

## 2. 제출문

### 제 출 문

국토교통과학기술진흥원장 귀하

‘2015년 국토교통기술사업화 지원사업’(연구개발 기간 : 2015. 07. 29~ 2017. 07.28) 과제의 최종보고서 10부를 제출합니다.

2017. 10. 18.

주관연구기관명 : 다드림미래기술(주) (대표자) 권 혁 일 (인)  
협동연구기관명 : 한국과학기술연구원 (대표자) 이 병 권 (인)

주관연구기관책임자: 최 현 창  
협동연구기관책임자: 이 택 진

국토교통부소관 연구개발사업 운영규정 제38조에 따라 최종보고서 열람에  
동의합니다.

### 3. 보고서 요약서

#### 보고서 요약서

|                                  |                       |                                                                      |                             |               |                                                         |
|----------------------------------|-----------------------|----------------------------------------------------------------------|-----------------------------|---------------|---------------------------------------------------------|
| 과제 고유 번호                         | 15TBIP-C10141<br>1-01 | 해당 단계<br>연구 기간                                                       | 개발                          | 단계구분          | (해당단계) /<br>(총단계)                                       |
| 연구사업명                            | 중사업명                  |                                                                      |                             |               |                                                         |
|                                  | 세부사업명                 |                                                                      |                             |               |                                                         |
| 연구과제명                            | 대과제명                  | 안전센서 기반 구조물 상태 실시간(50m네트워크)위험 감지 시스템<br>및 위험 상태 회피(정확도 5m 위치 추적)기술개발 |                             |               |                                                         |
|                                  | 세부과제명                 |                                                                      |                             |               |                                                         |
| 연구책임자                            | 최현창                   | 해당단계<br>참여<br>연구원 수                                                  | 총: 17명<br>내부: 13명<br>외부: 4명 | 해당단계<br>연구개발비 | 정부:298,000천원<br>기업:200,000천원<br>정부 외: 천원<br>계:498,000천원 |
|                                  |                       | 총 연구기간<br>참여<br>연구원 수                                                | 총: 23명<br>내부: 16명<br>외부: 7명 | 총 연구개발비       | 정부:598,000천원<br>기업:400,000천원<br>정부 외: 천원<br>계:998,000천원 |
| 연구기관명 및<br>소속 부서명                | 한국과학기술연구원/센서시스템연구센터   |                                                                      |                             | 참여기업명         | 다드림미래기술(주)                                              |
| 국제공동연구                           | 상대국명:                 |                                                                      |                             | 상대국 연구기관명:    |                                                         |
| 위탁연구                             | 연구기관명:                |                                                                      |                             | 연구책임자:        |                                                         |
| 요약 구조물 실시간 안전센서 및 위험 회피 어플 기술 개발 |                       |                                                                      |                             | 보고서 면수        |                                                         |

### 4. 국문 요약문

|                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |      |       |                |    |
|---------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|-------|----------------|----|
| 연구의<br>목적 및 내용            | 위험감지 센싱 시스템 기반구조물 상태 실시간(50m 네트워크 환경)위험 감지 시스템<br>및 위험 상황 회피(정확도 5m 위치추적)기술 개발                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |      |       |                |    |
| 연구개발성과                    | <ul style="list-style-type: none"> <li>● 기술적 기대성과 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 위치 기반 기술 적용</li> <li>- 고가 외산 장비 및 프로그램 국산화 실현</li> <li>- Safety Sensor 개발 및 센서 연동 장치 개발</li> <li>- 신호 감지 및 재난 대응 체계 구축</li> </ul> </li> <li>● 사회·경제적 파급효과 <ul style="list-style-type: none"> <li>- Safety Sensor를 활용한 구조물 위험 감지 기술 적용 및 스마트 안전 한국 실현(위험 상황 시 스마트 폰 즉시 알람)</li> <li>- 다양한 구조물을 데이터베이스화 시켜 위험 신호 감지 알고리즘 개발</li> <li>- 고가 외산장비 및 프로그램 국산화 장비 대체 효과</li> </ul> </li> </ul>                                                            |      |       |                |    |
| 연구개발성과의<br>활용계획<br>(기대효과) | <ul style="list-style-type: none"> <li>● 구조물 유지관리 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 구조물 사용성을 지속시키기 위한 사후관리 기술개발 및 장치구현 실현</li> </ul> </li> <li>● 위험예측/사고예방 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 실시간 계측 분석 및 예측/경보 시스템 구현 첨단 방재 IT요소 기술 통합</li> </ul> </li> <li>● BLE4.0 위험감지 센싱 시스템 방식으로 위치기반 재난관리 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 계측 정보 DB화 및 계측 데이터 효율성 및 신뢰성 확보/위치 기반 경고 서비스</li> </ul> </li> <li>● 경쟁력 및 경제성 확보 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 고가의 외산 장비의 국산화로 설치 및 원가 절감을 통한 경제성 확보</li> </ul> </li> </ul> |      |       |                |    |
| 핵심어<br>(5개 이내)            | 위험 안전<br>감지기술                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | 재난대응 | 실시간대응 | 위험감지 센싱<br>시스템 | 어플 |

## 5. 영문 요약문

### < SUMMARY >

|                       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                        |             |               |             |
|-----------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------|-------------|---------------|-------------|
| Purpose & Contents    | Using Safety Devices Structures Maintenance Equipment System Development<br>(the Networking in 5m, location tracking in 5m)<br>●Structures Maintenance<br>●Risk prediction / prevention of accidents<br>●BLE4.0 safety sensor location-based approach to disaster management                                                          |                        |             |               |             |
| Results               | Safe society realized                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                        |             |               |             |
| Expected Contribution | - Detection technology obsolescence risk of retaining walls and embankments<br>- Detection technology risk gym and public facilities<br>- Urban structure Dig risk detection technology Other disasters and structures during an earthquake hazard detection technology<br>- Rescue and burial location technology when the situation |                        |             |               |             |
| Keywords              | safety engineering                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | correspond to disaster | real action | Safety Sensor | application |

## 6. 영문 목차

1. Overview of Research and Development Tasks 5
2. Current Status of Technological Development in Domestic and Foreign Countries 10
3. Research carried out and performance 15
4. Target achievement and contribution contribution 65
5. Programme for Utilization of R&D Performance 72
6. Global Science Information Collection collected during the research process 73
7. Results of research and development performances 75
8. State of Research Facilities and Equipment Registered for National Science and Technology Information System 75
9. Performance of implementation of safety measures including research laboratories conducted by R&D tasks 75
10. Typical Research Results of R&D Challenges 76
11. Other items 76
12. Reference 76

## 7. 본문 목차

### < 목 차 >

|                                           |    |
|-------------------------------------------|----|
| 1. 연구개발과제의 개요 .....                       | 1  |
| 2. 국내외 기술 개발 현황 .....                     | 7  |
| 3. 연구 수행 내용 및 성과 .....                    | 13 |
| 4. 목표 달성도 및 관련 분야 기여도 .....               | 66 |
| 5. 연구개발성과의 활용 계획 .....                    | 85 |
| 6. 연구 과정에서 수집한 해외 과학기술 정보 .....           | 86 |
| 7. 연구개발성과의 보안등급 .....                     | 87 |
| 8. 국가과학기술종합정보시스템에 등록한 연구시설·장비 현황 .....    | 87 |
| 9. 연구개발과제 수행에 따른 연구실 등의 안전 조치 이행 실적 ..... | 87 |
| 10. 연구개발과제의 대표적 연구 실적 .....               | 89 |
| 11. 기타 사항 .....                           | 90 |
| 12. 참고 문헌 .....                           | 90 |

## 8. 본문

### 제1장. 연구개발과제의 개요

#### 1. 연구개발 목적



건설 산업의 극도의 복잡성과 고도의 첨단기술을 요구함에 따라 건설 안전기술에 대한 국내외 연구단체와 효율적 기술정보 교환과 자체 기술연구개발을 추진하여 실질적 건설안전기술발전을 도모하고 시설물 및 건설공사의 안전과 품질에 대한 정밀진단, 점검, 지도교육을 통하여 재해를 사전에 예방하고자 그동안 정부 및 관계기관과 많은 건설사들이 무한한 노력을 하였으나 건설현장 작업 공정상 중대 사고들이 끊이지 않아 이에 대한 실증적 연구가 절실히 요구되고 있다. 통계적으로 보면 우리나라의 재난·재해·안전 분야 기술은 미국의 72.0% 수준, 시간으로 따지면 6.3년 뒤쳐지는 것으로 나타났다.

국립재난안전연구원(재난연구원)의 ‘재난·안전 R&D 미래 발전전략 조사·분석’에 따르면 우리나라는 중국·일본·미국·EU 등 총 5개국 가운데 중국과 더불어 ‘추격그룹’으로 분류된다.

2012년을 기준으로 재난·재해 분야에서 최고의 기술력을 갖춘 나라는 미국이다. 미국의 2012년 기술력을 100%라고 했을 때 우리나라의 기술 수준은 2010년 59.4%, 2012년에는 72.0% 정도다. 2년 새 12.6%포인트 올랐다고는 하나, 같은 기간 미국의 기술력이 2010년 83.4%에서 2012년 100%로 오른 것(16.6%포인트)을 감안하면 기술 격차는 더 벌어진 셈이다.

최근 들어 고층 건물의 건설이 확산되고 있으며, 자연재해 및 건물의 노후 등으로 구조적 안전성의 검토가 요구되는 구조물의 수 또한 급증하고 있는 실정이다.

그러므로 구조물의 상태를 미리 파악하고 그 대비책 및 보수, 보강 대책을 강구하여 인명과 경제적 손실을 방지하기 위하여 구조물의 현재 상태를 측정하는 것은 매우 중요한 문제이다.

특히, 성능이 저하된 구조물 오래전에 건설된 구조물 등의 안전성 여부는 매우 불안하기에 대형 참사를 유발할 수 있다. 이러한 구조물의 상태가 변화하거나 파손이 일어나는 것은 피로 현상의 누적이 주요 원인이 된다.

예를 들면, 아파트, 빌딩, 옹벽 등의 건물(구조물)은 건물(구조물)이 받는 바람의 풍향 및 풍속이 건물(구조물)의 부위마다 다르기 때문에 이로 인한 피로 현상이 누적될 수 있고, 교량은 이동하는 차량의 속력, 차량의 무게에 따라 교량의 부위마다 달라지는 진동에 의해 피로 현상이 누적될 수 있으며, 선박은 파도의 높이와 방향 및 힘의 영향을 선박의 부위마다 다르게 받아서 피로 현상이 누적될 수 있다.

현재 이용되고 있는 구조물의 상태를 파악하는 대부분의 시스템 중에서 실시간으로 구조물의 정확한 변위를 측정하여 피로 현상에 의한 구조물의 변형이나 붕괴 조짐을 신속하게 발견할 수 있는 시스템은 실질적으로 없는 실정이다.

더불어, 변위 측정 시 정확한 시간 데이터를 용이하게 얻을 수 있는 시스템 또한 없으므로, 구조물의 붕괴 가능 시간을 예측하는 등의 변위 데이터만으로는 알 수 없는 정보를 획득할 수 없다는 문제점이 있다.

구조물 상태 정보 시스템은 이와 같은 종래의 문제점을 해결하기 위해 안출된 것으로서, 구조물의 변위로 인한 피로 현상의 진행을 감지할 수 있고, 구조물의 붕괴 가능 시간을 예측하여 붕괴에 대한 대비책 및 구조물의 보수, 보강 대책의 설립으로 인명과 경제적 손실을 방지하기 위한 구조물 변위 측정 시스템을 제공하는 것을 목적으로 한다.

|                                                                                    |                                                                                    |                                                                                      |
|------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|
|   |   |   |
| 남양주 지하철공사장 붕괴                                                                      | 홍은동 붕괴                                                                             | 용인도로공사 붕괴                                                                            |
|   |   |   |
| 경기 광주시 개설공사장 굴착면 붕괴                                                                | 경기 성남 연구소 신축현장 흙막이벽체 붕괴                                                            | 인천 계양구 작전동 옹벽 전도                                                                     |
|  |  |  |
| 대구 대명2동 축대 붕괴                                                                      | 서울 성북구 노후건축물 붕괴                                                                    | 서울 관악구 봉천시장 개재발현장 붕괴                                                                 |

## 2. 연구개발의 필요성

1970년대부터 급속한 경제발전과 더불어 약30여 년간 국내의 산업 기술 기반이 조성되면서 생활 환경 개선을 위한 사회 간접자본에 대한 투자 규모가 빠르게 확대 되어 왔고 이에 따라 대형건설공사가 급속히 증가하여 왔다.

현재는 과거와 같은 사회 기반시설 조성을 위한 대형 구조물의 계획과 시공보다는 이미 시공된 시설물의 유지관리에 초점을 맞춰지고 있으며 국민의 의식 및 생활수준의 향상에 발맞춰 이들 시설물에 대한 안전성 문제가 점차 대두되고 있다.

현재 국내의 시설물 안전성 모니터링 분야의 기술 수준은 선진국인 미국이나 일본에 비해 미비한 것이 사실이나, 국내의 발전된 첨단 IT 첨단분야를 계측 시스템에 접목시키는 연구를 통하여 선진국 수준의 구조물 모니터링 시스템을 개발 할 수 있을 것으로 판단된다. 또한 국가 주요기반 시설물의 안전관리 네트워크를 구축하기 위한 차세대용 스마트 센서의 신호처리 기술을 체계화함으로써 재해를 사전에 예방하여 피해 복구비의 사회적 재투자로 유도 할 수 있다,

- 가. 우리나라의 건설산업은 선진외국으로부터 기술을 도입하고 생산위주의 양적성장을 추구해 왔으나 국내 및 건설산업의 환경은 급속도로 변하고 있으며 새로운 기술개발 및 자동화에 초점을 두고 있음
- 나. 건설 현장이 대형화/복잡화됨으로서 현재의 노동 집약적인 공정관리로는 한계가 있어자동화와 더불어 센서 등을 이용하여 총체적인 현장관리가 필요함.
- 다. 최근 우리나라의 건설산업은 고령화, 고임화되는 추세에 있어 고급 기술인력들을 대체하고 공사비를 줄일 수 있는 방안이 요구됨
- 라. 시공 시 정확한 현장 실정을 예측하지 못하여 잦은 설계변경 및 재해재난, 민원발생, 안전사고 등이 유발되고 있으며, 이에 대한 대책으로실시간 프로젝트 모니터링시스템의 개발이 시급함.
- 마. 현시점은 건설산업의 융합건설 연구전략에 있어 초기단계에서의 기술개발 및 연구모델 설정, 연구개발범위 수립에 있어 중요한 시점이 될 수 있음
- 바. 따라서 이러한 건설정보와 건설 프로세스 정보화 기술의 융합은 건설공사의 정보화/첨단화를 이룩하게 함으로써 궁극적으로 건설 산업의 효율성 증진에 원동력이 될 것으로 예상되며 국내 건설 산업에 있어 새로운 시장 창출 또한 가능할 것으로 예상됨.

### 3. 연구개발 범위

| 연구범위              | 연구수행방법<br>(이론적·실험적 접근방법)                                                                                                | 구체적인 내용                                                                                                                                                                                                                              |
|-------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 위험감지 센싱<br>시스템 개발 | <ul style="list-style-type: none"> <li>- 위험감지 센싱 시스템 :BLE센서를 이용한 위험감지 위험감지 센싱 시스템</li> <li>- 위치추적 : 레디오 맵형식</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>- BLE센서를 이용하여 변형율 가속도계 등 센서를 부착하여 실시간으로 위험 상태를 감지</li> <li>- 신호세기를 기반으로 정해진 AP와의 거리를 추정. 2개의 AP로부터 거리를 추정하여 전파 강도 측정 작업자의 위치를 추정.</li> </ul>                                                  |
| 실내 위치 인식          | <ul style="list-style-type: none"> <li>- 설치된 각 비콘의 신호세기를 측정하여 데이터베이스화 하고 실시간으로 측정된 장치와 데이터베이스와의 매칭을 통한 위치 인식</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- 위험 지역에 설치한 비콘을 통하여, 알려진 위치에 대한 각 비콘들의 신호세기를 측정하여, 이를 데이터베이스화 한다. 위치 인식을 위하여, 실시간으로 측정된 값과 데이터베이스에 저장된 값을 비교하여, 가장 확률이 높은 위치를 현위치로 한다. 위치 인식의 정확도를 높이기 위해 클러스터링 등의 전처리 과정을 도입하였음.</li> </ul> |
| 회피 경로             | <ul style="list-style-type: none"> <li>- 다익스트라 기법을 이용한 회피 경로 파악</li> </ul>                                              | <ul style="list-style-type: none"> <li>- 실내 환경(복도, 홀 등)을 모델링하여 데이터베이스화, 위험 상황 발생 시 각 위치에서 접근 가능하며, 동시에 가장 가까운 회피 경로를 파악하기 위한 기법. 센서데이터를 이용한 이동 가능 경로의 파악이 우선되어야 한다.</li> </ul>                                                       |

가. 주관기관

| 연차   | 연구목표                       | 주요연구내용                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
|------|----------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1차년도 | 위험감지 센싱 시스템을 활용한 위치 기반 시스템 | <ul style="list-style-type: none"> <li>- 자료조사 및 분석</li> <li>- 위험감지 센싱 시스템의 토목 구조물 적용 방안 연구</li> <li>- 구조물용 위험감지 센싱 시스템 개발</li> <li>- 위험감지 센싱 시스템의 최적 설치 위치 연구</li> <li>- 시제품 제작 설치</li> <li>- 성능 평가 및 분석</li> <li>- 위험감지 센싱 시스템 제작/설치 매뉴얼 작성</li> </ul>                                        |
| 2차년도 | 실시간 계측 시스템 및 사용자 어플개발      | <ul style="list-style-type: none"> <li>- 실시간 계측 시스템 구조물 적용 방안 연구</li> <li>- 실시간 계측 시스템용 개발</li> <li>- 실시간 계측 시스템 최적 설치 위치 연구</li> <li>- 시제품 제작 설치</li> <li>- 성능 평가 및 분석</li> <li>- 위험감지 센싱 시스템 통신 서버시스템 및 네트워크 기기 구축</li> <li>- 상황·보고·전파 자동화 미들웨어 프로그램 제작 및 위험 신호 감지 재난대응 사용자 어플 개발</li> </ul> |

나. 공동기관

| 연 차  | 연구목표                                   | 주요연구내용                                                                                                                                               |
|------|----------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1차년도 | 위험감지 센싱 시스템 기반 위험 신호 감지 및 위치 추적 기술 개발  | <ul style="list-style-type: none"> <li>- 위험 신호 감지 알고리즘 개발</li> <li>- 위험감지 센싱 시스템 기반의 사용자 위치 추적 기술 개발</li> <li>- 사용자 위치 기반의 대피 경로 안내 기술 개발</li> </ul> |
| 2차년도 | 위험감지 센싱 시스템 기반 위험 신호 감지 및 위치 추적 기술 고도화 | <ul style="list-style-type: none"> <li>- 위험 신호 감지 알고리즘 고도화 및 S/W 개발</li> <li>- 사용자 위치 추적 기술 고도화 및 S/W 개발</li> <li>- 대피 경로 안내 기술 S/W 개발</li> </ul>    |

## 제2장. 국내외 기술 개발 현황

### 1. 국내 시장

- 가. 우리나라 산업 재해 사망률은 OECD 국가 중 최고 수준으로 연간 경제 손실액이 19조원을 상회함
- 나. 건설업은 전체 산업재해의 25.7%를 차지하는 재해 다발산업으로 건설재해 예방이 국가적 당면과제로 등장함
- 다. 건설업의 재해율은 2008년 0.63%부터 2013년 0.92%까지 꾸준히 증가하고 있으며, 이로 인한 경제적 손실액은 4조 8,000억 원 수준으로 전체 산업 손실액의 25.2% 점유하고 있음

출처 : 고용노동부, 2014

(단위: 명, %)

| 구 분  | 전산업    | 제조업    | 건설업    | 운수창고<br>통신업 | 광업  | 전기가스<br>수도업 | 기타     |
|------|--------|--------|--------|-------------|-----|-------------|--------|
| 재해자수 | 91,824 | 29,432 | 23,600 | 4,240       | 921 | 77          | 33,554 |
| 비율   | 100.0  | 32.1   | 25.7   | 4.6         | 1.0 | 0.1         | 36.5   |

표2.1 업종별산업재해 현황

- 라. 건설업(434명, 43.8%), 5~49인 사업장(407명, 41.0%), 60세 이상 근로자(287명, 28.9%), 떨어짐 재해(363명, 36.6%)가 가장 많이 발생

출처: 고용노동부, 2014

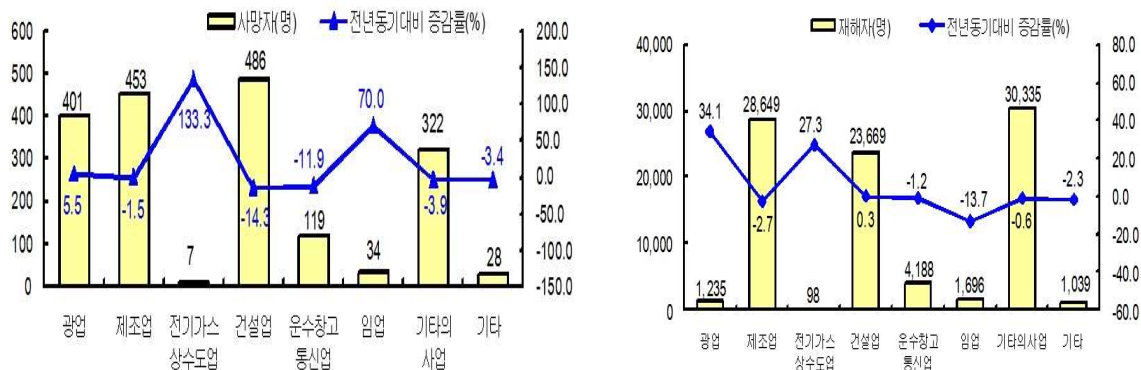


그림2.1 2014년 산업별 사망률, 재해율

- 마. - (산업별 재해유형)제조업에서는 끼임이 9,694명(37.90%), 건설업은 떨어짐이 7,908명(34.48%), 기타의 사업은 넘어짐이 8,737명(31.23%), 운수창고통신업은 교통사고가 843명(21.83%)으로 가장 많이 발생하였다.
- (건설업 재해 유형)산업재해 분석에 따르면 추락에 의한 안전사고가 32.6%(7,682명)로 가장 빈번히 발생하고 있으며, 넘어짐 15.2%(3,568명), 낙하물 비레에 의한 사고 12.8%(3,024명)순으로 발생하고 있음

출처: 안전보건공단,2014

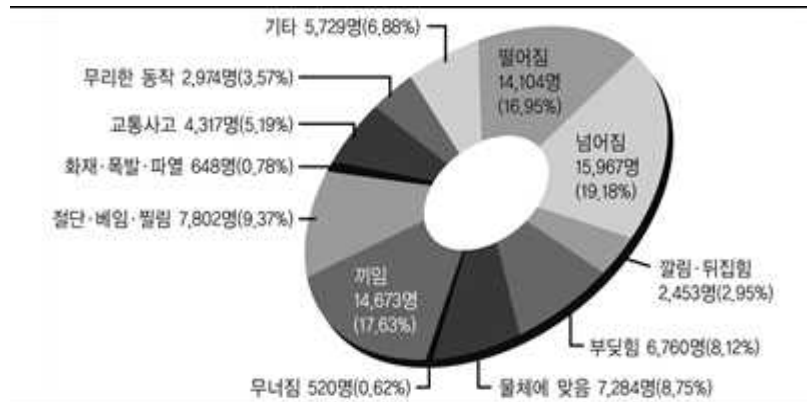


그림2.2 산업별 재해유형

바. (건설규모별 분석) 노동자 30인 미만의 소규모 사업장의 안전사고가 전체 안전사고의 78.2%를 차지함. 공사규모와 공사금액이 적을수록 안전관리가 미흡함.

출처: 한국산업안전보건공단

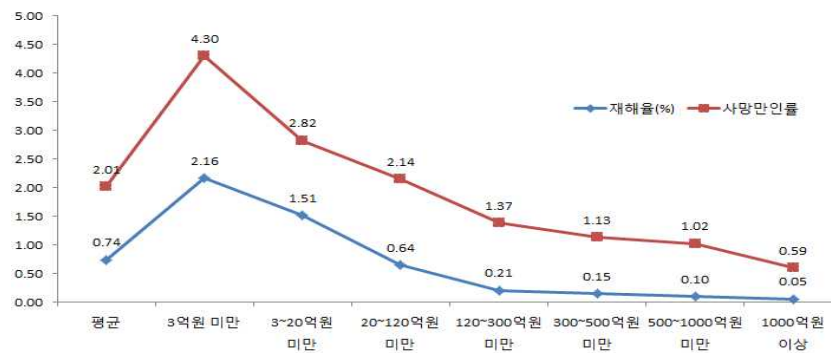


그림2.3 건설 규모별 재해율, 사망만인율

사. 국내 건설 안전사고는 2001년 10,964건이 발생하여 2014년에는 19,080건이 발생하여 14년 동안 약 57%의 건설업 재해가 증가하였다. 이에 따라 건설재해가 증가함에 따라 안전관리 및 예방의 중요성은 더욱 중대 됨.

건설업 사망사고의 원인 중 가장 높은 비율을 차지하는 것은 작업관리상 문제(63.6%)로 파악되며 ‘시공사 중심의 안전관리’가 되지 않고 있는 것으로 파악되어 개선이 필요함.

아. 안전에 대한 사회 인식의 변화로 이제는 사고 후 대책이 아니라 사고의 위험성을 미리 예견하고 조치하는 방향으로 점차적으로 변화하고 있음. 따라서 사회전반의 안전의식 고취의 변화에 맞게 토목/건축 구조물에 안전 계측 시스템의 적용은 확대 되고 있는 실정임.

출처: 한국산업기술진흥원, 2011

(단위 : 10억 원)

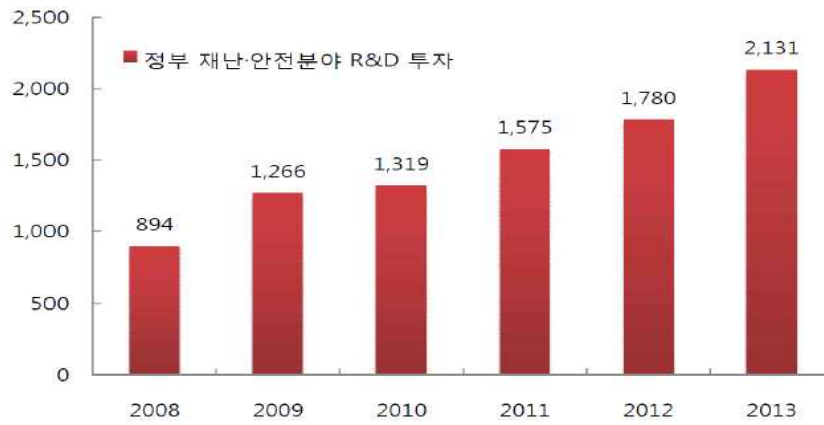


그림2.4 정부 재난·안전분야 R&D투자

- 자. (센서산업의 시장전망) 산업통산자원부(이하 산업부)의 보도에 따르면, 국내 센서 내수장은 '12년 약 54억 달러 규모에서 '20년 99억 달러 규모로 연평균 10.4% 성장할 것으로 전망
- 국내 내수시장은 세계 시장보다 높은 성장률이 예상되나 국내 기업의 내수시장 점유율은 10.5% 수준으로 매우 낮은 상황
  - 국내 기업의 생산액은 '12년 기준 13.3억 달러 규모로 세계 시장에서 찾하는 비중은 1.9%로 매우 낮은 수준
  - 정부는 '첨단 스마트 센서 육성사업'에 '15년부터 6년간 1,508억 원을 투자할 계획이며, '20년 기준 42억 달러 생산과 21억 달러 수출을 달성할 것을 목표로 설정

국내 센서산업 시장규모 현황 및 전망 (단위: 억 달러)

| 구분               | 2012  | 2013  | 2014  | 2020  | CAGR  |
|------------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 국내 내수시장          | 54    | 60    | 65.7  | 99    | 10.4% |
| 국내 생산액           | 13.3  | 15.3  | 17.7  | 42    | 15.5% |
| 수출액              | 7.6   | 8.6   | 9.8   | 21    | 13.5% |
| 수입액              | 48.3  | 53.3  | 57.8  | 78    | 8.2%  |
| 세계시장에서국내생산 비중(%) | 1.9%  | 2.1%  | 2.2%  | 3.4%  | -     |
| 국내기업 내수시장 점유율(%) | 10.5% | 11.2% | 12.0% | 21.2% | -     |

출처) 지식경제부(2012), “센서산업 발전전략”

- 차. (시장구조) 국내 수요 기업은 국내 제품의 신뢰성, 첨단 센서의 성능문제 등으로 센서 수요를 해외기업으로부터 주로 전달
- 센서 수요기업은 성능·신뢰성 등을 이유로 해외제품을 사용하고 국내 센서기업은 영세성과 기술력 부족 등으로 혁신을 회피하는 악순환 형성

## 2. 국외 시장

출처: 중소기업청

| 구분       |                                    | 시장규모 |      |      |      |       | 성장률<br>CAGR(%) |
|----------|------------------------------------|------|------|------|------|-------|----------------|
|          |                                    | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016  |                |
| 국내<br>시장 | *USN/능동형 RFID 기술 적용<br>재난관련 방재 산업  | 61   | 96   | 169  | 246  | 305   | 36%            |
| 세계<br>시장 | **USN/능동형 RFID 기술 적용<br>재난관련 방재 산업 | 2,38 | 2,90 | 3,66 | 4,43 | 5,53  | 23%            |
|          | ***무선 재난통신<br>서비스 시장 규모            | 184  | 196  | 209  | 223  | 237   | 6.5%           |
|          | 합계                                 | 263  | 321  | 537  | 988  | 1,518 | 21.5%          |

그림2.5 재해재난관련 솔루션 시장규모

EU는 유럽도시의 60%가 정기적으로 홍수 위험에 직면하자 제방에 센서를 설치해 실시간으로 위험 정보를 수집, 분석해 일반 국민들에게 모바일을 통해 경보를 전달하는 홍수조기경보시스템(Urban Flood)을 구축하고 있다

미국 태평양재해센터(PDC)는 재난의 위험을 미리 파악해 피해를 줄이기 위해 미항공우주국(NASA), 미해양대기관리처(NOAA) 등 공신력 있는 기관으로부터 수집된 방대한 정보를 분석한다. GIS 맵핑, 모델링을 통해 재난의 잠재적인 영향력과 위험을 시각화해 재난관리자와 사람들에게 인터넷과 모바일 재난경보 앱을 통해 실시간으로 전달한다. 이 외에도 세계 각국은 모바일, 소셜 미디어, CCTV, 로봇, 빅데이터, GIS 등의 다양한 ICT 기술을 활용한 재난대응시스템을 구축해 활용하고 있다.

활용사례가 늘어나면서 재난 예/경보 시스템과 재난재해통합관제시스템 시장도 더욱 확대되고 있다.

중소기업청이 지난 7월 발행한 재난재해 조기에보 및 관제시스템 보고서를 보면, 무선통신을 이용한 전 세계 공공안전 관련 시장은 2009년 152억 달러에서 2015년 223억 달러로 성장할 전망이다. 또 2015년에서 2020년까지 평균 9.3%씩 성장해 2020년에는 347억 달러 시장을 형성할 것으로 예측된다.

USN/능동형 RFID 기술이 적용되는 IT 기반 소방용 핵심기술 시장은 2012년 2억 달러 규모에서 연평균 23%씩 성장해 2018년에 8억 달러 시장 규모로 성장하고, 국내시장도 2012년 61억 원에서 연평균 36%씩 성장해 383억 원 시장 규모로 성장할 것으로 전망된다.

### 가. 미국

미국의 경우 재난관리 시뮬레이션, IT기술을 활용한 첨단 방재산업이 활성화되어있다. 미국의 재난 안전관리관련 시장 규모는 지속적으로 확대 될 전망이다. 2000년 5조원, 2004년 84조원, 2010년 130~2,100조원으로 성장률이 상당히 빠른 것으로 나타났다.

출처: 한국산업기술진흥원,2011

(단위 : 10억 달러)

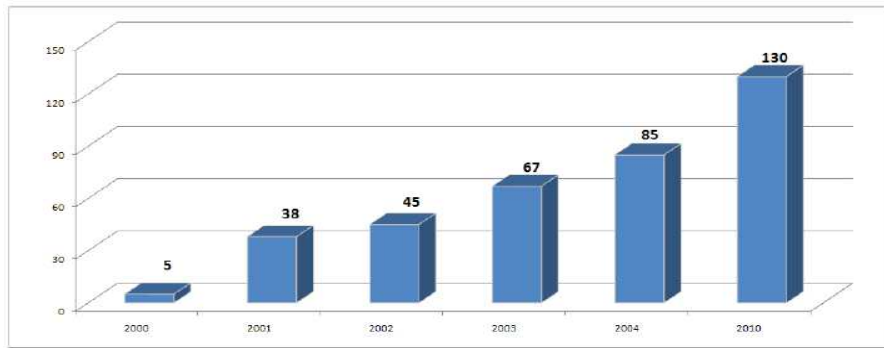


그림2.6 미국의 안전산업 지출 규모 추이

#### 나. 일본

일본은 첨단 과학 및 정보기술을 활용하여 기자재 및 장비 개발, 실용화 사업, 비상식음료 및 비상용품과 건물진단 및 장수화 시스템, 지진 감지 제품 등의 시장 확대를 진행하고 있다.

| 구분          |     | 2003년   | 2004년   | 2005년   | 2006년   | 2007년   | 연평균     |
|-------------|-----|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| 국가 세출 예산 전체 | 억 엔 | 81조7890 | 82조1110 | 82조1830 | 79조6860 | -       |         |
|             |     |         |         |         |         |         |         |
| 재해예방        | 억 원 | 24조7490 | 25조9896 | 23조413  | 20조572  | 19조2604 | 22조6195 |
|             | %   | 78.2    | 61.6    | 76.0    | 87.2    | 86.6    | 75.7    |
| 피해복구        | 억 원 | 6조8926  | 16조2211 | 7조2861  | 2조9538  | 2조7766  | 3조5172  |
|             | %   | 21.8    | 38.4    | 24.0    | 12.8    | 13.4    | 24.3    |
| 합계          | 억 원 | 31조6416 | 42조2107 | 30조3274 | 23조0110 | 22조0370 | 26조1367 |

출처: 신국가방재시스템백서(소방방재청,2007)

표2.2

일본은 복구보다 예방을 중시한다. 연평균 방재예산의 약 75%를 예방에, 나머지 25%를 복구에 투입하는 것에서도 잘 알 수 있다.

#### 다. 중국

중국은 부가가치가 높고 고급기술이 요구되는 첨단 소방제품에 대한 해외 의존도가 높으며, 첨단 소방제품은 중국 로컬 기업에서 자급이 불가능해 여전히 공급이 부족한 상황으로 외국 제품을 수입하거나 외국기업과 합작해 수장수요를 충당하고 있다.

라. (센서 세계 시장 규모)세계 센서시장은 '14년 795억 달러에서 연평균 7.9%의 성장률을 보이며 '19년에는 1,161억 달러로 성장할 전망

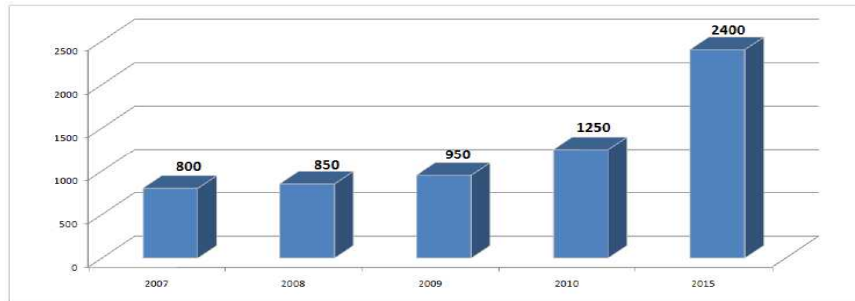


그림 2.7 중국소방산업 발전 추세

## 2. 국내·외 기술 개발 현황

국내에서도 현재 많은 대학과 국공립연구소, 관련업체에서 무선계측시스템에 대한 연구를 진행 중에 있다. 최근에는 한국시설안전공단에서 주관하는 국가 주요 시설물 안전관리 네트워크 시범구축 및 운영시스템 개발 과제 내의 요소기술 개발 과제로 (주)천일기술단에서 무선 센서기반에 의한 교량구조물 상시계측시스템 구축에 관한 연구를 수행했으며, 한양대학교와 (주)동일기술공사에서는 RFID/USD 기반의 구조물 감시기술과 센싱기술에 대한 연구를 진행했다. 또한, (사)한국스마트 구조시스템연구원에서는 차세대 스마트센서 신호처리 및 지원시스템에 대한 연구를 진행했다.

가. (센서산업의 경쟁력 중요성) 센서가 대부분 기기의 핵심 부품으로 확대되면서 센서산업의 경쟁력 확보가 국가 산업경쟁력 강화의 필수 요소가 되고 있음

- 센서산업 자체만으로 향후 IoT 진전으로 높은 성장이 예상되며, 센서산업은 타 산업분야에 미치는 파급이 커서 전략산업으로 육성할 필요
- 국내 센서산업 현황, 높은 기술장벽, 센서기술 보호주의 강화 등으로 시장 기능만으로는 한계가 있어 국가 차원의 적극 지원이 필요

나. 우리나라의 경우 센서 핵심기술의 수준이 선진국 대비 55.8로 매우 낮은 수준으로 특히 수유가 급증하는 첨단센서는 낮은 기술력으로 인해 국내 수요의 대부분(약 80% 이상)을 수입에 의존

다. 세계 센서시장은 IT융합의 진전으로 센서사용이 급증하고 센서의 첨단화 추세에 따라 시장이 급성장하고 있으나, 국내 산업의 경쟁력은 매우 취약

- 국내 기업은 첨단 센서에 대한 기술력 부족과 일반 센서의 가격 경쟁력 취약으로 인해 미국·독일·일본 등 선진기술 보유국과 가격경쟁력을 앞세운 중국의 중간에 위치한 샌드위치 상태
- 센서기술은 미국, 독일 등 일부 선진국을 중심으로 디지털 센서 단계를 지나 스마트 센서에 대한 연구가 활발하게 진행되고 있으며, 첨단 센서의 경쟁력을 타산업분야 경쟁력의 핵심으로 인식하여 집중 지원하고 있음
- (기술경쟁력) 국가별 기술수준은 미국·독일·일본 등이 최고 수준을 보유

## 제3장. 연구 수행 내용 및 성과

### 1. 연구 수행 내용\_주관기관

#### 가. 자료조사 및 분석

##### (1) 콘크리트 옹벽

###### ① 침하

침하는 옹벽구조물이 시공위치에서 수직방향으로 가라앉는 현상으로 정의할 수있으며 침하가 부분적으로 발생할 경우에는 인접한 블록간의 단차를 육안또는 측정 장비를 활용하여 확인 할 수있다. 침하의 주원인은 기초지반의 압밀침하, 부등침하, 기초의 세굴 등이며 옹벽 하단 기초지반의 전단파괴에 의해서도 발생할 수 있다. 침하는 주로 진도와 활동과 같은 외적 변형과 침하의 형태에 따라 콘크리트 구조체의 균열을 수반하는 것이 특징이다.

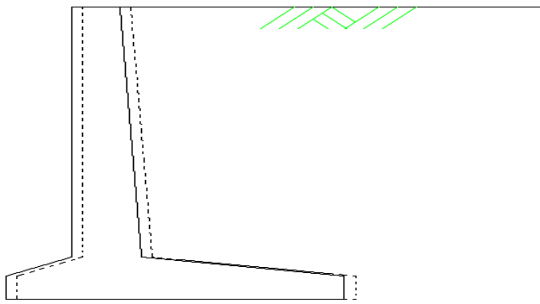


그림3.1 옹벽배면 지반침하

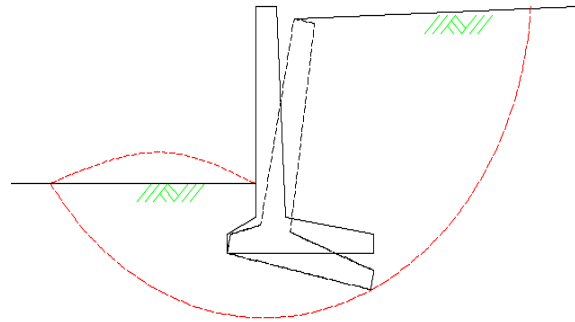
|      |                                                                                                                   |
|------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 근본원인 | 기초지반의 지지력 저하                                                                                                      |
| 세부원인 | 세굴로 인한 흙 입자의 이동<br>추가하중으로 인한 지지력 저하                                                                               |
| 발생현황 | 특정지점의 이상으로 인한 부등침하가 주로 발생<br>종방향 형태의 단독형태보다는 진도를 동반한 복합적인 양상을 보임                                                  |
| 일반대책 | 압력주입 그라우팅<br>고압분사 교반공법<br>앵커채의 인장력에 의한 교정<br>성토하중 경량공법<br>경량토 성토공법 등                                              |
| 조사방법 | 정기점검 : 육안조사(인접 블록간의 단차 측정)<br>정밀점검 : 육안조사(인접 블록간의 단차 측정 및 측정(측량))<br>정밀안전진단 : 육안조사 및 측정기기<br>조사항목 : 위치, 규모 및 진행유무 |

## ② 침하

옹벽의 활동은 저면활동과 원호활동으로 구분되며 저면활동은 작용하는 토압의 수평분력에 의해서 토압이 작용하는 방향으로 활동하려는 것을 말한다. 이 경우 기초지반의 저항력(자중+마찰력)이 부족하면 옹벽은 전체적 또는 부분적으로 이동이 발생하며, 그 정도가 심각할 경우배면지반의 침하 및 변형의 주된 발생원인이 될 수 있다. 저면활동시 토괴는 주동 상태에 있으며, 발생형태는 주로 전면으로 이동하는 형태를 나낸다.[그림1.2] 원호활동은 저면활동과는 관계없이 지반의 전반적인 전단파괴로 인해 [그림1.3]과 같은 파괴형태를 나타낸다.



[그림3.2]저면활동



[그림3.3]원호활동

|      |                                                                                                                      |
|------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 근본원인 | 수평활동력의 증가 및 옹벽과 지반의 마찰저항 감소                                                                                          |
| 세부원인 | 저면활동<br>- 추가하중으로 인한 작용하중의 증가가 주요 요인임<br>원호활동<br>- 추가하중으로 인한 작용하중 증가 및 지반의 전단강도 감소                                    |
| 발생현황 | 저면활동<br>- 경사를 동반하여 전면부로 이동<br>원호활동<br>- 경사를 동반하나 옹벽은 배면쪽으로 기울어지려는 특성을 갖음                                             |
| 일반대책 | 압력주입 그라우팅 공법<br>앵커를 이용한 지반의 활동저항력 증가<br>고압분사공법에 의한 지반의 전단강도 증가                                                       |
| 조사방법 | 정기정검 : 육안조사(인접 블록간의 기울기 측정)<br>정밀정검 : 육안조사(인접 블록간의 기울기 측정) 및 측정(측량 및 경사계)<br>정밀안전진단 : 육안조사 및 측정기기<br>조사항목 : 위치 및 진행성 |

## ③ 계획선형 오차(전도/경사)

계획선형 오차는 전도/경사, 기울기의 개념으로 옹벽이 설계시 또는 준공시보다 기울어지는 현상으로서 일반적으로 침하를 동반하여 발생하며 경사가 심해지면 옹벽의 전도에 대한 안전성에 문제가 발생할 수 있다. 경사는 모든 종류의 옹벽에서 발생 가능하며 보강토 옹벽

은 시공 및 재료특성에 의해 상당량의 변위 하용이 가능하므로 시공중 발생 변위량이 5% 미만으로 진행성이 아닌 경우에는 구조물의 안전성에 지장이 없는 시공으로 간주하고 있다.

계획선형 오차의 발생원인은 지반의 침하, 기초의 세굴, 뒤채움 토사에 과도한 토압, 과중한 상재하중, 기초 마운드의 산란이나 옹벽하단의 전단파괴 등에기인하여 주로 발생한다.



그림3.4 옹벽의 전도

|      |                                                                                                                                                                                                                   |
|------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 근본원인 | 추가적인 수평활동력의 증가 및 저항력 감소가 원인                                                                                                                                                                                       |
| 세부원인 | 침하에 의한 원인<br>추가 상재하중의 작용<br>전면부의 세굴로 인한 수동토압 감소<br>우수 침투 및 지하수위 상승에 따른 주동토압 증가                                                                                                                                    |
| 발생현황 | 주로 침하를 동반한 형태의 변형이 주를 이룸<br>변형에 의한 시각적 불안요인 작용이 가장 큰 특징                                                                                                                                                           |
| 일반대책 | 저항모멘트 증가<br>- 전면 기초지반 세굴부위 보강<br>- 고압분사 교반<br>- 앵커공법에 의한 저항모멘트 증가<br>전도 모멘트 감소<br>- 주동토압 감소(주입공법에 의한 지반 경화)<br>- 고압분사공법<br>- 배면성토하중 감소<br>- 배수공 점검 및 추가설치(근본원인이 뒤채움재 불량인 경우 적정 투수계수의 재료로 치환 또는 토목섬유를 이용한 배수경로 확보) |
| 조사방법 | 정기점검 :육안조사(인접 블록간의 기울기 측정)<br>정밀점검 :육안조사(인접 블록간의 기울기 측정) 및 측정(측량 및 경사계)<br>정밀안전진단 :육안조사 및 기기측정<br>조사항목 :위치, 규모 및 진행성                                                                                              |

#### (1) 건축물(체육관)

- ① 건축물의 힘에 흐름은우선 바닥(슬래브)으로 하중을 지탱하고, 그 바닥을 보에서 받아 기둥 또는 콘크리트 벽체로 전달하고, 기초 또는 지정을 통해서 결국에는 견고한 지반으로 지탱하는 것이다.

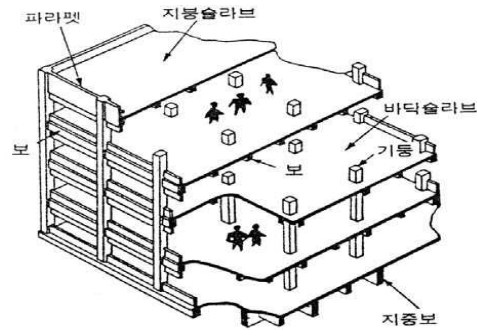


그림3.5 건축물의 힘에 흐름

② 건축물의 구조 설계시 주로 사용하는 개념은 안전율(Safety Factor)이다. 이 개념은 건물에 적용한 하중(외력)에 대한 건물의 저항능력(내력)의 비율로서 다음과 같은 식을 나타낸다.

$$\text{안전율} = \text{건물의 저항능력(설계강도)} \div \text{작용하중(소요강도)}$$

| 준공초기상태                                      | 증축, 구조변경 등으로 인하여 설계당시 고려되지 않은 하중이 작용하는 경우 |             |             | 건축물의 붕괴를 초래할 수 있는 과도한 하중이 작용한 경우 |
|---------------------------------------------|-------------------------------------------|-------------|-------------|----------------------------------|
|                                             |                                           |             |             |                                  |
| 안전                                          | 다소안전                                      | 다소불안        | 매우위험        |                                  |
| <p>작용하중을 고려하여 설계하중을 크게 한 경우의 구조안전상태</p>     |                                           |             |             |                                  |
| 신축                                          | 증축                                        | 증축 · 구조변경   | 무리한 증축 구조변경 |                                  |
| 설계하중의 설정은 작용하중보다 다소 높게 책정한다.<br>설계하중 > 작용하중 | 설계하중 = 작용하중                               | 설계하중 = 작용하중 | 설계하중 < 작용하중 |                                  |

표3.1 구조설계시 안전율 개념

## 나. 위험감지 센싱 시스템 개발

### (1) 센서모듈 하드웨어 구성

#### ① BLE 센서

##### - 주요사양

2.4 GHz transceiver  
 -93 dBm sensitivity in Bluetooth® low energy mode  
 250 kbps, 1 Mbps, 2 Mbps supported data rates  
 TX Power -20 to +4 dBm in 4 dB steps  
 TX Power -30 dBm Whisper mode  
 13 mA peak RX, 10.5 mA peak TX (0 dBm)  
 9.7 mA peak RX, 8 mA peak TX (0 dBm) with DC/DC  
 RSSI (1 dB resolution)  
 ARM® Cortex-M0 32 bit processor  
 275 µA/MHz running from flash memory  
 150 µA/MHz running from RAM  
 Serial Wire Debug (SWD)  
 S100 series SoftDevice ready  
 Memory  
 256 kB or 128 kB embedded flash program memory  
 16 kB or 32 kB RAM  
 On-air compatibility with nRF24L series  
 Flexible Power Management  
 Supply voltage range 1.8 V to 3.6 V  
 4.2 µs wake-up using 16 MHz RCOSC  
 0.6 µA at 3 V OFF mode  
 1.2 µA at 3 V in OFF mode + 1 region RAM retention  
 2.6 µA at 3 V ON mode, all blocks IDLE  
 8/9/10 bit ADC - 8 configurable channels  
 31 General Purpose I/O Pins  
 One 32 bit and two 16 bit timers with counter mode  
 SPI Master/Slave  
 Low power comparator  
 Temperature sensor  
 Two-wire Master (I2C compatible)  
 UART (CTS/RTS)  
 CPU independent Programmable Peripheral Interconnect (PPI)  
 Quadrature Decoder (QDEC)  
 AES HW encryption  
 Real Timer Counter (RTC)  
 Package variants  
 QFN48 package, 6 x 6 mm  
 WLCSP package, 3.50 x 3.83 mm  
 WLCSP package, 3.83 x 3.83 mm  
 WLCSP package, 3.50 x 3.33 mm

##### - nRF51822의 핀 사양 및 사용(pin map)

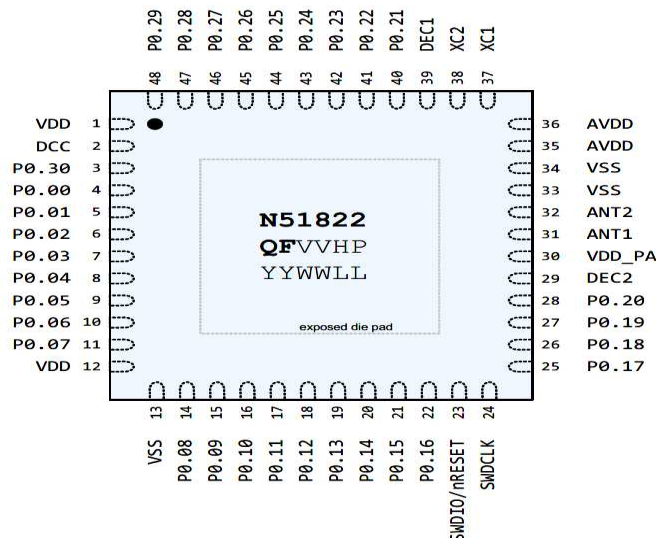


그림3.6 nRF1822 핀

| Pin      | Pin name             | Pin function                                 | Description                                                                                                                  |
|----------|----------------------|----------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 40 to 44 | P0.21 to P0.25       | Digital I/O                                  | General purpose I/O pin.                                                                                                     |
| 45       | P0.26<br>AIN0<br>XL2 | Digital I/O<br>Analog input<br>Analog output | General purpose I/O pin.<br>ADC/LPCOMP input 0.<br>Connection for 32.768 kHz crystal.                                        |
| 46       | P0.27<br>AIN1<br>XL1 | Digital I/O<br>Analog input<br>Analog input  | General purpose I/O pin.<br>ADC/LPCOMP input 1.<br>Connection for 32.768 kHz crystal or external 32.768 kHz clock reference. |
| 47, 48   | P0.28 and P0.29      | Digital I/O                                  | General purpose I/O pin.                                                                                                     |

| Pin      | Pin name               | Pin function                                | Description                                                                      |
|----------|------------------------|---------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------|
| 1        | VDD                    | Power                                       | Power supply.                                                                    |
| 2        | DCC                    | Power                                       | DC/DC output voltage to external LC filter.                                      |
| 3        | P0.30                  | Digital I/O                                 | General purpose I/O pin.                                                         |
| 4        | P0.00<br>AREF0         | Digital I/O<br>Analog input                 | General purpose I/O pin.<br>ADC/LPCOMP reference input 0.                        |
| 5        | P0.01<br>AIN2          | Digital I/O<br>Analog input                 | General purpose I/O pin.<br>ADC/LPCOMP input 2.                                  |
| 6        | P0.02<br>AIN3          | Digital I/O<br>Analog input                 | General purpose I/O pin.<br>ADC/LPCOMP input 3.                                  |
| 7        | P0.03<br>AIN4          | Digital I/O<br>Analog input                 | General purpose I/O pin.<br>ADC/LPCOMP input 4.                                  |
| 8        | P0.04<br>AIN5          | Digital I/O<br>Analog input                 | General purpose I/O pin.<br>ADC/LPCOMP input 5.                                  |
| 9        | P0.05<br>AIN6          | Digital I/O<br>Analog input                 | General purpose I/O pin.<br>ADC/LPCOMP input 6.                                  |
| 10       | P0.06<br>AIN7<br>AREF1 | Digital I/O<br>Analog input<br>Analog input | General purpose I/O pin.<br>ADC/LPCOMP input 7.<br>ADC/LPCOMP reference input 1. |
| 11       | P0.07                  | Digital I/O                                 | General purpose I/O pin.                                                         |
| 12       | VDD                    | Power                                       | Power supply.                                                                    |
| 13       | VSS                    | Power                                       | Ground (0 V) <sup>1</sup> .                                                      |
| 14 to 22 | P0.08 to P0.16         | Digital I/O                                 | General purpose I/O pin.                                                         |
| 23       | SWDIO/nRESET           | Digital I/O                                 | System reset (active low). Also hardware debug and flash programming I/O.        |
| 24       | SWDCLK                 | Digital input                               | Hardware debug and flash programming I/O.                                        |
| 25 to 28 | P0.17 to P0.20         | Digital I/O                                 | General purpose I/O pin.                                                         |
| 29       | DEC2                   | Power                                       | Power supply decoupling.                                                         |
| 30       | VDD_PA                 | Power output                                | Power supply output (+1.6 V) for on-chip RF power amp.                           |
| 31       | ANT1                   | RF                                          | Differential antenna connection (TX and RX).                                     |
| 32       | ANT2                   | RF                                          | Differential antenna connection (TX and RX).                                     |
| 33, 34   | VSS                    | Power                                       | Ground (0 V).                                                                    |
| 35, 36   | AVDD                   | Power                                       | Analog power supply (Radio).                                                     |
| 37       | XC1                    | Analog input                                | Connection for 16/32 MHz crystal or external 16 MHz clock reference.             |
| 38       | XC2                    | Analog output                               | Connection for 16/32 MHz crystal.                                                |
| 39       | DEC1                   | Power                                       | Power supply decoupling.                                                         |

그림3.7 nRF1822 핀 사양

## ② MPU6050과 통신 인터페이스 분석

기기와 기기 또는 칩과 칩의 데이터를 읽기 위해서는 통신이 필요하다. 쿼드콥터에서는 cortex M3(MCU)와 센서들간의 데이터를 읽어오기 위해 필요하다. 통신의 종류는 SPI, I2C, Serial 등 다양하다. 본 연구의 경우 MPU6050과 SPI통신을 이용하여 데이터를 주고 받음.

SPI통신은 Motorola에 의해 개발된 전이중 통신 방식으로 1:1 또는 1:다수의 통신을 위해서 구상되었다. SPI통신의 특징을 꼽자면 SPI통신은 4개의 핀을 이용하여서 통신한다. 그 4개의 핀 같은 경우는 아래의 그림과 같다.

| 핀 종류 | 유사 이름             | 설명                        |
|------|-------------------|---------------------------|
| SCLK | SCK,CLK           | Serial Clock              |
| MISO | SDI,DI,SI         | Master Input Slave Output |
| MOSI | SDO,DO,SO         | Master Output Slave Input |
| SS   | nCS,CS,nSS,STE,CE | Slave Select              |

SCLK 같은 경우는 마스터에서 슬레이브로 클럭을 주는 핀.

MISO 같은 경우는 슬레이브에서 주는 데이터를 마스터에서 읽는 핀.

MOSI 핀은 마스터에서 데이터를 주고 슬레이브에서 읽는 방식.

SS 핀은 사실상 어떤 핀과 통신을 할지 선택을 해주는 핀.

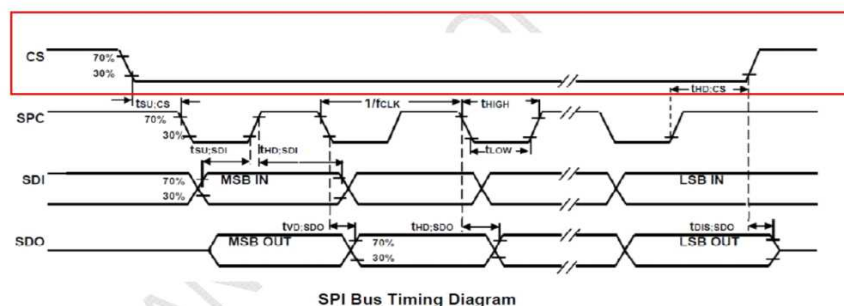
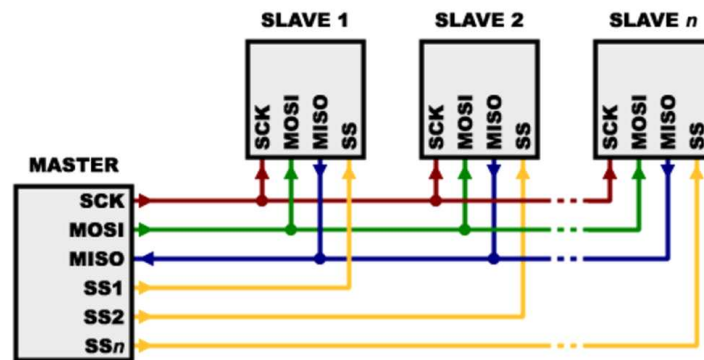


그림3.8 통신의 시작과 종료

SPI 통신 같은 경우는 1:1 뿐만 아니라 1:n 통신이 가능하기 때문에 어떤 칩과 통신을 시작할지 알려주고 신호를 보내야한다. 그것이 바로 cs핀을 이용하는 것이고 cs핀의 연결되어있는 핀을 high(3.3V) 상태를 대기 상태로 만들어 놓고 이 핀을 low(0V) 상태로 만들어 주는 것으로 통신을 시작한다.

반대로 통신의 종료는 low 상태의 핀을 high 상태로 만들어 주는 것으로 통신을 종료한다.

*SPI Address format*

| MSB |    |    |    |    |    |    | LSB |
|-----|----|----|----|----|----|----|-----|
| R/W | A6 | A5 | A4 | A3 | A2 | A1 | A0  |

*SPI Data format*

| MSB |    |    |    |    |    |    | LSB |
|-----|----|----|----|----|----|----|-----|
| D7  | D6 | D5 | D4 | D3 | D2 | D1 | D0  |

그림3.9 데이터를 받기 위한 레지스터 주소값 전달

우리가 원하는 데이터를 얻기 위해서는 우리가 원하는 데이터가 무엇인지 센서에게 알려줘야한다. 따라서 우리가 원하는 데이터를 받아올 수 있고 이러한 데이터를 받기 위해 mpu6050의 레지스터 맵을 참고하여 주소값을 보내면 된다. SPI 주소값 같은 경우 MSB 0으로 보내면 쓰기(설정)용이고 MSB 1으로 보내면 읽기용이다.

데이터 송수신 방식: SPI 통신 같은 경우는 데이터를 주고 받기 위해서 모조건 Push가 있어야 Output이 나오게 된다. SPI 통신은 데이터를 보내서 받고자 하는 데이터를 밀어줘야한다. 즉, 그림처럼 Master에서 데이터를 보내면 Slave로 가서 데이터를 밀고 다시 그 밀린 데이터가 마스터로 들어온다.

| PARAMETER                                             | CONDITIONS | MIN | TYP    | MAX | UNITS     | NOTES |
|-------------------------------------------------------|------------|-----|--------|-----|-----------|-------|
| GYROSCOPE SENSITIVITY<br>Sensitivity Scale Factor     | FS_SEL=0   |     | 131    |     | LSB/(°/s) |       |
|                                                       | FS_SEL=1   |     | 65.5   |     | LSB/(°/s) |       |
|                                                       | FS_SEL=2   |     | 32.8   |     | LSB/(°/s) |       |
|                                                       | FS_SEL=3   |     | 16.4   |     | LSB/(°/s) |       |
| PARAMETER                                             | CONDITIONS | MIN | TYP    | MAX | UNITS     | NOTES |
| ACCELEROMETER SENSITIVITY<br>Sensitivity Scale Factor | AFS_SEL=0  |     | 16,384 |     | LSB/g     |       |
|                                                       | AFS_SEL=1  |     | 8,192  |     | LSB/g     |       |
|                                                       | AFS_SEL=2  |     | 4,096  |     | LSB/g     |       |
|                                                       | AFS_SEL=3  |     | 2,048  |     | LSB/g     |       |

그림3.10 데이터 수신 및 변환

센서에서 주는 값은 16비트의 데이터 형식으로 값을 출력해준다.

따라서 센서의 값을 일정한 계산의 이해 가속도 또는 각속도로 변화하는 과정이 필요하다.

즉, Scale Factor를 나누어서 단위를 변환해주는 것이다.

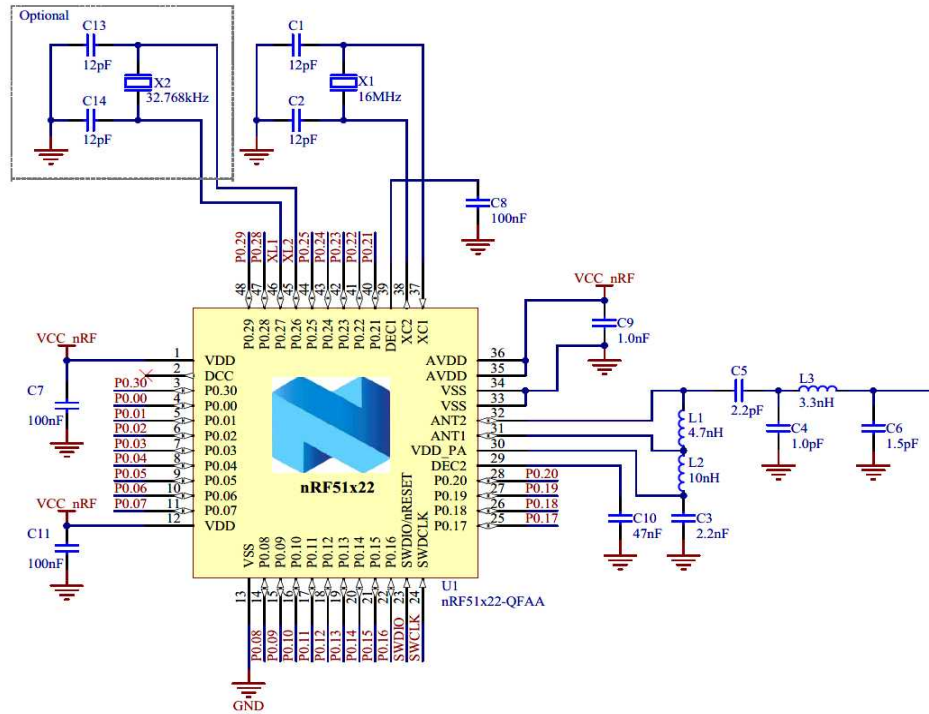


그림3.11 회로도

### ③ GPIO

기본적인 입력/출력을 설정하여 외부로부터 열림/단힘 지령 및 열림/단힘 완료 센서 입력, 키패드로 부터의 제어 입력 등의 입력 신호, 엘리베이터 쪽으로의 지령 완료 신호 디스플레이 출력 등의 출력신호를 만들어 준다.

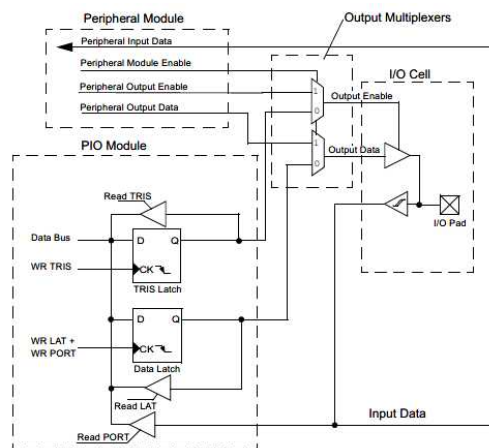


그림3.12 dspic의 입/출력 내장 회로

TABLE 8-1: dsPIC30F3011 PORT REGISTER MAP<sup>(1)</sup>

| SFR Name | Addr. | Bit 15  | Bit 14  | Bit 13  | Bit 12 | Bit 11 | Bit 10 | Bit 9 | Bit 8  | Bit 7  | Bit 6  | Bit 5  | Bit 4  | Bit 3  | Bit 2  | Bit 1  | Bit 0  | Reset State         |
|----------|-------|---------|---------|---------|--------|--------|--------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------------------|
| TRISB    | 02C6  | —       | —       | —       | —      | —      | —      | —     | TRISB8 | TRISB7 | TRISB6 | TRISB5 | TRISB4 | TRISB3 | TRISB2 | TRISB1 | TRISB0 | 0000 0001 1111 1111 |
| PORTB    | 02C8  | —       | —       | —       | —      | —      | —      | —     | RB8    | RB7    | RB6    | RB5    | RB4    | RB3    | RB2    | RB1    | RB0    | 0000 0000 0000 0000 |
| LATB     | 02CA  | —       | —       | —       | —      | —      | —      | —     | LATB8  | LATB7  | LATB6  | LATB5  | LATB4  | LATB3  | LATB2  | LATB1  | LATB0  | 0000 0000 0000 0000 |
| TRISC    | 02CC  | TRISC15 | TRISC14 | TRISC13 | —      | —      | —      | —     | —      | —      | —      | —      | —      | —      | —      | —      | —      | 1110 0000 0000 0000 |
| PORTC    | 02CE  | RC15    | RC14    | RC13    | —      | —      | —      | —     | —      | —      | —      | —      | —      | —      | —      | —      | —      | 0000 0000 0000 0000 |
| LATC     | 02D0  | LATC15  | LATC14  | LATC13  | —      | —      | —      | —     | —      | —      | —      | —      | —      | —      | —      | —      | —      | 0000 0000 0000 0000 |
| TRISD    | 02D2  | —       | —       | —       | —      | —      | —      | —     | —      | —      | —      | —      | —      | TRISD3 | TRISD2 | TRISD1 | TRISD0 | 0000 0000 0000 1111 |
| PORTD    | 02D4  | —       | —       | —       | —      | —      | —      | —     | —      | —      | —      | —      | —      | RD3    | RD2    | RD1    | RD0    | 0000 0000 0000 0000 |
| LATD     | 02D6  | —       | —       | —       | —      | —      | —      | —     | —      | —      | —      | —      | —      | LATD3  | LATD2  | LATD1  | LATD0  | 0000 0000 0000 0000 |
| TRISE    | 02D8  | —       | —       | —       | —      | —      | —      | —     | TRISE8 | —      | —      | TRISE5 | TRISE4 | TRISE3 | TRISE2 | TRISE1 | TRISE0 | 0000 0001 0011 1111 |
| PORTE    | 02DA  | —       | —       | —       | —      | —      | —      | —     | RE8    | —      | —      | RE5    | RE4    | RE3    | RE2    | RE1    | RE0    | 0000 0000 0000 0000 |
| LATE     | 02DC  | —       | —       | —       | —      | —      | —      | —     | LATE8  | —      | —      | LATE5  | LATE4  | LATE3  | LATE2  | LATE1  | LATE0  | 0000 0000 0000 0000 |
| TRISF    | 02DE  | —       | —       | —       | —      | —      | —      | —     | —      | —      | TRISF6 | TRISF5 | TRISF4 | TRISF3 | TRISF2 | TRISF1 | TRISF0 | 0000 0000 0111 1111 |
| PORTF    | 02E0  | —       | —       | —       | —      | —      | —      | —     | —      | —      | RF6    | RF5    | RF4    | RF3    | RF2    | RF1    | RF0    | 0000 0000 0000 0000 |
| LATF     | 02E2  | —       | —       | —       | —      | —      | —      | —     | —      | —      | LATF6  | LATF5  | LATF4  | LATF3  | LATF2  | LATF1  | LATF0  | 0000 0000 0000 0000 |

그림3.13 입/출력 레지스터

#### ④ 타이머

프로그램의 실행 스케줄러와 타이머 인터럽트, 모터 컨트롤을 위한 PWM 출력에 사용

FIGURE 9-1: 16-BIT TIMER1 MODULE BLOCK DIAGRAM (TYPE A TIMER)

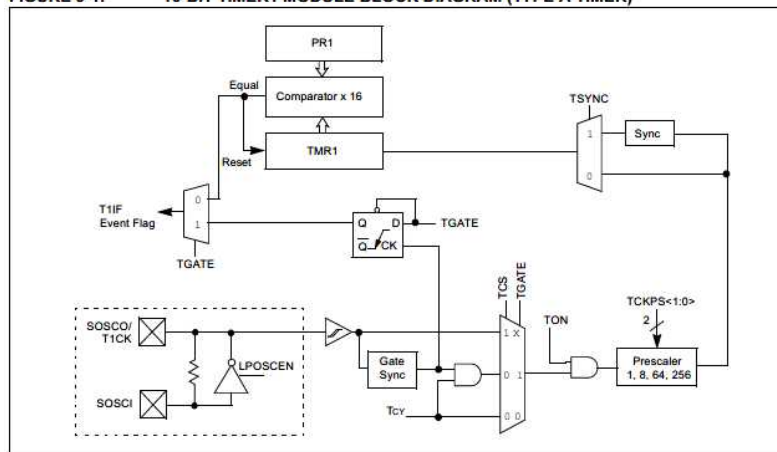


그림3.14 타이머 블록도

프로그램의 스케줄 관리를 위한 1ms 인터럽트 생성하여 1ms, 10ms, 100ms, 1S 단위로 프로그램을 실행 할 수 있도록 설정

TABLE 9-1: TIMER1 REGISTER MAP<sup>(1)</sup>

| SFR Name | Addr. | Bit 15            | Bit 14 | Bit 13 | Bit 12 | Bit 11 | Bit 10 | Bit 9 | Bit 8 | Bit 7 | Bit 6 | Bit 5  | Bit 4  | Bit 3 | Bit 2 | Bit 1 | Bit 0 | Reset State         |                     |
|----------|-------|-------------------|--------|--------|--------|--------|--------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|-------|-------|-------|-------|---------------------|---------------------|
| TMR1     | 0100  | Timer1 Register   |        |        |        |        |        |       |       |       |       |        |        |       |       |       |       |                     | 0000 0000 0000 0000 |
| PR1      | 0102  | Period Register 1 |        |        |        |        |        |       |       |       |       |        |        |       |       |       |       |                     | 1111 1111 1111 1111 |
| T1CON    | 0104  | TON               | —      | TSIDL  | —      | —      | —      | —     | —     | —     | TGATE | TCKPS1 | TCKPS0 | —     | TSYNC | TCS   | —     | 0000 0000 0000 0000 |                     |

Legend: □ = uninitialized bit; — = unimplemented bit, read as '0'.

Note 1: Refer to "dsPIC30F Family Reference Manual" (DS70046) for descriptions of register bit fields.

그림3.15 타이머 레지스터

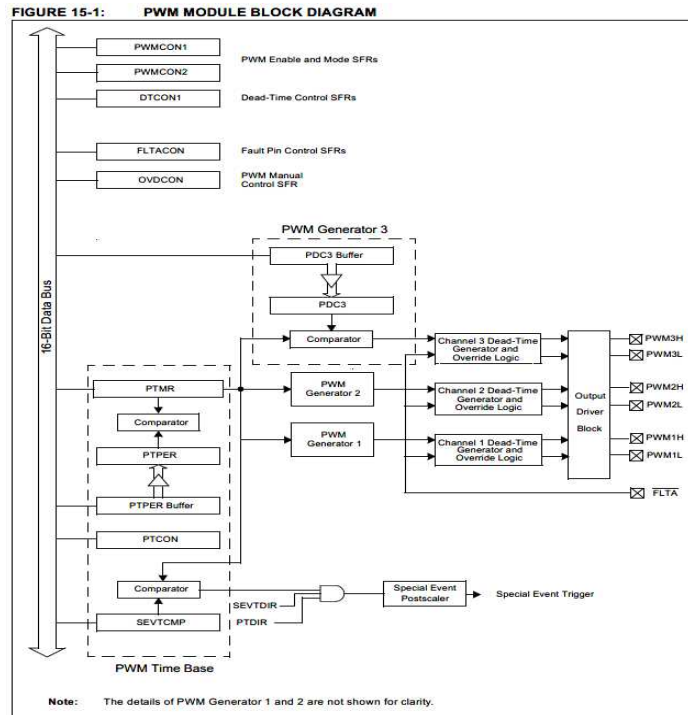


그림3.16 모터 컨트롤 PWM 및 블록도

dspic만의 기능 MCU는 타이머의 PWM 기능을 이용하여 각각 6채널 3상으로 6개의 타이머를 컨트롤 해야 하나, dspic는 모터 전용 PWM으로 2개의 쌍으로 이루어진 전용 레지스터를 이용하여 모터에 PWM 신호를 넣을 수 있음

또한, 테스트임 기능이 있어 회로의 ARM 쇼트를 방지할 수 있게 되어있다.

Fault 입력 기능은 IPM의 Fault 출력을 입력 받아 가장 빠른 시간 내에 PWM 출력을 막을 수 있음.

**TABLE 15-1: PWM REGISTER MAP<sup>(1)</sup>**

| SFR Name | Addr. | Bit 15                    | Bit 14                             | Bit 13 | Bit 12 | Bit 11 | Bit 10      | Bit 9  | Bit 8  | Bit 7      | Bit 6 | Bit 5  | Bit 4             | Bit 3       | Bit 2  | Bit 1      | Bit 0               | Reset State         |
|----------|-------|---------------------------|------------------------------------|--------|--------|--------|-------------|--------|--------|------------|-------|--------|-------------------|-------------|--------|------------|---------------------|---------------------|
| PTCON    | 01C0  | PTEN                      | —                                  | PTSIDL | —      | —      | —           | —      | —      | PTOPS<3:0> |       |        |                   | PTCKPS<1:0> |        | PTMOD<1:0> |                     | 0000 0000 0000 0000 |
| PTMR     | 01C2  | PTDIR                     | PWM Timer Count Value              |        |        |        |             |        |        |            |       |        |                   |             |        |            |                     | 0000 0000 0000 0000 |
| PTPER    | 01C4  | —                         | PWM Time Base Period Register      |        |        |        |             |        |        |            |       |        |                   |             |        |            |                     | 0000 0000 0000 0000 |
| SEVTCMP  | 01C6  | SEVTDIR                   | PWM Special Event Compare Register |        |        |        |             |        |        |            |       |        |                   |             |        |            |                     | 0111 1111 1111 1111 |
| PWMCON1  | 01C8  | —                         | —                                  | —      | —      | —      | PTMOD3      | PTMOD2 | PTMOD1 | —          | PEN3H | PEN2H  | PEN1H             | —           | PEN3L  | PEN2L      | PEN1L               | 0000 0000 1111 1111 |
| PWMCON2  | 01CA  | —                         | —                                  | —      | —      | —      | SEVOPS<3:0> |        |        | —          | —     | —      | —                 | —           | IUE    | OSYNC      | UDIS                | 0000 0000 0000 0000 |
| DTCON1   | 01CC  | —                         | —                                  | —      | —      | —      | —           | —      | —      | DTAPS<1:0> |       |        | Dead-Time A Value |             |        |            | 0000 0000 0000 0000 |                     |
| FLTACON  | 01D0  | —                         | —                                  | FAOV3H | FAOV3L | FAOV2H | FAOV2L      | FAOV1H | FAOV1L | FLTAM      | —     | —      | —                 | —           | FAEN3  | FAEN2      | FAEN1               | 0000 0000 0000 0000 |
| OVDCON   | 01D4  | —                         | —                                  | POVD3H | POVD3L | POVD2H | POVD2L      | POVD1H | POVD1L | —          | —     | POUT3H | POUT3L            | POUT2H      | POUT2L | POUT1H     | POUT1L              | 1111 1111 0000 0000 |
| PDC1     | 01D6  | PWM Duty Cycle 1 Register |                                    |        |        |        |             |        |        |            |       |        |                   |             |        |            |                     | 0000 0000 0000 0000 |
| PDC2     | 01D8  | PWM Duty Cycle 2 Register |                                    |        |        |        |             |        |        |            |       |        |                   |             |        |            |                     | 0000 0000 0000 0000 |
| PDC3     | 01DA  | PWM Duty Cycle 3 Register |                                    |        |        |        |             |        |        |            |       |        |                   |             |        |            |                     | 0000 0000 0000 0000 |

Legend: — = unimplemented bit, read as '0'

Note 1: Refer to 'dsPIC30F Family Reference Manual' (DS70046) for descriptions of register bit fields.

그림3.17 모터 컨트롤 레지스터

## ⑤ ADC

아날로그 입력. 인버터에서는 DC BUS 저압, 모터의 U,V상 전류 입력을 받음

FIGURE 19-1: 10-BIT HIGH-SPEED ADC FUNCTIONAL BLOCK DIAGRAM

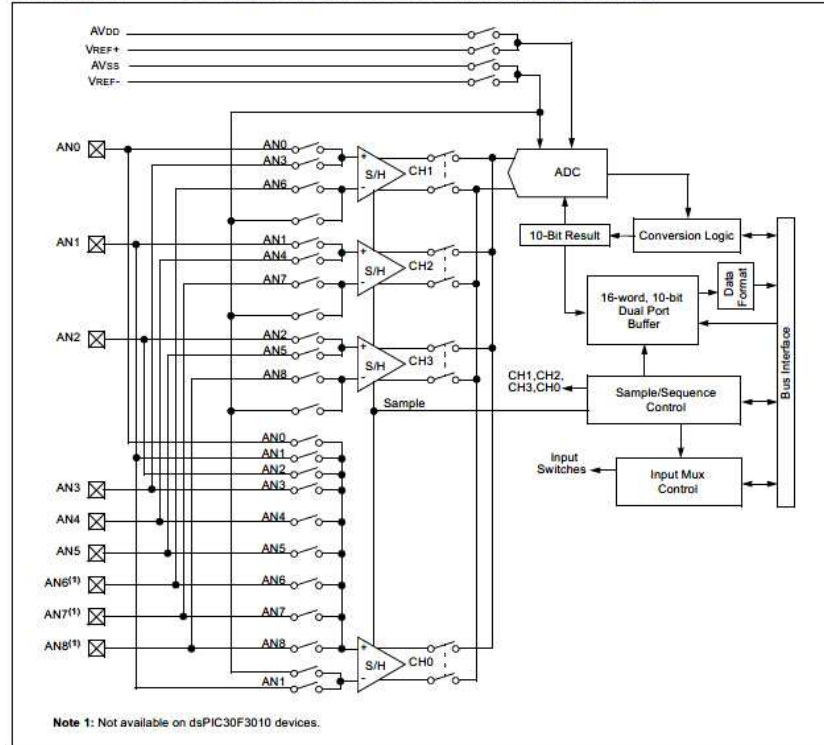


그림3.18 ADC블록도

TABLE 19-2: ADC REGISTER MAP<sup>(1)</sup>

| SFR Name | Addr. | Bit 15       | Bit 14 | Bit 13  | Bit 12    | Bit 11     | Bit 10 | Bit 9              | Bit 8                | Bit 7                | Bit 6                | Bit 5   | Bit 4     | Bit 3      | Bit 2 | Bit 1 | Bit 0 | Reset State |      |      |      |      |      |      |      |      |
|----------|-------|--------------|--------|---------|-----------|------------|--------|--------------------|----------------------|----------------------|----------------------|---------|-----------|------------|-------|-------|-------|-------------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| ADCBUF0  | 0280  | —            | —      | —       | —         | —          | —      | ADC Data Buffer 0  |                      |                      |                      |         |           |            |       |       |       | 0000        | 0000 | 0000 | 0000 |      |      |      |      |      |
| ADCBUF1  | 0282  | —            | —      | —       | —         | —          | —      | ADC Data Buffer 1  |                      |                      |                      |         |           |            |       |       |       | 0000        | 0000 | 0000 | 0000 |      |      |      |      |      |
| ADCBUF2  | 0284  | —            | —      | —       | —         | —          | —      | ADC Data Buffer 2  |                      |                      |                      |         |           |            |       |       |       | 0000        | 0000 | 0000 | 0000 |      |      |      |      |      |
| ADCBUF3  | 0286  | —            | —      | —       | —         | —          | —      | ADC Data Buffer 3  |                      |                      |                      |         |           |            |       |       |       | 0000        | 0000 | 0000 | 0000 |      |      |      |      |      |
| ADCBUF4  | 0288  | —            | —      | —       | —         | —          | —      | ADC Data Buffer 4  |                      |                      |                      |         |           |            |       |       |       | 0000        | 0000 | 0000 | 0000 |      |      |      |      |      |
| ADCBUF5  | 028A  | —            | —      | —       | —         | —          | —      | ADC Data Buffer 5  |                      |                      |                      |         |           |            |       |       |       | 0000        | 0000 | 0000 | 0000 |      |      |      |      |      |
| ADCBUF6  | 028C  | —            | —      | —       | —         | —          | —      | ADC Data Buffer 6  |                      |                      |                      |         |           |            |       |       |       | 0000        | 0000 | 0000 | 0000 |      |      |      |      |      |
| ADCBUF7  | 028E  | —            | —      | —       | —         | —          | —      | ADC Data Buffer 7  |                      |                      |                      |         |           |            |       |       |       | 0000        | 0000 | 0000 | 0000 |      |      |      |      |      |
| ADCBUF8  | 0290  | —            | —      | —       | —         | —          | —      | ADC Data Buffer 8  |                      |                      |                      |         |           |            |       |       |       | 0000        | 0000 | 0000 | 0000 |      |      |      |      |      |
| ADCBUF9  | 0292  | —            | —      | —       | —         | —          | —      | ADC Data Buffer 9  |                      |                      |                      |         |           |            |       |       |       | 0000        | 0000 | 0000 | 0000 |      |      |      |      |      |
| ADCBUFA  | 0294  | —            | —      | —       | —         | —          | —      | ADC Data Buffer 10 |                      |                      |                      |         |           |            |       |       |       | 0000        | 0000 | 0000 | 0000 |      |      |      |      |      |
| ADCBUFB  | 0296  | —            | —      | —       | —         | —          | —      | ADC Data Buffer 11 |                      |                      |                      |         |           |            |       |       |       | 0000        | 0000 | 0000 | 0000 |      |      |      |      |      |
| ADCBUFC  | 0298  | —            | —      | —       | —         | —          | —      | ADC Data Buffer 12 |                      |                      |                      |         |           |            |       |       |       | 0000        | 0000 | 0000 | 0000 |      |      |      |      |      |
| ADCBUFD  | 029A  | —            | —      | —       | —         | —          | —      | ADC Data Buffer 13 |                      |                      |                      |         |           |            |       |       |       | 0000        | 0000 | 0000 | 0000 |      |      |      |      |      |
| ADCBUFE  | 029C  | —            | —      | —       | —         | —          | —      | ADC Data Buffer 14 |                      |                      |                      |         |           |            |       |       |       | 0000        | 0000 | 0000 | 0000 |      |      |      |      |      |
| ADCBUFF  | 029E  | —            | —      | —       | —         | —          | —      | ADC Data Buffer 15 |                      |                      |                      |         |           |            |       |       |       | 0000        | 0000 | 0000 | 0000 |      |      |      |      |      |
| ADCON1   | 02A0  | ADON         | —      | ADSIDL  | —         | —          | —      | FORM<1:0>          | SSRC<2:0>            |                      |                      | —       |           | SIMSAM     | ASAM  | SAMP  | DONE  | 0000        | 0000 | 0000 | 0000 |      |      |      |      |      |
| ADCON2   | 02A2  | VCFG<2:0>    |        |         | —         | —          | CSCNA  | CHPS<1:0>          | BUFS                 |                      | —                    |         | SMPI<3:0> |            |       | —     |       | —           | 0000 | 0000 | 0000 | 0000 |      |      |      |      |
| ADCON3   | 02A4  | —            |        | —       | SAMC<4:0> |            |        | ADRC               |                      | ADCS<5:0>            |                      |         |           |            |       |       |       |             |      | —    |      | —    | 0000 | 0000 | 0000 | 0000 |
| ADCHS    | 02A6  | CH123NB<1:0> |        | CH123SB | CH0NB     | CH0SB<3:0> |        |                    | CH123NA<1:0>         |                      |                      | CH123SA | CH0NA     | CH0SA<3:0> |       |       |       |             | 0000 | 0000 | 0000 | 0000 |      |      |      |      |
| ADPCFG   | 02A8  | —            | —      | —       | —         | —          | —      | —                  | PCFG6 <sup>(2)</sup> | PCFG7 <sup>(2)</sup> | PCFG6 <sup>(2)</sup> | PCFG5   | PCFG4     | PCFG3      | PCFG2 | PCFG1 | PCFG0 | 0000        | 0000 | 0000 | 0000 |      |      |      |      |      |
| ADCSSL   | 02AA  | —            | —      | —       | —         | —          | —      | —                  | CSSL6 <sup>(2)</sup> | CSSL7 <sup>(2)</sup> | CSSL6 <sup>(2)</sup> | CSSL5   | CSSL4     | CSSL3      | CSSL2 | CSSL1 | CSSL0 | 0000        | 0000 | 0000 | 0000 |      |      |      |      |      |

Legend: — = uninitialized bit; — = unimplemented bit, read as '0'.

Note 1: Refer to the "dsPIC30F Family Reference Manual" (DS70046) for descriptions of register bit fields.

2: These bits are not available on dsPIC30F3010 devices.

그림3.19 ADC 레지스터

dspic에서 입력 홀드 기능이 있음. 즉 모든 채널을 데이터 값을 동시에 입력 받고 순차적으로 변환, 즉 전류 값을 동시에 읽을 수 있음

#### ④ 인터럽트

실행 중인 프로그램을 일시 중단하고 다른 프로그램을 끼워 넣어 실행시키는 것

인터럽트 요인이 되는 조건이 생겼을 때 실행 중인 프로그램(A)를 중단하여 강제적으로 특정한 주소로 제어를 옮기고, 준비되어 있는 인터럽트 처리 프로그램(B)을 실행 시키며, 프로그램 처리의 효율화, 입출력 장치의 동시 동작 온라인 처리의 효율화를 기할 수 있다. 인터럽트 요인의 종류로는 입출력 종료 인터럽트, 프로그램 인터럽트, 감시 프로그램 호출, 장애 인터럽트 등이 있다.

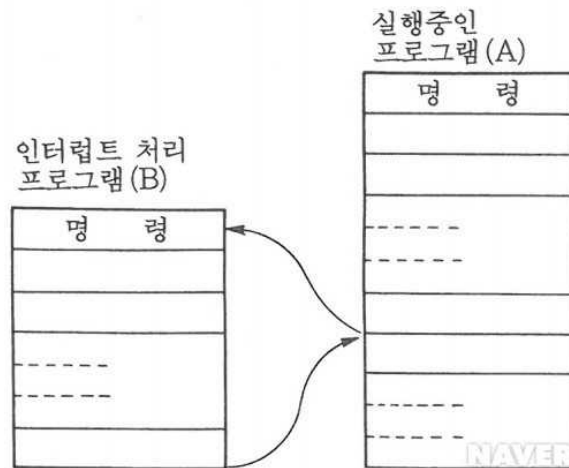


그림3.20 인터럽트

인버터에서는 Extnal, Timer Interrupt, SPI Interrupt, ADC Interrupt 등의 사용

TABLE 5-2: INTERRUPT CONTROLLER REGISTER MAP<sup>(1)</sup>

| SFR Name | ADR  | Bit 15 | Bit 14 | Bit 13      | Bit 12 | Bit 11 | Bit 10 | Bit 9       | Bit 8  | Bit 7  | Bit 6 | Bit 5 | Bit 4       | Bit 3   | Bit 2  | Bit 1       | Bit 0  | Reset State         |
|----------|------|--------|--------|-------------|--------|--------|--------|-------------|--------|--------|-------|-------|-------------|---------|--------|-------------|--------|---------------------|
| INTCON1  | 0080 | NSTDIS | —      | —           | —      | —      | OVATE  | OVSTE       | OVSTE  | —      | —     | —     | MATHERR     | ADDRERR | STKERR | OSCFail     | —      | 0000 0000 0000 0000 |
| INTCON2  | 0082 | ALTIVT | DISI   | —           | —      | —      | —      | —           | —      | —      | —     | —     | —           | —       | INT2EP | INT1EP      | INT0EP | 0000 0000 0000 0000 |
| IFS0     | 0084 | CNIF   | MI2CIF | SI2CIF      | NVMIF  | ADIF   | U1TXIF | U1RXIF      | SPI1IF | T3IF   | T2IF  | OC2IF | IC2IF       | T1IF    | OC1IF  | IC1IF       | INT0IF | 0000 0000 0000 0000 |
| IFS1     | 0086 | —      | —      | —           | —      | —      | —      | U2TXIF      | U2RXIF | INT2IF | T5IF  | T4IF  | OC4IF       | OC3IF   | IC8IF  | IC7IF       | INT1IF | 0000 0000 0000 0000 |
| IFS2     | 0088 | —      | —      | —           | —      | FLTAIF | —      | —           | QE1IF  | PWMIF  | —     | —     | —           | —       | —      | —           | —      | 0000 0000 0000 0000 |
| IEC0     | 008C | CNIE   | MI2CIE | SI2CIE      | NVMIE  | ADIE   | U1TXIE | U1RXIE      | SPI1IE | T3IE   | T2IE  | OC2IE | IC2IE       | T1IE    | OC1IE  | IC1IE       | INT0IE | 0000 0000 0000 0000 |
| IEC1     | 008E | —      | —      | —           | —      | —      | —      | U2TXIE      | U2RXIE | INT2IE | T5IE  | T4IE  | OC4IE       | OC3IE   | IC8IE  | IC7IE       | INT1IE | 0000 0000 0000 0000 |
| IEC2     | 0090 | —      | —      | —           | —      | FLTAIE | —      | —           | QE1IE  | PWMIE  | —     | —     | —           | —       | —      | —           | —      | 0000 0000 0000 0000 |
| IPC0     | 0094 | —      | —      | T1IP<2:0>   | —      | —      | —      | OC1IP<2:0>  | —      | —      | —     | —     | IC1IP<2:0>  | —       | —      | INT0IP<2:0> | —      | 0100 0100 0100 0100 |
| IPC1     | 0096 | —      | —      | T3IP<2:0>   | —      | —      | —      | T2IP<2:0>   | —      | —      | —     | —     | OC2IP<2:0>  | —       | —      | IC2IP<2:0>  | —      | 0100 0100 0100 0100 |
| IPC2     | 0098 | —      | —      | ADIP<2:0>   | —      | —      | —      | U1TXIP<2:0> | —      | —      | —     | —     | U1RXIP<2:0> | —       | —      | SPI1IP<2:0> | —      | 0100 0100 0100 0100 |
| IPC3     | 009A | —      | —      | CNIP<2:0>   | —      | —      | —      | MI2CIP<2:0> | —      | —      | —     | —     | SI2CIP<2:0> | —       | —      | NVMIP<2:0>  | —      | 0100 0100 0100 0100 |
| IPC4     | 009C | —      | —      | OC3IP<2:0>  | —      | —      | —      | IC8IP<2:0>  | —      | —      | —     | —     | IC7IP<2:0>  | —       | —      | INT1IP<2:0> | —      | 0100 0100 0100 0100 |
| IPC5     | 009E | —      | —      | INT2IP<2:0> | —      | —      | —      | T5IP<2:0>   | —      | —      | —     | —     | T4IP<2:0>   | —       | —      | OC4IP<2:0>  | —      | 0100 0100 0100 0100 |
| IPC6     | 00A0 | —      | —      | —           | —      | —      | —      | —           | —      | —      | —     | —     | U2TXIP<2:0> | —       | —      | U2RXIP<2:0> | —      | 0100 0000 0100 0100 |
| IPC7     | 00A2 | —      | —      | —           | —      | —      | —      | —           | —      | —      | —     | —     | —           | —       | —      | —           | —      | 0000 0000 0000 0000 |
| IPC8     | 00A4 | —      | —      | —           | —      | —      | —      | —           | —      | —      | —     | —     | —           | —       | —      | —           | —      | 0000 0000 0000 0000 |
| IPC9     | 00A6 | —      | —      | PWMIP<2:0>  | —      | —      | —      | —           | —      | —      | —     | —     | INT4IP<2:0> | —       | —      | INT3IP<2:0> | —      | 0100 0000 0100 0100 |
| IPC10    | 00A8 | —      | —      | FLTAIP<2:0> | —      | —      | —      | —           | —      | —      | —     | —     | —           | —       | —      | QE1IP<2:0>  | —      | 0100 0000 0000 0100 |
| IPC11    | 00AA | —      | —      | —           | —      | —      | —      | —           | —      | —      | —     | —     | —           | —       | —      | —           | —      | 0000 0000 0000 0000 |

Legend: — = unimplemented, read as '0'  
Note 1: Refer to the "dsPIC30F Family Reference Manual" (DS70046) for descriptions of register bit fields.

그림3.21 인터럽트 레지스터

## ⑤ 가속도센서

가속도센서는 출력신호를 처리하여 물체의 가속도, 진동, 충격 등의 동적 힘을 측정하는 것이다. 물체의 운동상태를 상세하게 감지할 수 있으므로 활용 분야가 아주 넓고, 갖가지 용도로 사용되고 있다. 자동차, 기차, 선박, 비행기등 각종 수송수단, 공장자동화 및 로봇 등의 제어시스템에 있어서는 필수적인 센서이다. 통신기기 등에 내장하는 가속도센서는

해마다 얇아지며 소형화되는 추세이다.

가속도센서는 그 형식도 여러 가지가 있다. 검출 방식으로 크게 분류하면 관성식, 자이로식, 실리콘반도체식이 있는데, 진도계나 경사계 등도 가속도센서의 한 종류로 볼 수 있다.

본 연구과제에서는 가속도센서를 사용하여 지구 중량의 방향을 사용하고자 한다. 지구의 중력의 방향을 측정하여 구조물의 기울임을 알아내는데 사용한다. 따라서 센서가 얼마만큼의 가속도 또는 힘을 받고 있는지를 측정한다. 3축 센서를 기준으로 하면 X, Z, Y축에 받는 가속도의 크기를 측정한다.

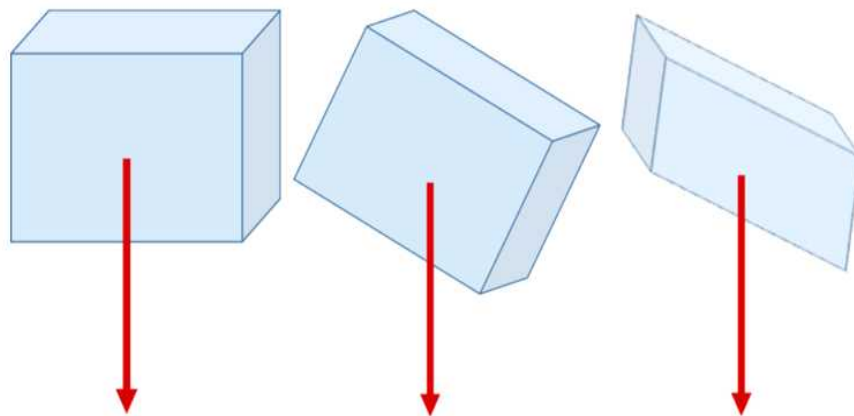


그림3.22 가속도센서 힘의 방향

위의 그림에서 보면 하나의 물체(센서)를 회전 시켜도 절대적인 힘의 방향, 즉 중력의 방향은 일정하다. 또한 이 중력가속도를 수학적 모델을 만들기 위해 벡터로 표시된다. 위의 그림과 같은 힘의 방향으로 화살표가 그려져 있고, 그 방향을 중력가속도의 방향과 일치시킨다. 이는 지구의 중심 방향이다. 위의 그림에서와 같이 센서를 기울여도 중력가속도의 방향은 지구의 중심 방향이 된다.

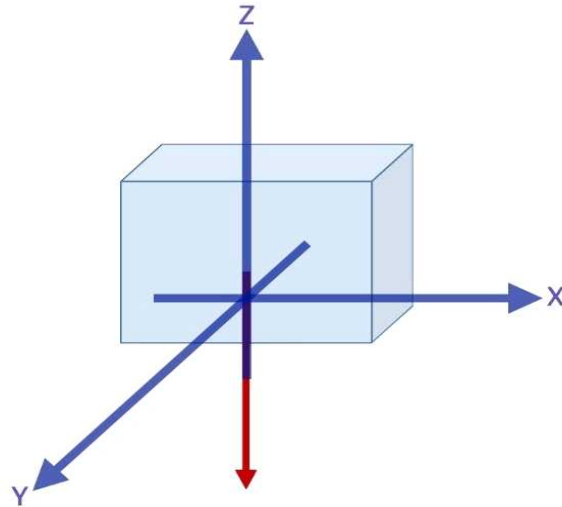


그림3.23 가속도센서의 중력가속도 방향

위의 그림과 같이 센서와 중력 방향을  $-Z$ 축에 일치 시키면  $Z=-1G$ 가 되고 다른 축 방향의 힘은 0이다. 그러나, 센서를 회전시키면 아래 그림과 같이 된다.

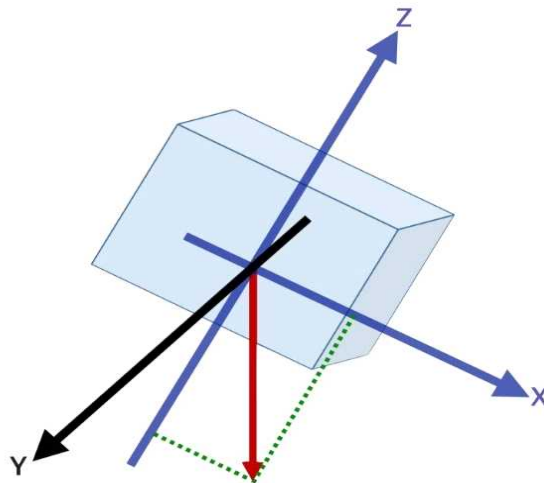


그림3.24 가속도센서 회전

Y축으로 센서를 회전한 그림이다. 위의 그림과 같이 중력가속도는 X축과 Z축의 벡터 합이 된다. 여기서 센서를 임의 각도로 회전하게 되면 각축의 벡터합으로 중력가속도를 표현해야한다.

실제 센서에서 읽어온 데이터는 아래 그림과 같다.

|       |                |
|-------|----------------|
| Accel | <array>        |
| [0]   | 1.00634765     |
| [1]   | 9.47265625E-2  |
| [2]   | -3.56445312E-2 |
| Gyro  | <array>        |

|       |                 |
|-------|-----------------|
| Accel | <array>         |
| [0]   | -2.44140625E-4  |
| [1]   | 9.8999023433E-1 |
| [2]   | -2.5390625E-1   |

|       |                 |
|-------|-----------------|
| Accel | <array>         |
| [0]   | -2.44140625E-4  |
| [1]   | 9.8999023433E-1 |
| [2]   | -2.5390625E-1   |

그림3.25 가속도센서 데이터값

#### ⑥ 자이로센서

자이로센서는 가속도를 측정하는 가속도센서와 달리 각속도를 측정한다. 자이로스코프 (Gyroscope)가 각속도를 측정하는 시간당 회전하는 각도를 의미한다. 자이로센서의 측정 원리는 다음과 같다.

예를 들어, 수평한 상태(정지상태)에서 각속도를 0도/sec이다. 물체가 10초 동안 움직이는 동안 50도만큼 기울어졌다면, 10초 동안의 평균 각속도는 5도/sec다. 정지 상태에서 기울어진 각도 50도를 유지하였다면 각속도가 0도/sec가 된다. 이러한 과정을 거치면서 각속도는  $0 \rightarrow 5 \rightarrow 0$ 으로 바뀌었고, 각도는 0도에서 증가해서 50도가 되었다.

자이로 센서는 각속도를 측정한다. MPU6050처럼 3축센서를 사용한다면, X, Y, Z축의 회전 속도를 측정한다.

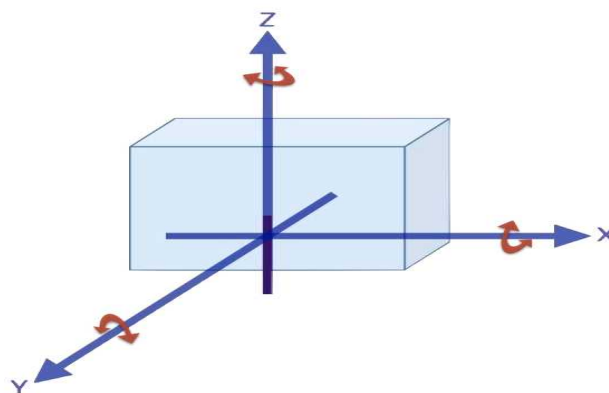


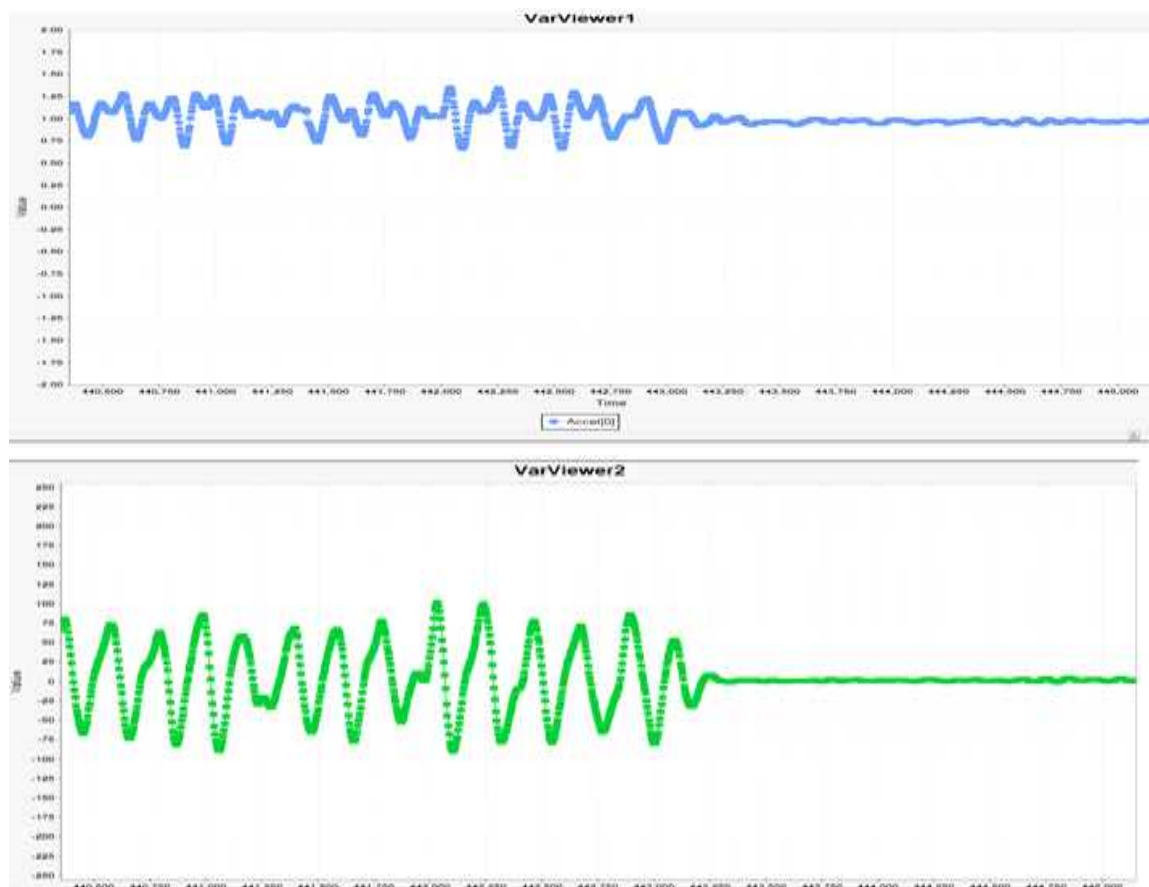
그림3.26 자이로센서 회전 속도

각속도에서 각도를 구하려면 전체 시간에 대한 적분을 해야 한다. 자이로센서는 이와 같이 가속도를 측정하므로 전체 시간동안 이각속도를 적분하면 기울어진 각도를 계산할 수 있다. 그런데 자이로 센서는 온도의 영향으로 오차가 발생하며, 오차가 적분 과정에서 누적되어 최종 값이 드리프트(drift)되는 현상이 생긴다. 따라서 자이로는 온도센서도 함께 사용해서 오차를 보정해야 한다.

정지상태의 긴 시간의 관점에서 보면 가속도 센서에 의해 계산된 기울어진 각도는 올바른 값을 보여주지만 자이로 센서에서는 시간이 지날수록 틀린 값을 보인다. 반대로, 움직임이 짧은 시간의 관점에서 자이로 센서는 올바른 값을 보여주지만 가속도 센서는 기울어진 각도와는 다른 계산 값이 나올 수 있다. 따라서 가속도센서와 자이로센서를 모두 사용해서 각각의 단점을 보정할 수 있는 알고리즘을 적용해서 롤 또는 피치 값을 계산한다. 많이 적용하는 보정 방법 및 필터링으로는 칼만 필터가 있다

## ⑦ 상보필터

위에서 언급한 것과 같이 가속도 또는 자이로 센서의 값을 독립적으로 사용하였을 때는 누적 오차에 의한 드리프트에러가 발생한다. 이는 오랜 기간 동안 미세한 각도 변화를 측정해야 하는 본 과제에 적용이 불가하다. 따라서 이 두 센서의 값을 조합하여 더욱 정확한 측정값을 얻는 과정이 필요하다.



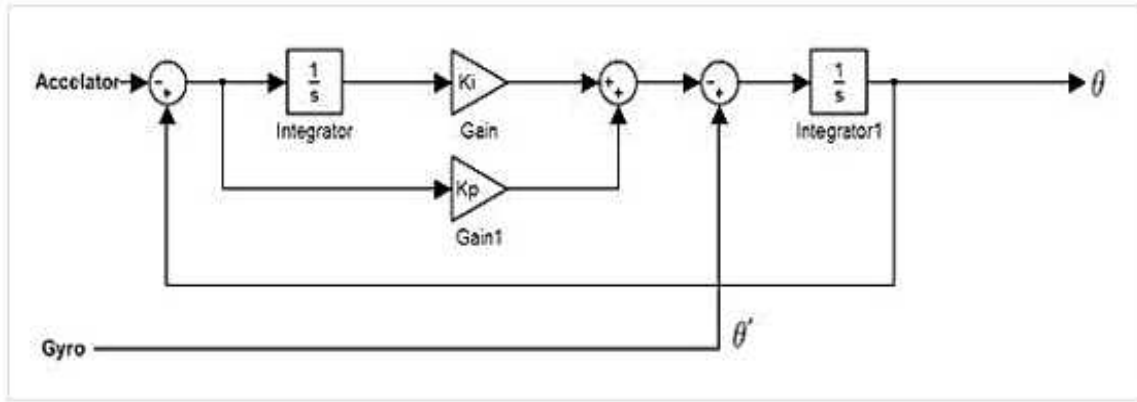


그림3.27 상보필터

먼저, 가속도 센서값을 편의상 roll, pitch로 변환한다.  
변환식은 다음과 같다.

$$xAngle_{accel} = \arctan \frac{yValue}{zValue} \times 180 \div \pi$$

여기서 xAngle는 roll이된다.

마찬가지로 pitch도 같은 식으로 구할 수 있다.

다음으로는 자이로 센서를 roll, pitch를 구한다.

$$xAngle_{gyro} = xAngle_{gyro} + (xValue \times dt)$$

이렇게 얻어진 값을 상보필터에 입력값으로 넣어 누적오차를 가속도 값에 근접시킨다.  
위의 상보필터를 수식으로 나타내면 다음과 같다.

$$\theta_{result} = \int [\theta_{gyroValue} + \{(\theta_{accValue} - \theta_{preResult}) \times P_{gain}\} + \{ \int (\theta_{accValue} - \theta_{preValue}) \times I_{gain} \}]$$

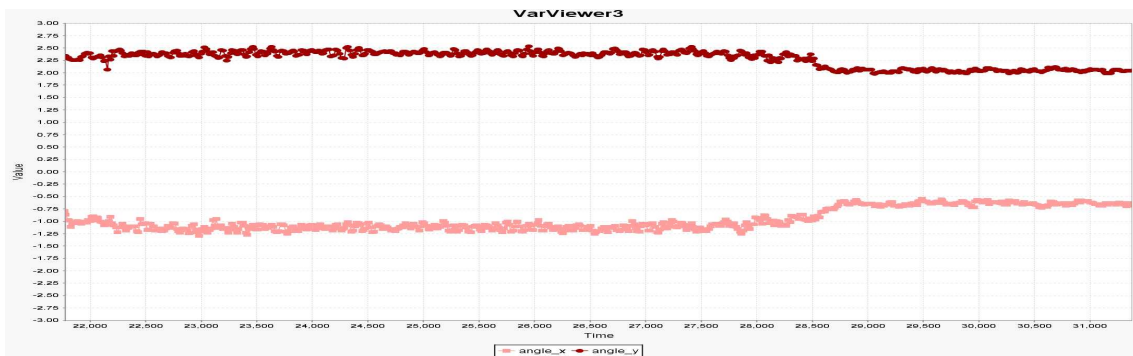


그림3.28 상보필터를 이용한 측정결과

위의 그림은 상보필터를 이용하여 수평 X, Y축의 회전 각도를 측정한 그래프이다. X축 0.5도 Y축으로 0.25도 정도를 측정할 수 있었다.

## (2) 모듈센서 및 센서 도면

### ① 모듈 회로도

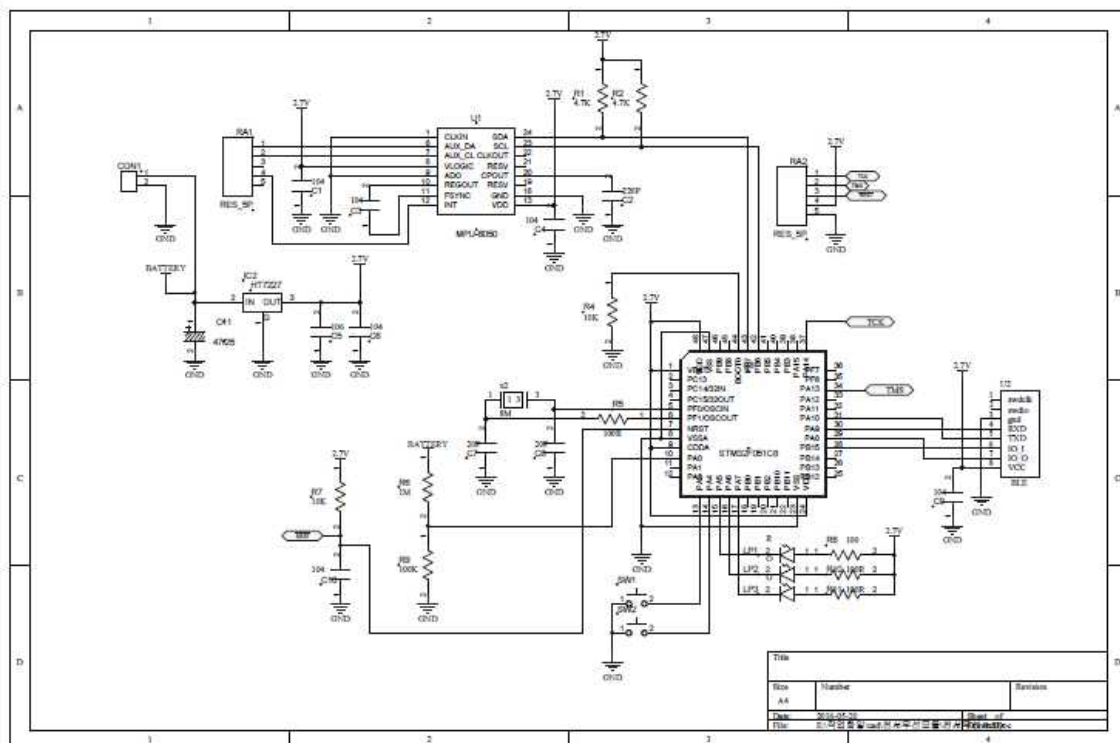
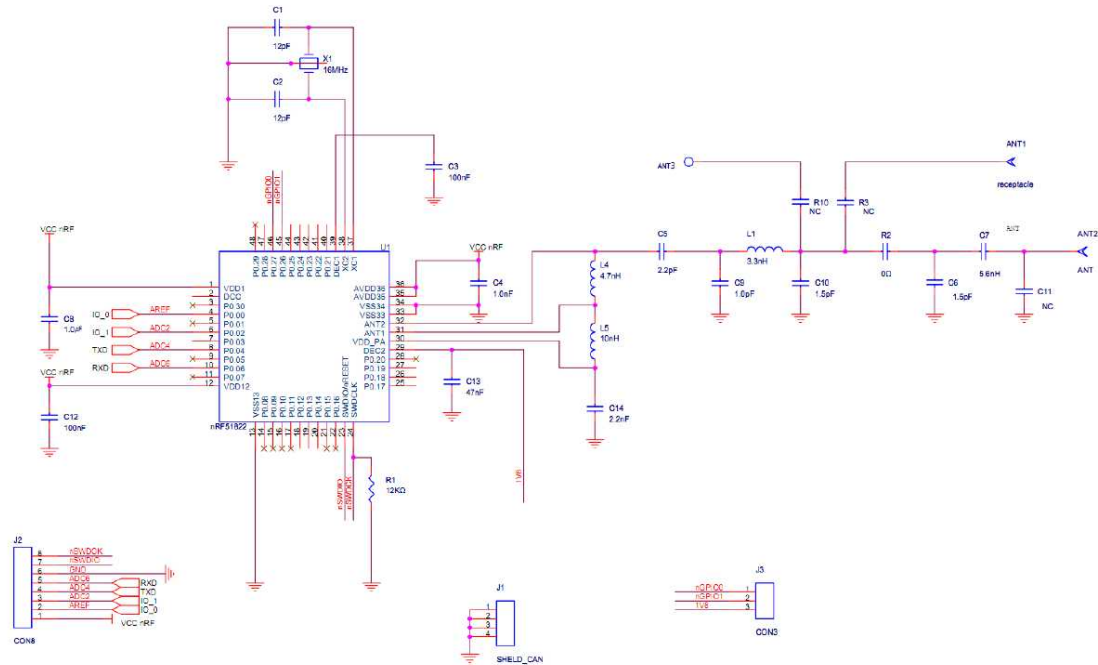
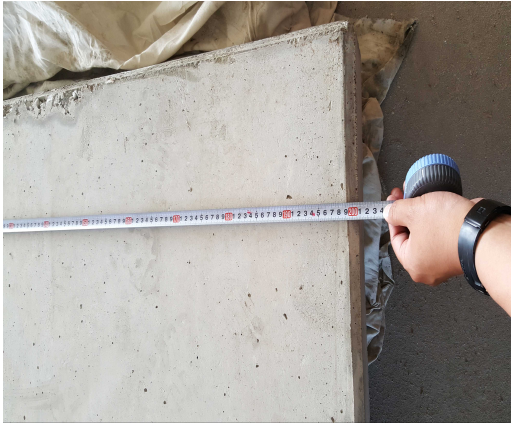


그림3.29 모듈 회로도

다. 시제품 제작 및 현장 테스트

① 테스트용 몰드 제작

|                                                                                    |                                                                                     |
|------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
|   |   |
|  |  |
| <p>그림3.35 용벽 몰드 검측 및 제작</p>                                                        | <p>그림3.36 제품 검수 및 테스트(비콘센서설치)</p>                                                   |

② 안전세서 시제품 제작



그림3.30 시제품 제작

③ 기술개발 플로우

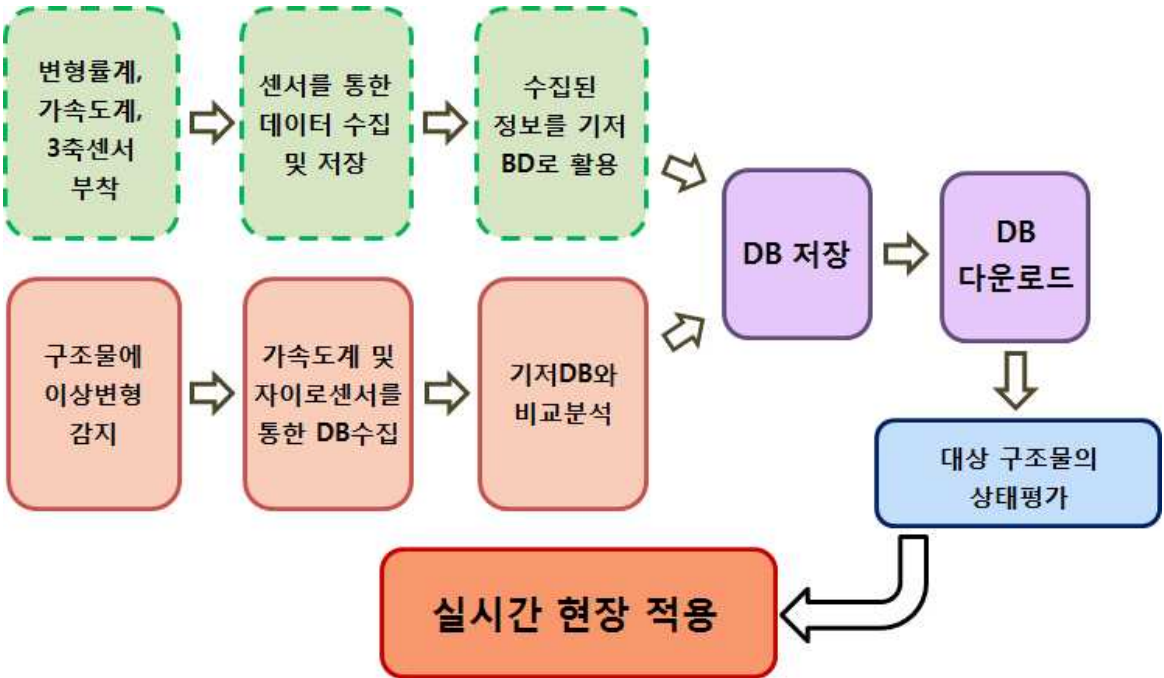


그림3.31기술개발 플로우

라. 위험감지 센싱 시스템의 최적 설치 위치 연구

(1) 용벽의 거동 분석을 위한 테스트- 센서 부착을 위한 최적 위치 데이터 취득

① 실험 목적 : 기울기 시험, 전도시험을 통해 용벽의 각 부위에 따른 변위 측정하여 용벽에 전달되는 변위의 최대인 부분을 찾도록 함.

② 장소 : 이천 공장 내

③ 측정 : 용벽의 설치 높이에 따라 상, 중, 하로 측정하여 데이터 분석





그림3.32 최적위치 설정을 위한 현장 테스트

#### ④ 관측데이터 :

MPU6050의 센서는 데이터를 16비트로 표현.

또한 가속도의 범위를  $-2G \sim 2G$  설정

따라서 센서의 값은  $-2G \sim 2G$ 의 가속도를  $-32768 \sim 32767$ 의 스케일로 표현

이를 각각 X, Y, Z축으로 출력하여 데이터를 저장

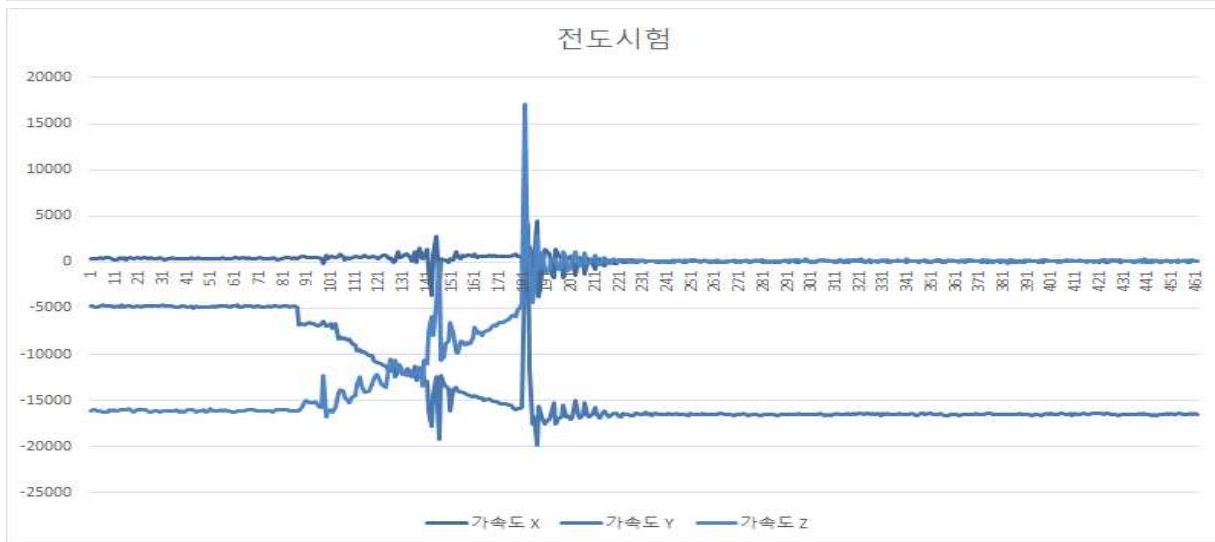
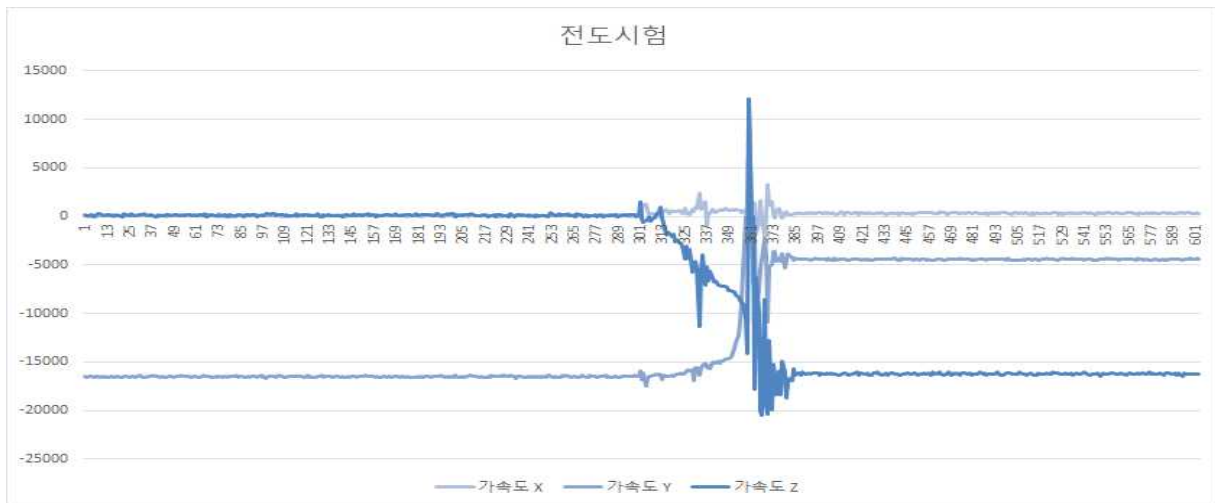




그림3.34 관측 데이터값

##### ⑤ 결론

센서의 데이터 중 센서1의 전체적인 변위가 크게 나타났다. 센서1의 부착위치는 옹벽의 상부에 위치하며, 진동원과 가까운 거리 또는 옹벽의 진동이 가장 취약한 곳으로 나타났다. 따라서 옹벽의 진동 측정의 최적지는 옹벽의 상부 최소 2개소 이상이 적당 할 것으로 예상된다.

(2) 철골구조물(체육관)의 거동 분석을 위한 테스트 - 센서 부착을 위한 최적 위치 데이터 취득

- ① 실험 목적 : 철골 구조물의 위치에 따르는 거동 분석(각도 변위를 측정)
- ② 장소 : 구리시 일대의 철골 구조물
- ③ 측정 : 구조물의 기둥 상단(지상 4M), 보의 양쪽 끝

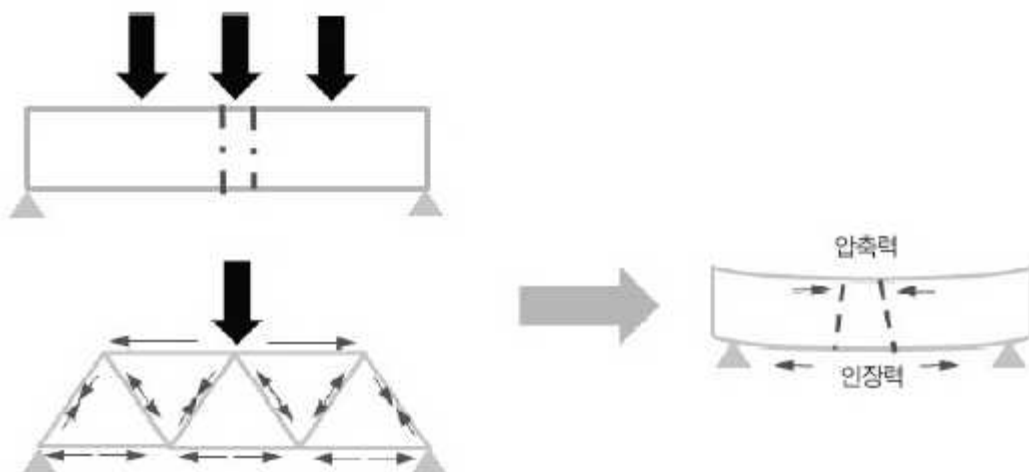
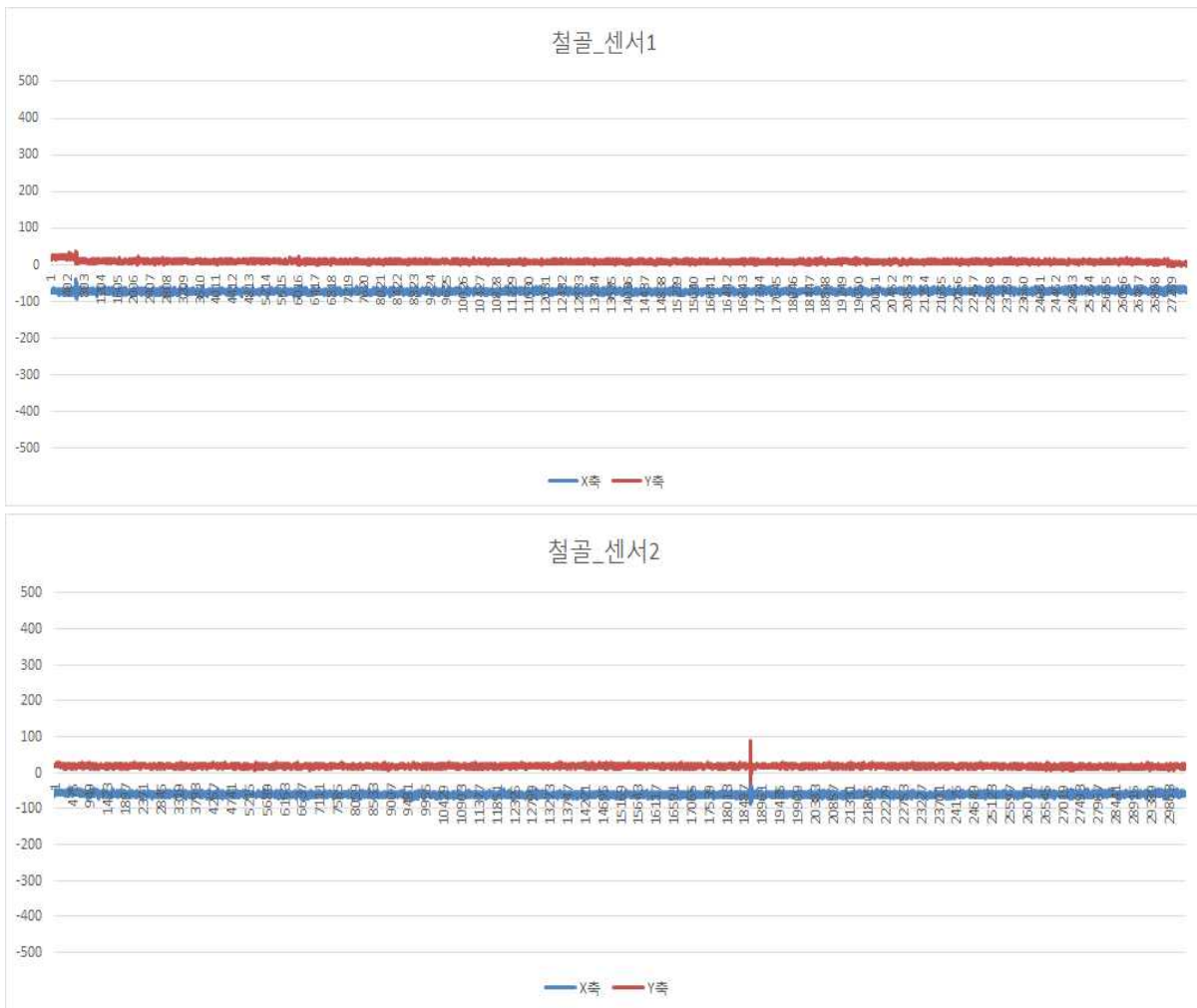


그림3.35 트러스구조의 원리



그림3.36 최적위치 설정을 위한 현장 테스트

#### ④ 관측데이터



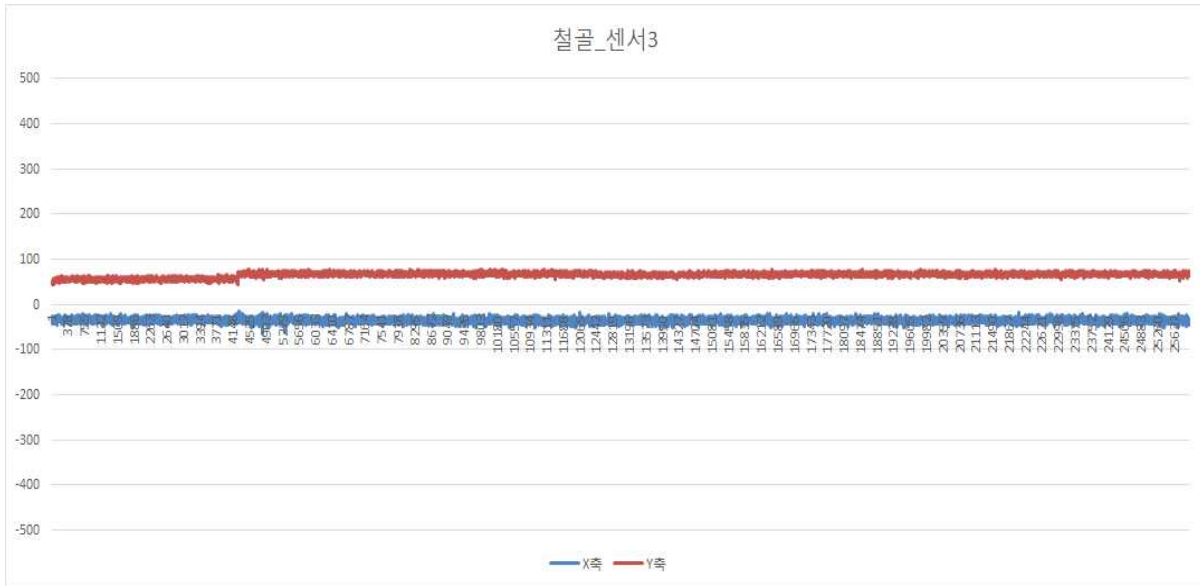


그림3.37 관측데이터

##### ⑤ 결론

트러스구조의 원리를 바탕으로 인장력, 압축력 위치에 모두 센서를 설치 후 20회 관측 데이터 확인 진행, 진행 결과 압축력에 비해 인장력 위치의 센서 변위 값이 크게 변동됨.

(3) 시제품 수정보완 후 테스트 진행

① 용벽의 기울기 및 전도 테스트

- ㉔ 실험 목적 : 1차년도에 제작된 로우데이터 위험감지 센싱 시스템의 현장 실험을 통해 데이터 값 축적후 데이터 필터링을 통한 위험도 5단계를 설정  
센서내에 수치화된 위험도 5단계를 삽입

일정 단계 이상의 변위 발생시 경보음 및 대비경로 안내 신뢰도 테스트

- ㉔ 장소 : 이천시\_대승씨엔에스 공장

- ㉔ 측정 : 위험도 5단계 경보음 및 대비경로 테스트

- ㉔ 관측 데이터

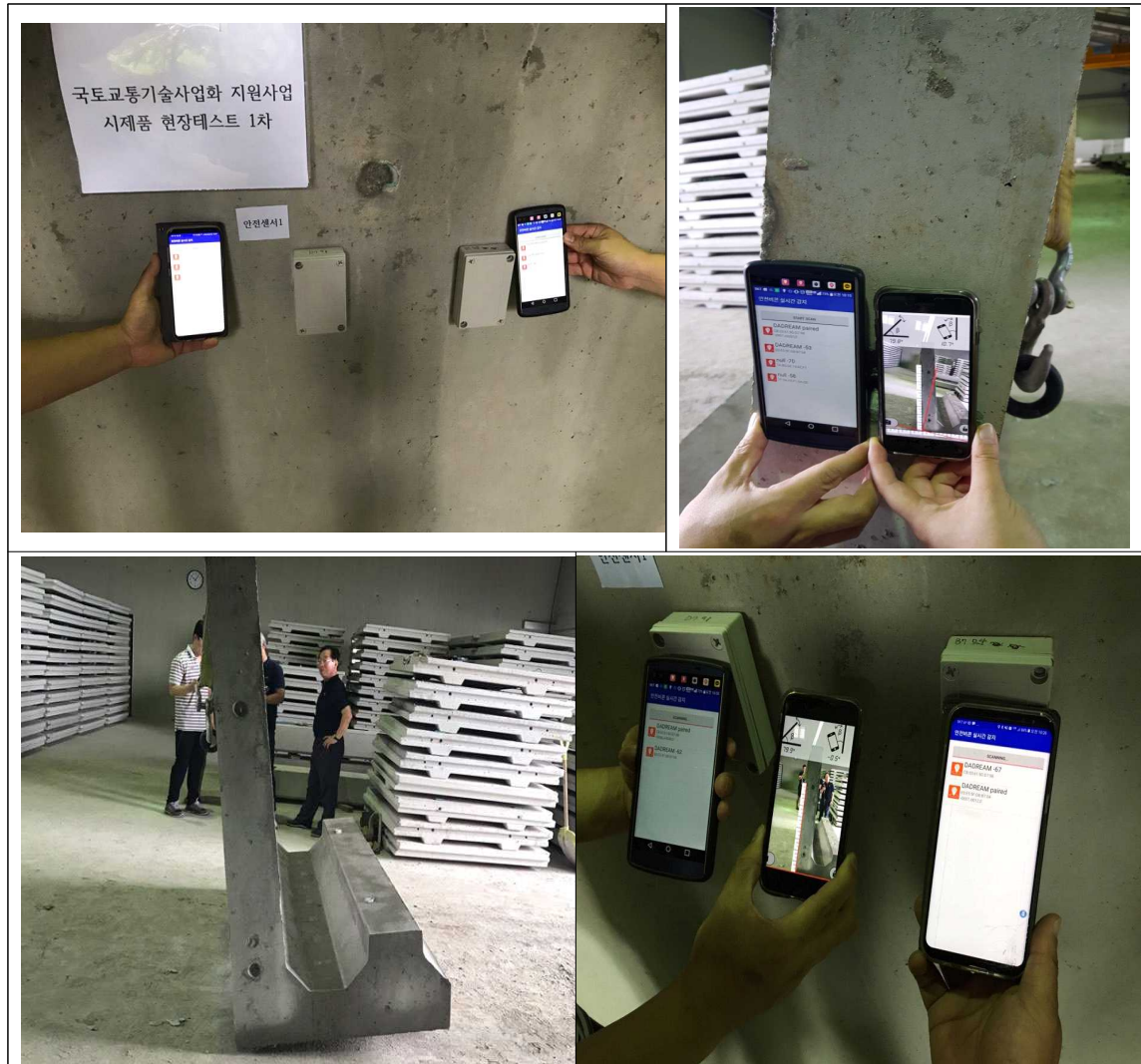


그림3.40 2차년도 1차 기울기 시험

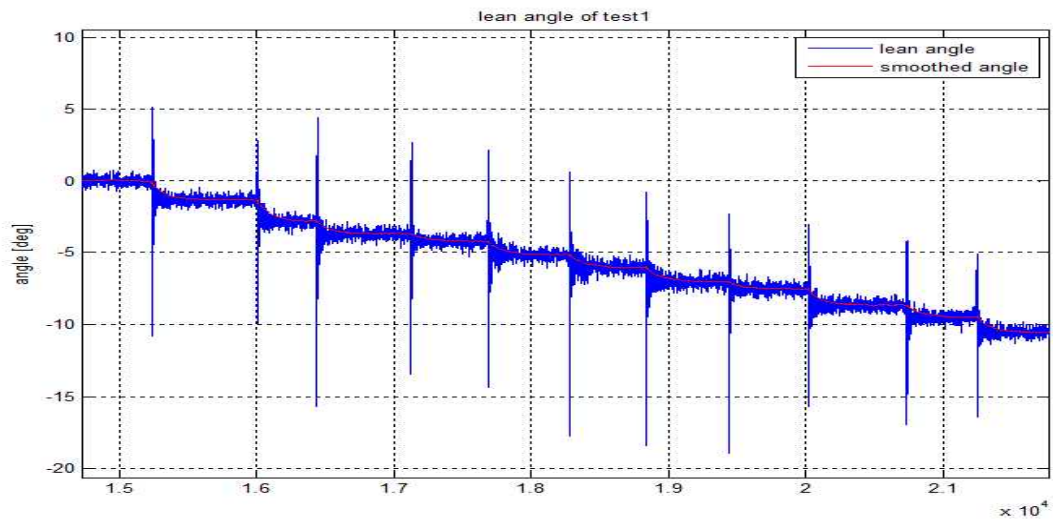


그림3.41 1분 간격으로 약1도 기울기 시험

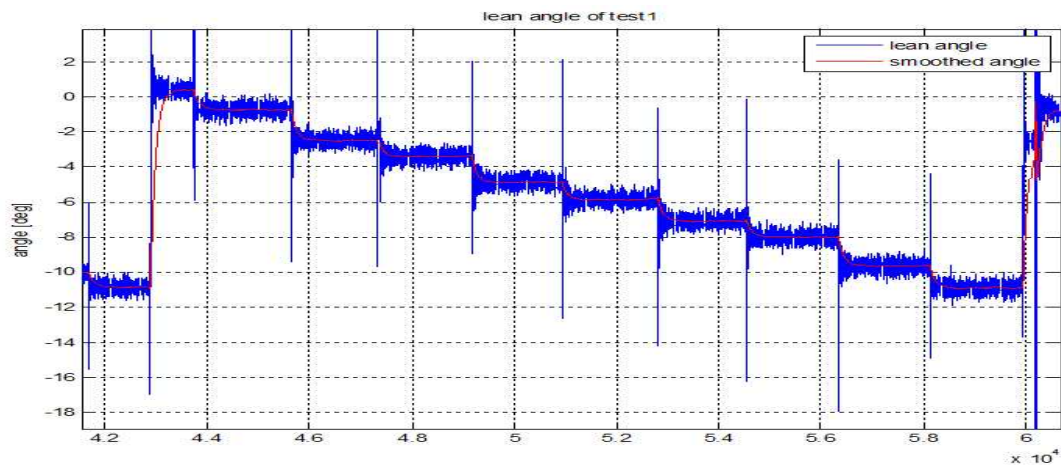
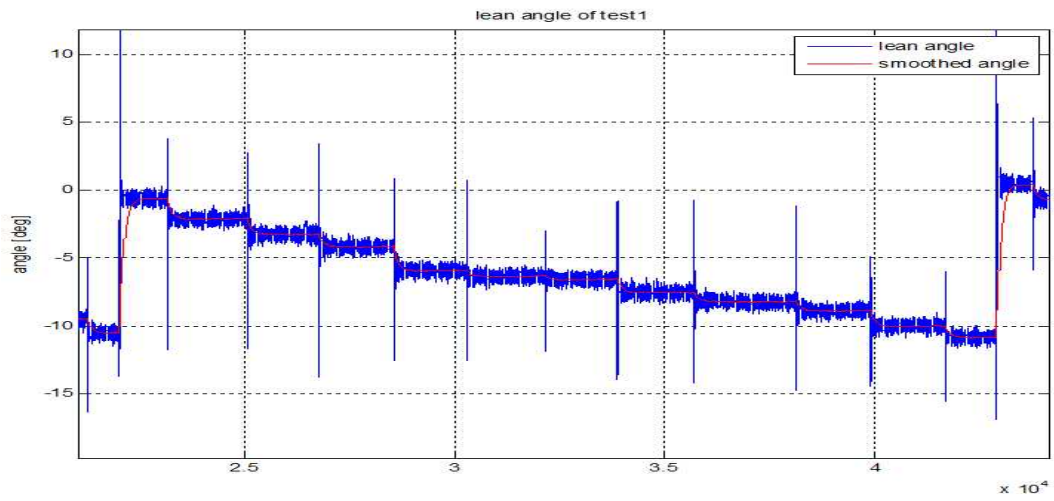


그림3.42 3분 간격으로 약1도 기울기 시험

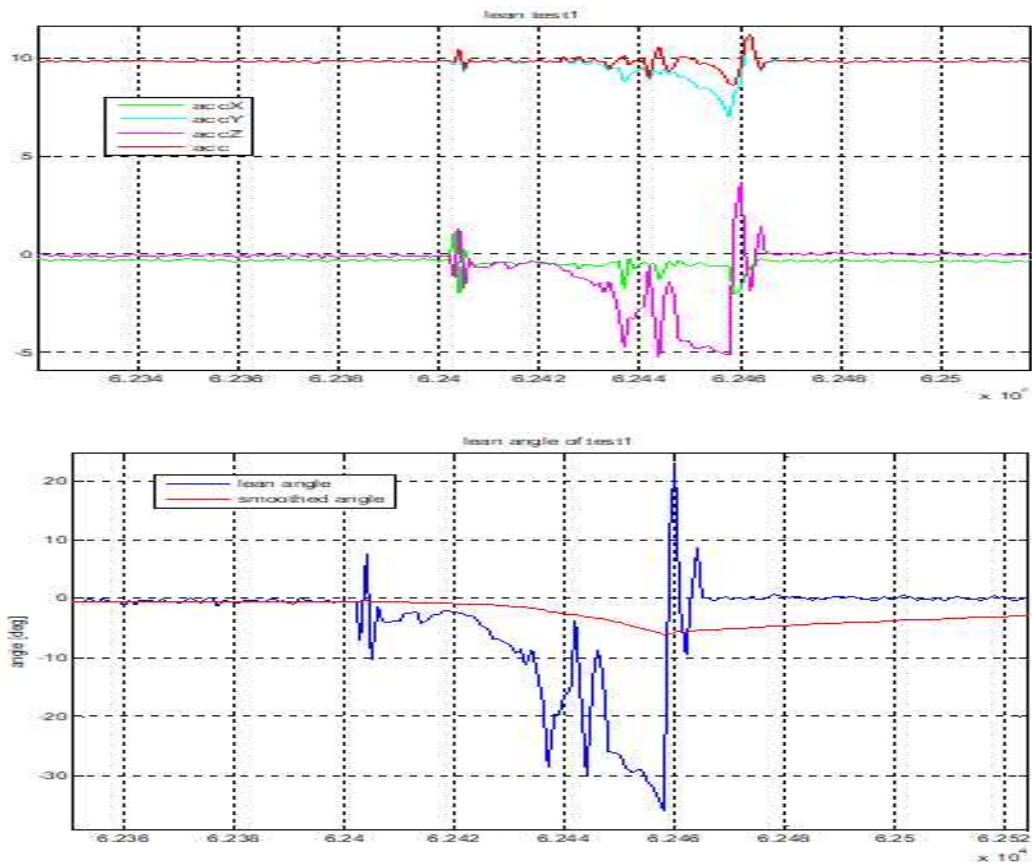


그림3.43 3분 간격으로 약1도 기울기 시험

㉞ 데이터 처리 및 결론

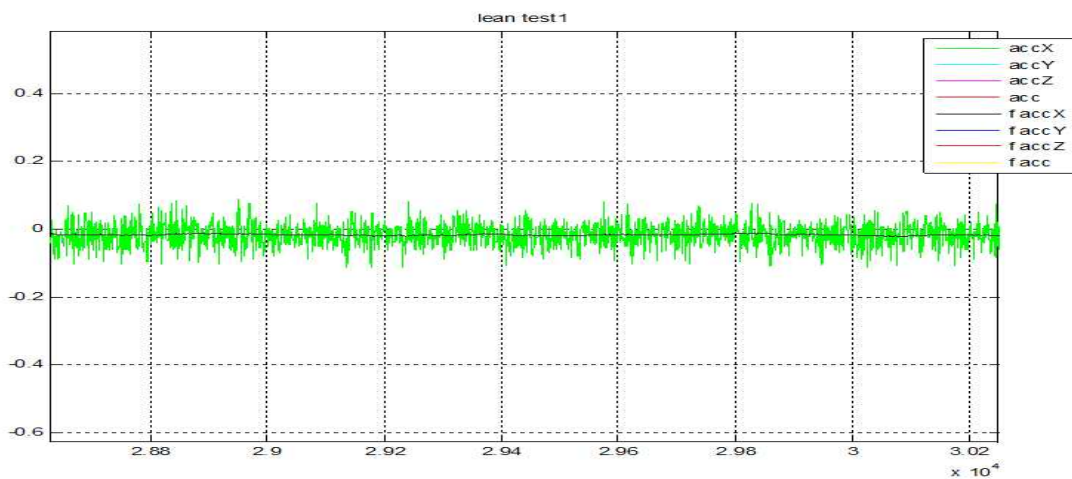


그림3.44 기울기시험 데이터 처리

## 라. 어플리케이션 개발

### (1) 실시간 계측 시스템 사용자용 어플리케이션 개발

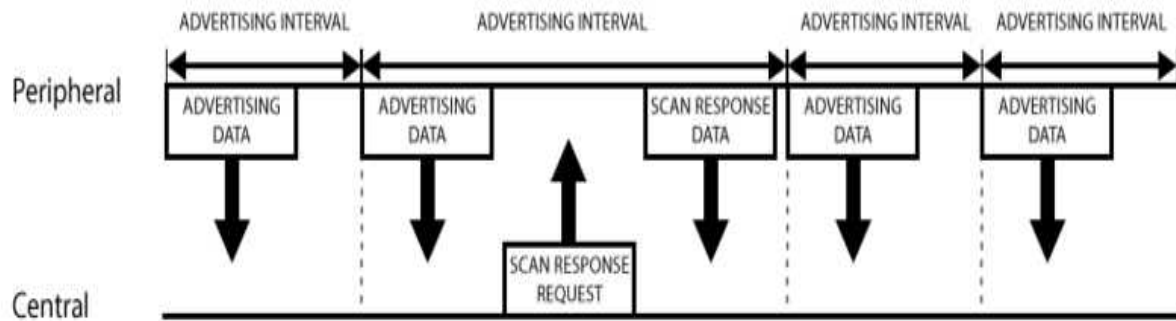


그림3.45 BLE Advertizing Process

- ① GAP을 이용해서 게시(Advertising)를 할 때 Advertising Data Payload와 Scan Response Payload 를 포함할 수 있음
- ② 두 가지는 서로 구분되며 31바이트까지 데이터를 포함할 수 있음. 하지만 Advertising Data Payload 가 필수인데 반해 Scan Response Payload는 선택적. Advertising Data Payload 는 Central 장치가 인식할 수 있도록 peripheral 장치(센서장치)에서 계속 송출되는 데이터. Scan Response Payload 는 central 장치(폰)에서 장치 이름과 같이 추가적인 정보를 요구하기 위해 정의된 것으로 선택적으로 구현.

### (2) CATT기반 동작 구조

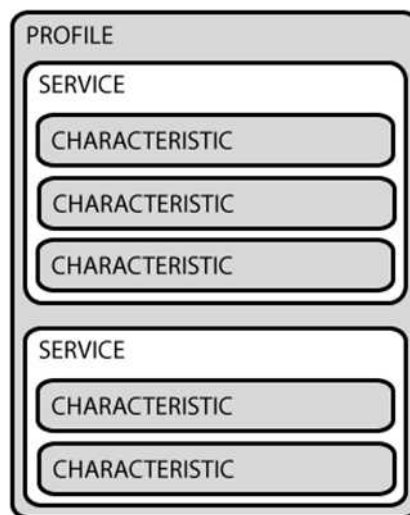


그림3.46 CATT기반 동작 구조

#### ① 프로파일(PROFILE)

프로파일은 BLE peripheral(센서장치)에 실제로 존재하는 것은 아닙니다. 이것은 Bluetooth SIG(블루투스 표준 개발그룹) 혹은 peripheral(센서장치) 디자이너에 의해서 만

들어진, 미리 정의된 서비스의 묶음입니다.

② 서비스(SERVICE)

서비스는 데이터를 논리적인 단위로 나누는 역할을 하며 특성(characteristic)이라 불리는 데이터 단위를 하나 이상 포함하고 있습니다. 각 서비스는 UUID라 불리는 16bit(for officially adopted BLE Services) 혹은 128bit(for custom services) 구분자를 가지고 있습니다.

③ 특성(CHARACTERISTIC)

GATT 기반 동작구조에서 가장 하위 단위는 특성입니다. 특성은 단 하나의 데이터만을 포함합니다. 가속도 센서처럼 X, Y, Z 축 값이 한 쌍을 이루는 경우 일련된 값의 나열(배열)도 하나의 데이터로 간주합니다.

(3) 데이터 감지



그림3.47 데이터 감지 도식화

- ① RSSI Sensing : 휴대폰에서 측정한 BLE의 신호 감도 측정
- ② Gyro Data Sensing : 자이로 센서의 값을 측정하여 건축물의 위험도를 측정
- ③ 위험알림 : BLE 데이터를 사용해 위험상황 발생 시 사용자에게 알림

#### (4) 관리자용 어플리케이션

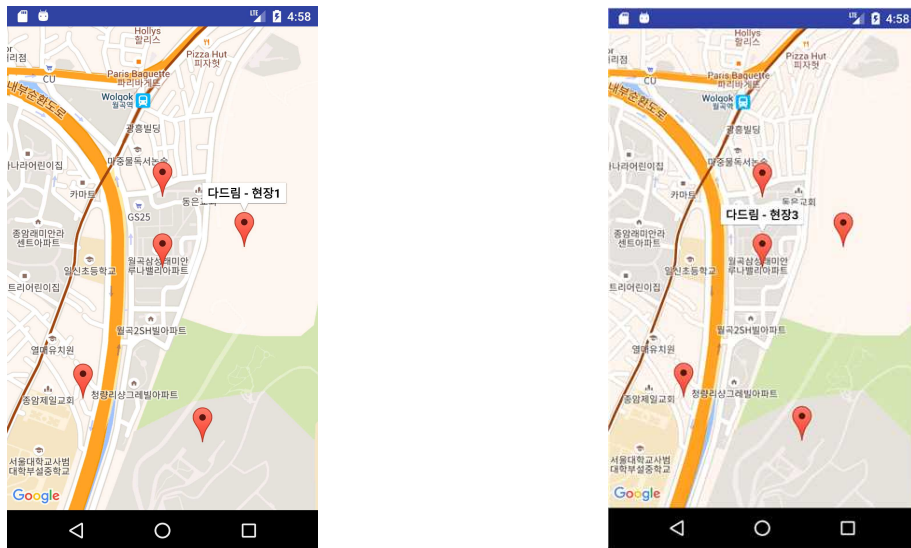


그림3.48 관리자용 어플리케이션 화면

- ① 통합 서버에서 등록된 현장은 어플리케이션으로 확인 가능
- ② 각 현장의 이름은 터치하여 확인 할 수 있다.
- ③ 각 현장의 상세정보는 현장 이름을 선택하여 볼 수 있으며, 각 현장에 설치된 센서 정보를 확인 할 수 있다.

#### (5) 사용자용 어플리케이션

- ① 현장을 선택하여 들어오면 현장의 내부 지도와 센서의 위치를 확인 할 수 있다.
- ② Realtime BLE 데이터로 센싱된 정보에 의해 현재의 위험 척도를 확인 할 수 있다.
- ③ 특정 위험 척도를 넘어가면 현장 탈출 경고와 함께 탈출 경로를 알려준다.
- ④ 이때 사용되는 탈출경로는 실내측위에 의해 수집된 데이터로 만들어진다.

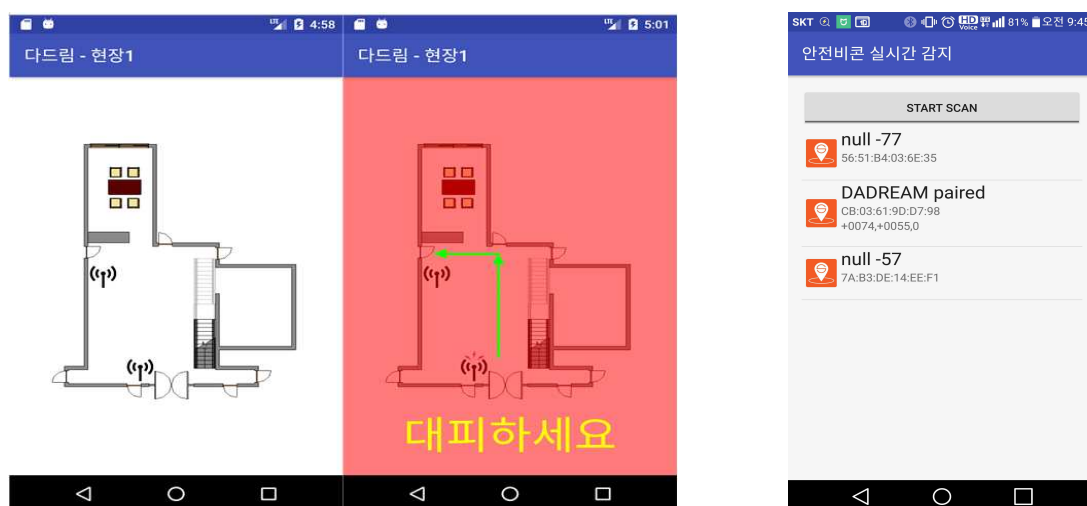


그림3.49 사용자용 어플리케이션 화면

## (6) 통합 관리 서버

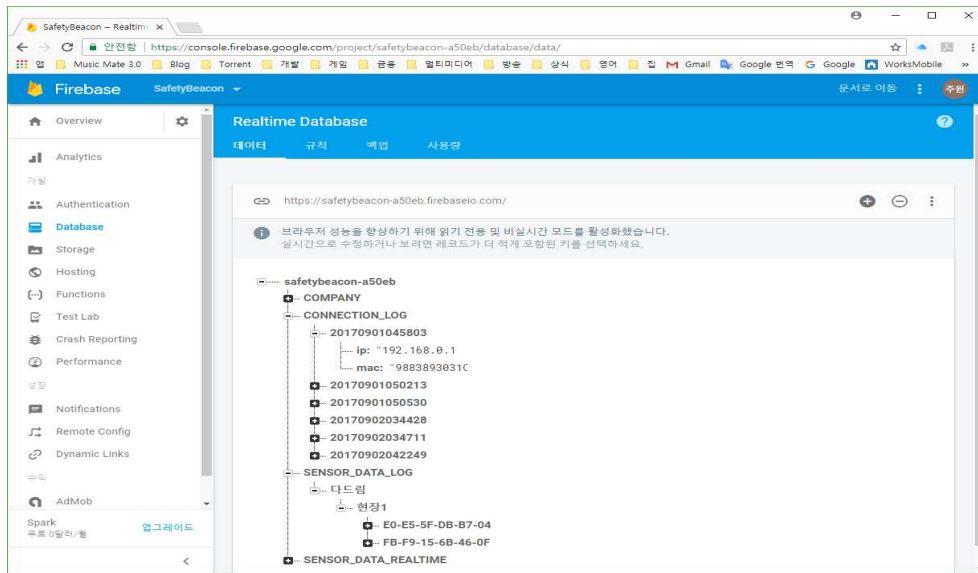
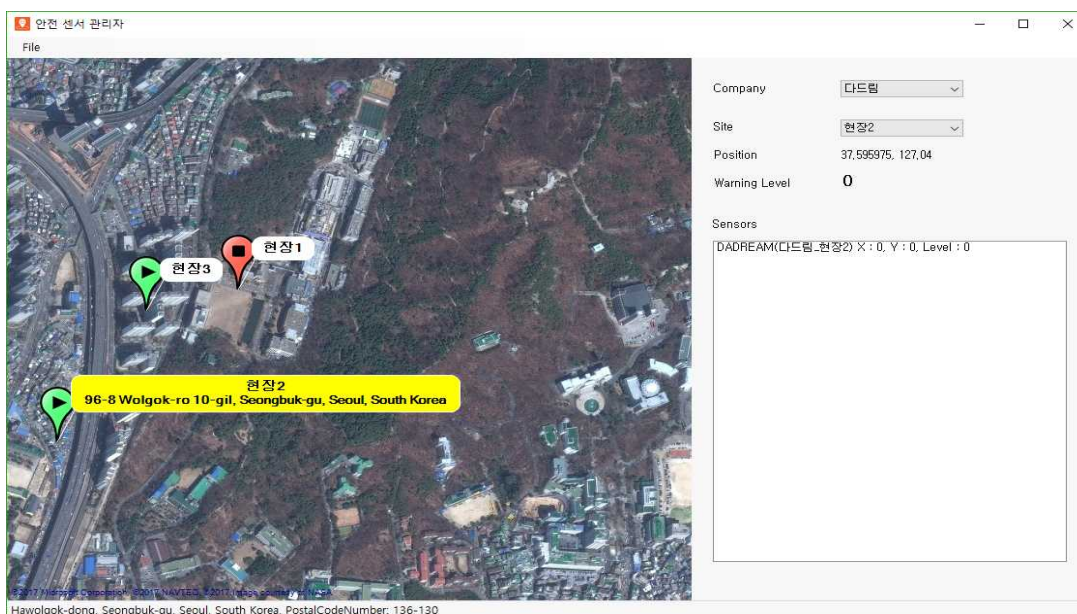


그림3.50 통합관리서버 화면

- ① 통합 관리를 위한 DB는 Firebase Realtime DB를 사용한다.
- ② 회사 및 현장에 대한 상세 정보를 기록한다.
- ③ 관리자용 프로그램의 접속 이력을 관리한다.
- ④ 센서의 과거 데이터를 수집한다.
- ⑤ 센서의 실시간 데이터를 감시하며 앱 및 관리자용 프로그램에게 변경 이력을 실시간으로 전달해 준다.

## (7) 관리자용 프로그램



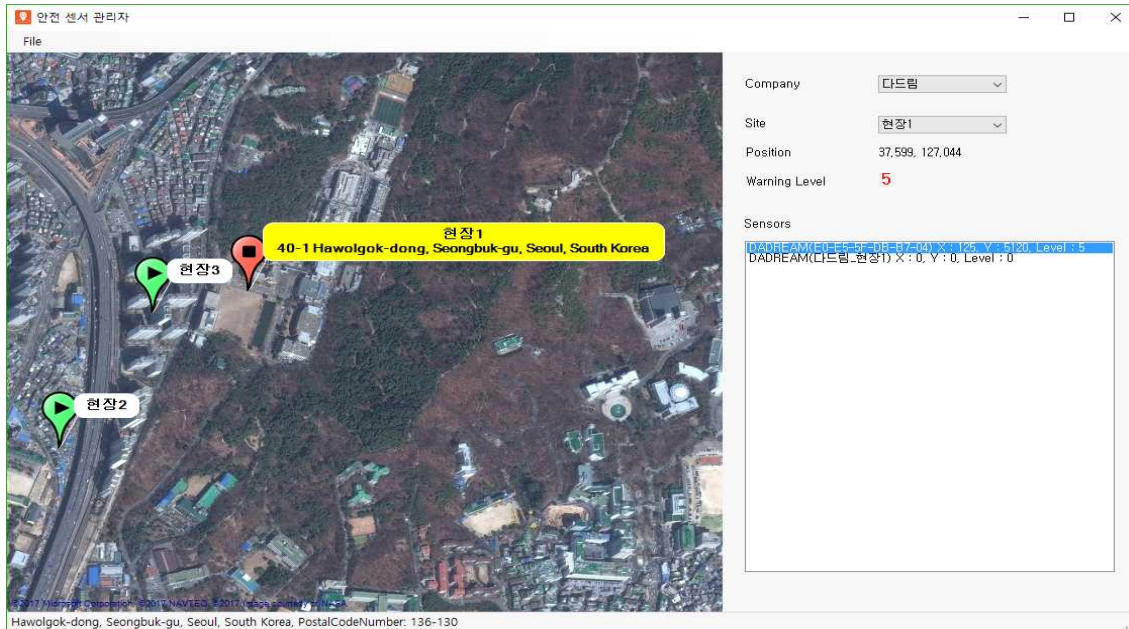


그림3.51 관리자용 프로그램 화면

- ① 메뉴, 지도, 현장정보, 센서 리스트를 관리한다.
- ② Company Combo Box를 사용해 회사를 변경하면 화면은 회사의 현장정보로 갱신된다.
- ③ 지도상에서 현장을 선택하거나 Site Combo Box를 선택하면 현장의 위치 및 현장의 모든 센서들의 최고 위험 레벨을 보여준다.
- ④ 현장을 변경 할 경우 현장에 속한 센서들의 리스트를 보여준다.

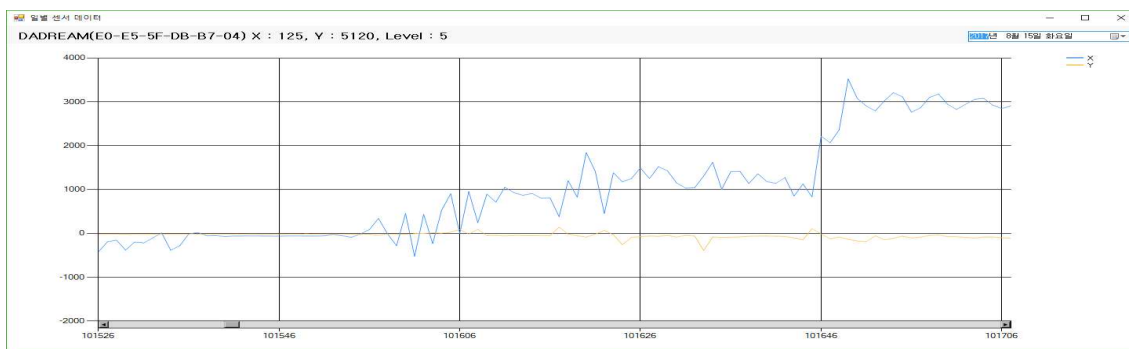


그림3.52 관리자용 프로그램 로그 그래프화면

- ⑤ 현장의 센서 리스트를 더블클릭으로 선택하게 되면 센서의 이력을 볼 수 있으며 수집된 데이터의 일별 로그를 그래프로 확인 할 수 있다.
- (7) 데이터 수집용 어플리케이션 구현
- ① BLE4.0 이상을 제공하는 안드로이드 기반의 폰에서 동작하는 데이터 수집 앱 제작
  - ② 신호 세기로 실내측위를 구현하기 위한 RSSI 데이터 수집
  - ③ 위험 알람을 구현하기 위한 가속도 및 자이로 센서 데이터 수집
  - ④ 데이터 무결성을 위한 다중 동시 접속 테스트
  - ⑤ 전력 소모량 측정을 위한 장시간 스트레스 테스트

## 2. 연구 수행 내용\_공동기관

### 가. 주요 연구 내용

#### (1) 위험 신호 감지 알고리즘 개발 및 고도화

- 위험 신호 감지 센서 모듈 개발 (가속도 센서, 마이크 센서)
- 센서 모듈 개발: 라즈베리파이, 가속도 센서, 마이크 센서, Wi-Fi 통신 모듈

| 센서 모듈 하드웨어 구성                                                                                         |                                                                                       |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Raspberry Pi 3 Model B</b><br>- 내장 Wi-Fi 모듈을 이용한 데이터 통신<br>- Fast Fourier Transform을 이용한 특정 주파수 분석 |     |
| <b>GY-86</b><br>- 10축 가속도 센서 모듈<br>- 진동 세기 감지                                                         |   |
| <b>USB Microphone</b><br>- 소리 신호 감지                                                                   |  |
| <b>Packaging</b>                                                                                      |   |

#### - 시스템 구성

- (ㄱ) 다수의 센서 모듈을 <그림 3.53>과 같이 관심 영역에 설치하여 비정상적 진동 및 소리 발생 유무 검출
- (ㄴ) 공유기를 이용한 연결 및 local 모니터링 시스템 구축
  - 센서 모듈들을 공유기에 연결하여, 모니터링 장치에 전송하여 센서 calibration 및 데이터 분석, 수집
- (ㄷ) 공유기를 공용망에 연결하여 다수의 local 모니터링 시스템을 상호 연결 및 내, 외부 모니터링 장치 및 데이터베이스에 연결하여 위험 감지 시스템 구축



< 그림3.53 위험 감지 시스템 구성 >

- 시스템 동작 구성

(ㄱ) 정상 상태 학습

- 관심 영역에서, 일정 시간 동안 발생하는 소음, 진동, 온도, 습도 등의 센서 데이터 수집을 수집하여, 정상 상태에 대한 학습 과정을 수행

(ㄴ) 실시간 모니터링 및 경고 시스템

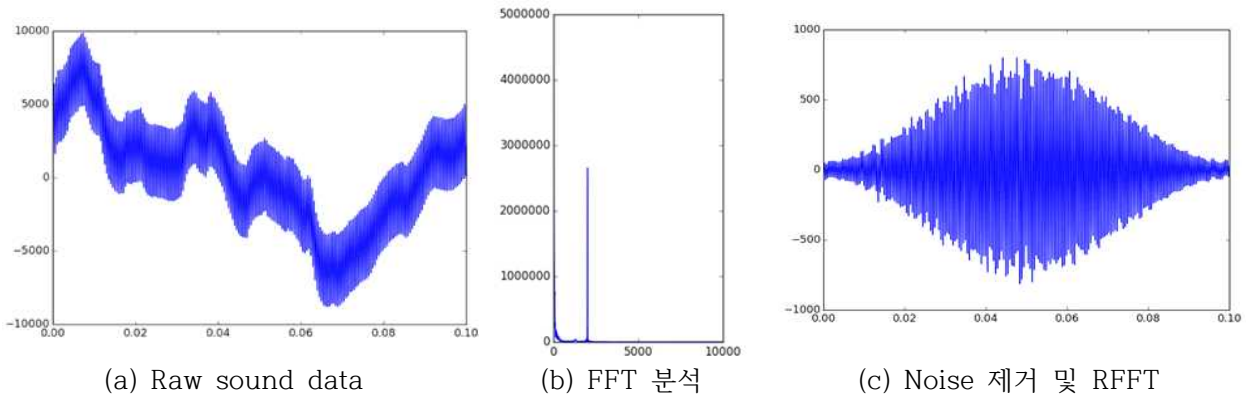
- 머신 러닝기법을 이용하여, '정상 상태'에 속하지 않은 센서 데이터의 경우를 판별하여 인근 근로자 및 경고 시스템에 알림.

(ㄷ) Wi-Fi 및 LTE 통신망을 이용하여, 시스템의 확장성 및 연결성 최대화

- 비정상적 소리 발생의 검출

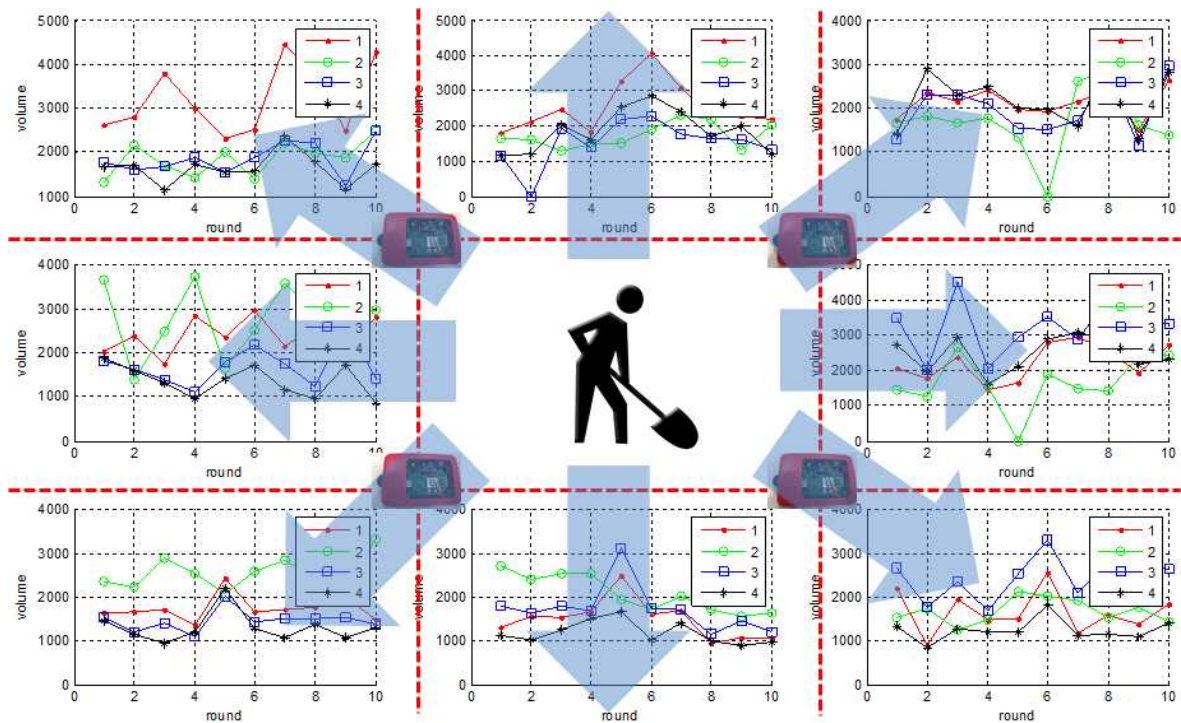
(ㄱ) <그림3.54>와 같이 잡음이 포함된 데이터를 FFT(fast fourier transform)과정을 통해 시스템 잡음 등을 제거하고 RFFT(Reverse FFT) 과정을 통해서 복원

(ㄴ) FFT 분석을 통해서 특정 주파수 영역에 대한 선택적 분석



< 그림3.54. 소리 데이터 분석 과정 >

- 기계 학습을 이용한 소리 발생 위치 방향 추정
- 반향이 심한 실내 작업 공간에서 소리의 크기를 이용한 소리 발생 위치 추정
- Supervised learning을 이용한 소리 발생 위치 추정
- 소리가 발생한 방향에 따라 <그림3.55>과 같이 측정된 소리의 크기 패턴이 구분 가능함.  
기계 학습을 이용하여 4~8방향의 소리 발생 방향 구분



<그림3.55 소리 세기와 기계 학습을 이용한 소리 발생 방향 추정>

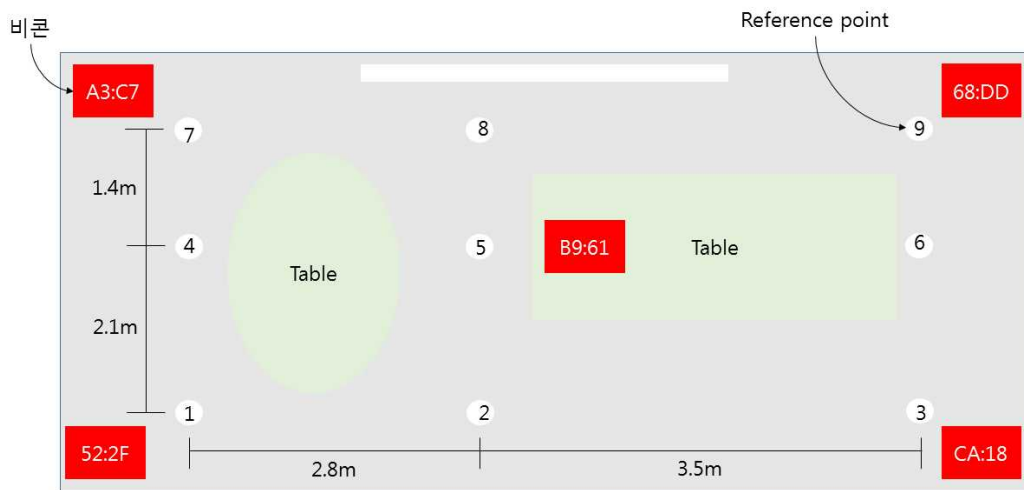
## (2) 사용자 위치 추적 기술 개발 및 고도화

- 위치 인식 정확도 실험

1) 실험 장소 : 한국과학기술연구원, L1, 1251



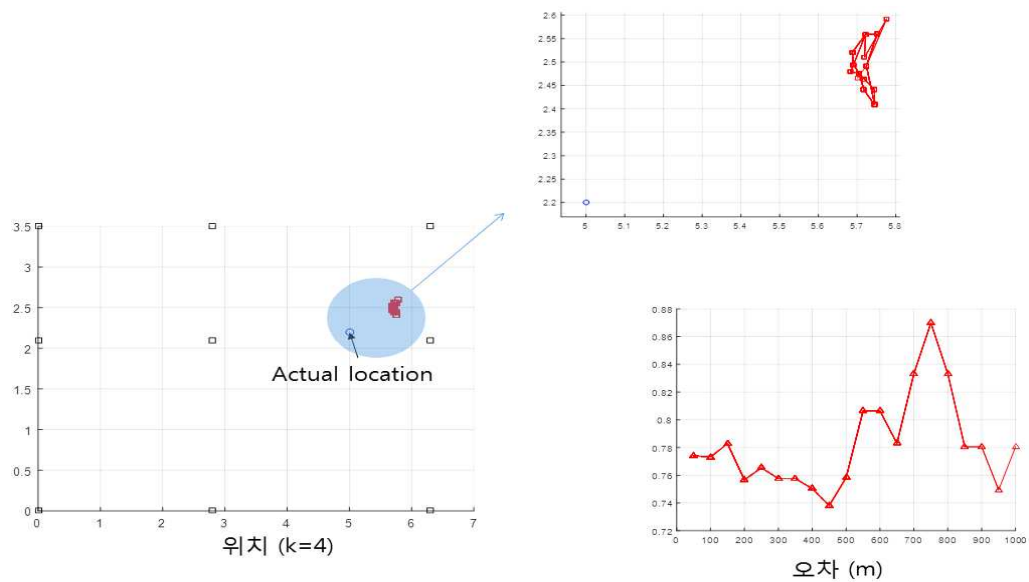
(ㄱ) 실험 장소



(ㄴ) 평면도

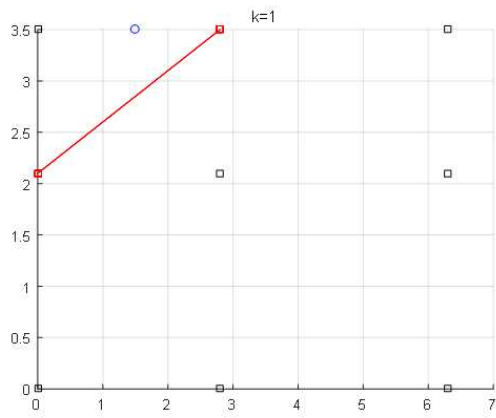
### 3) 위치 인식 테스트

- 고정된 위치에서 rss 수신 횟수에 따른 오차

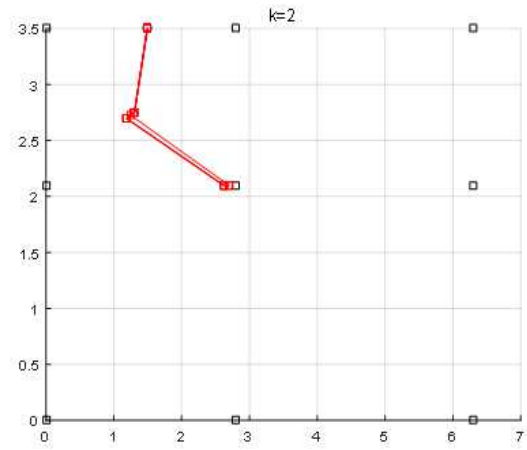


- k nearest neighbor 기법의 효과에 대한 실험

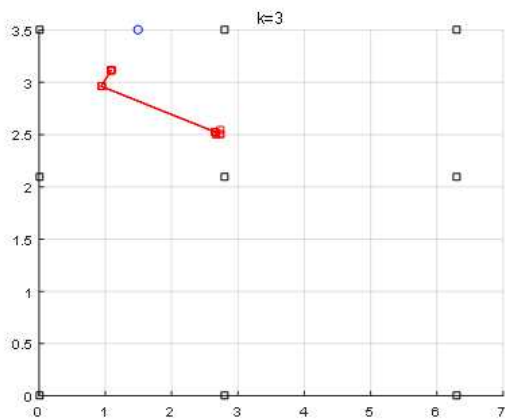
(실험 1)



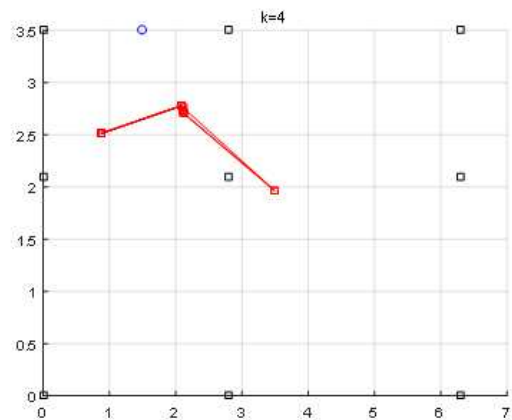
K=1



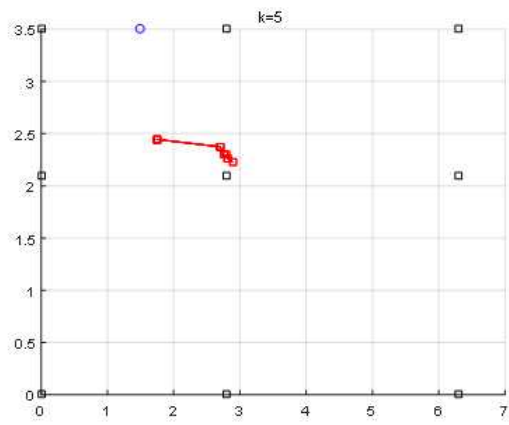
K=2



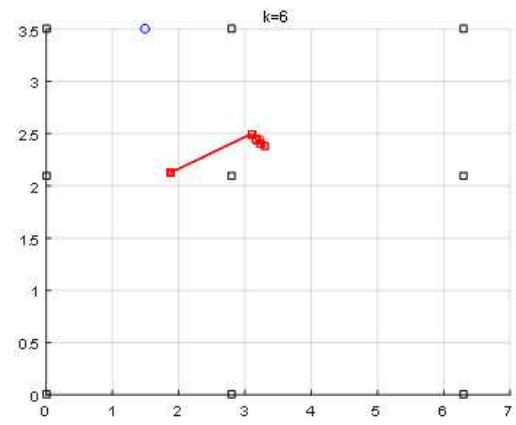
K=3



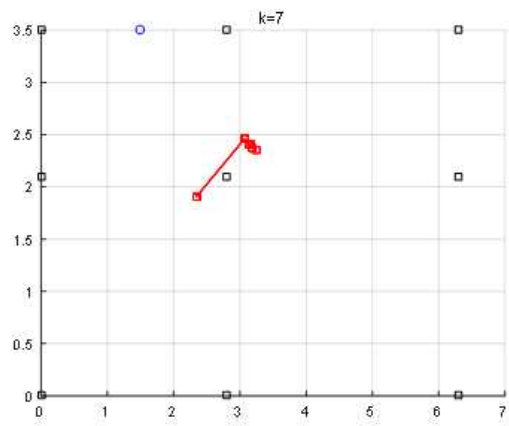
K=4



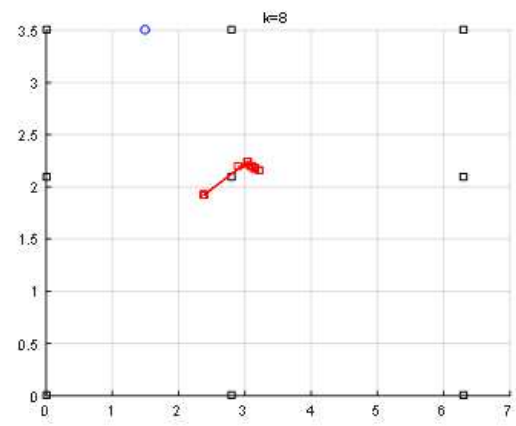
K=5



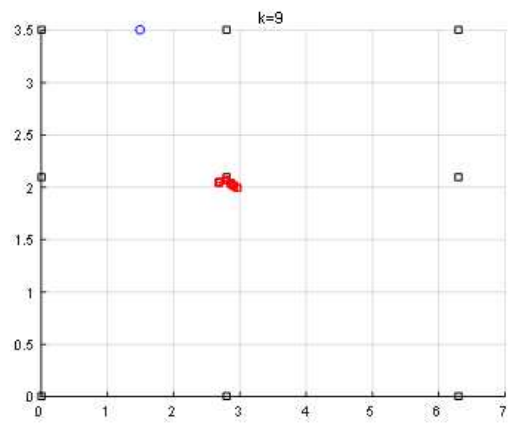
K=6



K=7

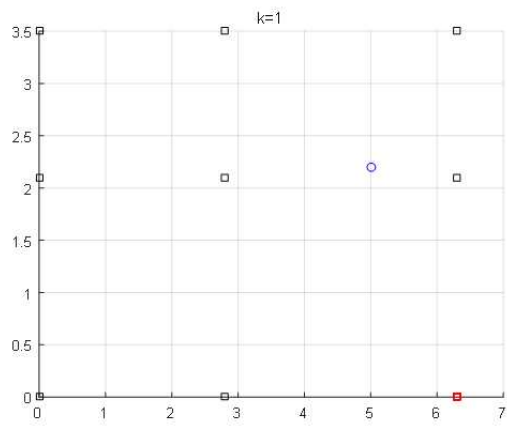


K=8

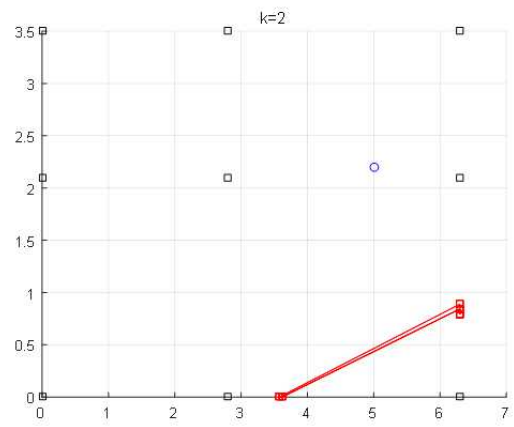


K=9

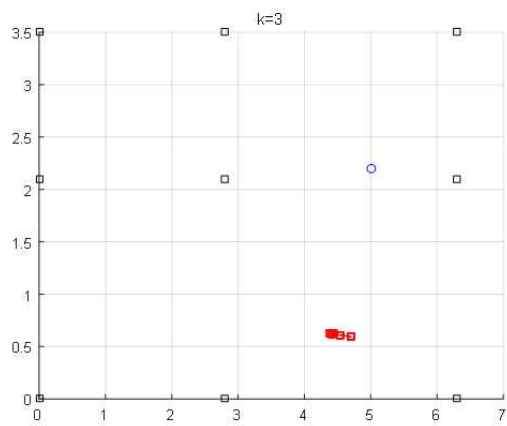
(실험 2)



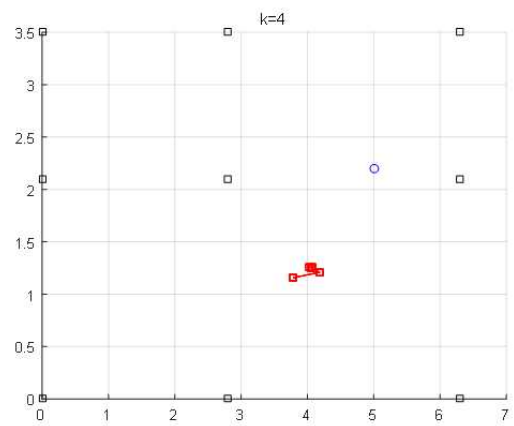
K=1



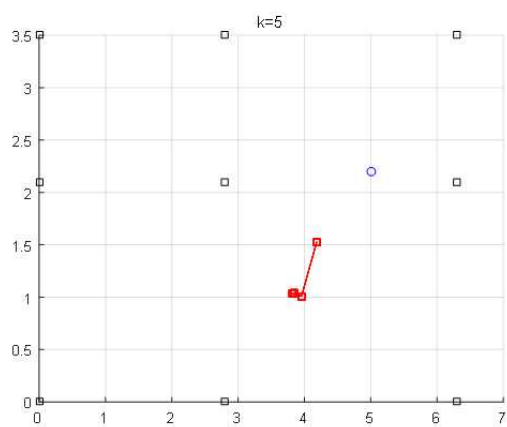
K=2



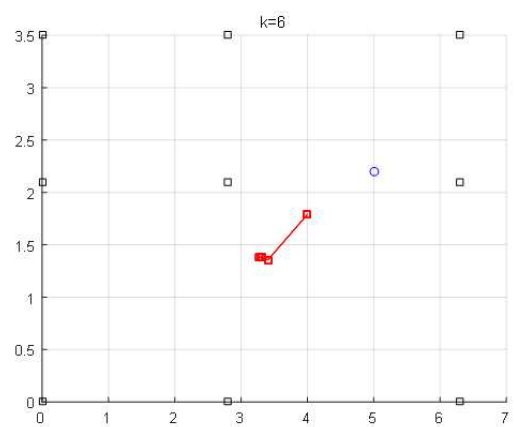
K=3



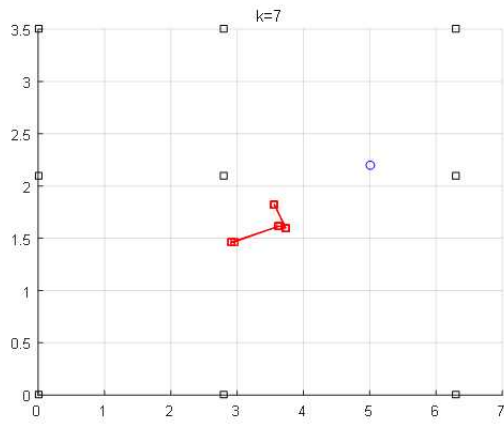
K=4



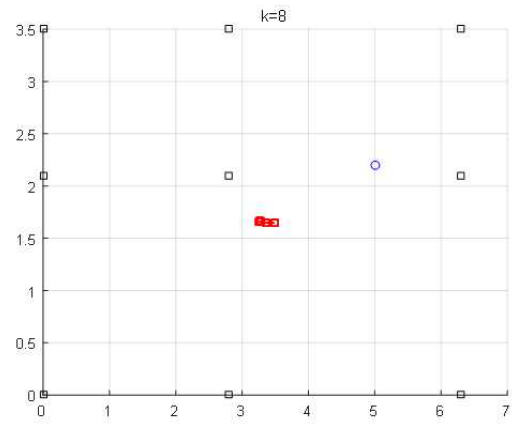
K=5



K=6

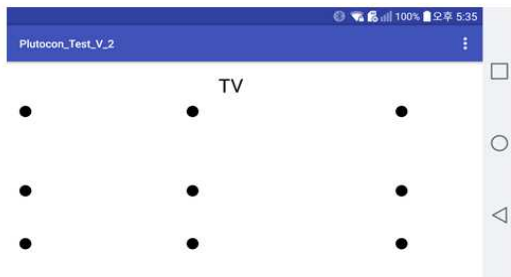


K=7

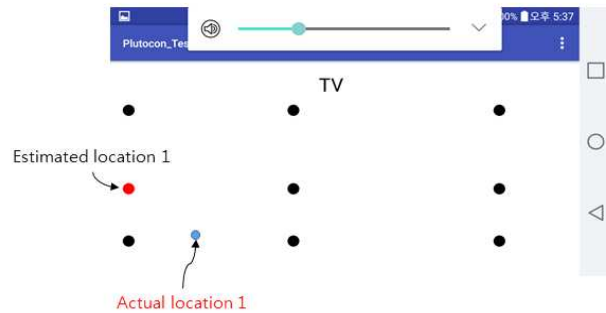


K=8

- 안드로이드 어플리케이션(1NN)



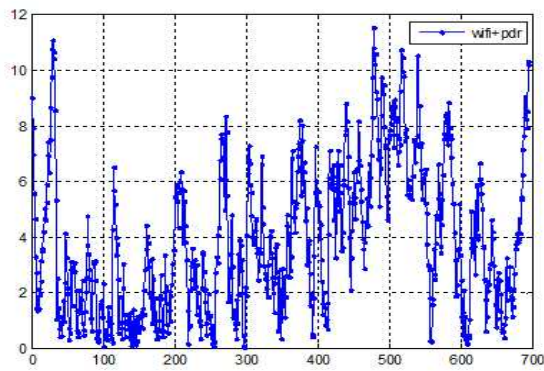
Beacon RSS scan



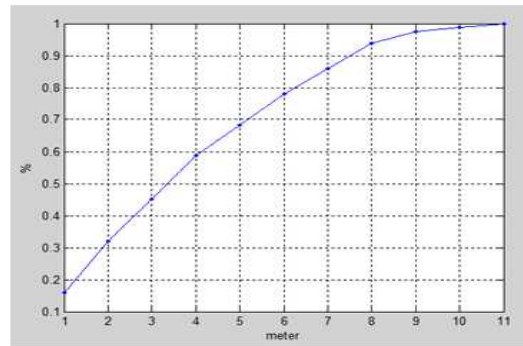
Localization

- 대피 경로 시뮬레이션





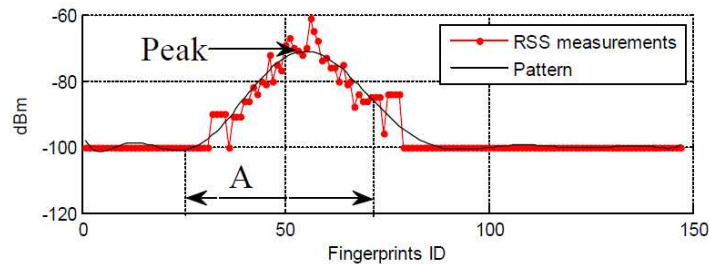
각 시간별 위치 오차 (meter)



위치오차 CDF

|          |            |
|----------|------------|
| 평균 위치 오차 | 3.8 meter  |
| 최대 위치 오차 | 11.5 meter |

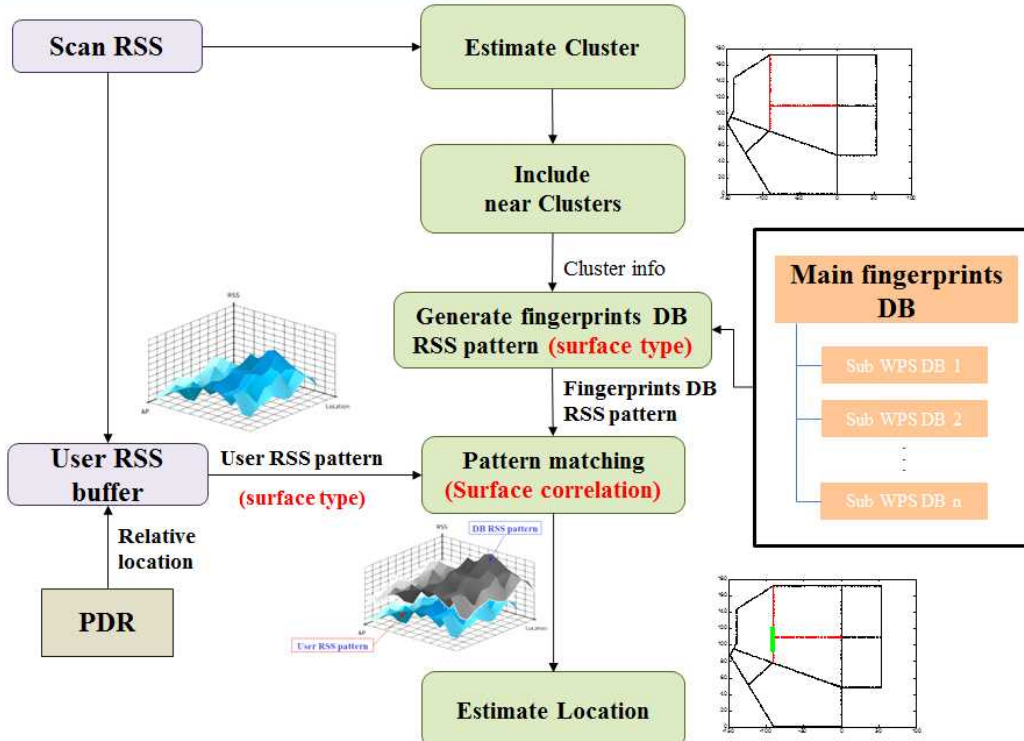
- 수신 신호의 패턴을 이용한 사용자의 위치 추적 기술 개발
- 수신 신호는 매우 잡음이 심하지만, 신호를 송출하는 AP(Access Point)와의 거리에 따라서 <그림3.56>와 같이 특정한 패턴을 보임.
- 이러한 패턴을 이용하여 관심 영역 전체에 대해서 수신 신호 세기에 대한 맵을 작성하며, 이러한 맵을 radio map이라고 한다.
- 따라서, radio map과 사용자의 수신 신호 세기 패턴을 비교하여 보다 정밀한 위치 인식이 가능하다.



<그림3.56 Access point와의 거리에 따른 수신 신호의 패턴>

- 해당 기법은 기존의 기술(kNN, particle filter 등)과는 다르게 통신 신호 환경이 좋지 못한 영역에서 상대적으로 안정적이며, 보다 정확한 측위가 가능하다.

## Proposed Algorithm



<그림3.57 제안 측위 시스템 구조>

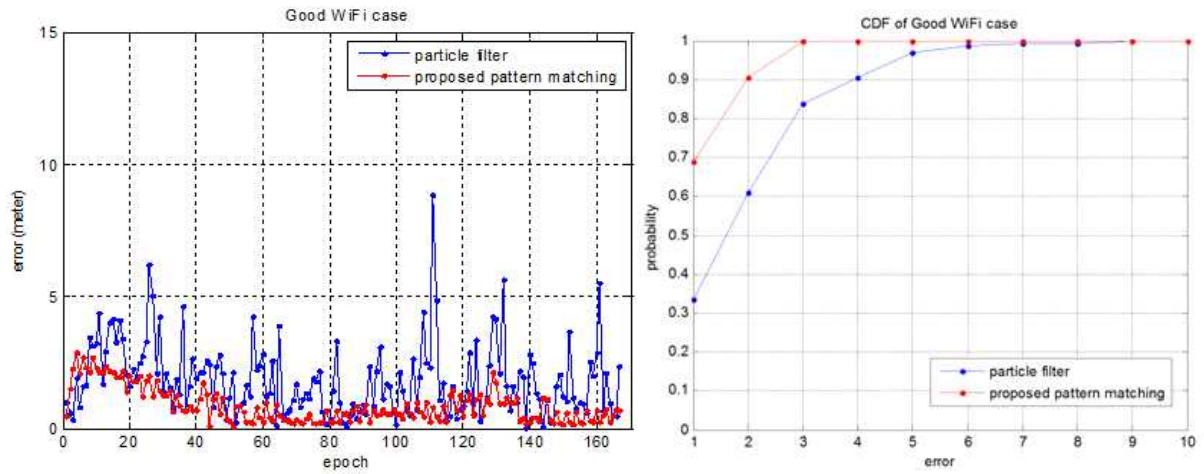
- <그림3.57>는 제안된 측위 시스템의 전체 구조를 보여주고 있으며, 제안 시스템은 사용자의 수신 신호 세기 및 radio map으로부터 패턴을 추출하는 과정 및 패턴간의 비교 등의 과정을 포함하고 있다.



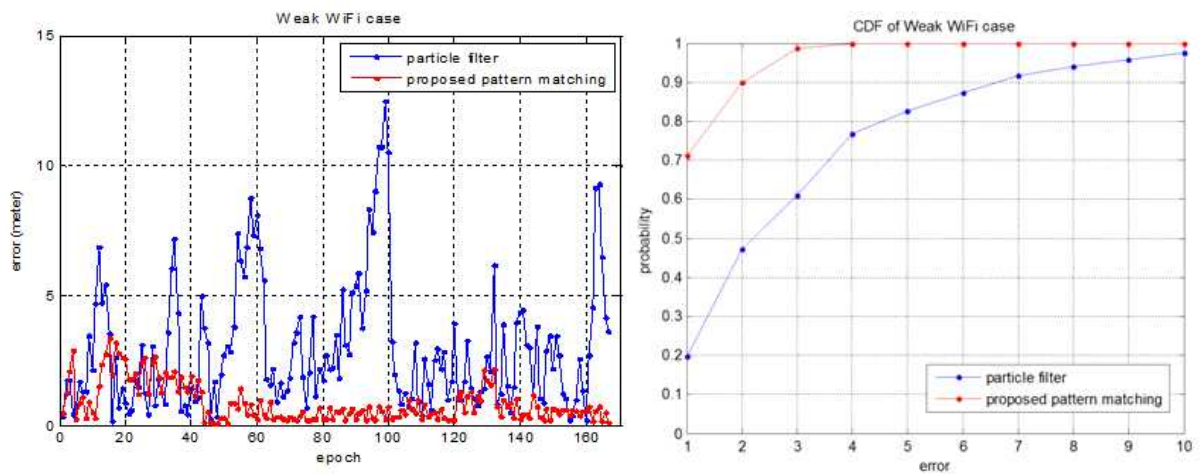
<그림3.58 한국과학기술연구원 L1>

- <그림3.59>과 <그림3.60>은 <그림3.61>의 실험 환경에서, 각각 수신 신호의 수와 세기가

좋은 경우와 좋지 못한 경우에 대한 실험 결과이며, 현재 가장 우수하다고 인정받고 있는 particle filter와 위치 정확도를 비교한 결과이며, 두 경우 모두에서 훨씬 더 정확한 측위 결과를 보임을 알 수 있다.



<그림3.59 신호 환경이 좋은 경우>

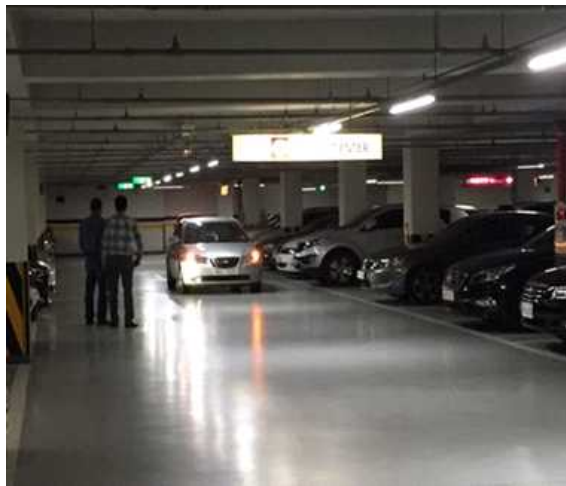
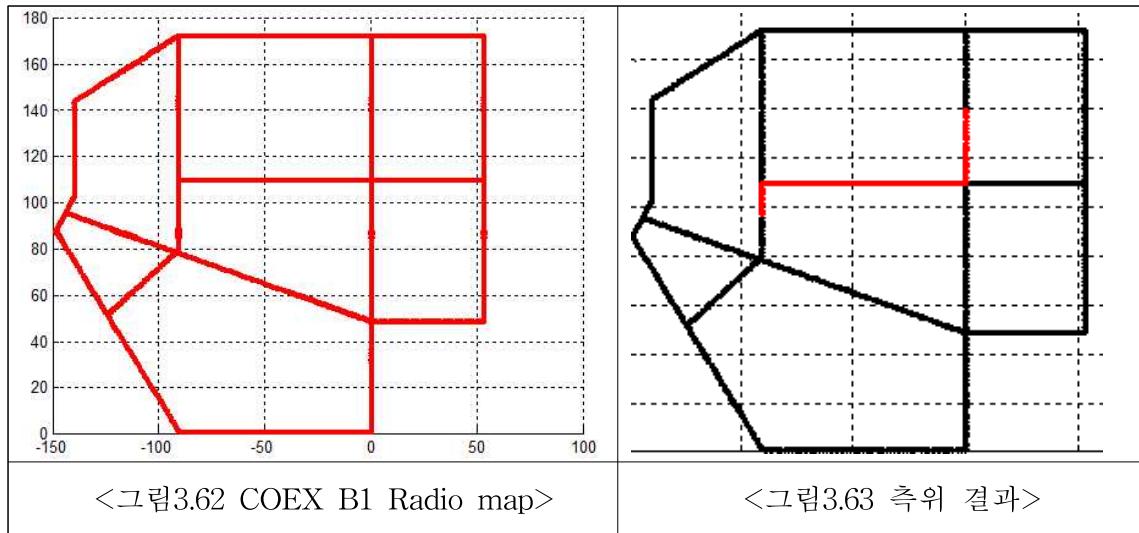


<그림3.60 신호 환경이 좋지 않은 경우>

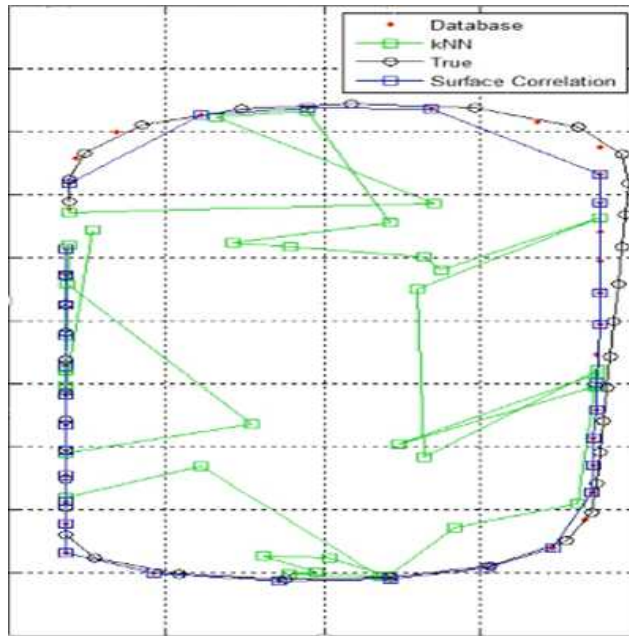


<그림3.61 COEX>

- 측위 시스템의 경우, 내부 환경에 따라 그 결과가 매우 큰 차이를 보이며, 다양한 환경에서의 실험결과가 요구됨.
- <그림3.62>의 실험 환경은 삼성동에 위치한 COEX로서, 매우 많은 유동 인구가 실험에 영향을 미침.
- <그림3.63>는 해당 위치 인식을 위하여 사용된 radio map.
- <그림3.64>은 <그림3.61>의 radio map을 이용해서 측위한 결과임. 측위 시스템에서 일반적인 튀는 현상 등을 볼 수 없음.



<그림3.64 한국과학기술연구원 국제협력관 지하주차장 실험 환경>



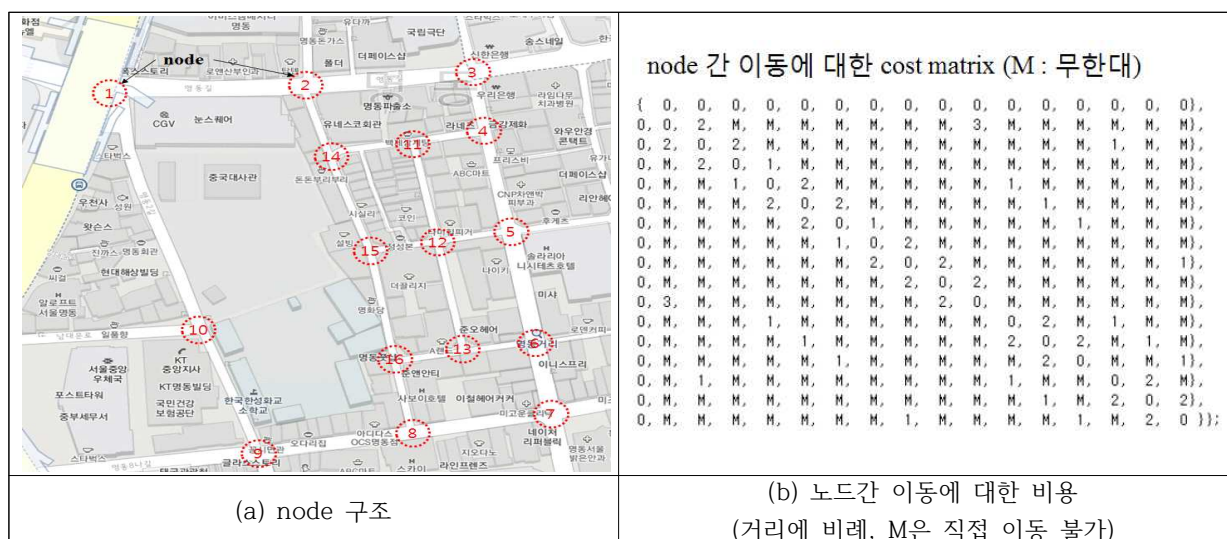
<그림3.65 한국과학기술연구원 국제협력관 지하주차장 실험 결과>

- <그림3.64> 및 <그림3.65>은 한국과학기술연구원 국제협력관 지하주차장에서 실험한 결과임.
- <그림3.65>과 같이 기존의 기술보다 월등한 정확도를 보이고 있음.

- <그림3.65>과 같이 기존의 기술보다 월등한 정확도를 보이고 있음.

(3) 사용자 위치 기반의 대피 경로 안내 기술 개발 및 고도화

- Dijkstra 알고리즘을 이용한 대피경로 안내
- 경로에 따른 이동 비용을 데이터베이스화하여, 최소 비용이 요구되는 이동 경로를 제공
- 위험 상황 발생에 따른 실시간 데이터베이스 업데이트 및 이동 경로 제공
- <그림3.66>와 같이 관심 영역(명동 거리)에 노드 및 노드간의 이동에 대한 비용을 데이터베이스화.



< 그림3.66대피 경로 실험 (명동) >

- 사고 발생에 따른 실시간 대피 경로 변경
- (ㄱ) 사고가 발생하지 않은 상황

초기 위치에서 목적지까지의 이동 경로

```

C:\Windows\system32\cmd.exe
0 : 1->1 <-0
2 : 1->2 <-1
4 : 1->3 <-2<-1
5 : 1->4 <-3<-2<-1
7 : 1->5 <-4<-3<-2<-1
9 : 1->6 <-5<-4<-3<-2<-1
7 : 1->7 <-8<-9<-10<-1
7 : 1->8 <-9<-10<-1
5 : 1->9 <-10<-1
3 : 1->10 <-1
4 : 1->11 <-14<-2<-1
6 : 1->12 <-11<-14<-2<-1
8 : 1->13 <-12<-11<-14<-2<-1
3 : 1->14 <-2<-1
5 : 1->15 <-14<-2<-1
7 : 1->16 <-15<-14<-2<-1
  
```



- (ㄴ) 10번 노드에서 사고 발생으로 인한 이동 경로 변경

```

5 : 1->4 <-3<-2<-1
7 : 1->5 <-4<-3<-2<-1
9 : 1->6 <-5<-4<-3<-2<-1
10 : 1->7 <-8<-16<-15<-14<-2<-1
8 : 1->8 <-16<-15<-14<-2<-1
10 : 1->9 <-8<-16<-15<-14<-2<-1
9999 : 1->10 <-0
4 : 1->11 <-14<-2<-1
6 : 1->12 <-11<-14<-2<-1
8 : 1->13 <-12<-11<-14<-2<-1
3 : 1->14 <-2<-1
5 : 1->15 <-14<-2<-1
7 : 1->16 <-15<-14<-2<-1
  
```

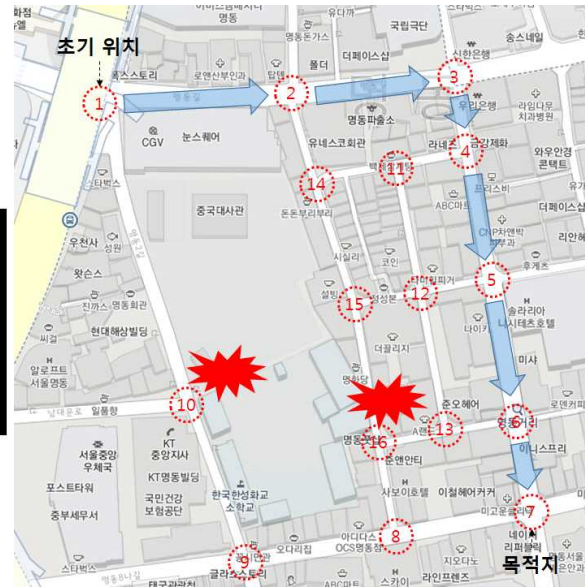


(ㄷ) 10번 16번 노드에서의 사고 발생으로 인한 대피경로 변경

```

0 : 1->1 <-0
2 : 1->2 <-1
4 : 1->3 <-2<-1
5 : 1->4 <-3<-2<-1
7 : 1->5 <-4<-3<-2<-1
9 : 1->6 <-5<-4<-3<-2<-1
10 : 1->7 <-6<-5<-4<-3<-2<-1
12 : 1->8 <-7<-6<-5<-4<-3<-2<-1
14 : 1->9 <-8<-7<-6<-5<-4<-3<-2<-1
9999 : 1->10 <-0
4 : 1->11 <-14<-2<-1
6 : 1->12 <-11<-14<-2<-1
8 : 1->13 <-12<-11<-14<-2<-1
9 : 1->14 <-2<-1
5 : 1->15 <-14<-2<-1

```

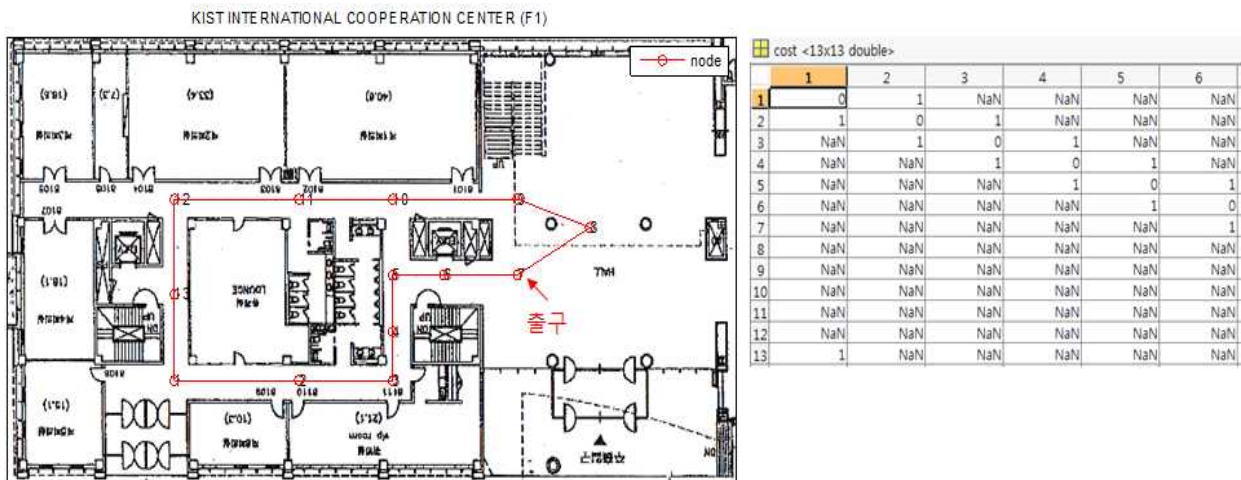


(ㄹ) 3번 노드에서 추가 사고 발생

```

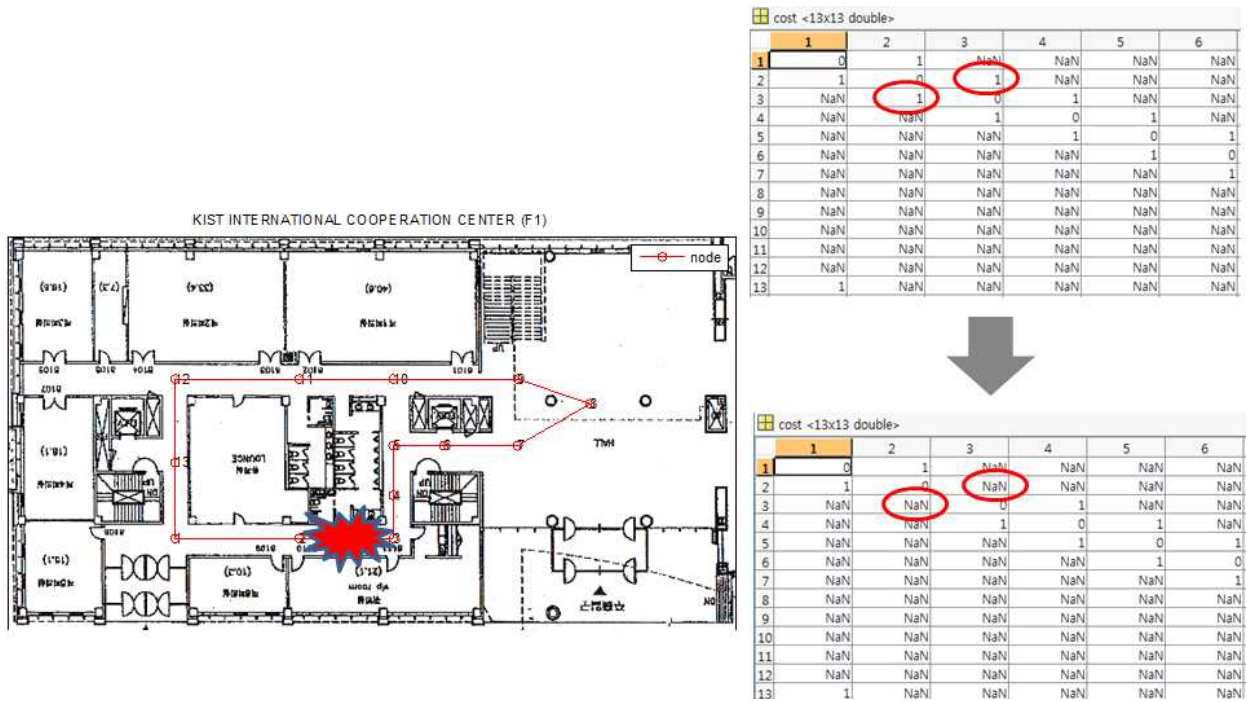
0 : 1->1 <-0
2 : 1->2 <-1
9999 : 1->3 <-0
5 : 1->4 <-11<-14<-2<-1
7 : 1->5 <-4<-11<-14<-2<-1
9 : 1->6 <-5<-4<-11<-14<-2<-1
10 : 1->7 <-6<-5<-4<-11<-14<-2<-1
12 : 1->8 <-7<-6<-5<-4<-11<-14<-2<-1
14 : 1->9 <-8<-7<-6<-5<-4<-11<-14<-2<-1
9999 : 1->10 <-0
4 : 1->11 <-14<-2<-1
6 : 1->12 <-11<-14<-2<-1
8 : 1->13 <-12<-11<-14<-2<-1
3 : 1->14 <-2<-1
5 : 1->15 <-14<-2<-1
9999 : 1->16 <-0
계속하려면 아무 키나 누르십시오 . . .

```



<그림3.67 대피 경로 실험 - 한국과학기술연구원 국제협력관 1F>

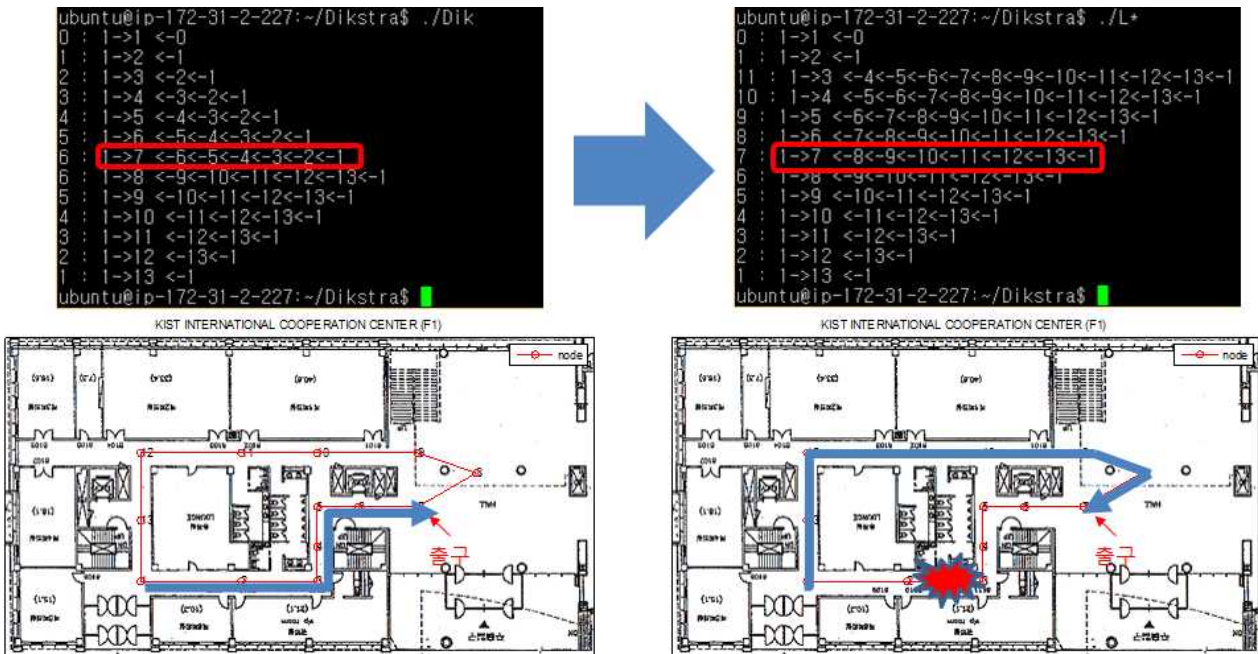
- <그림3.67> 은 한국과학기술연구원 국제협력관 1층 대피 실험에 대한 노드 구조와 각 노드간 이동에 대한 비용에 대한 행렬임.
- 노드의 구조는 교차로 및 복도 등 관심 영역의 내부 구조를 반영하고 있으며, 노드간 이동에 대한 비용은 인접한 노드들 간에는 1, 그렇지 않으면 이동 불가(NaN).
- 향후, 노드간 이동에 대한 비용을 노드 간 거리를 반영.



<그림3.68 특정 노드에서의 사고 감지로 cost matrix 변경>

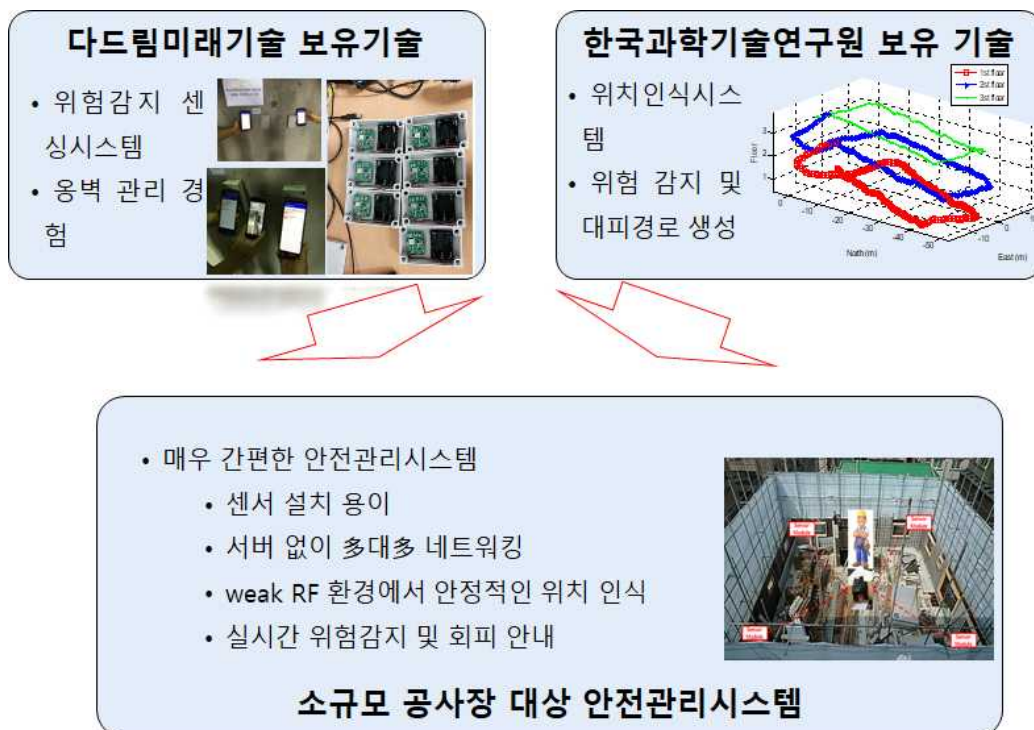
- <그림3.68> 은 관심 영역에서 사고가 감지되었을 경우, 해당 노드에 대한 이동의 비용이 변경되는 것을 알 수 있음.

- <그림3.69>는 그 결과 대피 경로가 변경되는 것을 알 수 있음.



<그림3.69 사고 발생으로 인한 대피 경로 변경 예>

### 3. 제품의 차별성, 우수성



## 제4장. 목표 달성도 및 관련 분야 기여도

### 1. 목표 달성도

#### 가. 목표달성도

| 구분 | 핵심성과<br>(level1) |                         | 단위성과<br>(level2)    |                           | 최종 성과점검기준 |                       |         |         |          | 해당<br>기관 | 예산<br>(백만원) | 양적<br>성과목표                                            |                                                       |
|----|------------------|-------------------------|---------------------|---------------------------|-----------|-----------------------|---------|---------|----------|----------|-------------|-------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|
|    |                  |                         |                     |                           | 질적 성과지표   |                       | 목표<br>치 | 측정방법    | 검증<br>방법 |          |             |                                                       | 가<br>중<br>치                                           |
| 총괄 | A                | 실시간 계측 시스템 및 OS 및 어플 개발 | A-1                 | 실시간 계측 시스템                | ①         | 시스템 작동여부              | 100     | 실험인증    | 실험 기관    | 4        | 다드림 미래기술(주) | 250                                                   | 특허: 출원 1 건<br>등록 1 건<br>논문: 2건<br>시제품: 1 건<br>S/W: 1건 |
|    |                  |                         |                     |                           | ②         | 위험감지 센싱 시스템 및 OS 연동상태 | 100     | 연동상태 조사 | 실험 기관    |          |             |                                                       |                                                       |
|    |                  |                         |                     |                           |           |                       |         |         |          |          |             |                                                       |                                                       |
|    |                  | A-2                     | OS 및 어플 개발 (건축구조물용) | ①                         | 연동상태여부    | 100                   | 연동상태 조사 | 실험 기관   | 2        | 98       |             |                                                       |                                                       |
|    |                  |                         |                     | ②                         | 디스플레이 여부  | 100                   | 연동상태 조사 | 실험 기관   |          |          |             |                                                       |                                                       |
|    |                  |                         |                     | ③                         | 어플작동여부    | 100                   | 연동상태 조사 | 실험 기관   |          |          |             |                                                       |                                                       |
|    | B                | 알고리즘 개발                 | B-1                 | 사용자 위치 추적 S/W 테스트 및 최적화   | ①         | 위치추적 정확도              | 5m      | 실험/검증   | 실험 기관    | 2        | 한국과학기술연구원   | 75                                                    |                                                       |
|    |                  |                         | B-2                 | 자동 대피 경로 안내 S/W 테스트 및 최적화 | ②         | 경로 안내 신뢰도             | 90      | 실험/검증   | 실험 기관    | 1        |             | 55                                                    |                                                       |
|    |                  |                         | B-3                 | 위험 탐지 기술 S/W 개발           | ①         | 위험 탐지 정확도             | 90      | 실험/검증   | 실험 기관    | 1        |             | 20                                                    |                                                       |
| 계  |                  |                         |                     |                           |           |                       |         |         | 10       |          | 498         | 특허: 출원 1 건<br>등록 1 건<br>논문: 2건<br>시제품: 1 건<br>S/W: 1건 |                                                       |

#### (2) 성과목표에 대한 실험기관 평가

##### ① 시험시료

㉠ 시료명 : 위험감지 센싱 시스템

㉡ 모델명 : Safety Sensor

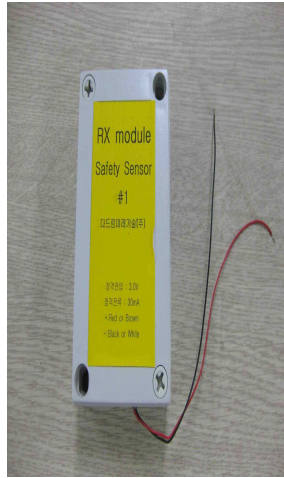
㉢ 정격 : DC 5V, 30 mA, 0.15 W

㉣ 제조회사 : 다드림미래기술(주)

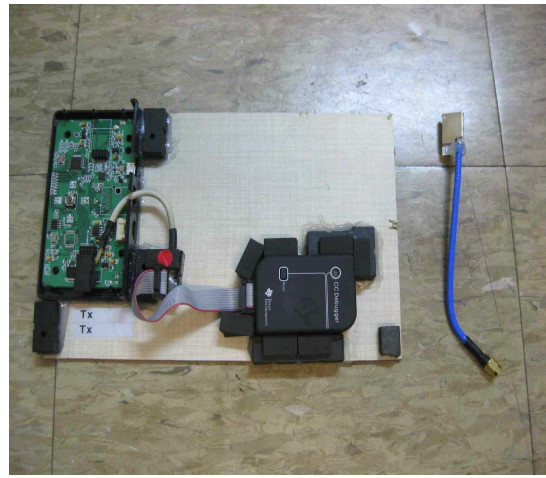
㉤ 시료수 : TX 모듈 [5EA], RX모듈 [5EA], 출력 측정용 TX 모듈[1SET]



TX모듈



RX모듈



TX 출력 측정용 시료 및 지그

## ② 시험조건 및 방법

| 시험항목 | 시험조건 및 방법                     |           | 판정기준 |
|------|-------------------------------|-----------|------|
| 소비전류 | 시료에 DC 3V 인가 후, 소비전력 측정       |           | -    |
| 출력   | 1)출력 측정용 TX 모듈에 정격(DC 5 V) 인가 |           | -    |
|      | 2) 다음의 3가지 주파수에 대역에 대한 출력 측정  |           |      |
|      | Low                           | 2.405 GHz |      |
|      | Mid                           | 2.440 GHz |      |
|      | High                          | 2.480 GHz |      |

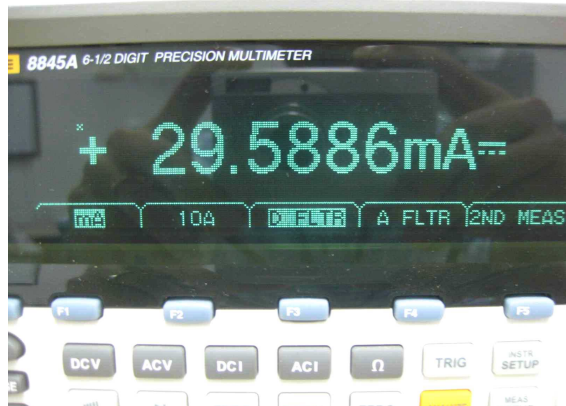
## ③ 시험결과

### ㉞ 소비전류

| 시험항목 | 시험조건 및 방법                   | 판정기준 | 시험결과 |    |          |
|------|-----------------------------|------|------|----|----------|
| 소비전류 | 시료에 DC 3 V 인가 후,<br>소비전류 측정 | -    | 구분   |    | 측정결과[mA] |
|      |                             |      | RX   | #1 | 29.588 6 |
|      |                             |      |      | #2 | 30.012 2 |
|      |                             |      |      | #3 | 29.432 1 |
|      |                             |      |      | #4 | 29.758 5 |
|      |                             |      |      | #5 | 29.628 5 |
|      |                             |      | TX   | #1 | 27.093 0 |
|      |                             |      |      | #2 | 26.704 8 |
|      |                             |      |      | #3 | 26.847 7 |
|      |                             |      |      | #4 | 26.432 3 |
|      |                             |      |      | #5 | 26.806 8 |



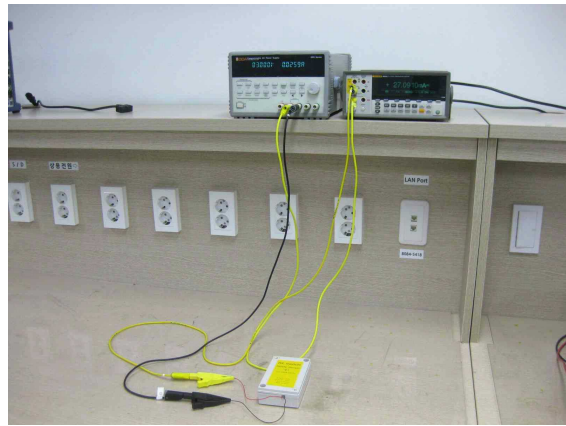
(a) 정격 인가



(b) 측정 결과



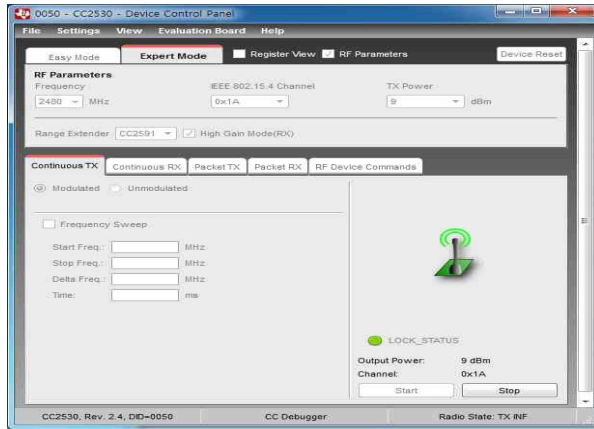
(c) 시험사진\_1



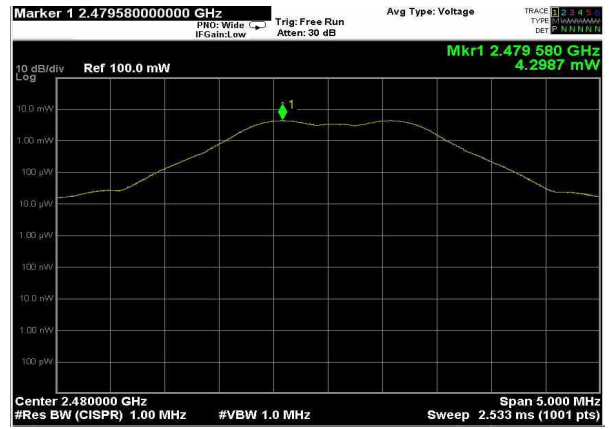
(d) 시험 사진\_2

㉠ 출력

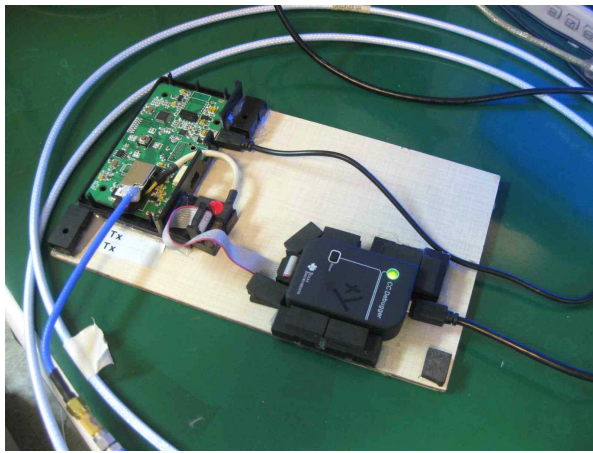
| 시험 항목 | 시험조건 및 방법                     | 판정 기준 | 시험결과 |            |
|-------|-------------------------------|-------|------|------------|
| 출력    | 1) 출력 측정용 TX 모듈에 정격(DC 5 V)인가 | -     | 구분   | 측정결과 [dBm] |
|       | 2) 다음의 3가지 주파수 대역에 대한 출력 측정   |       | Low  | 8.053      |
|       | Low                           |       | Mid  | 7.062      |
|       | Mid                           |       | High | 6.333      |
|       | High                          |       |      |            |



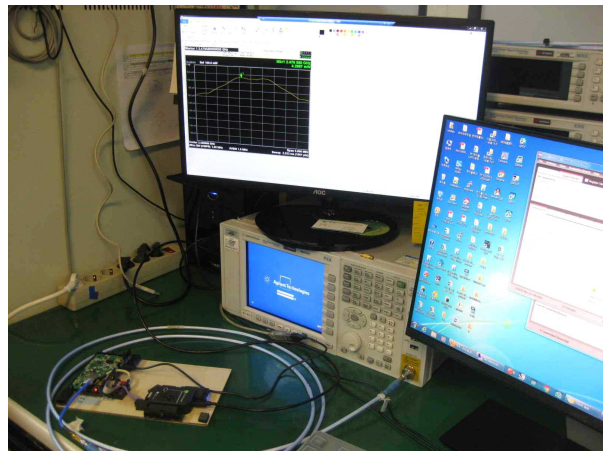
(a) 주파수 세팅



(b) 측정 RF 신호



(c) 시험 사진\_1



(d) 시험 사진\_2

#### ④ 시험에 사용된 장비

| 장비명                | 장비번호 | 모델명(제조사)         |
|--------------------|------|------------------|
| DC Power Supply    | 4467 | OPS-505(ODA)     |
| Digital Multimeter | 4277 | 8845A (fluke)    |
| 실시간 광대역 무선신호 분석기   | 4557 | N9030A (Agilent) |

#### ⑤ 비고

- 진행된 시험은 특별한 언급이 없는 한 IEC 60068-1에 따른 다음의 대기 조건에서 실시
- (1) 온도 :  $(25 \pm 10) ^\circ\text{C}$
- (2) 상대습도 :  $(50 \pm 25) \% \text{ R.H.}$

### (3) 신뢰성 테스트 진행



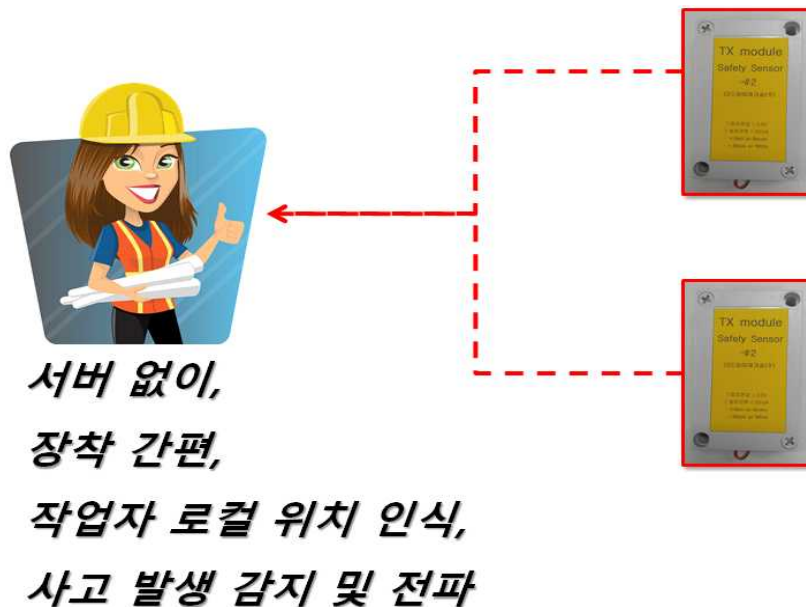
결론 : 센서A1~A20 각 20회 진행

디지털 각도기 각도 변화 후 안전센서 값 확인

평균오차 +0.035

### 나. 기술성

#### (1) 차별화된 우수성 :



#### (2) 센서 부착 후 유지보수 및 관리 체계

- 안전점검 및 정밀안전진단 세부지침 해설서(용벽)을 근거

##### ① 점검 항목

정밀 안전 진단 항목 중 센서로 측정이 가능한 침하(지중침하, 지표침하), 활동, 계획선행 오차 (전도, 경사-진행성, 비진행성) 중 자이로/가속도 센서를 이용하여 정밀한 각도 측정 계획선행 오차를 측정함. 추후 침하센서를 본 센싱 시스템에 추가하여 보수 및 위험 알람 신호의 정확도를 증대 할 수 있다.

##### ② 결함 지수 산정

11-51의 계획선행 오차 활동 침하만 선택하여 결함지수를 산정함.

| 평가기준               |             | a                                     | b               | c               | d               | e            |
|--------------------|-------------|---------------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|--------------|
|                    |             | 0 ≤ f < 0.15                          | 0.15 ≤ f < 0.30 | 0.30 ≤ f < 0.55 | 0.55 ≤ f < 0.75 | 0.75 ≤ f     |
| 침 하                |             | 0                                     | 1               | 2               | 3               | 4            |
| 활 동                |             | 0                                     | 1               | 2               | 3               | 4            |
| 배수공상태              |             | 0                                     | 3               | 6               | 9               | 12           |
| 계획선형오차<br>(전도/경사)  |             | 0                                     | 1               | 2               | 3               | 4            |
| 파손 및<br>손상(재료분리)   |             | 0                                     | 1               | 2               | 3               | 4            |
| 균 열                |             | 0                                     | 2               | 4               | 6               | 8            |
| 마모/침식              |             | 0                                     | 0               | 1               | 1               | 1            |
| 재료<br>열화           | 박 리         | 0                                     | 0               | 1               | 1               | 2            |
|                    | 박락 및<br>충분리 | 0                                     | 1               | 2               | 3               | 4            |
|                    | 백태          | 0                                     | 0               | 1               | 1               | 1            |
|                    | 탄산화         | 0                                     | 1               | 2               | 3               | 4            |
|                    | 염화물         | 0                                     | 1               | 1               | 2               | 4            |
|                    | 철근노출        | 0                                     | 1               | 2               | 3               | 4            |
| 세 굴                |             | 0                                     | 4               | 8               | 12              | 16           |
| 주변영향<br>인자         | 배수시설        | 배수시설이 양호할 경우 : 0, 배수시설이 없거나 불량할 때 : 1 |                 |                 |                 |              |
|                    | 사면조사        | 사면구배                                  | 적절              | 0               | 부적절             | 1            |
|                    |             | 낙석흔적                                  | 미발생             | 0               | 발생              | 1            |
|                    |             | 침출수                                   | 무               | 0               | 유               | 1            |
| 철근콘크리트 옹벽 결함지수 (F) |             | ①                                     | Σ 결함점수<br>76    |                 | ②               | Σ 결함점수<br>60 |
| 중력식 옹벽 결함지수(F)     |             | ①                                     | Σ 결함점수<br>64    |                 | ②               | Σ 결함점수<br>48 |

국토부의 콘크리트 옹벽의 결함지수 산정 표에서 자이로센서와 가속도센서로 측정이 가능한 각도측정으로 결함지수 산정 항목을 추출하여 결함지수를 계산한다.

| 평가기준                                                                | a                 | b                    | c                                                                                               | d                    | e             |
|---------------------------------------------------------------------|-------------------|----------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------|---------------|
|                                                                     | $0 \leq f < 0.15$ | $0.15 \leq f < 0.30$ | $0.30 \leq f < 0.55$                                                                            | $0.55 \leq f < 0.75$ | $0.75 \leq f$ |
| 침하                                                                  | 0                 | 1                    | 2                                                                                               | 3                    | 4             |
| 활동                                                                  | 0                 | 1                    | 2                                                                                               | 3                    | 4             |
| 계획선형<br>오차<br>(전도/경사)                                               | 0                 | 1                    | 2                                                                                               | 3                    | 4             |
| 철근콘크리트 옹벽 결함지수                                                      |                   |                      | $\textcircled{1} \frac{\sum \text{결함지수}}{4} \qquad \textcircled{2} \frac{\sum \text{결함지수}}{12}$ |                      |               |
| <p>① 자이로센서와 가속도센서만을 사용한 경우</p> <p>② 자이로센서, 가속도센서 및 침하센서를 사용한 경우</p> |                   |                      |                                                                                                 |                      |               |

③ 상태 평가 기준

[표 11.12] 침하의 상태평가 기준(콘크리트옹벽, 석축)

| 평가기준 | 결함점수 | 최대 침하량의 범위            |                      | 조사된 상태                                               |
|------|------|-----------------------|----------------------|------------------------------------------------------|
|      |      | 비진행성                  | 진행성                  |                                                      |
| a    | 0    | 5cm미만                 | 2cm미만                | ○ 침하가 발생되지 않은 상태                                     |
| b    | 1    | 5cm이상<br>~<br>8cm미만   | 2cm이상<br>~<br>5cm미만  | ○ 부분적으로 경미한 침하가 발생한 상태이나 근본적인 보수는 필요하지 않은 상태         |
| c    | 2    | 8cm이상<br>~<br>12cm미만  | 5cm이상<br>~<br>8cm미만  | ○ 침하의 정도가 보통정도이나 지속적인 관찰로 진행성을 감시할 정도의 상태            |
| d    | 3    | 12cm이상<br>~<br>16cm미만 | 8cm이상<br>~<br>12cm미만 | ○ 침하의 정도가 심각하여 옹벽의 구조적인 안정에 심각한 영향을 미칠 수 있는 상태       |
| e    | 4    | 16cm이상                | 12cm이상               | ○ 침하의 정도가 아주 심하고 광범위하게 발생하여 구조적인 안정을 상실할 수 있는 위험한 상태 |

표 11-13 계획선형 오차

[표 11.13] 계획선형 오차(전도/경사)의 상태평가 기준(콘크리트옹벽, 석축)

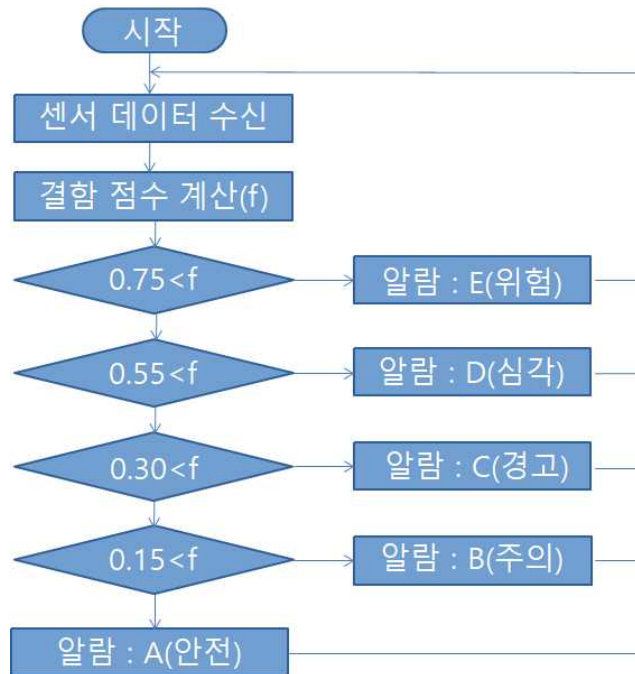
| 평가기준 | 결함점수 | 최대기울기의 범위         |                   | 조사된 상태                                                  |
|------|------|-------------------|-------------------|---------------------------------------------------------|
|      |      | 비진행성              | 진행성               |                                                         |
| a    | 0    | 2%미만              | 1%미만              | ○ 경사/전도가 발생되지 않은 상태                                     |
| b    | 1    | 2%이상<br>~<br>3%미만 | 1%이상<br>~<br>2%미만 | ○ 부분적으로 경미한 경사/전도가 발생한 상태이나 근본적인 보수는 필요하지 않은 상태         |
| c    | 2    | 3%이상<br>~<br>4%미만 | 2%이상<br>~<br>3%미만 | ○ 경사/전도의 정도가 보통정도이나 지속적인 관찰로 진행성을 감시할 정도의 상태            |
| d    | 3    | 4%이상<br>~<br>6%미만 | 3%이상<br>~<br>4%미만 | ○ 경사/전도의 정도가 심각하여 옹벽의 구조적인 안정에 심각한 영향을 미칠 수 있는 상태       |
| e    | 4    | 6%이상              | 4%이상              | ○ 경사/전도의 정도가 아주 심하고 광범위하게 발생하여 구조적인 안정을 상실할 수 있는 위험한 상태 |

표 11-14 활동 상태평가 기준

[표 11.14] 활동의 상태평가 기준(공통적용)

| 평가기준 | 결함점수 | 최대 활동의 범위             |                      | 조사된 상태                                               |
|------|------|-----------------------|----------------------|------------------------------------------------------|
|      |      | 비진행성                  | 진행성                  |                                                      |
| a    | 0    | 5cm미만                 | 2cm미만                | ○ 활동이 발생되지 않은 상태                                     |
| b    | 1    | 5cm이상<br>~<br>8cm미만   | 2cm이상<br>~<br>5cm미만  | ○ 부분적으로 경미한 활동이 발생한 상태이나 근본적인 보수는 필요하지 않은 상태         |
| c    | 2    | 8cm이상<br>~<br>12cm미만  | 5cm이상<br>~<br>8cm미만  | ○ 활동의 정도가 보통정도이나 지속적인 관찰로 진행성을 감시할 정도의 상태            |
| d    | 3    | 12cm이상<br>~<br>16cm미만 | 8cm이상<br>~<br>12cm미만 | ○ 활동의 정도가 심각하여 용벽의 구조적인 안정에 심각한 영향을 미칠 수 있는 상태       |
| e    | 4    | 16cm이상                | 12cm이상               | ○ 활동의 정도가 아주 심하고 광범위하게 발생하여 구조적인 안정을 상실할 수 있는 위험한 상태 |

④ 결함 지수 알람 알고리즘



(2) 안전점검 및 정밀안전진단 세부지침 해설서(건축물)을 근거

① 점검 항목

철근 콘크리트 구조 및 철골구조 건축물의 정밀점검, 정밀안전진단의 조사 항목 중 개발 센서로

측정 가능한 변위 변형(기울기 및 부동침하를)을 측정

[표 10.3] 철근콘크리트 구조의 조사항목

| 구 분               | 조사항목         | 내 용                         |
|-------------------|--------------|-----------------------------|
| 부재 상태<br>및<br>내구성 | 콘크리트 강도 및 규격 | 콘크리트 압축강도 및 부재규격            |
|                   | 균열           | 균열폭, 면적율                    |
|                   | 콘크리트 탄산화     | 탄산화 깊이                      |
|                   | 표면 열화        | 박리, 박락 및 층분리, 누수 및 백태, 철근노출 |
| 변위 · 변형           | 기울기          | 건축물기울기                      |
|                   | 부동침하         | 부동침하에 의한 구조 및 부재의 기울기       |

[표 10.9] 철골 · 철근콘크리트 구조의 조사항목

| 구 분               |      | 조사항목            | 내 용                           |
|-------------------|------|-----------------|-------------------------------|
| 구조안전성             |      | 부재내력            | 기둥, 벽, 보, 슬래브 등의 내력검토(도서)     |
| 부재 상태<br>및<br>내구성 | SRC  | 콘크리트 강도 및<br>규격 | 콘크리트 압축강도 및 부재의 규격            |
|                   |      | 철근배근 상태         | 철근배근 간격, 피복두께                 |
|                   |      | 균열              | 균열폭 및 면적율                     |
|                   |      | 콘크리트 탄산화        | 탄산화 진행깊이                      |
|                   |      | 철근 및 접합재 부식     | 철근 및 접합재 부식상태 및 부식환경          |
|                   |      | 표면 열화           | 박리, 박락 및 층분리, 누수, 백태,<br>철근노출 |
|                   |      | 염화물함유량(필요시)     | 염화물이온 함유량                     |
|                   |      | 실내시험(필요시)       | 코어강도, 단위중량 등                  |
|                   | ST'L | 강재의 규격          | 강재강도 및 부재규격                   |
|                   |      | 용접 접합상태         | 용접부 결함                        |
|                   |      | 볼트 접합상태         | 볼트 누락, 풀림, 이완                 |
|                   |      | 강재의 부식도         | 방청과 강재부식                      |
|                   |      | 접합재 부식도         | 용접 및 볼트접합부 부식                 |
|                   |      | 내화피복            | 내화피복 두께 및 손상                  |
| 변위 · 변형           |      | 기울기             | 건축물기울기                        |
|                   |      | 부동침하            | 부동침하에 의한 구조 및 부재의 기울기         |

② 변위 변형 측정

대상 구조: 철근콘크리트라멘구조, 철골구조, 철골 · 철근콘크리트구조, 철근콘크리트 벽식 구조, 프리캐스트콘크리트구조, 부랑판구조, 조적조

③ 재료시험 항목 및 기준수량

ㄱ.부재변형 : 건축물의 전체에 대한 외관조사를 실시한 결과, 균열 및 손상(처짐등)이 발생되었

거나, 발생가능성이 있는 주요 부위로 한다.

ㄴ. 건물기울기 : 측정이 가능한 건축물 4면의 외벽모서리 전체로 한다.

ㄷ. 부동침하기울기 : 최저층 바닥 또는 천장슬래브에서 건물의 장변방향과 단변방향으로 각각 2개소 이상으로 한다.

ㄹ. 건물기울기와 부동침하기울기 조사는 동일 목적으로 실시하는 조사항목으로 책임기술자의 판단에 의해 2개 항목 중 1개만 실시할 수 있으며, 그 사유를 명기하여야 한다.

ㅁ. 재료시험 단위 : 신축이음이 있는 경우에는 신축이음부로 구획된 구조물을 기본 단위로 한다.

#### ④ 상태평가산정

[표 10.28] 건축물의 기울기에 대한 상태평가 기준

| 평가기준 | 평가내용     |                      | 평가점수<br>(대표값) |
|------|----------|----------------------|---------------|
|      | 기울기(각변위) | 내 용                  |               |
| a    | 1/750 이내 | 예민한 기계기초의 위험 침하 한계   | 1             |
| b    | 1/500 이내 | 구조물의 균열발생 한계         | 3             |
| c    | 1/250 이내 | 구조물의 경사도 감지          | 5             |
| d    | 1/150 이내 | 구조물의 구조적 손상이 예상되는 한계 | 7             |
| e    | 1/150 초과 | 구조물이 위험할 정도          | 9             |

#### ⑤ 상태 평가 알람 알고리즘



## 다. 사업성

### - SWOT분석

| 강점(Strength)                                                                                                                                                                                                                       | 약점(Weakness)                                                                                                                                                                                                  |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>- U-Korea구현 위한 정부 및 산업체의 의지</li> <li>- 세계 최고의 정보화 인프라 구축 및 강력한 정책 추진</li> <li>- 건설 관련 기술자들의 IT능력 수준 타국에 비해 다소 우월</li> <li>- 대형 건설 업체들의 IT기술도입에 대한 적극성</li> <li>- 국내 건설 정보화 의식 확산</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- 산학연간 공통된 연구 추진 미흡</li> <li>- 다분야 공동 연구에 대한 경험 부족</li> <li>- 요소 부품 기술부족</li> <li>- 산업 서비스 모델부재 및 통합 센서 비용</li> <li>- 건설 영역 Value chain 전반에 통합된 연구 개발 경험 미흡</li> </ul> |
| 기회요인(Opportunity)                                                                                                                                                                                                                  | 위험요인(Threat)                                                                                                                                                                                                  |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>- 대형 건설 업체들의 수익성 증대를 위해 IT 기술 도입에 대한 필요성 증대</li> <li>- 70년대 경제성장과 함께 ‘압축건설’로 40년이 지낸 현재 ‘고령화’가 급속히 진행 중으로 시장 수요가 증가 할 것으로 전망</li> </ul>                                                     | <ul style="list-style-type: none"> <li>- IT 선진국들의 기술표준에 종속</li> <li>- 건설업체들의 개별 연구로 인한 시너지 효과 상실</li> <li>- 풍부한 자금력을 기반으로한 외국계 IT업체들의 국내시장 진입</li> <li>- 과중한 해외 의존도</li> </ul>                                |

### - 적용 대상의 확대

|          |                                                                          |
|----------|--------------------------------------------------------------------------|
| 단기적 전략   | 소규모 현장을 대상으로 단순 위험 상황 알림 센서<br>핸드폰 어플리케이션 구동 가능<br>안전모 장착 구동 가능<br>대여 가능 |
| 중□장기적 전략 | 용벽에 실시간 안전 계측 시스템을 결합하여 바로 현장 적용 가능<br>기존 용벽 공사 대비 5% 매출 증가<br>현재 매출 발생  |

### - 시장의 활용성

환기시스템, 유해가스 누출, 구조물 안전 시스템 등 다양한 사회 안전망에 활용 가능  
 공사장, 반도체, 제철소 등 산업현장의 인력 안전관리 시스템으로 활용가능

## 라. 기타

향후 사업화 진행을 위한 TTA인증 및 객관적인 전문가적 의견 수렴을 통해 실용화 및 사업화 달성을 이루도록 하겠습니다.

## 2. 성과점검기준표

### 가. 성과점검기준표

| 구분 | 핵심성과<br>(level1) |                         | 단위성과<br>(level2)    |                           | 최종 성과점검기준 |                       |         |         |          | 해당<br>기관 | 예산<br>(백만원) | 양적<br>성과목표 |                                                       |
|----|------------------|-------------------------|---------------------|---------------------------|-----------|-----------------------|---------|---------|----------|----------|-------------|------------|-------------------------------------------------------|
|    |                  |                         |                     |                           | 질적 성과지표   |                       | 목표<br>치 | 측정방법    | 검증<br>방법 |          |             |            | 가<br>중<br>치                                           |
| 총괄 | A                | 실시간 계측 시스템 및 OS 및 어플 개발 | A-1                 | 실시간 계측 시스템                | ①         | 시스템 작동여부              | 100     | 실험인증    | 실험 기관    | 4        | 다드림 미래기술(주) | 250        | 특허: 출원 1 건<br>등록 1 건<br>논문: 2건<br>시제품: 1 건<br>S/W: 1건 |
|    |                  |                         |                     |                           | ②         | 위험감지 센싱 시스템 및 OS 연동상태 | 100     | 연동상태 조사 | 실험 기관    |          |             |            |                                                       |
|    |                  |                         |                     |                           |           |                       |         |         |          |          |             |            |                                                       |
|    |                  | A-2                     | OS 및 어플 개발 (건축구조물용) | ①                         | 연동상태여부    | 100                   | 연동상태 조사 | 실험 기관   | 2        | 98       |             |            |                                                       |
|    |                  |                         |                     | ②                         | 디스플레이 여부  | 100                   | 연동상태 조사 | 실험 기관   |          |          |             |            |                                                       |
|    |                  |                         |                     | ③                         | 어플작동여부    | 100                   | 연동상태 조사 | 실험 기관   |          |          |             |            |                                                       |
|    | B                | 알고리즘 개발                 | B-1                 | 사용자 위치 추적 S/W 테스트 및 최적화   | ①         | 위치추적 정확도              | 5m      | 실험/검증   | 실험 기관    | 2        | 한국과학기술연구원   | 75         |                                                       |
|    |                  |                         | B-2                 | 자동 대피 경로 안내 S/W 테스트 및 최적화 | ②         | 경로 안내 신뢰도             | 90      | 실험/검증   | 실험 기관    | 1        |             | 55         |                                                       |
|    |                  |                         | B-3                 | 위험 탐지 기술 S/W 개발           | ①         | 위험 탐지 정확도             | 90      | 실험/검증   | 실험 기관    | 1        |             | 20         |                                                       |
| 계  |                  |                         |                     |                           |           |                       |         |         |          | 10       | 498         |            |                                                       |

### (1) 성과목표에 대한 자체평가

| 성과목표       | 자 체 평 가                    |
|------------|----------------------------|
| 위치추적정확도    | 실내 7m ~ 3m내외의 오차 위치 추적     |
| 대피경로안내신뢰도  | 위치 추적 레디오 맵 작성후 실제 데이터 측정중 |
| 가속도계의 측정범위 | 0.01mm ~ 100mm 범위 측정 가능    |
| 정확도의 측정범위  | 0.01mm 센서측정                |

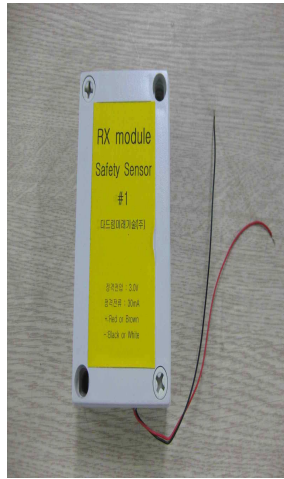
## (2) 성과목표에 대한 실험기관 평가

### ① 시험시료

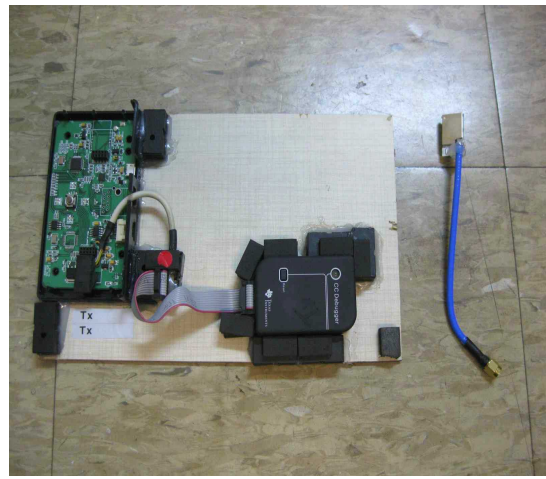
- ㉠ 시료명 : 위험감지 센싱 시스템
- ㉡ 모델명 : Safety Sensor
- ㉢ 정격 : DC 5V, 30 mA, 0.15 W
- ㉣ 제조회사 : 다드림미래기술(주)
- ㉤ 시료수 : TX 모듈 [5EA], RX모듈 [5EA], 출력 측정용 TX 모듈[1SET]



TX모듈



RX모듈



TX 출력 측정용 시료 및 지그

### ② 시험조건 및 방법

| 시험항목 | 시험조건 및 방법                     |           | 판정기준 |
|------|-------------------------------|-----------|------|
| 소비전류 | 시료에 DC 3V 인가 후, 소비전력 측정       |           | -    |
| 출력   | 1)출력 측정용 TX 모듈에 정격(DC 5 V) 인가 |           | -    |
|      | 2) 다음의 3가지 주파수에 대역에 대한 출력 측정  |           |      |
|      | Low                           | 2.405 GHz |      |
|      | Mid                           | 2.440 GHz |      |
|      | High                          | 2.480 GHz |      |

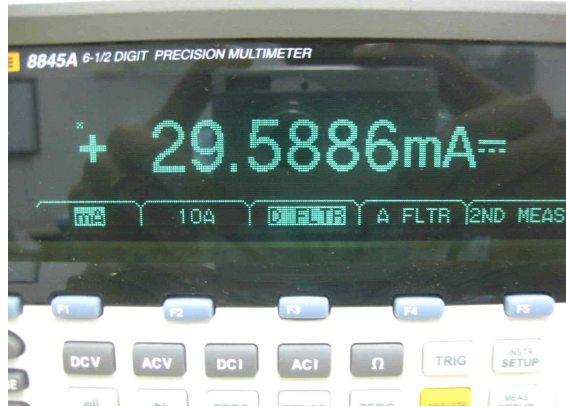
### ③ 시험결과

#### ㉠ 소비전류

| 시험항목 | 시험조건 및 방법                   | 판정기준 | 시험결과 |             |
|------|-----------------------------|------|------|-------------|
| 소비전류 | 시료에 DC 3 V 인가 후,<br>소비전류 측정 | -    | 구분   |             |
|      |                             |      | RX   | 측정결과[mA]    |
|      |                             |      |      | #1 29.588 6 |
|      |                             |      |      | #2 30.012 2 |
|      |                             |      |      | #3 29.432 1 |
|      |                             |      |      | #4 29.758 5 |
|      |                             |      |      | #5 29.628 5 |
|      |                             |      | TX   | #1 27.093 0 |
|      |                             |      |      | #2 26.704 8 |
|      |                             |      |      | #3 26.847 7 |
|      |                             |      |      | #4 26.432 3 |
|      |                             |      |      | #5 26.806 8 |



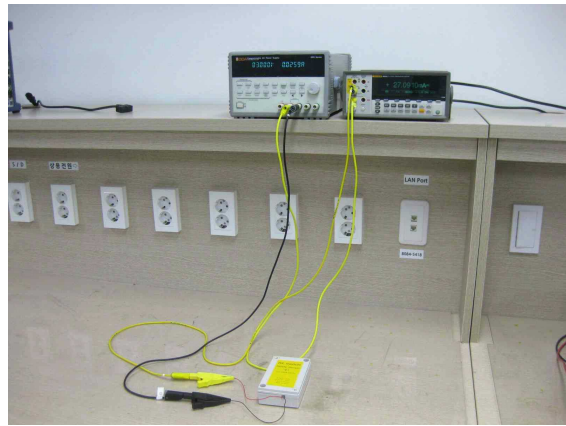
(a) 정격 인가



(b) 측정 결과



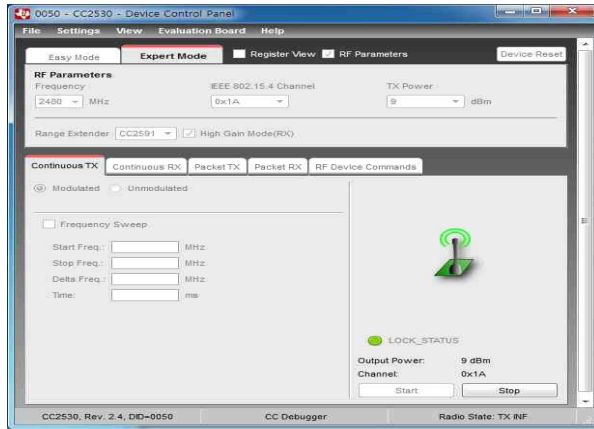
(c) 시험사진\_1



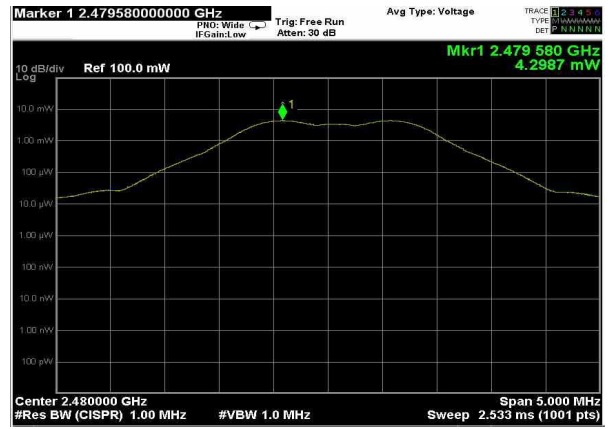
(d) 시험 사진\_2

㉠ 출력

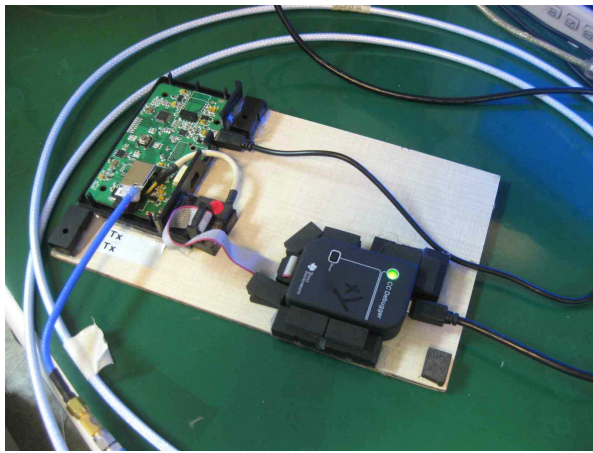
| 시험 항목 | 시험조건 및 방법                     | 판정 기준 | 시험결과 |            |
|-------|-------------------------------|-------|------|------------|
| 출력    | 1) 출력 측정용 TX 모듈에 정격(DC 5 V)인가 | -     | 구분   | 측정결과 [dBm] |
|       | 2) 다음의 3가지 주파수 대역에 대한 출력 측정   |       | Low  | 8.053      |
|       | Low                           |       | Mid  | 7.062      |
|       | Mid                           |       | High | 6.333      |
|       | High                          |       |      |            |



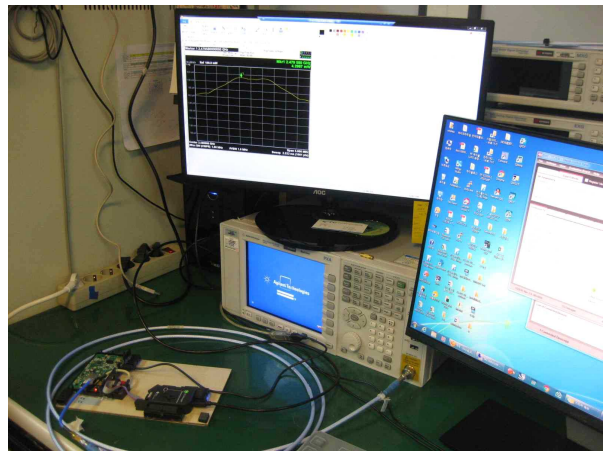
(a) 주파수 세팅



(b) 측정 RF 신호



(c) 시험 사진\_1



(d) 시험 사진\_2

#### ④ 시험에 사용된 장비

| 장비명                | 장비번호 | 모델명(제조사)         |
|--------------------|------|------------------|
| DC Power Supply    | 4467 | OPS-505(ODA)     |
| Digital Multimeter | 4277 | 8845A (fluke)    |
| 실시간 광대역 무선신호 분석기   | 4557 | N9030A (Agilent) |

#### ⑤ 비고

- 진행된 시험은 특별한 언급이 없는 한 IEC 60068-1에 따른 다음의 대기 조건에서 실시
- (1) 온도 :  $(25 \pm 10) ^\circ\text{C}$
- (2) 상대습도 :  $(50 \pm 25) \% \text{ R.H.}$

### (3) 신뢰성 테스트 진행



결론 : 센서A1~A20 각 20회 진행

디지털 각도기 각도 변화 후 안전센서 값 확인

평균오차 +0.035

### 나. 구조물의 상태평가 기준

#### (1) 구조물 경사계 관리 기준

| 관리수준    | 계측값 ( 여러 항목에서 1개 항목 이상 해당할 경우)                                                                           |
|---------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 정상      | ① 매일 0.5° 이하의 구조물의 경사 변화량 발생<br>② 최근 15일 누적 변위량이 0.5°~1.0° 미만의 경사 발생<br>③ 최근 30일 누적 변위량이 1.0° 이하의 경사가 발생 |
| 주의      | ① 최근 24시간 이내 0.5° 이상의 경사 발생<br>② 매일 꾸준히 0.5° 이상 경사 발생<br>③ 최근 15일 누적 변위량이 5.0° 미만의 경사가 발생                |
| 심각      | ① 매일 전일대비 동일한 방향으로 방향성을 가지면서 1.5° 이상 경사 발생<br>② 최근 15일 동일 방향으로 방향성을 가지면서 5.0° 이상의 경사가 발생                 |
| 경보      | ① 최근 1시간 이내 1.0° 이상 경사가 발생<br>② 최근 6시간 이내 3.0° 이상 경사가 발생<br>③ 최근 24시간 이내 5.0° 이상의 경사가 발생                 |
| 복구      | ① 심각 단계 이하의 수준으로 함수비가 감소할 경우                                                                             |
| 오보(오작동) | ① 붕괴수준 이상의 급격이 큰 경사가 계측될 때                                                                               |

## (2) 상태평가기준

| 등급 | 균열, 변위                                                                          | 열화 및 손상                                                            |
|----|---------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------|
| A  | · 구체 균열 폭 0.1mm 미만                                                              | · 없음                                                               |
| B  | · 구체 균열 폭 0.1mm 이상 ~0.3mm 미만                                                    | · 표면 손상면적 2%미만<br>· 앵커블록 내부 결로 발생                                  |
| C  | · 구체 균열폭 0.3mm이상~0.5mm미만<br>· 교대와 날개벽사이에 폭 1.0mm이상의 균열발생                        | · 표면 손상면적 2%이상 ~ 10%미만<br>· 철근부식 손상면적 2% 미만<br>· 앵커블록 내부 결로에 의한 체수 |
| D  | · 구체 균열폭 0.5mm이상~1.0mm미만<br>· 날개벽 기울음 및 손상 심화 (배면토 유출)<br>· 기초의 부등침하로 인한 구체 기울음 | · 표면 손상면적 10%이상<br>· 철근부식 손상면적 2%이상                                |
| E  | · 구체 균열폭 1.0mm이상<br>· 날개 벽 전도 위험 있음<br>· 부등침하로 인한 교대 안전성 저하                     | · 코평부 파손으로 인하여 거더의 탈락 가능성 있음<br>· 심한 철근부식으로 인하여 교대의 안전성이 저하 됨      |

## (3) 콘크리트 균열에대한 상태평가 기준

| 평가기준 | 평가점수<br>(대표값) | 평가내용                  |               |              |
|------|---------------|-----------------------|---------------|--------------|
|      |               | 최대 균열폭 : $c_w$ (단위mm) | 면적율*<br>20%이하 | 면적율<br>20%이상 |
| a    | 1             | $C_W < 0.1$           | a             | a            |
| b    | 3             | $0.1 \leq C_W < 0.2$  | b             | c            |
| c    | 5             | $0.2 \leq C_W < 0.3$  | c             | d            |
| d    | 7             | $0.3 \leq C_W < 0.5$  | d             | e            |
| e    | 9             | $0.5 \leq C_W$        | e             | e            |

## (4) 부재의 변위·변형에 대한 상태평가 기준

| 평가기준 | 평가기준(보 및 슬래브의 처짐)    | 평가점수(대표값) |
|------|----------------------|-----------|
| a    | $L$ (경간길이cm) / 480이하 | 1         |
| b    | $L$ / 480이하(경미한 손상)  | 3         |
| c    | $L$ / 240이하          | 5         |
| d    | $L$ / 150이하          | 7         |
| e    | $L$ / 150초과          | 9         |

주) 상태평가 결과가 “d”이하이면서 과도한 균열을 동반하는 경우 중대한 결함으로 본다.

(5) 건축물의 기울기(부동침하에 의한)에 대한 상태평가 기준

| 평가기준 | 평가내용     |                     | 평가점수<br>(대표값) |
|------|----------|---------------------|---------------|
|      | 기울기(각변위) | 내 용                 |               |
| a    | 1/750 이내 | 예민한 기계기초의 위험 침하 한계  | 1             |
| b    | 1/500 이내 | 구조물의 균열발생 한계        | 3             |
| c    | 1/250 이내 | 구조물의 경사도 감지         | 5             |
| d    | 1/150 이내 | 구조물의구조적 손상이 예상되는 한계 | 7             |
| e    | 1/150 초과 | 구조물이 위험할 정도         | 9             |

주) 상태평가 결과가 “b”이하이면서 균열의 심한 변화를 동반하는 경우 중대한 결함으로 본다.

다. 옹벽시설의 상태평가 기준

(1) 옹벽시설물의 상태평가 기준

| 상태평가기준 | 시설물의 상태평가 내용         | 비고       |
|--------|----------------------|----------|
| A      | $0.00 \leq F < 0.15$ | F=옹벽결함지수 |
| B      | $0.15 \leq F < 0.30$ |          |
| C      | $0.30 \leq F < 0.55$ |          |
| D      | $0.55 \leq F < 0.75$ |          |
| E      | $0.75 \leq$          |          |

(2) 활동의 상태평가 기준(공통적용)

| 평가기준 | 결함점수 | 최대 활용의 범위         |                  | 조사된 상태                                             |
|------|------|-------------------|------------------|----------------------------------------------------|
|      |      | 비진행성              | 진행성              |                                                    |
| a    | 0    | 5cm미만             | 2cm미만            | 활동이 발생되지 않은 상태                                     |
| b    | 1    | 5cm이상<br>~8cm미만   | 2cm이상<br>~5cm미만  | 부분적으로 경미한 활동이 발생한 상태이나 근본적인 보수는 필요하지 않은 상태         |
| c    | 2    | 8cm이상<br>~12cm미만  | 5cm이상<br>~8cm미만  | 활동의 정도가 보통정도이나 지속적인 관찰로 진행성을 감시할 정도의 상태            |
| d    | 3    | 12cm이상<br>~16cm미만 | 8cm이상<br>~12cm미만 | 활동의 정도가 심각하여 옹벽의 구조적인 안정에 심각한 영향을 미칠 수 있는 상태       |
| e    | 4    | 16cm이상            | 12cm이상           | 활동의 정도가 아주 심하고 광범위하게 발생하여 구조적인 안정을 상실할 수 있는 위험한 상태 |

(3) 계획선형 오차(전도/경사)의 상태평가 기준(콘크리트옹벽, 석축)

| 평가기준 | 결함점수 | 최대 활용의 범위     |               | 조사된 상태                                                   |
|------|------|---------------|---------------|----------------------------------------------------------|
|      |      | 비진행성          | 진행성           |                                                          |
| a    | 0    | 2%미만          | 1%미만          | 경사/전도가 발생되지 않은 상태                                        |
| b    | 1    | 2%이상<br>~3%미만 | 1%이상<br>~2%미만 | 부분적으로 경미한 경사/전도가 발생한 상태이나<br>근본적인 보수는 필요하지 않은 상태         |
| c    | 2    | 3%이상<br>~4%미만 | 2%이상<br>~3%미만 | 경사/전도의 정도가 보통정도이나 지속적인 관찰로<br>진행성을 감시할 정도의 상태            |
| d    | 3    | 4%이상<br>~5%미만 | 3%이상<br>~4%미만 | 경사/전도의 정도가 심각하여 옹벽의 구조적인 안정에<br>심각한 영향을 미칠 수 있는 상태       |
| e    | 4    | 6%이상          | 4%이상          | 경사/전도의 정도가 아주 심하고 광범위하게 발생하여<br>구조적인 안정을 상실할 수 있는 위험한 상태 |

(4) 침하의 상태평가 기준(콘크리트옹벽, 석축)

| 평가기준 | 결함점수 | 최대 활용의 범위         |                  | 조사된 상태                                                |
|------|------|-------------------|------------------|-------------------------------------------------------|
|      |      | 비진행성              | 진행성              |                                                       |
| a    | 0    | 5cm미만             | 2cm미만            | 침하가 발생되지 않은 상태                                        |
| b    | 1    | 5cm이상<br>~8cm미만   | 2cm이상<br>~5cm미만  | 부분적으로 경미한 침하가 발생한 상태이나 근본적인<br>보수는 필요하지 않은 상태         |
| c    | 2    | 8cm이상<br>~12cm미만  | 5cm이상<br>~8cm미만  | 침하의 정도가 보통정도이나 지속적인 관찰로 진행성을<br>감시할 정도의 상태            |
| d    | 3    | 12cm이상<br>~16cm미만 | 8cm이상<br>~12cm미만 | 침하의 정도가 심각하여 옹벽의 구조적인 안정에 심각한<br>영향을 미칠 수 있는 상태       |
| e    | 4    | 16cm이상            | 12cm이상           | 침하의 정도가 아주 심하고 광범위하게 발생하여<br>구조적인 안정을 상실할 수 있는 위험한 상태 |

## 제5장. 연구개발성과의 활용계획

---

### 1. 활용방안

가. 4차산업에 맞추어 프리캐스트 용벽에 위험감지 센싱 시스템을 삽입(내장)시켜 실시간으로 구조물의 노후 및 안전성을 확인하고자함.

나. 공사장, 반도체, 제철소 등 산업 현장의 실내 인력 안전관리 시스템으로 활용

- (1) 현재 포스코의 경우 작업장의 일산화탄소 센서와 연동되는 경보시스템을 운용
- (2) 건설현장 내에 인력, 자재, 장비, 안전, 노무 등 관리 가능

다. 환기 시스템, 유해가스 누출, 구조물 안전 시스템 등 다양한 사회 안전망에 활용

- (1) 환경부 재정 ‘다중이용시설 등의 실내 공기질 관리법’에서 유해가스 측정을 규정 현재 모바일 기기의 센서 + 추가 외부 가능
- (2) 개인 모바일 기기와 연동이 가능

### 2. 파급효과

가. 기술적 측면

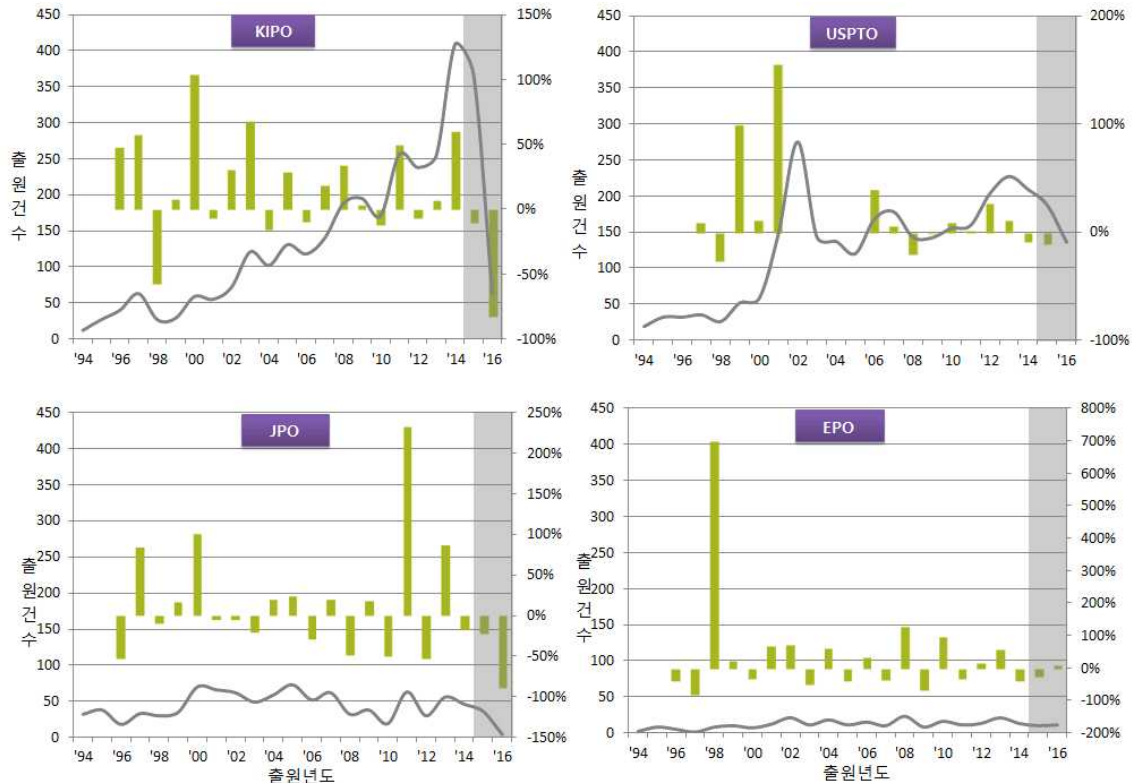
- (1) 구조물의 구조손상 및 건전도 평가 기술, 센서 및 모니터링 기술, 유지관리 기술 분야의 원천 기술 확보
- (2) 기존기술과 차별화된 새로운 최첨단 센서, 상시계측, 구조물 안전 진단 기술 개발
- (3) 첨단 유비쿼터스 기술을 활용하여 구조물 안전□유지관리가 간편해짐
- (4) 계측, 경보, 제어 기능의 미래형 시설물 계획, 설계, 관리 기술로 발전
- (5) 태풍, 지진 등의 자연재해 발생 이후, 사회기반시설물의 건전성을 신속하게 확인가능
- (6) 자동화된 시스템으로 비전문가도 손쉽게 사용가능한 기술로 대중화/일반화가 쉬움

나. 경제적 측면

- (1) 효율적인 상시계측 및 안전□유지진단 기술 개발로 구조물의 수명연장과 경제성제고
- (2) 예방적 유지관리 전략을 통한 사회기반시설물의 생애주기 비용 최소화
- (3) 해외 시장개발에 따른 시설물 안전관리 기술의 국제적 첨단산업 시장점유
- (4) 경제적이고 안전한 구조물 설계/시공 및 유지관리 문화 선도
- (5) 안전계측센서의 개발로 상용화 효과와 수입대체 효과 및 수출경쟁력 강화
- (6) 관련기술의 국산화를 통한 해외선진기술 수입 지출 절감

## 제6장. 연구 과정에서 수집한 해외 과학기술 정보

### 1. 주요시장국 연도별 동향



관련 기술 분야 각 국가별 특허출원동향

※분석구간 : 한국(KIPO), 미국(USPTO), 일본(JPO), 유럽(EPO) 특허 1994.~2017.(출원년도)

가. 한국(KIPO)은 '90년대 중반 이후부터 출원 건수가 현저하게 증가하고 있고, 특히 최근에 비약적인 증가추세를 보임. 이는 대상기술에 대한 한국 시장에서의 관심이 높아지고, 한국 시장에 대한 중요도가 높아지는 것으로 분석됨. 일부 구간에서 출원 건수가 다소 감소하는 현상을 보이나, 출원 건수(10건 내외)가 미미하여 크게 의미있는 수치로 보이지는 않음

나. 미국(USPTO)은 '90년대 초반부터 현재까지 꾸준한 증가세를 보이고 있음. 한국(KIPO) 시점과 마찬가지로, 최근(14년 이후)에 급격한 증가추세를 보임. 전체의 구간에서 다수의 출원인에 의한 활발한 출원활동이 분석되며, '06년도 전후 세계 금융위기에 가장 직접적인 영향을 받은 출원국이고, 일부 구간에서는 '06년 이후부터 다소 감소하는 추세를 보임. 그러나, 전체적인 패턴과 전체 출원건수를 볼 때 '06년 이후의 감소 추세는 무시할 수 있는 경향임

다. 일본(JPO)은 장기적인 경기 침체를 반영하듯이 '09년까지 증가와 감소가 미미하게 반복되지만, 뚜렷한 출원 증가 패턴을 보이고 있지 않음. 다만, '90년대 초반부터 현재까지 출원 건수가 꾸준히 유지되고 있음

라. 그러나, 일본(JPO)의 경우는 센서나 건설 기술 등의 제반 기술이 확보되어 있기 때문에, 기술 선도국으로 빠르게 도약할 가능성을 배제할 수 없음. 따라서, 타국에서 일본 국적의 출원인 또는 발명자들에 대한 출원 활동을 모니터링 해볼 필요가 있음. 예를 들어, 내수 시장의 침체로 인해 일본 기업들이 해외 시장, 예를 들어 최대 시장국인 미국 출원을 활발하게 하는 경우 일본 기업들의 시장 지배력을 무시할 수 없음. 때문에 일본 국적의 출원인 또는 발명자들에 대한 해외 출원도 모니터링 할 필요가 있다고 보임

마. 유럽(EPO)의 경우, 최근까지 미미하지만 증가와 감소를 반복하면서 뚜렷한 패턴을 보이고 있지 않음. 그러나, 유럽 특허청(EPO)에 출원된 특허 건수만으로 추이를 살펴보는 데 무리가 있음. 일반적으로, 유럽 기업들은 유럽 특허청(EPO)에 출원하지 않고 블랙박스 전략을 통해 유럽연합 내 특정국가에 대한 개별출원 등을 진행하기 때문에, 통계 누락 가능성을 고려할 필요가 있음. 따라서, 유럽특허에 대한 지속적인 신규출원의 모니터링이 필요함

## 제7장. 연구개발성과의 보안등급

| 보안과제 | 일반과제 |
|------|------|
|      | ○    |

## 제8장. 국가과학기술종합정보시스템에 등록한 연구시설·장비 현황

| 구입 기관 | 연구시설/<br>연구장비명 | 규격<br>(모델명) | 수량 | 구입 연월일 | 구입 가격<br>(천원) | 구입처<br>(전화번호) | 비고<br>(설치 장소) | NTIS장비<br>등록 번호 |
|-------|----------------|-------------|----|--------|---------------|---------------|---------------|-----------------|
|       |                |             |    |        |               |               |               |                 |

## 제9장. 연구개발과제 수행에 따른 연구실 등의 안전 조치 이행 실적

### 1. 연구실에서의 안전 수칙

#### 가. 기본수칙

- (1) 실험자는 발생 가능한 사고에 대해 대비하고 경각심을 가지면서 실험에 임하여 사고를 미연에 방지한다.
- (2) 위험성을 가진 작업이 있을 경우 반드시 실험복 및 적절한 보호구 등을 착용한다.
- (3) 소화기, 비상샤워기 등의 위치와 사용법을 숙지한다.
- (4) 위험하거나 독성이 있는 물질 또는 휘발성이 있는 화학약품 등은 후드 내에서 사용한다.
- (5) 연구실 사용 시 연구실로부터 대피할 수 있는 비상구가 항상 개방되도록 한다.

- (6) 전기안전수칙을 지켜 누전사고에 대비한다.
- (7) 연구실은 항상 전돈된 상태로 유지한다.

나. 연구실에서의 전기 안전 수칙

- (1) 전기스위치 부근에 인화성, 가연성, 유기용매 등의 취급을 금지한다.
- (2) 반드시 정격 전압을 사용한다.
- (3) 결함이 있는 전기기구 사용을 금지한다.
- (4) 전기 및 전열기구의 손상, 과열, 접속상태, 피복의 손상여부 등을 확인한다.
- (5) 장비를 검사하기 전에 회로의 스위치를 끄거나 장비의 플러그를 뽑아서 전원을 끈다.
- (6) 연결 코드선은 가능한 짧게 사용한다.

## 제10장. 연구개발과제의 대표적 연구 실적

| 번호 | 구분<br>(논문/<br>특허/<br>기타) | 논문명/특허명/<br>기타                                                                                    | 소속<br>기관명          | 역할       | 논문<br>게재지/<br>특허 등록<br>국가 | 영향력<br>지수 | 논문 게재일<br>/특허 등록일                | 사사 여부<br>(단독 사사<br>또는<br>중복 사사) | 특기 사항<br>(SCI<br>여부/인용<br>횟수 등) |
|----|--------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------|----------|---------------------------|-----------|----------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|
| 1  | 특허                       | 구조물의<br>재난정보<br>관리시스템                                                                             | 다드림<br>미래기<br>술(주) | 주관<br>기관 | 대한민국                      |           | 2017.01.12                       |                                 |                                 |
| 2  | 특허                       | 구조물 상태 위험<br>감지 방법 및<br>시스템                                                                       | 다드림<br>미래기<br>술(주) | 주관<br>기관 | 대한민국                      |           | 2017.08.02                       |                                 |                                 |
| 3  | 논문                       | 맵매칭을 이용한<br>스마트폰 기반<br>실내 항법 기술                                                                   | 키스트                | 공동<br>기관 | 대한민국                      |           | 2015.11.05                       | 중복                              |                                 |
| 4  | 논문                       | Dead Reckoning<br>과 LTE 를<br>이용한 GNSS<br>음영지역에서의<br>측위 개선<br>알고리즘                                 | 키스트                | 공동<br>기관 | 대한민국                      |           | 2017년<br>한국통신학회<br>하계종합학술발표<br>회 | 중복                              |                                 |
| 4  | 논문                       | WiFi Based<br>Robust<br>Positioning<br>System in Large<br>Scale and Weak<br>Signal<br>Environment | 키스트                | 공동<br>기관 | USA                       |           | ION2017                          | 중복                              | 2017.9<br>발표 예정                 |
| 6  | 논문                       | WiFi and PDR<br>Based Robust<br>SLAM<br>Implementation<br>using Surface<br>Correlation            | 키스트                | 공동<br>기관 | USA                       |           | ION2017                          | 중복                              | 2017.9<br>발표 예정                 |

## 제11장. 기타 사항

---

해당없음

## 제12장. 참고 문헌

---

1. 박명규, 박윤선, 강경식 ‘안전성 확보를 위한 건설안전 정보 시스템 개발’, 명지대학교, 2005
  2. 송효민. 국내 건설현장 안전관리 개선방안에 관한 연구. 경기대학교. 2016
  3. 안전점검 및 정밀안전진단 세부지침해설서 건축물
  4. 안전점검 및 정밀안전진단 세부지침해설서 (옹벽)
- 

## 9. 뒷면지

### 주 의

1. 이 최종보고서는 국토교통과학기술진흥원에서 시행한 2015년 국토교통기술사업화 지원사업의 연구 보고서입니다.
2. 이 최종보고서 내용을 발표하는 때에는 반드시 국토교통과학기술진흥원에서 시행한 사업의 연구개발성과임을 밝혀야 합니다.
3. 국가과학기술 기밀 유지에 필요한 내용은 대외적으로 발표 또는 공개하여서는 안 됩니다.

210mm×297mm[백상지(80g/㎡) 또는 중질지(80g/㎡)]