



재난 디지털 트윈 및 CrowdQuake 소개

경북대학교 컴퓨터학부 권영우



증가하는 재난 및 사고,

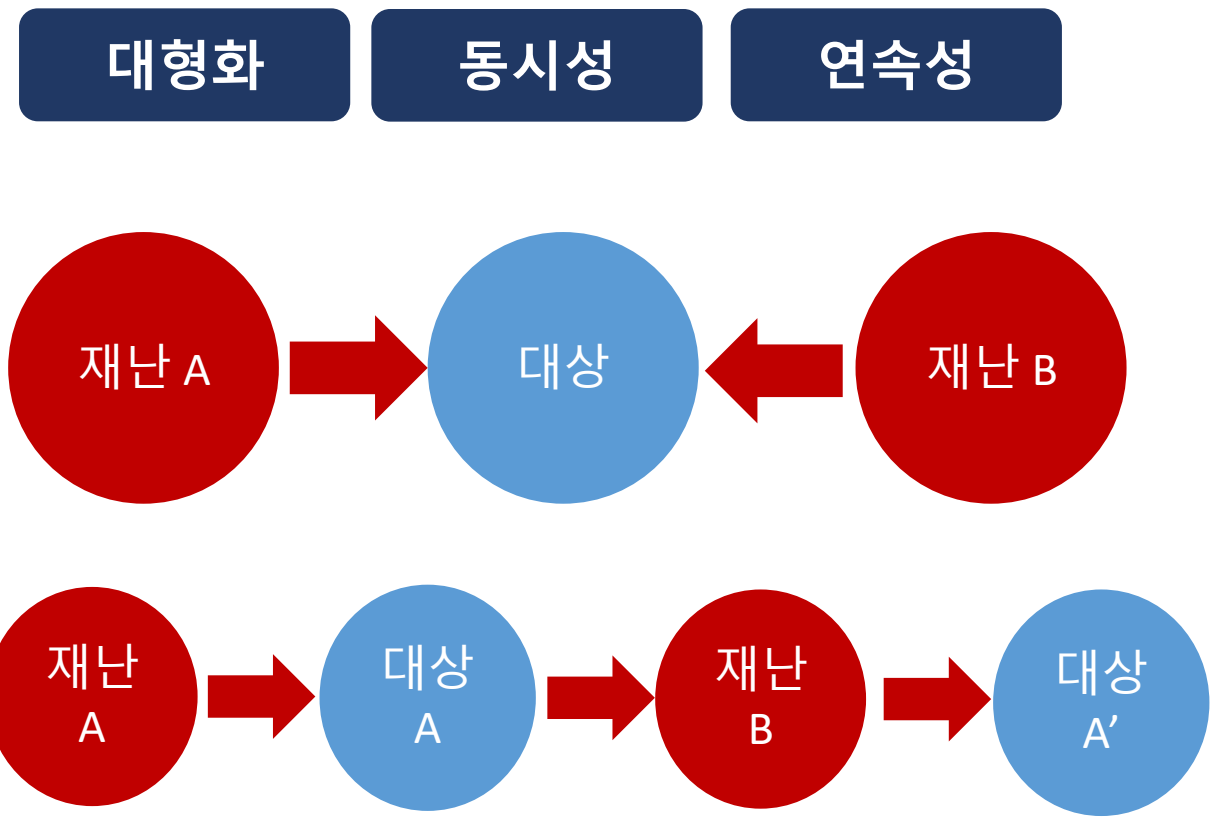
한번의 **재난, 사고** 가 미치는 인명, 경제적 피해는...

최근 재난의 유형

대형 복합 재난의 증가

■ 대형 복합 재난

- 동시 또는 순차적으로 두 개 이상의 자연/사회 재난이 발생하고 그 영향이 복합화되어 인명, 재산, 기반시설의 피해가 극심하여 통합적 대응이 필요한 재난
- 인공지능, 빅데이터 등 지능형 ICT 기술의 발전으로 인하여 스마트 재난 관리 및 대응에 대한 요구가 높아지고 있음



출처: 디지털 기반의 예측 및 대응이 가능한 사회 재난 대응 통합 플랫폼 기술 개발 사업 기획 연구 보고서 한국지능정보기술연구원

대형 복합 재난의 사례

미국 허리케인 카트리나



- **허리케인 카트리나**
- 최대풍속 224km/h의 5등급 허리 케인으로 사망자 1,299명, 이재민 250만세대, 재산피해액 1,000억달러 이상 발생
- 허리케인으로 인한 홍수 발생 → 제방 붕괴 → 뉴올리언스 침수 → 도로 유실, 통신 두절 → 의약품 배송 등의 구호 활동 지연 → 전염병 발생 → 군중혼란, 인종갈등 등의 사회적 혼란 발생

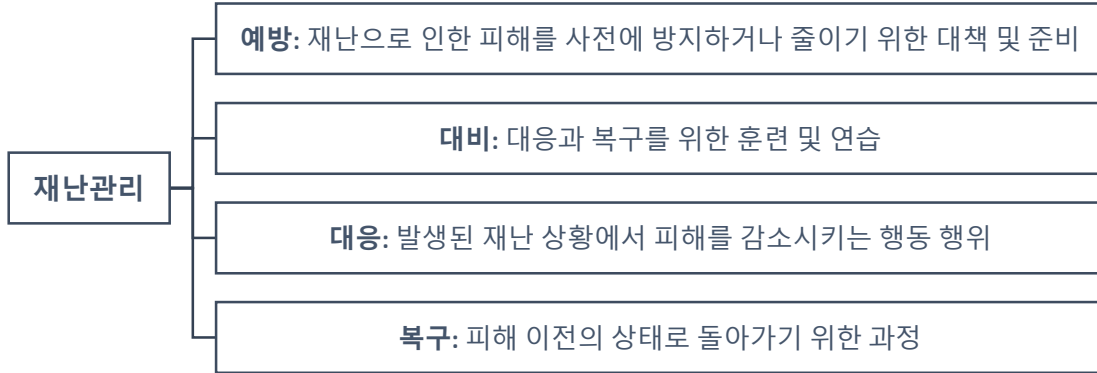
동일본 대지진



- **토호쿠 규모 9.0 지진**
- 규모 9.0의 일본 관측 역사상 최대 규모 지진으로 18,000명 이상의 사망자 및 실종자 발생, 피난민 40만명 이상, 직접적인 피해액 25조엔 추정
- 지진 발생 → 쓰나미 발생 → 원자력발전소 전기공급 중단 → 냉각시스템 고장에 따른 방사능 유출
- 지진 발생 → 정유공장 화재, 제철소 폭발
- 지진 → 주요 항구 기반 시설 파손 → 물류 중단

재난관리 패러다임의 변화

재난 관리 단계



■ 방재 중심의 재난 관리의 한계

- 재난재해를 미연에 방지하기 위한 방재 중심의 재난 관리로 인하여 재난 상황 발생 시 대응 미흡

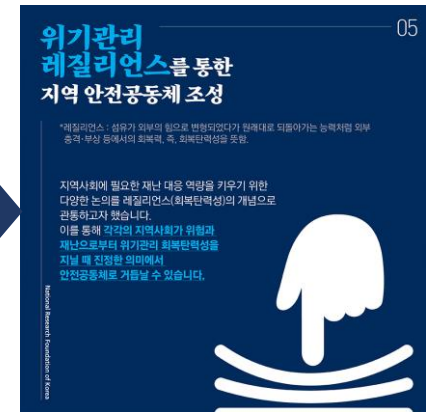
■ 개별 재난 대응 기술의 한계

- 종래의 기술에서는 개별 재난에 대한 관리 및 대응 연구가 이루어져 복합 재난 (지진 + 화재 + 폭발, 지진 + 붕괴, 폭우 + 붕괴 등)에 대한 대응 미흡

예방, 대비, 대응, 복구

예방, 대비, 대응, 복구 +
예측, 평가

예방에서 대응, 그리고 회복 (재난회복탄력성)



재난 피해 예측 실험



지진 실험

디지털 트윈을 통한 재난 관리

재난 ICT

- 재난 ICT는 인공지능, 빅데이터, IoT 등을 활용하여 **재난 예방, 탐지, 대응**을 할 수 있는 기술을 의미하며, 최근 **AI 기반 상황인지, 최적 대응**에 대한 기술개발 수요가 증가하고 있음.
- 공공안전 ICT 시장 규모는 2022년 국내 3조 4천억 수준, 재난예방 ICT 시장 규모는 2022년 국내 867억원으로 성장 전망
- 사고 및 긴급 상황 관리 시장은 전세계 2025년 156조 달러로 성장 전망

[표 3] 공공안전/재난예방 ICT 관련 국내 시장 규모 및 전망

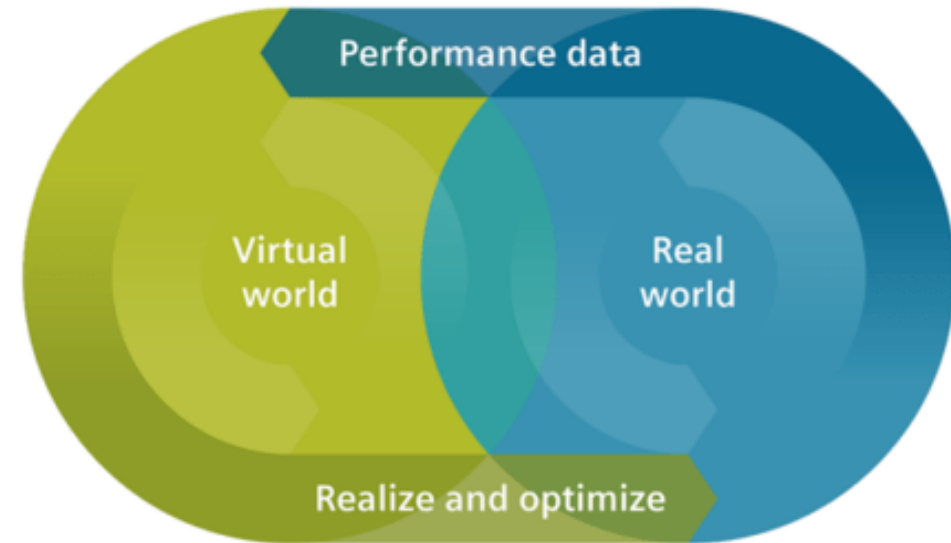
(단위: 억 원)

구분	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	CAGR
공공안전ICT	12,584	14,812	17,494	20,642	24,358	28,743	33,916	17.87%
재난예방ICT	305	376	447	527	622	734	867	19.74%
방송-스마트미디어 공공복지 및 재난안전	248	265	284	303	324	347	371	7.0%

〈자료〉 중소기업 기술로드맵 2016-2018(2016년 1월 발표자료)를 참고하여 전망치를 추정함(가정용 통합 재난관리 시스템 및 영상감시 통합 솔루션 항목으로부터 공공안전 ICT 추정, 재난재해 대비 시스템 항목으로 부터 재난예방 ICT 추정)

디지털트윈

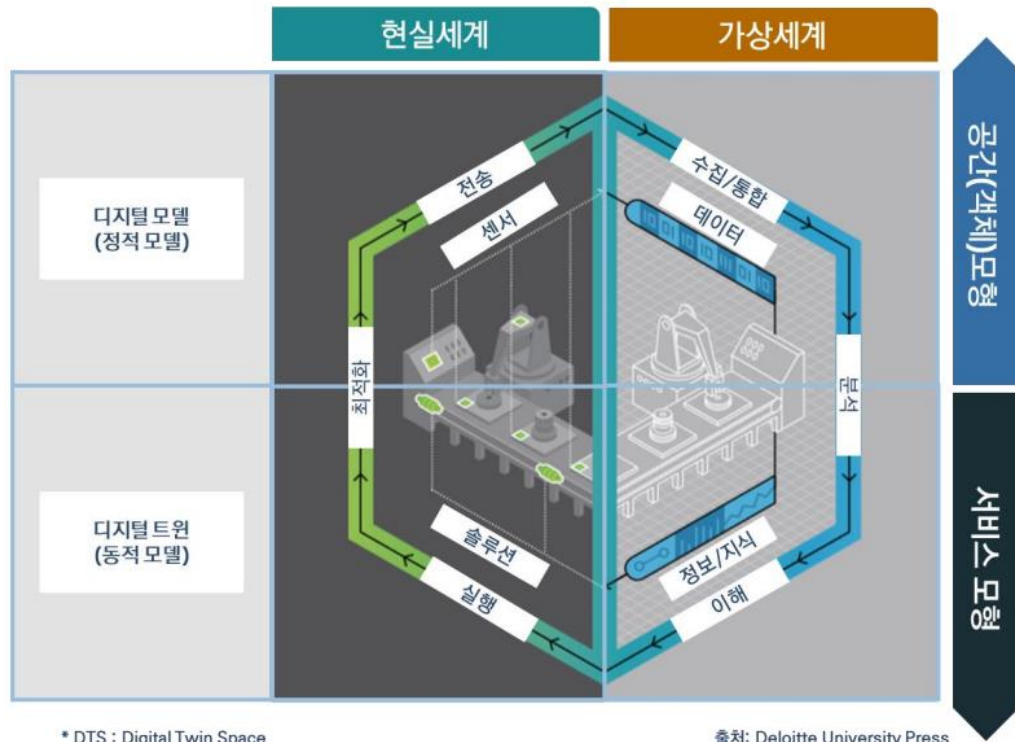
- 디지털 트윈은 현실세계에서 수집한 다양한 정보를 **가상세계**에서 **분석**하고 최적화 방안을 도출하여 이를 기반으로 **현실세계**를 **최적화**하는 지능화 융합 기술
- “**한국판 뉴딜 종합계획**”에 따르면 디지털 트윈을 10대 대표 과제로 선정하고 있음



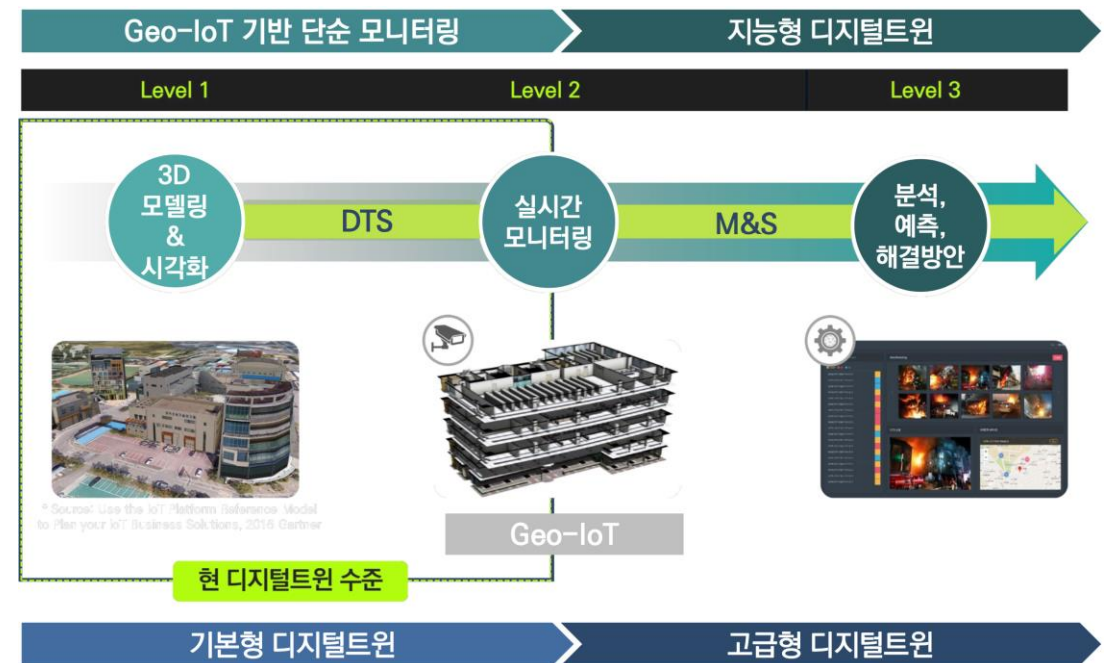
디지털 트윈을 통한 재난 관리

디지털 트윈 모형 및 동작

- 디지털 트윈의 6개 동작 과정
① 생성, ② 전달, ③ 통합, ④ 분석, ⑤ 이해, ⑥ 실행



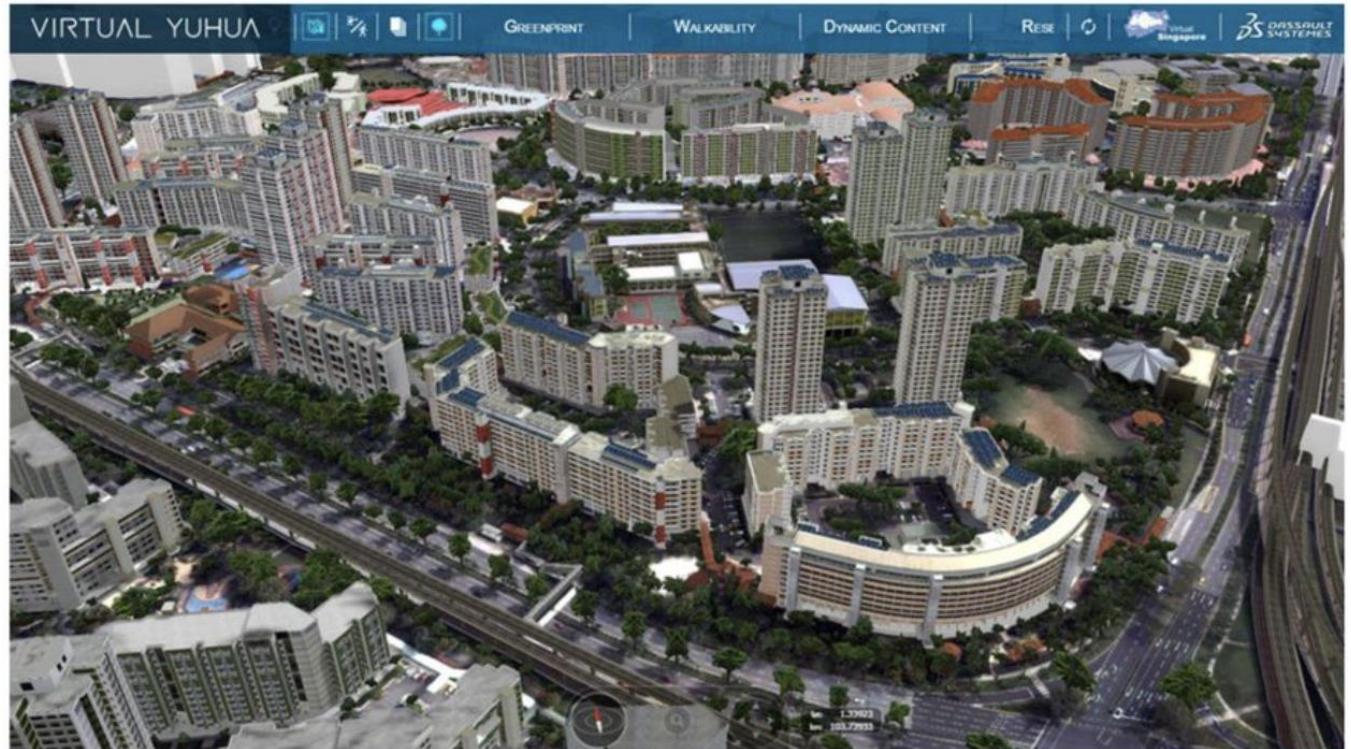
디지털 트윈 기술 수준



국내외 디지털 트윈 적용 사례

Virtual Singapore

- 2025년까지 범국가적 ‘스마트네이션’ 건설을 국가 비전으로 제시
- Virtual Singapore를 통해 3D 가상플랫폼 구축 (약 1,000억원)
- Virtual Singapore 활용 분야
 - 도시 및 건물 설계
 - 대체에너지 건설
 - 비상사태 대비



국내외 디지털 트윈 적용 사례

British National Digital Twin

- 2011년 BIM(Building Information Modeling)을 정부 건설전략으로 채택
- 2017년 **국가 디지털 트윈 구축**을 위한 원칙과 추진 전략을 제시
 - 사회적, 경제적, 사업적, 환경적 편익을 기대함
- 데이터 보안, 확장성, 데이터 연계 및 표준**을 극복과 제로 도출
- 디지털 트윈 간 **상호운용성 확보**를 위한 **표준 프레임 워크 개발** 및 산학연 네트워크 운영
- 지역기반 시범프로젝트** 추진



국내외 디지털 트윈 적용 사례

지자체별 디지털 트윈 추진 현황

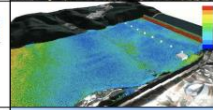
지 역	주 요 내 용
서울	· 지상·지하 등 서울 전역을 디지털 트윈으로 구축하여 대기질, 산불확산, 열섬현상 시뮬레이션 등 수행(S-map)
전주	· 효자동 일대(16km ²) 지상·지하 고정밀 3D지도 구축 후 폭염 취약지 등 분석에 활용
세종	· 지하공동구 관리 및 5-2생활권 스마트 시티 계획 수립 시 디지털 트윈 활용



<디지털 트윈 전주>

분야별 디지털 트윈 추진 현황

분야	추진 현황
도시	▶ (서울시(S-MAP)) 교통, 기상 데이터 등 분석 기반 도시건축 행정 및 관광, 홍보 서비스 지원을 위한 플랫폼 구축
안전	▶ (한국수자원공사) 수자원 인프라의 디지털 트윈 기반 안전 관리를 위한 요소기술 개발 및 디지털 플랫폼 시범 구축
에너지	▶ (한국서부발전) 화순풍력단지의 풍력발전기에 진동·온도·속도 데이터를 분석하는 실시간 진단 및 고장예측 시스템 구축·실증
국방	▶ (항공우주산업) 한국형 차세대 전투기 KF-21 개발을 위한 설계·엔지니어링·제조 과정에 디지털 트윈 플랫폼 활용



국토부 디지털 트윈 국토 사업

- 디지털 트윈 국토 사업을 통해 10개 지역에 기반 구축 사업 및 균형 발전 사업 추진
 - 3차원 공간정보, 정밀 도로 지도 구축



대구시 재난 디지털 트윈

- 디지털트윈을 통한 재난 통합 관리 체계 구축

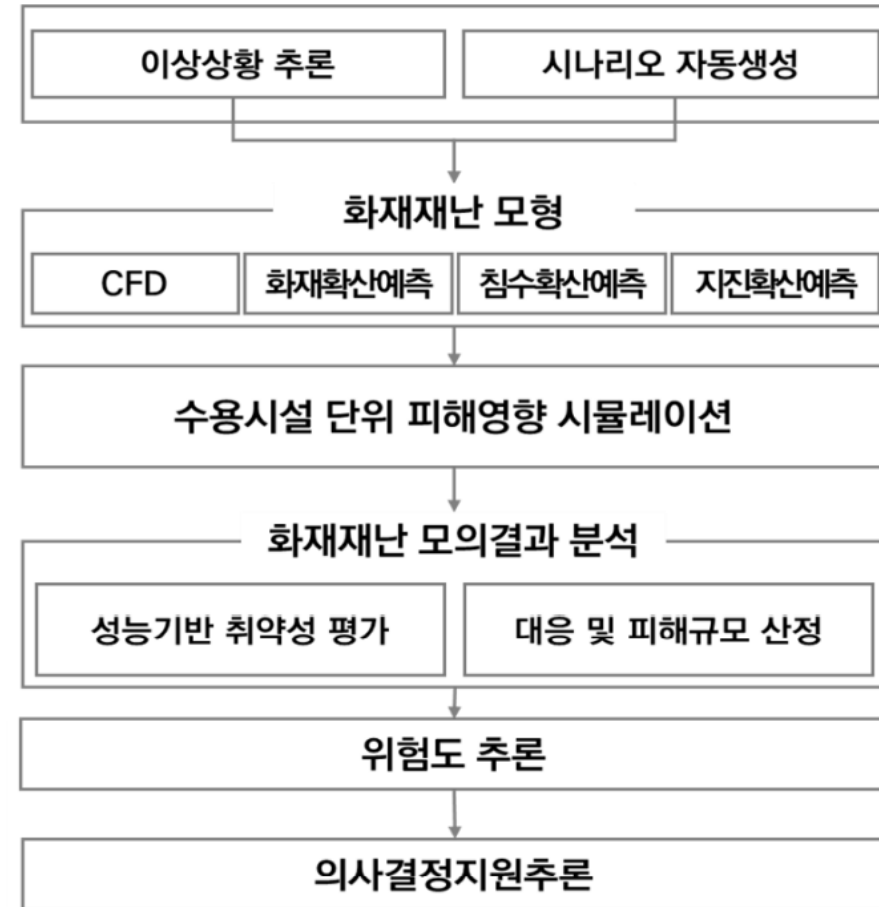


시나리오 기반 대형복합재난 확산 예측

한국전자통신연구원, 국립재난안전연구원 (2017 ~ 2019)

- 개별 재난이 대형복합재난으로 확산되는 것을 차단하기 위한 개별 재난 및 재난 간의 영향을 시뮬레이션이 필요함
- 재난 발생 시나리오를 정의하고 시나리오별로 재난의 피해 상황을 예측하는 연구 수행 (행안부)

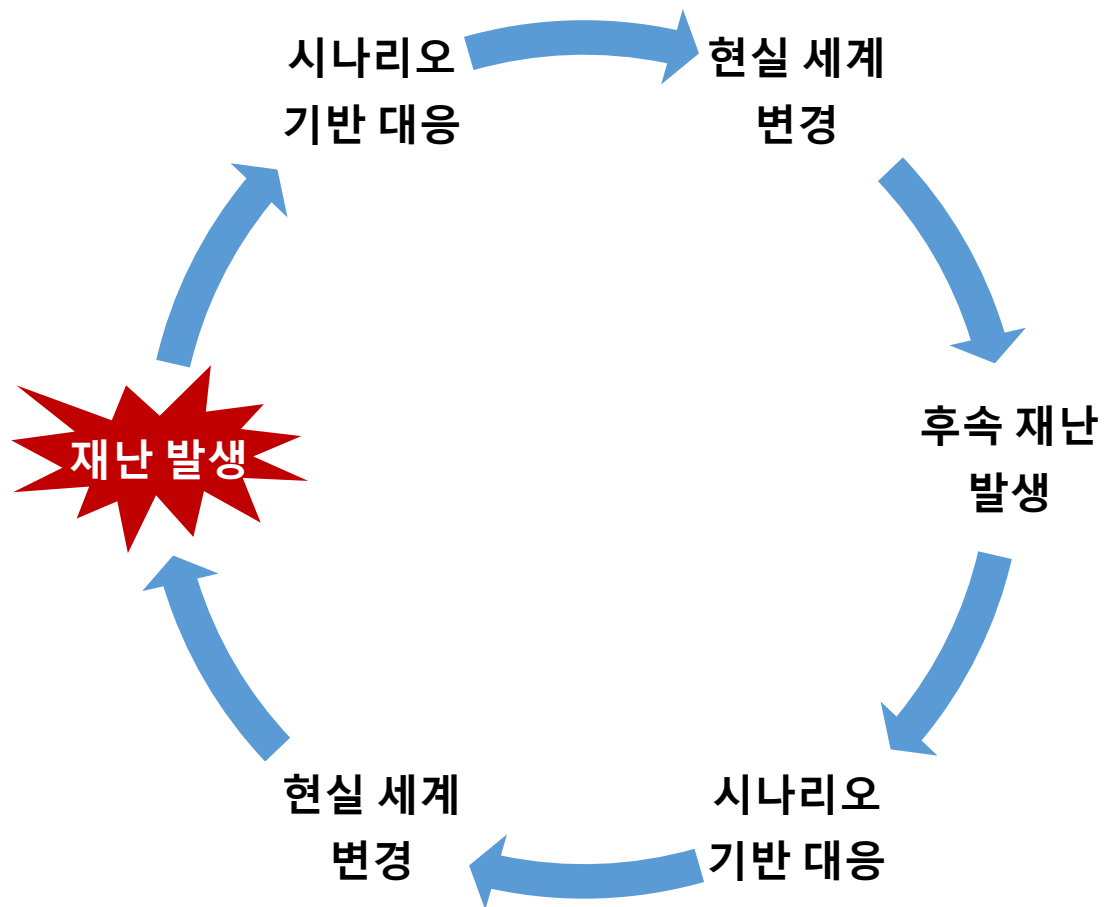
자연재해		사회재난		사회인프라 손상 및 영향분석		대응체계 평가
지진 시뮬레이션	⇒	피해지역 주요 인프라 (에너지, 통신, 교통 등) 파괴 및 붕괴 등 예측 ↓ 산업인프라 파괴로 인한 유해화학물질 유출 예측	⇒	에너지 인프라(전력) 피해영향분석	⇒	유관부처 대응체계(매뉴얼, 시스템, 제도 등) 평가 분석
				통신 인프라(전화) 피해영향분석		
				의료 인프라(병원 및 긴급후송) 손상 및 피해영향분석		
				교통 인프라(도로) 피해영향분석		
				의료 인프라(병원 및 긴급후송) 피해영향분석		유관부처 대응체계(매뉴얼, 시스템, 제도 등) 평가 분석
				농작물 및 가축 손상 예측 및 피해영향분석		





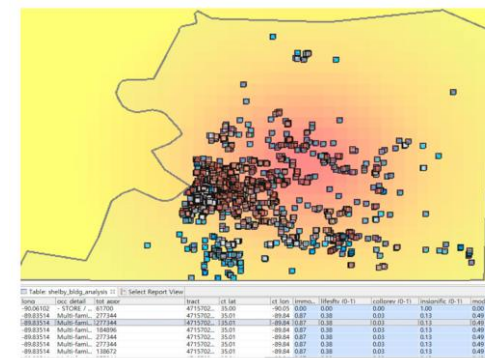
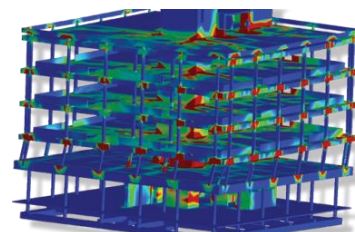
디지털 트윈 기반의 재난 관리에서의 이슈 사항

현실세계와 동일한 가상세계에서의 예측과 대응 중심의 재난 관리



실시간 시뮬레이션 기술의 부재

- 변경된 현실 세계를 모델링하고 후속 재난을 시뮬레이션할 수 있는 기술 부재





CrowdQuake의 현재



연구의 배경

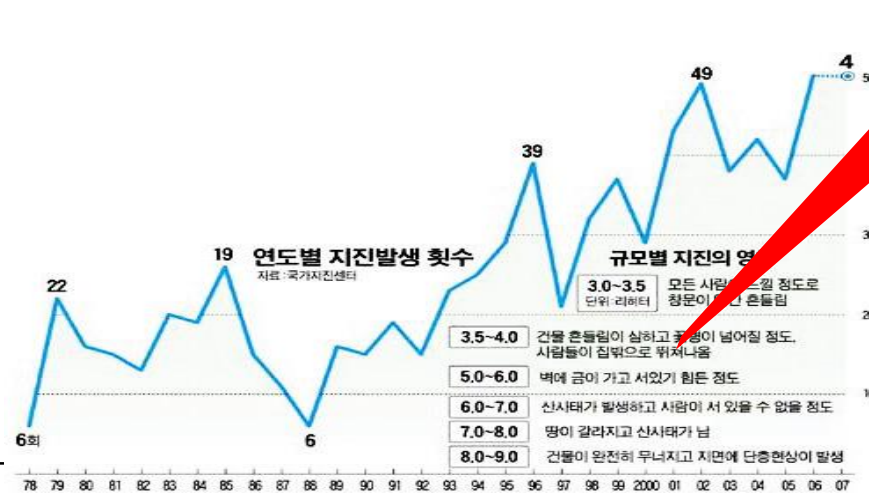
한반도의 지진 발생 빈도의 증가로 인한 신속 정확한 지진 경보의 필요성 대두



2017 포항지진 (규모 5.4)



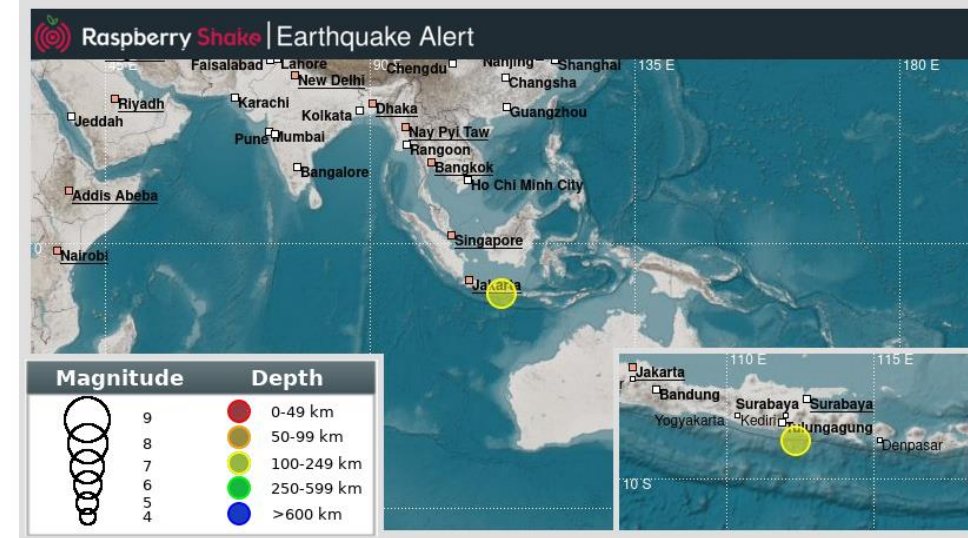
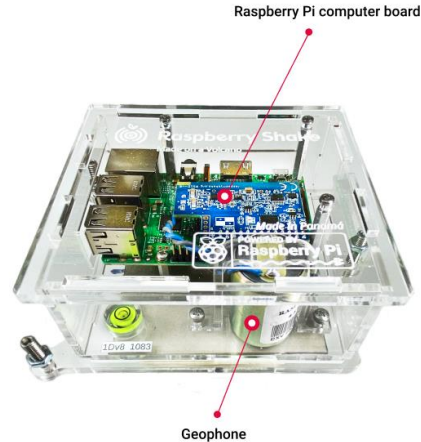
2016 경주지진 (규모 5.8)



최근 지진 관측 연구 동향

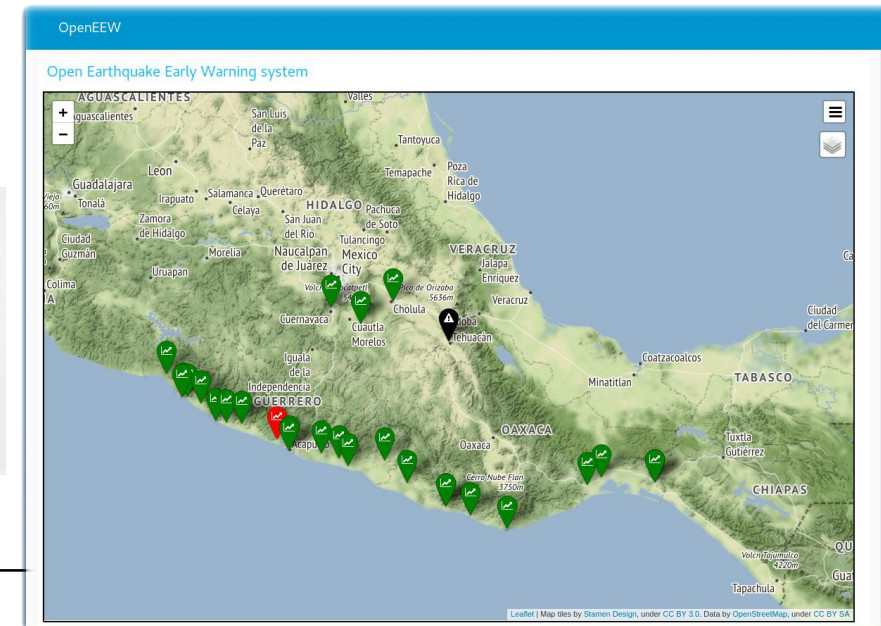
• Raspberry Shake

- MEMS 가속도 센서, 지오폰 센서 사용
- STA/LTA 기반의 감지
- 오픈소스화를 통한 소스코드 공개



• OpenEEW

- IBM, 리눅스 재단, AnalogDevices의 공동 프로젝트
- MEMS 가속도 센서를 사용하여 지진 감시
- STA/LTA 기반의 지진 감지
- 오픈소스를 통한 모든 연구결과물 공개
 - 하드웨어 회로도, 소스코드, 데이터



최신 지진 관측 연구 동향

- 연구 트렌드 1: 글로벌 지진 관측망의 구축
- 연구 트렌드 2: 저가의 초소형 센서 활용
- 연구 트렌드 3: 소규모 지역 단위의 경보체계 구축
- 연구 트렌드 4: 빅데이터와 인공지능에 기반한 지진 식별
- 연구 트렌드 5: 소스코드 및 데이터 공개

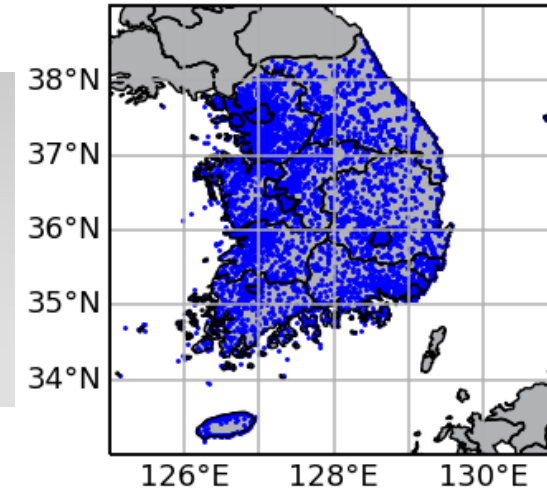
주요 키워드: 오픈소스, 인공지능, 빅데이터, 맞춤형 서비스

CrowdQuake: 초소형 센서와 인공지능을 활용한 지진조기경보 체계

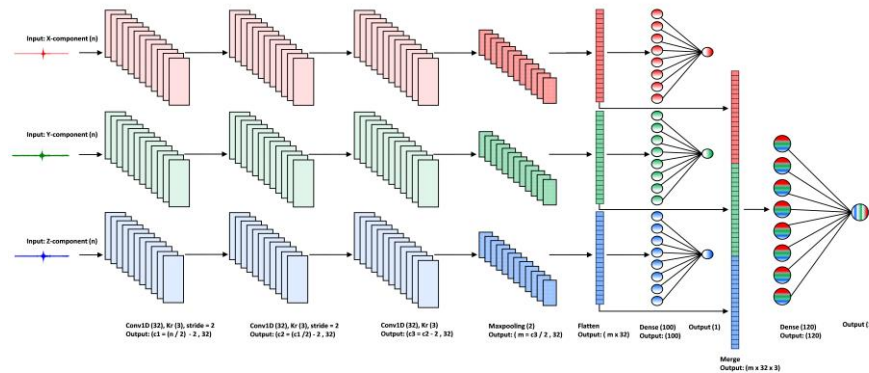
- 지진 감시 센서: 7,000 여개
- 실시간 지진 감시 시스템 개발
- 딥러닝 기반의 지진 감지 모델 개발
- 지표면 기준 진도 추정 서비스 개발



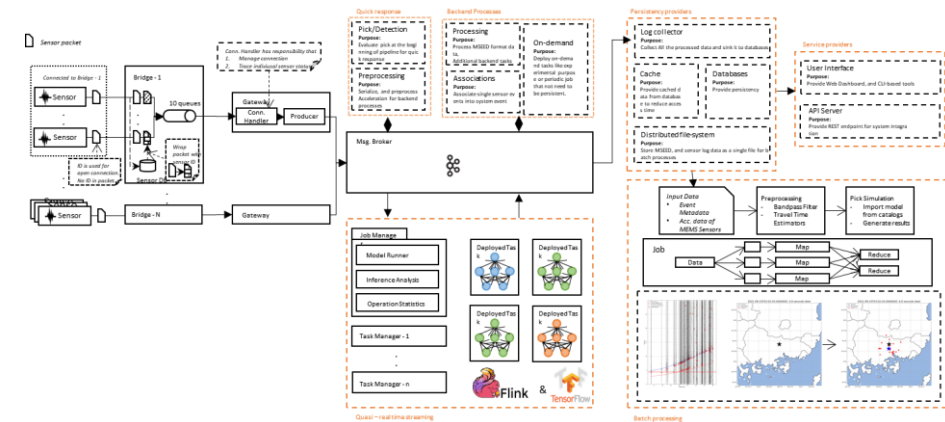
<MEMS 가속도 센서>



<센서 설치 현황>

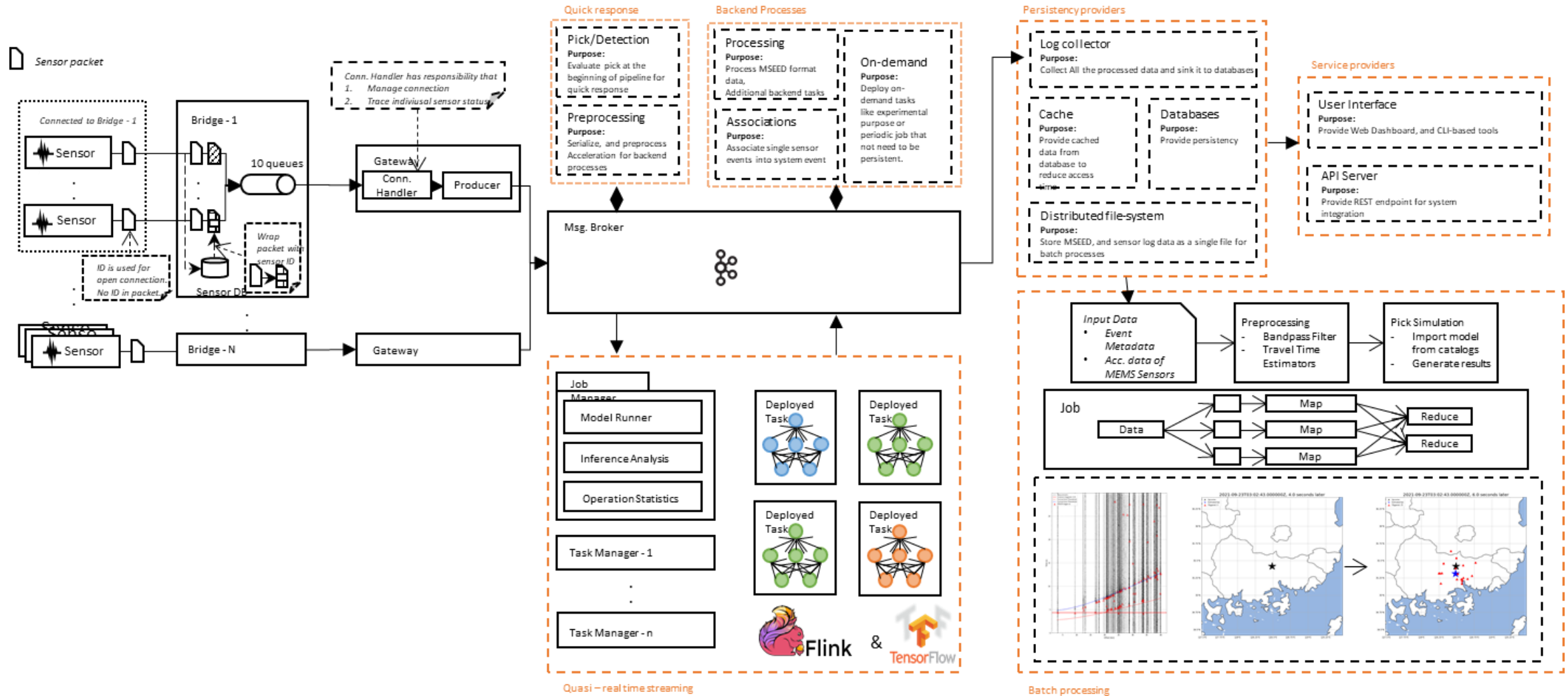


<지진 감지 모델>

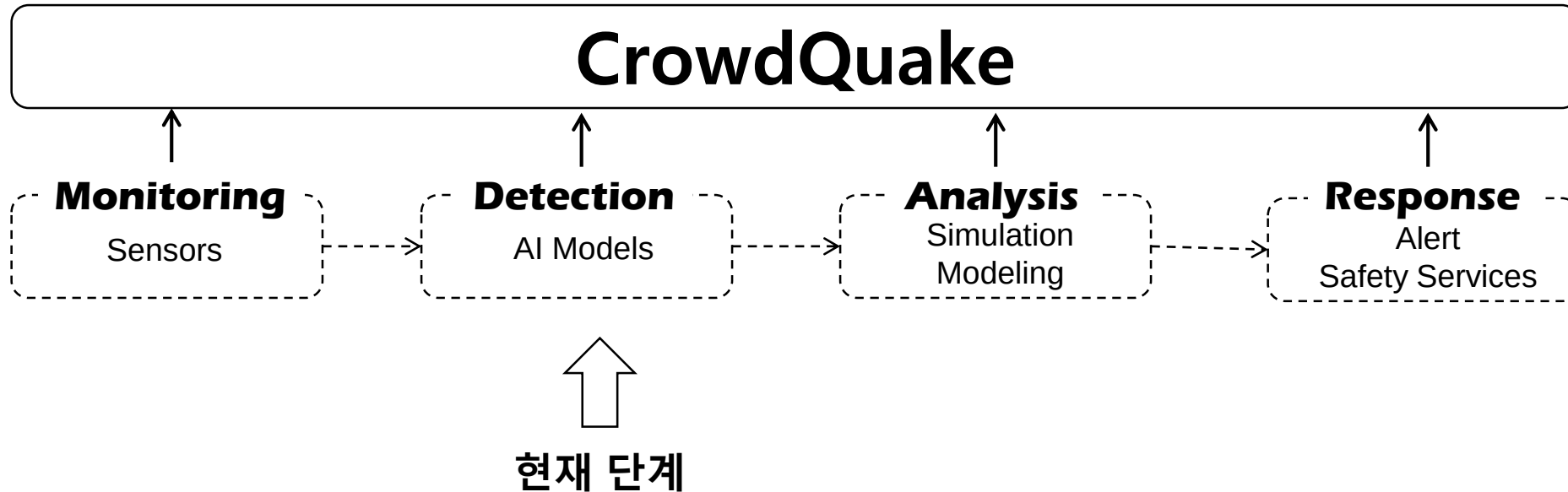


<지진 빅데이터 분석 시스템>

CrowdQuake 구성도

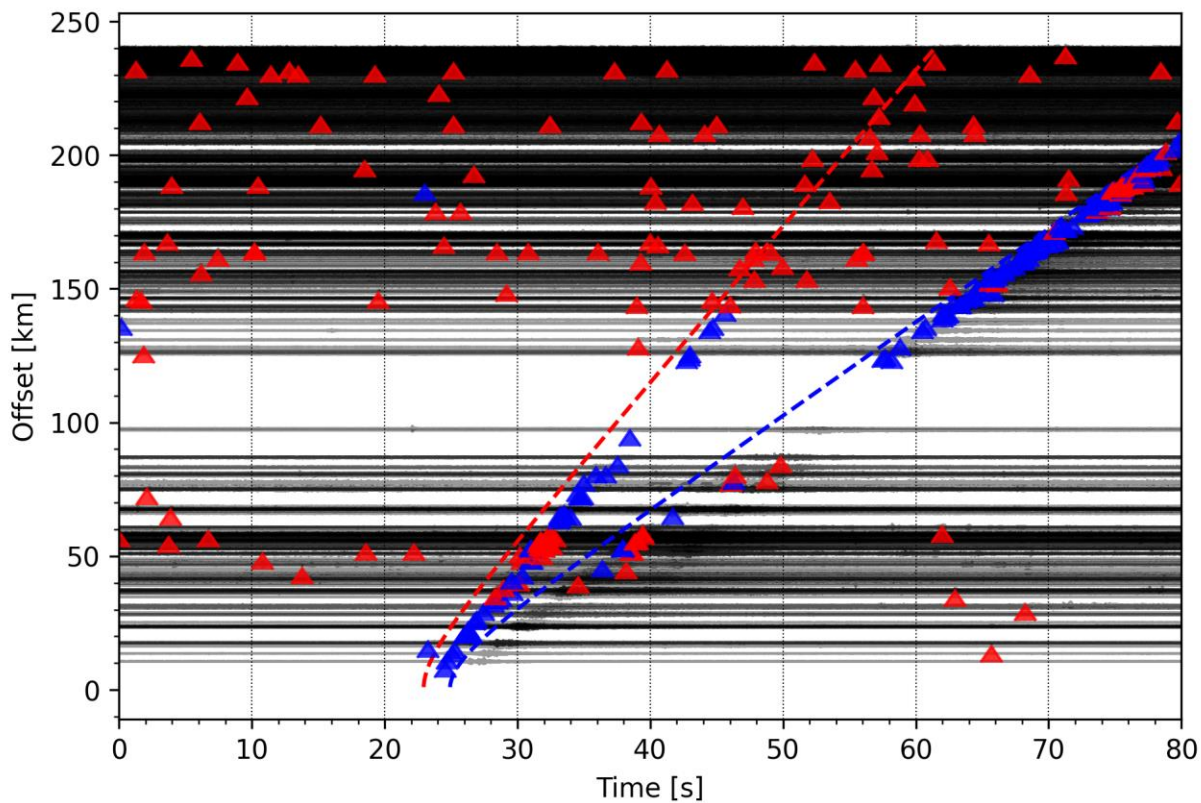


CrowdQuake 개발 단계

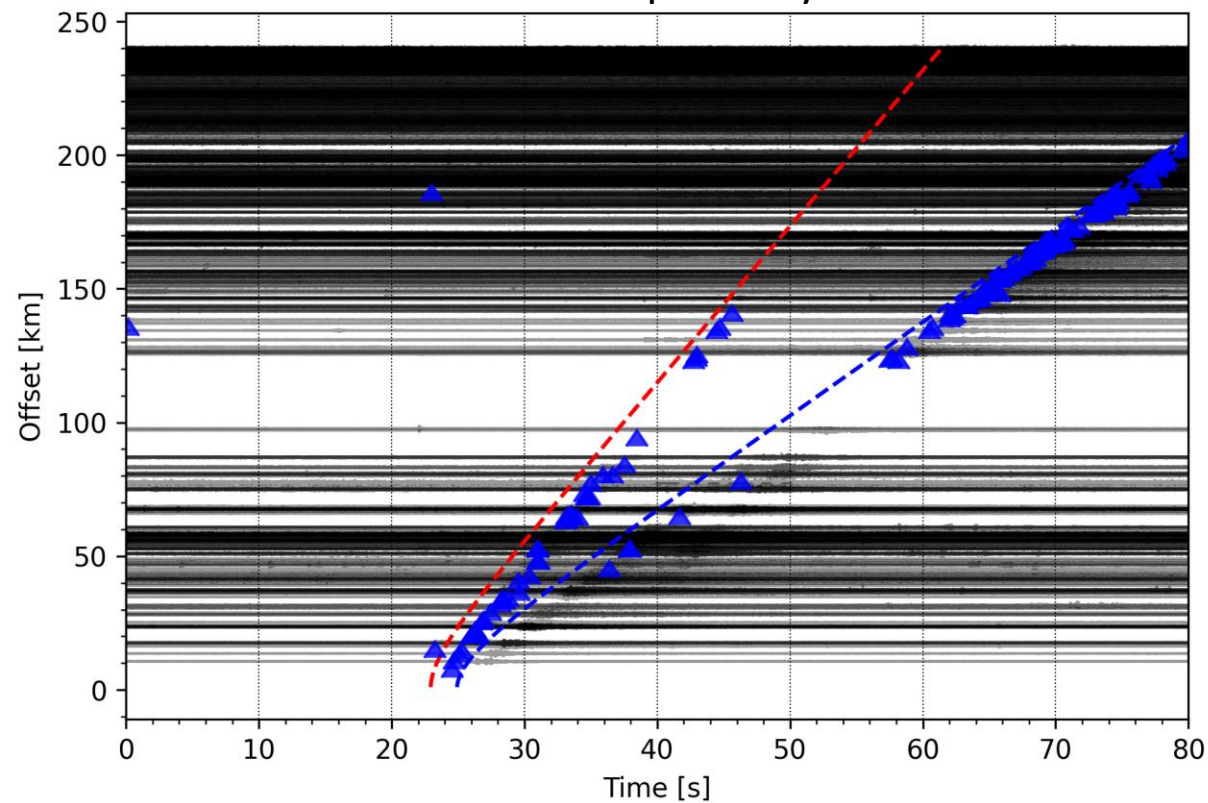


2021. 12월 14일 제주 규모 4.9 지진 사례

Positive & Negative

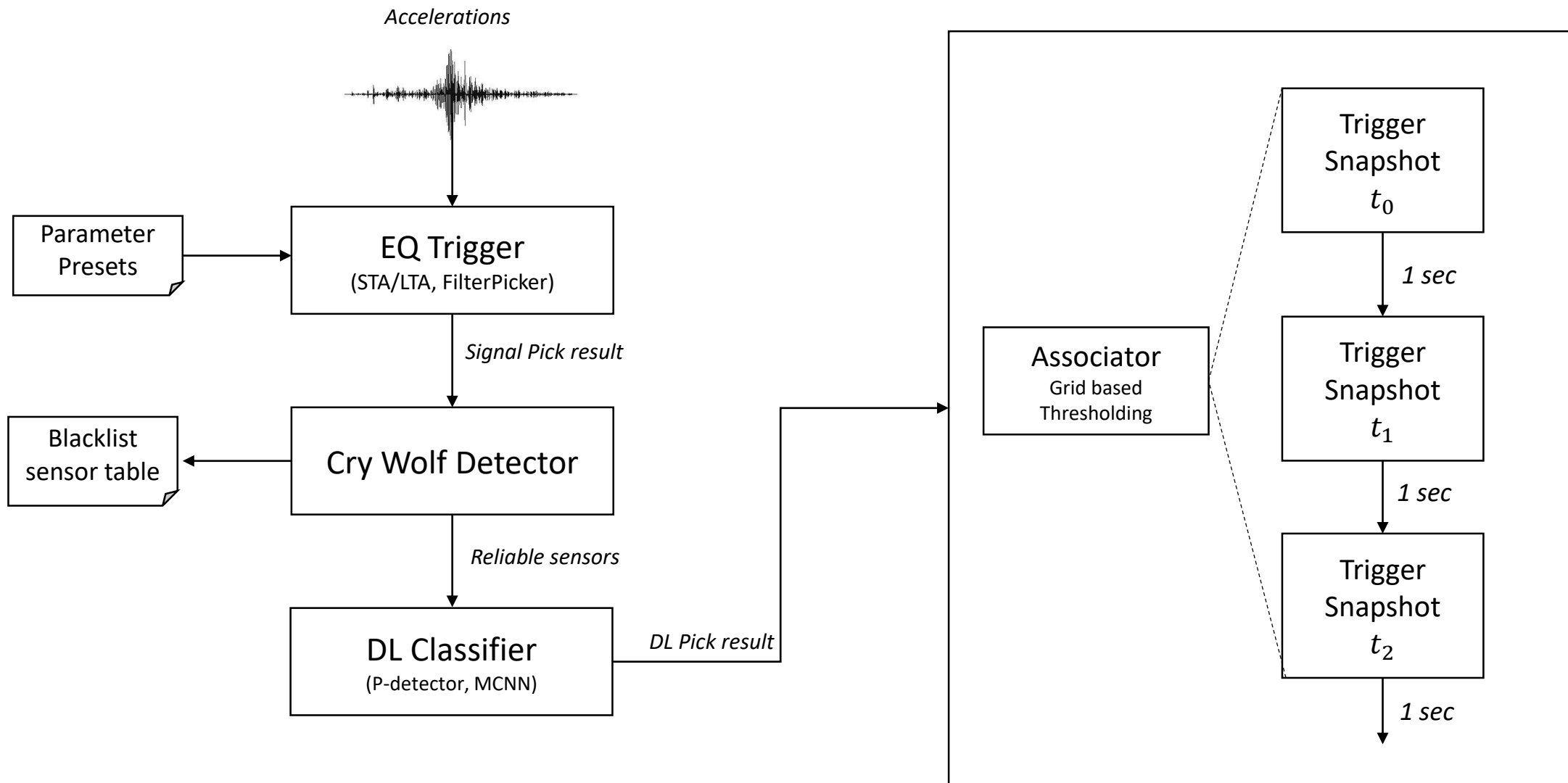


Positive pick only

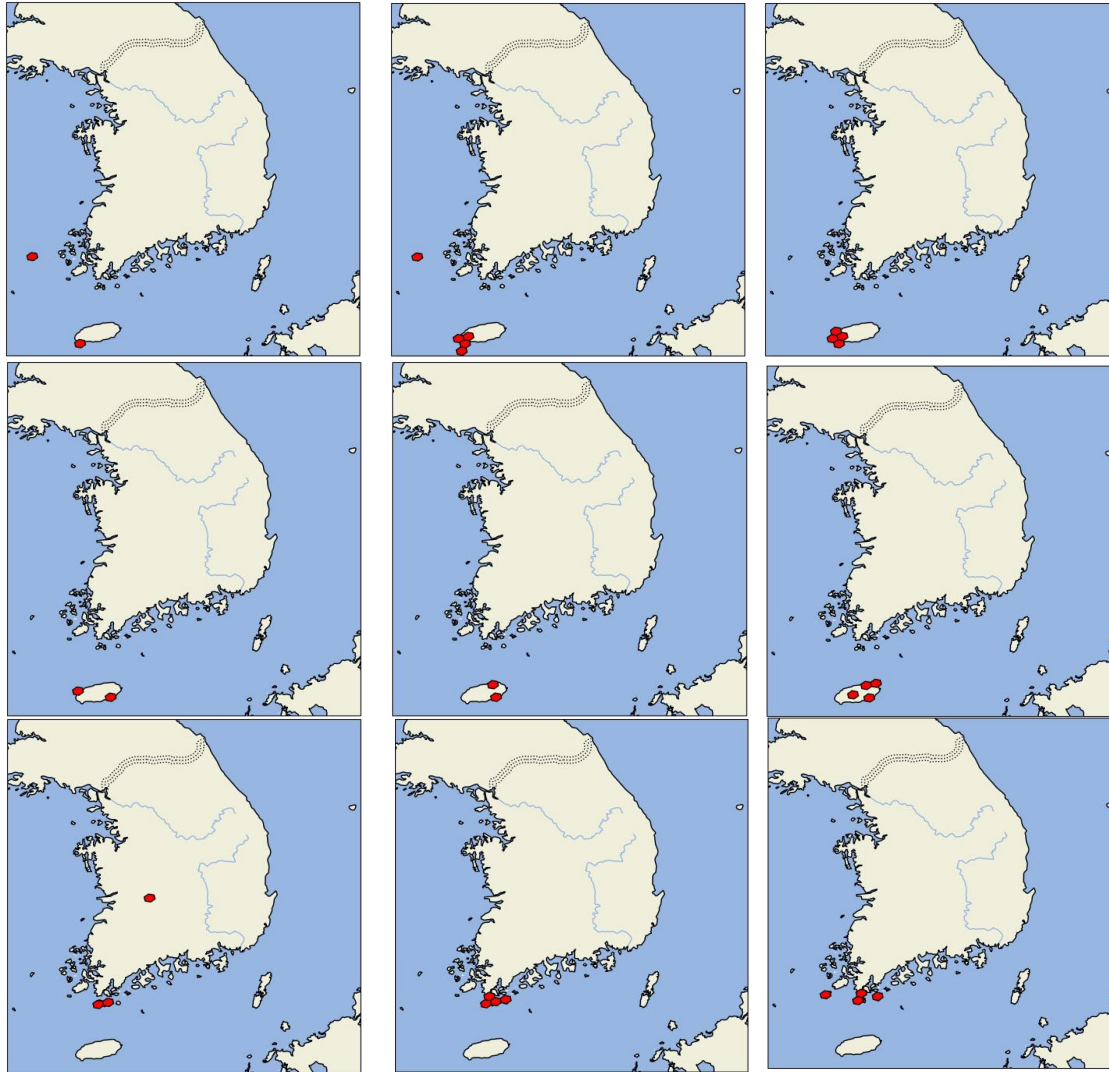


- LCIS record
- ▲ Negative pick
- ▲ Positive pick
- - - arrival time of P wave (ak135)
- - - arrival time of S wave (ak135)

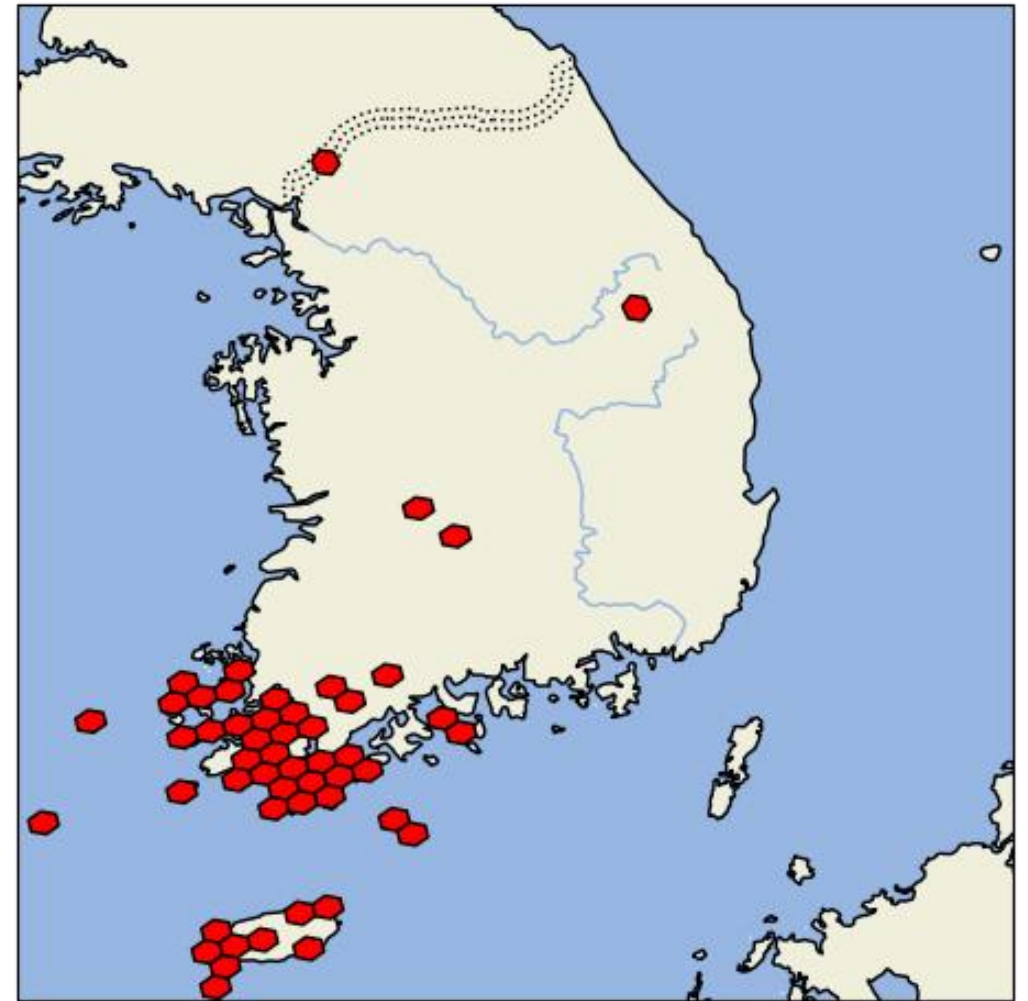
현재 상태: 경보 정보 생성을 위한 의사결정



현재 상태: 경보 정보 생성을 위한 의사결정



<주요 시간대별 지진 탐지 결과>



<-30 ~ 90초 누적 탐지 결과>

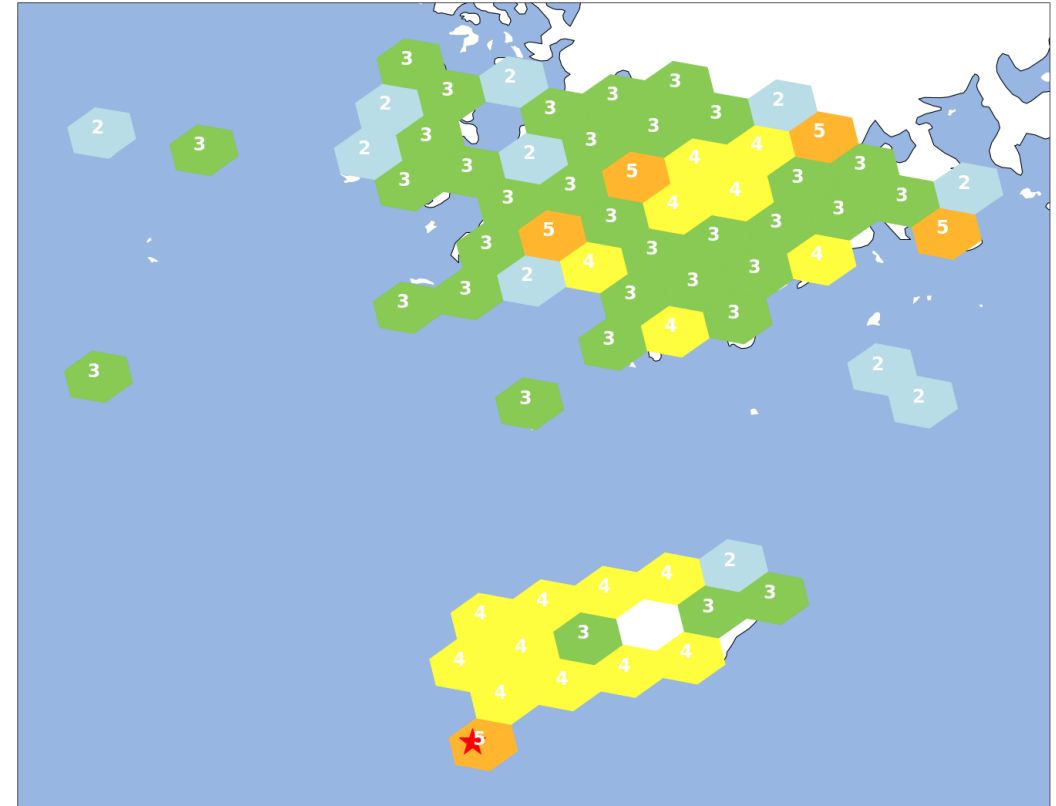
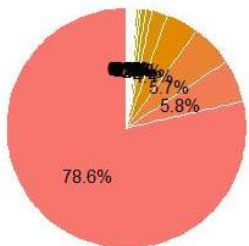
현재 상태: 경보 정보 생성을 위한 지반 및 건물 정보 반영

<건물 유형에 따른 피해 예측>



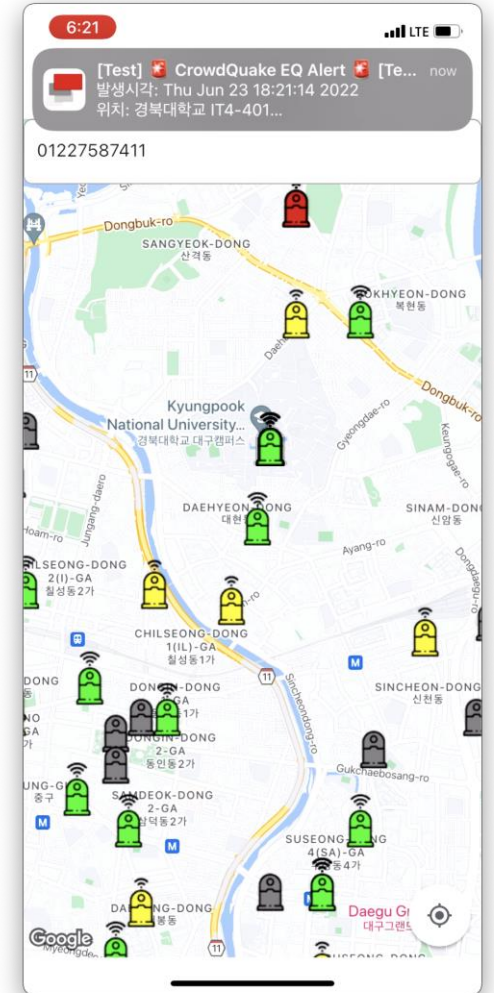
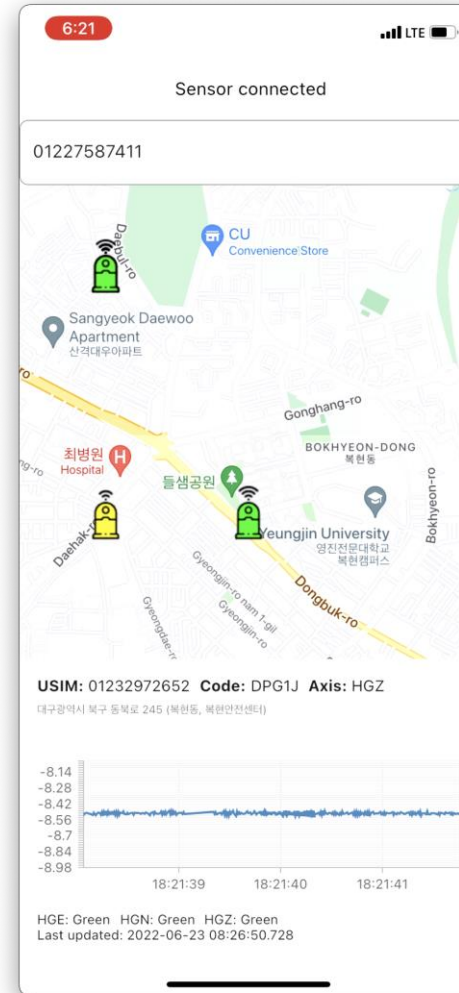
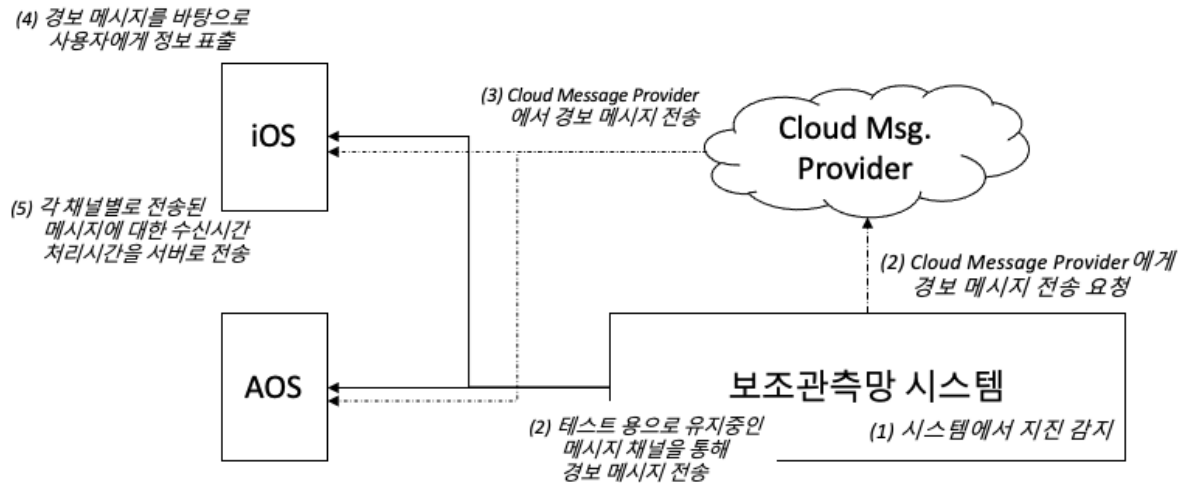
Structure

철근콘크리트구조	철근콘크리트구조, 벽돌구조	시멘트 블록구조
벽돌구조	기타구조	시멘트벽돌구조, 연와조
철골철근콘크리트구조	시멘트벽돌구조	조립식스틸하우스
일반철골구조	철근콘크리트구조, 시멘트벽돌구조	철구조
경량철골구조	철컨테이너	철근콘크리트구조, 경량철골구조
기타조각구조	기타철골철근콘크리트구조	철근콘크리트구조, 경량철골구조, 연와조
철골콘크리트구조	철근콘크리트구조, 일반철골구조	철근콘크리트구조, 경량철골구조, 일반철골구조
블록구조	철근콘크리트구조, 조적조구조	철근콘크리트구조, 시멘트벽돌구조, 시멘트블럭구조
조적조구조	철근콘크리트구조, 시멘트벽돌구조	철근콘크리트구조, 조립식
프리캐스트콘크리트구조	콘크리트구조	철근콘크리트구조, 조적(벽돌)구조
일반목구조	강파이프구조	철근콘크리트구조, 조적조(적벽돌조)구조
컨테이너	경량철골구조(컨테이너)	철근콘크리트라멘구조
기타강구조	기타강구조(컨테이너)	철근콘크리트조, 세면벽돌, 파이프
기타콘크리트구조	벽돌구조, 시멘트블럭	프리캐스트콘크리트 (R.C조)



현재 상태: 경보정보 전달 체계 개발

- 지진 경보 전달을 위한 파이프라인 구축
- 스마트폰을 사용하여 경보 수신
 - Firebase를 사용한 경보 전달
 - 경보 전송 속도 테스트 중



소프트웨어 재난 연구에서의 고려사항

- 분산 시스템의 이해 필요
 - 가상화 (Docker, VM) 기반의 시스템
 - 서비스 기반의 느슨한 연결
 - AI 기반의 의사결정
 - 다양한 언어의 사용
 - 하위 시스템 간 상호 의존성 존재하고 독립적으로 sw가 진화함 (업그레이드)
 - 네트워크 상태에 따른 시스템의 동작 결정
 - 오픈소스 프로젝트 기반의 시스템 개발
- 소프트웨어 재난에 대한 다양한 시나리오 개발 필요
 - 시나리오에 따른 소프트웨어 이상 징후 탐지, 오류 대응 및 복구 방안 필요



감사합니다

IT 대학 컴퓨터학부 | 권영우 교수

ywkwon@knu.ac.kr

KNU 경북대학교