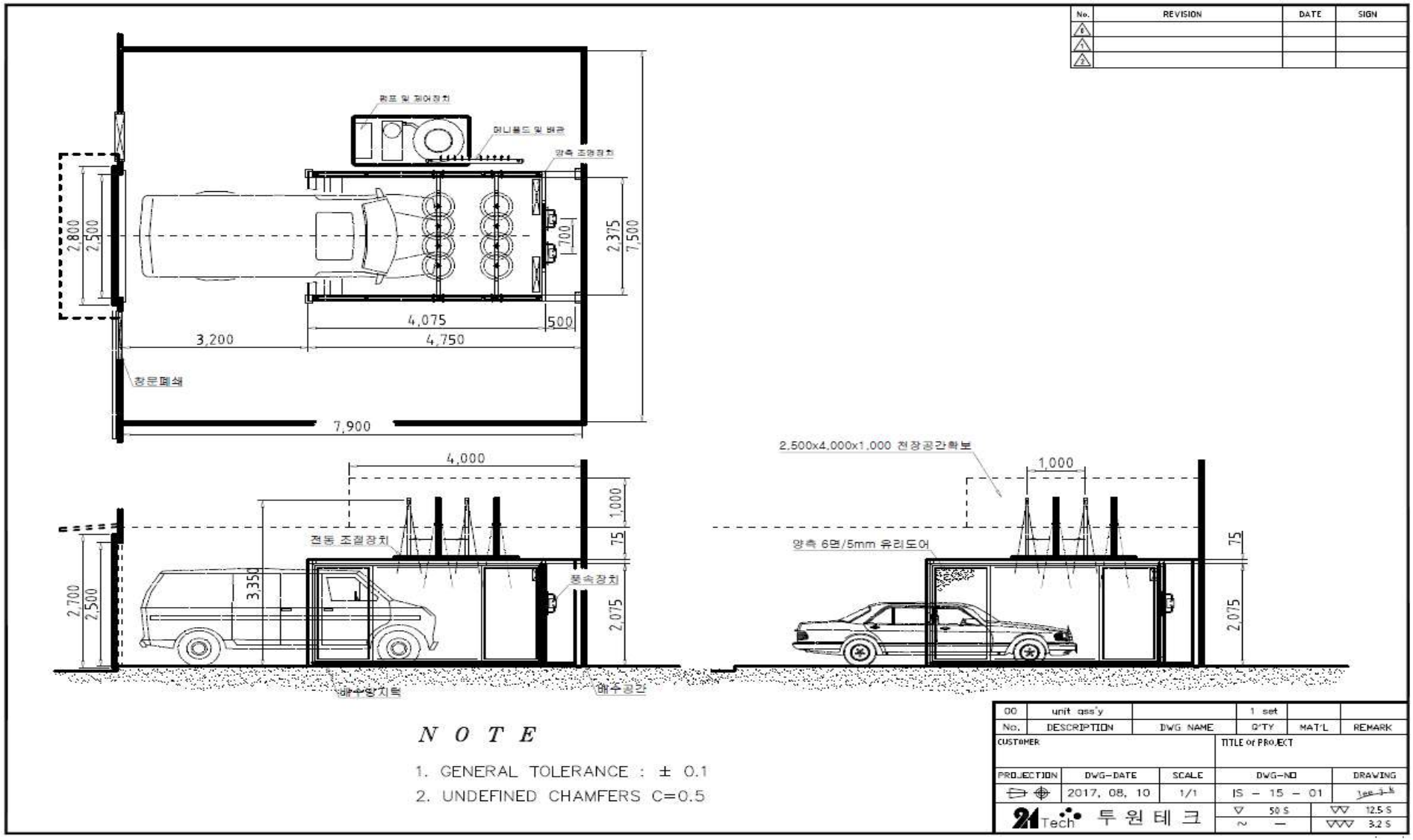


그림 2.2.2 기존 인공강우 실험실 설계도면

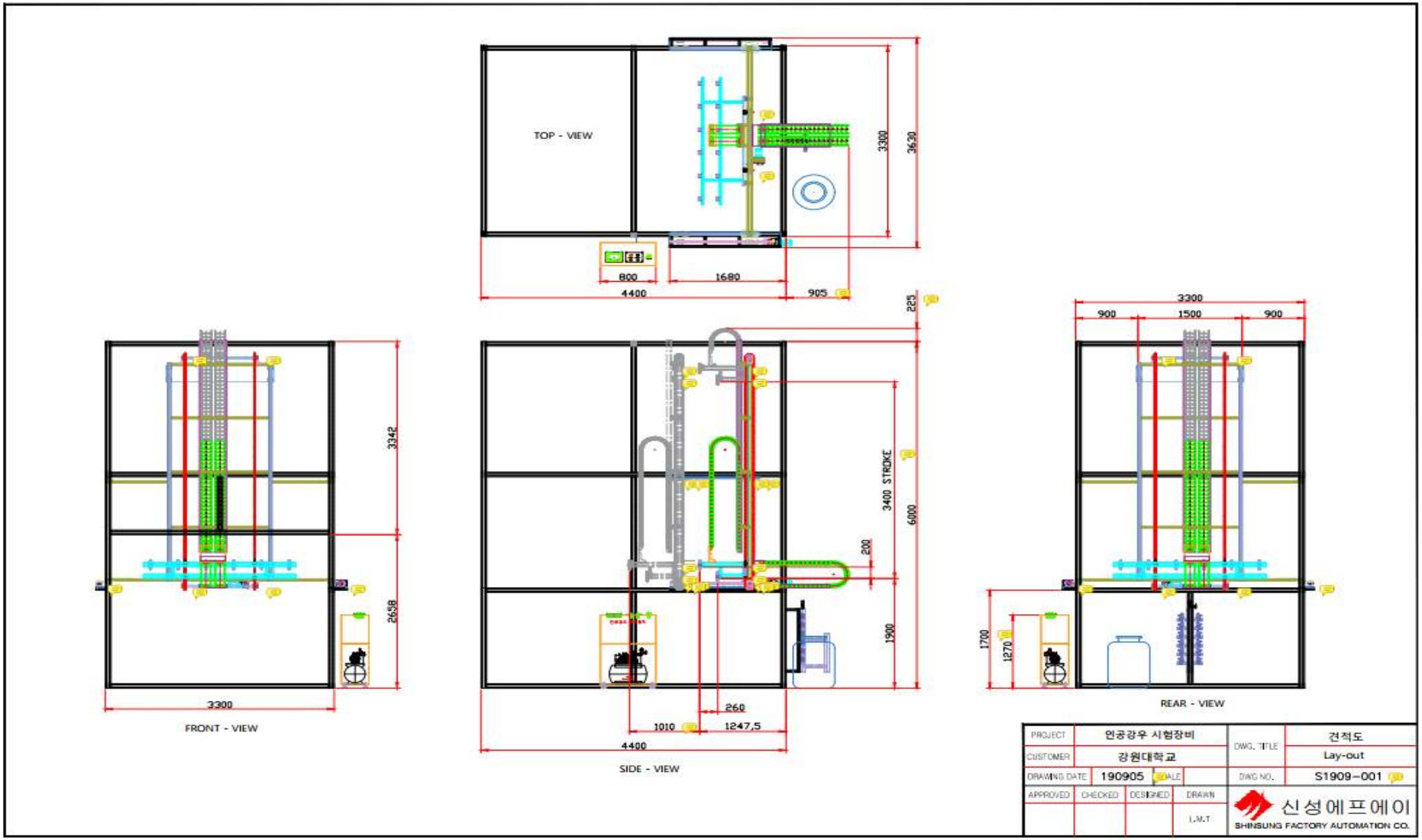


그림 2.2.3 신규 인공강우 실험실 설계도면