

온톨로지 기반의 지능형 사면 모델링과 도시기후재해지수 개발 최 종 보 고 서

2016.10.12

주관연구기관 / 상지대학교 산학협력단

국토교통부
국토교통과학기술진흥원

발 간 등 록 번 호

11-1613000-001562-01

14CTAP
-C078
863-01

Development of Ontology based Intelligent Slide
Modeling and Urban Climate Disaster Index R&D Report

온톨로지 기반의 지능형 사면 모델링과 도시기후재해지수 개발 최종보고서

2016

국토교통과학기술진흥원

주 의

- 이 보고서는 국토교통부에서 시행한 국토교통기술촉진연구사업의 연구보고서입니다.
- 이 보고서 내용을 발표하는 때에는 반드시 국토교통부에서 시행한 사업의 연구개발성과임을 밝혀야 합니다.
- 국가과학기술 기밀유지에 필요한 내용은 대외적으로 발표 또는 공개하여서는 안됩니다.

제 출 문

국토교통부장관 귀하

이 보고서를 "온톨로지 기반의 지능형 사면 모델링과 도시기후재해지수 개발"과제의 보고서로 제출합니다.

2016. 10. 12.

주관연구기관명 : 상지대학교 산학협력단

주관연구책임자 : 정 경 용

연구원 : 김 주 창

" : 정 은 진

" : 정 호 일

" : 백 지 원

보고서 요약서

과제고유번호	14CTAP-C 078863-01	해 당 단 계 연 구 기 간	2014.08.14. ~ 2016.08.26.	단 계 구 분	(2)/(2)
연 구 사 업 명	국토교통기술촉진연구사업				
연 구 과 제 명	온톨로지 기반의 지능형 사면 모델링과 도시기후재해지수 개발				
연 구 책 임 자	정 경 용	총연구기간 참 여 연구원수	총 : 5명 내부 : 5명 외부 : 00명	총연구비	정부 : 100,000천원 기업 : 천원 계 : 100,000천원
연구기관명 및 소 속 부 서 명	상지대학교 산학협력단		참여기업명		
국제공동연구	상대국명 :		상대국연구기관명 :		
요약(연구결과를 중심으로 개조식 500자 이내)				보고서면수	73
본 연구는 건설·교통기술과 정보 기술과의 융복화를 통하여 효율적인 사면 안정을 분석하고 지형별 사면 정보 및 패턴 분석을 한다. 사면 정보를 위한 상황인식 및 온톨로지 기반의 지능형 3차원 사면 데이터 모델링을 개발한다. 빅 데이터 처리를 위한 마이닝을 이용한 지식요소를 분석하고, 사용자의 위험도 노출에 따른 재난이 초래할 수 있는 잠재적 위험도를 판단한다. 건설·교통 분야에서 도시기후재해와 비교적 관련성이 높은 잠재적 위험도간의 연관/순차 관계를 발견하고 대중적인 관심도가 높은 도시기후재해지수를 개발하여 주의사항과 대처방안을 제시한다. 휴먼 인터페이스로 구축하여 논리적인 타당성과 시스템의 유효성을 검증하고, 실험적인 적용을 통해, 온톨로지 기반의 지능형 3차원 사면 데이터 모델링과 도시기후재해지수를 디바이스에 적용하여 인터랙티브 시뮬레이션을 개발한다. 도시기후재해와 관련성이 높은 잠재적 위험도간의 연관/순차 관계를 발견하고 대중적인 관심도가 높은 도시기후재해지수를 서비스하여 주의사항과 대처방안을 제시하여 국민 안전과 삶의 질 향상 기여 및 사회적 재난 이슈 해결에 기여한다.					
색 인 어 (각 5개 이상)	한 글	도시재해, 산사태 모델링, 재난예방, 재해지수, 기후			
	영 어	urban damage, landslide modeling, disaster prevention, disaster index, climate			

요 약 문

I. 제목

온톨로지 기반의 지능형 사면 모델링과 도시기후재해지수 개발

II. 연구개발의 목적 및 필요성

정보기술의 발달로 현대사회는 다양한 분야에서 학문적/기술적으로 융복합을 통한 새로운 패러다임을 형성하고 있다. 이러한 융합기술은 건설/교통기술 분야에서도 재난예방 및 관리를 위한 차세대 기술로써 주목을 받고 있다. 지구온난화와 더불어 세계 곳곳의 기후변화와 기상이변 등 이상현상이 발생하고 있으며, 이로 인한 재난은 규모가 점점 더 대형화되고 있다. IT융합기술을 활용한 재난관리는 유비쿼터스 환경에서 뜻하지 않은 재난이 발생하였을 때 신속하고 빠른 대처가 가능하며, 그 피해를 최소화 할 수 있다. 이러한 재난예방 및 관리에 대한 연구는 지속적으로 이루어지고 있으나, 사전 예측이나 예방을 위한 기술개발은 비교적 느린 편이다. 차세대 IT융합기술에서 효율적인 안전과 재난예방관리를 위해서는 무엇보다도 체계적인 재난예방 기술과 재난예방 지능형 정보시스템의 구축이 필요하다.

기상관측기술의 발전으로 날씨, 기온, 강수, 바람, 기압 등의 기본적인 기상요소뿐만 아니라 태풍, 지진, 폭설 등과 같은 자연재해의 관측이 용이해졌다. 또한 정보기술의 발전으로 기상정보를 통계 및 분석하고, 융합한 기상 서비스가 가능하다. 이러한 IT융합기술과 기상관측기술을 통해 날씨, 온도, 습도 등을 분석하고 활용하는 다양한 연구가 진행되고 있다. 기상청은 기상요소들이 국민생활에 도움을 주는 기상지수를 개발하여 서비스한다. 기상지수는 날씨가 생활, 산업, 보건에 미치는 영향의 정도를 지수로서 산출하여 기상지수 서비스를 제공한다. 기상지수 서비스는 활용 용도에 따라 생활기상지수, 산업기상지수, 보건기상지수 3종류로 분류하여 제공한다. 기상지수는 서로 공통되는 기상요소로 산출하여 연관성을 가지고 있으며, 이러한 연관패턴을 분석하여 진화적인 기상지수 서비스가 가능하다. 또한 관측지점에서 측정된 기상정보로 산출하며 실제 사용자 주변의 기상상황과 차이가 있다. 이를 보완하기 위해 상황정보 기반의 온톨로지 모델링과 추론엔진을 이용한 개인화 서비스가 가능하다.

사용자는 페이스북, 인스타그램, 트위터, 블로그, 인터넷 커뮤니티 등을 통해 실시간으로 정보를 공유하며 다양한 분야의 콘텐츠를 제공받고 있다. 또한 사물인터넷 기반 장치의 확산 및 고도화 기술 개발로 정보 생산 주체가 기업에서 개인으로 변화하고 있다. 최근, 사용자 맞춤형 서비스를 제공하기 위해 빅 데이터, 클라우드 컴퓨팅, 개인화에 대한 관심이 높아지고 있으며, 정부에서는 공공 데이터를 누구나 활용할 수 있도록 개방하여 정보의 접근성과 생산성을 제공하고 있다. 이에 따라 공공 데이터를 활용하기 위한 다양한 연구가 진행되고 있다. 기상청은 축적되어 있는 공공 데이터를 분석하여 날씨가 국민 생활과 산업에 미치는 영향의 정도를 분석한 기상지수 서비스를 제공한다. 이는 기상관측 지점에서 수집한 데이터를 이용하여 지역별로 측정하며, 인터넷과 앱을 통해 지역의 기상지수와 함께 단계별 대처방안과 주의사항을 제공한

다. 그러나 현재 제공하고 있는 기상지수는 지역 기반 서비스로 사용자의 구체적인 위치를 고려하지 않은 문제점이 있으며 생활 기상지수, 보건 기상지수, 산업 기상지수로 구분하여 활용도별로 제공하지만 전체적인 기상지수의 상태를 판단할 수 있는 대표 지수가 없는 단점이 있다. 또한 날씨정보를 기반으로 하는 기상지수는 서로 상관성이 있으며 이에 대한 분석과 활용 방안이 필요하다.

Ⅲ. 연구개발성과

본 연구는 건설·교통기술과 정보기술과의 융복합을 통해서 재난관리 서비스를 위한 온톨로지 기반의 지능적 3차원 사면 모델링을 제안한다. 사용자 프로파일, 환경정보, 위치정보, 기상지수, 재난종합상황 통계 및 분석, 산불위험지수를 이용하여 내부 상황정보, 외부 상황정보, 서비스 상황정보로 구성한다. 구성된 산사태 및 재난상황을 온톨로지 기반의 상황인식 모델링을 하고 추론엔진에 의해 규칙을 생성한다. 온톨로지 기반의 상황인식을 이용하여 사면에 산사태, 눈, 비, 안개, 화재, 폭발, 연기와 같은 환경적인 상황정보를 지능적 3차원 사면 모델링 시뮬레이션으로 개발한다. 이는 재난상황을 지형의 특성에 따라 3차원 가상현실로 사용자에게 사실적이고 가시적으로 재난관리 서비스를 제공한다. 또한 재난상황을 가상으로 미리 3차원 가상현실을 통해 사실적으로 실험적인 적용을 시도할 수 있으며, 잠재적 위험도를 판단할 수 있다. 재난에 대한 예방과 대응관련 사회문제 해결과 잠재적 위험도 판단을 통해 국민 안전과 삶의 질 향상에 기여할 수 있다.

잠재적 위험도에 따른 마이닝 기반의 도시기후재해지수 서비스를 제안한다. 제안하는 방법은 기상청과 공공데이터 포털에서 제공받은 XML파일을 DOM 파서를 통해 트리형태로 구성하고 전처리한다. 사회적 파장이 큰 이슈 중에서 재난관련 키워드로 이머징 리스크를 정하고 Webot을 이용하여 조기 탐지한다. 수집한 기상지수를 정규화를 진행하여 기상지수 트랜잭션을 구성한다. 마이닝의 FP-Tree를 이용하여 기상지수 빈발패턴트리를 구성하고 연관집합을 추출한다. 추출한 연관집합에서 자연재난 위험도, 사회재난 위험도, 생활안전 위험도를 산출한다. 잠재적 위험도간의 공통요소와 기상상황, 재난상황, 이머징 리스크 등을 고려하여 도시기후재해지수를 산출한다. 도시기후재해지수 모니터링을 개발하여 시스템의 연구성과의 유효성 및 논리적 타당성을 검증하기 위해 실험적인 적용을 시도하고자 한다. 따라서 도시기후재해지수 서비스는 재해, 재난, 안전사고 등의 다양한 유형의 리스크를 탐지하고 예측을 하여 추이를 분석한다. 또한 재난관리에서 의사결정에 활용하여 자연적, 인적, 사회적 재난에 기반하여 리스크의 위험도를 판단하고 미래 진행양상과 확산 방향을 예측한다. 잠재적 위험은 사용자 상황에 따라 산출한 사용자 기상지수를 이용하여 예측하며 생활 잠재적 위험도, 보건 잠재적 위험도, 산업 잠재적 위험도로 구분한다. 생활 잠재적 위험도와 보건 잠재적 위험도는 사용자 상황정보를 반영한 사용자의 생활 기상지수와 보건 기상지수를 이용하여 예측한다. 산업 잠재적 위험도는 마이닝 기반의 지수 연관관계와 상관도를 이용하여 산출한 사용자 산업 기상지수를 이용하여 예측한다.

IV. 활용계획

- 온톨로지 기반의 상황인식을 지능적 3차원 사면 모델링 시뮬레이션을 적용하여 개발하였고, 재난 발생시의 자연현상을 3D 컴퓨터 그래픽스 기법을 사용하여 입체적 3차원 가상현실로 시뮬레이션 하였다. 사면에 산사태, 눈, 비, 안개, 화재, 폭발, 연기와 같은 환경적인 상황정보를 사용자의 상황정보에 따른 재난 상황을 가상으로 3차원 가상현실을 통해 시뮬레이션 할 수 있다. 사용자의 위험도 노출에 따른 재난이 초래할 수 있는 잠재적 위험도의 판단이 가능하다. 사회문제인 재난에 대한 예방 및 잠재적 위험도 판단을 통해 재난 발생 시 신속한 대응으로 국민 안전을 위한 삶의 질 향상에 기여할 수 있다.
- 도시기후재해지수 서비스는 도시기후재해와 관련된 리스크를 시각화하여 현재 상황과 예측 상황에 따른 국민행동요령을 서비스함으로서 사전대응이 가능하다. 이는 재난관리에 적용하여 재해 및 재난상황을 예측하고, 광대역 재난 안전 무선통신망(Public Safety LTE)을 이용하여 해당 지역 및 사용자에게 신속한 재해, 재난관련 정보의 제공이 가능하다.
- 뉴스 또는 웹을 통한 다양한 미디어로부터 정치, 경제 사건의 원인 및 결과를 예측하는 연구에 기여할 것을 기대한다. 국가와 기업을 상대로 한 부정적인 여론 탐지 및 위험도 판단과 정책, 질병, 범죄 등의 사회적 부정적 여론에 적용이 가능하고, 위험요소 탐지 및 예측이 가능하다. 비정형적 로그에 소셜 빅데이터를 이용하여 고객 관리, 마케팅, 의사결정지원, 위기관리 등에 적극적으로 활용할 수 있다.
- 잠재적 위험도에 따른 도시기후재해 서비스는 사용자에게 위험이 형성되기 전에 조기 탐지하고 국가재난정보센터의 국민행동요령을 서비스함으로서 재난이 발생하거나 재난 위험이 클 경우 미리 예측을 하여 선제적 대응이 가능하도록 서비스한다. 또한 이머징 리스크를 탐지하여 잠재적 위험을 예측하고 리스크 추이 분석 결과를 시각화하여 보여줌으로써 현재 상황과 예측 상황에 따른 사전대응이 가능하다.

V. 핵심어

도시재해, 산사태 모델링, 재난예방, 재해지수, 기후

SUMMARY

I . Title

Development of Ontology based Intelligent Slide Modeling and Urban Climate Disaster Index

II . Purpose & Contents

These days, with the development of information technology, new paradigms have been created through academical and technological convergence in various areas. The IT convergence draws much attention as the next generation technology for disaster prevention and management in the construction and transportation area. Along with global warming, global climate changes and unusual weather occur around the world, and consequently disasters become more huge. IT convergence based disaster management service makes it possible to quickly respond to unexpected disasters in the ubiquitous environment and mitigate the disasters. Although research on disaster prevention and management has constantly been conducted, it is relatively slow to develop the technology for disaster prediction and prevention. For efficient safety and disaster prevention and management in the next generation IT convergence, it is essential to establish a systematic disaster prevention technology and a disaster prevention information system.

As weather observation technology develops, natural disasters such as typhoon, earthquake and heavy snow can be easily monitored as well as basic weather elements such as weather, temperature, precipitation, wind and air pressure. Advanced IT enables the statistical analysis of weather information and converged weather service. A variety of studies are being performed to analyze and utilize weather, temperature, humidity, etc. by using these IT convergence technology and weather observation technology. Meteorological Administration develops and provides the weather index to help the daily life of people by using weather elements. Influence of weather on life, industry and health is calculated by using indexes to provide weather index service. The weather index services are classified into life weather index, industry weather index and health weather index according to use. Weather indexes are correlated to each other as they are calculated by using common weather elements and advanced weather index service can be provided by analyzing these correlation patterns. The conventional service shows difference from the actual weather situation around the user as it is calculated by using weather information measured at the observation points. To improve this, personalized service can be provided by using context information-based ontology modeling and reasoning engine.

Users share information in real time through Facebook, Instagram, Twitter, blogs, Internet communities, etc., and they are provided contents in a variety of fields. In addition, with the spread of devices based on Internet of Things (IoT) and the development of advanced technology, information producers have changed from corporations into individuals. Recently, in order to provide customized services, there has been increasing interest in big data, cloud computing, and personalization and the government have provided accessibility and productivity of information by opening so that anyone can use the public data. Accordingly, various researches for utilizing the public data are being progressed. Korea Meteorological Administration (KMA) provides the weather index service which analyzes the degree of the impact that the weather has on people's lives and industry by analyzing the accumulated public data. It is measured by region by using the data collected from meteorological observation points and provides step-by-step measures and warnings along with regional weather indexes through the Internet and Apps. However, the currently offered weather index has a problem that does not consider the user's specific location as region-based services and it has a shortcoming that does not have a general index to judge the state of the whole weather index, though offering various uses by dividing into the Life Weather Index, Health Weather Index, and the Industry Weather Index. Also the weather index based on weather information is correlated with each other, so it is required to analyze and utilize it.

III. Research Results

This study proposes ontology-driven intelligent 3D slope modeling for disaster management service through the convergence of construction and transportation technology and IT. User profile, environment information, location information, weather index, disaster, statistics and analysis of disasters, and forest fire disaster index are used to build internal context information, external context information, and service context information. Ontology-based context awareness modeling of the landslides and disasters created is constructed, and relevant rules are generated by inference engine. Based on ontology based context awareness, environment context information on slope, including landslides, snow, rain, fogs, fire, explosion, and smoke, is developed into intelligent 3D slope modeling simulation. As a result, depending on geomorphic characteristics, disaster management service can realistically and visually be offered to users in 3D virtual reality. In addition, it is possible to experimentally apply disaster situations virtually through 3D virtual reality, and thereby judge their potential risk. By addressing the social issues related to disaster prevention and response and judging the potential risk of disasters, the proposed technique can contribute to improving the safety of the public and the quality of their life.

This paper intends to propose a mining-based city weather disaster index service according

to potential risk. The proposed method constructs XML files provided by Meteorological Administration and Open Data Portal in the form of a tree by using the DOM parser and preprocesses it. Emerging risks are selected among socially important issues by using disaster-related keywords and early detected by using WebBot. The collected weather indexes are normalized to construct weather index transactions. FP-Tree for mining is used to construct the weather index frequent pattern tree and extract correlation sets. Natural disaster risk, social disaster risk and life safety risk are calculated from the extracted correlation sets. City weather disaster index is calculated by considering common elements among potential risks, weather information, disaster information and emerging risk. Experimental application is tried to develop and verify its logical validity and effectiveness of city weather disaster index monitoring. Therefore, city weather disaster index service detects, predicts and analyzes the trend of various risks such as disasters and safety accidents. It is also used for decision in disaster management in order to determine risks based on natural, man-made and social disasters and predict future progress and direction of spread. Potential risk is predicted by using user's weather index calculated by user's contexts and divided into Life Potential Risk, Health Potential Risk, and Industry Potential Risk. Life Potential Risk and Health potential risks are predicted by using Life weather index and Health weather index which reflect user context information. Industry Potential Risk is predicted by using user's Industry weather index calculated by using the mining based correlation and relationship of index.

IV. Expected Contribution

- The ontology-based context awareness was applied to intelligent 3D slope modeling simulation development. The natural phenomena of disasters were simulated in 3D virtual reality with the use of 3D computer graphics. The environment context information on slope, including landslides, snow, rain, fogs, explosion and smoke, and disaster context according to users' context information were simulated in 3D virtual reality. Also, it was possible to judge the potential risk of disasters according to users' exposure to risk. By addressing the social issues related to disaster prevention and response and judging the potential risk of disasters, the proposed technique can quickly respond to disasters and contribute to improving the safety of the public and the quality of their life.
- The city weather disaster index service visualizes risks associated with city weather disasters and provides action guides for the current and predicted situations in order to ensure preventive response. It can be applied to disaster management to predict disasters and provide disaster information to the relevant regions and users by using Public Safety LTE.
- It is expected that the developed method will contribute to the study for prediction of the

result of political or economic events by using Web media such as news. It can be applied to the detection and risk determination of negative public opinion for a nation or company and detection of social, negative public opinion related to policy, disease and crime. It can detect and predict risk factors. It can also be used for customer management, marketing, decision-making support and crisis management by applying social Big Data to atypical Web logs.

- The city weather disaster index service according to potential risks pre-detects the formation of a risk to the user and provides action guides of National Disaster Information Center in order to ensure proactive response by prediction in case of an occurring or severe disaster. It also detects emerging risks, predicts potential risks and visualizes the results of risk trend analysis to ensure preventive response to the current and predicted situations.

V . Keyword

urban damage, landslide modeling, disaster prevention, disaster index, climate

CONTENTS

1. Introduce	12
가. Purpose and Significance of Research	12
나. Definition and Scope	13
다. Related Works	14
2. Contents and Results of Research	18
가. Strategies and Methods	18
나. Research Process and Contents	19
다. Research Results and Performance	47
3. Research Results and Lists	60
4. Fulfillment of Research Goal and Contributions	63
5. Expected Contribution and Future Research	67
6. References	71

목 차

1. 연구개발과제 개요	12
가. 연구개발의 목적 및 필요성	12
나. 연구개발의 정의, 범위	13
다. 국내외 기술개발 현황	14
2. 연구개발 수행 내용 및 결과	18
가. 연구수행 전략 및 방법론	18
나. 연구수행과정 및 내용	19
다. 연구수행결과 및 성능	47
3. 최종 연구성과 및 적용실적	60
4. 연구목표 달성 및 효과	63
5. 연구성과의 활용 및 향후연구	67
6. 참고문헌	71

제1장 연구개발과제 개요

1. 연구개발의 목적 및 필요성

- 정보사회의 발전과 더불어 정보통신의 역할이 사회에 미치는 파급효과가 갈수록 커지고 있고 이러한 파급효과 중 최근 주목을 받고 있는 것이 안전과 재난관리임. 현대사회는 정보화 사회를 지나 유비쿼터스 사회로 발전해 나가고 있으며, 재난이 발생하였을 때 재난의 피해를 최소화하기 위해, 유비쿼터스 환경을 기반으로 신속하고 빠른 대처가 가능한 지능적 안전과 재난관리가 절실히 필요함
- 최근 대두되고 있는 기후 변화, 재난 환경에 대한 국가 안전, 재난관리 플랫폼 구축, 융복합, 성과 창출형 시스템, 국민적 관심 등의 사회적 요구를 관철하기 위한 안전과 재난관리 연구가 필요함
- 건설·교통기술과 융복화를 통하여 자연재해 중 산사태의 효율적인 사면 안정율을 분석하고 지형별 사면 정보 및 패턴 분석을 통해 기존에 존재하지 않는 지능적 재난예방관리가 가능해야 함
- 기존의 사면 시스템과 달리 자연재난 중 산사태 및 낙석을 중심으로 효율적인 사면 안정율을 분석하고 지형별 사면 정보 및 마이닝 기반의 패턴 분석을 하여 기술적 차별성과 난이도가 높은 도전적인 연구임
- 과학기술적 측면에서 건설·교통기술과 정보기술과의 융복화를 통하여 사면 정보를 3차원 형태로 모델링하고 상황정보의 입체적 해석과 안정성 평가를 위한 온톨로지 기반의 지능형 3차원 사면정보 시뮬레이션으로 창조형 모험 연구임
- 융복합 기술 기반의 상황인식 및 온톨로지를 활용하여 다양한 지형 정보를 지능형 3차원 데이터 모델링에 적용 및 창조형 개발이 필요함
- 빅데이터 처리를 위해 마이닝을 이용하여 지식요소를 분석하고 사용자의 위험도 노출에 따른 잠재적 위험도를 판단 알고리즘 개발하여 국민의 실생활과 밀접하게 관련있는 사회문제인 안전과 재난관리를 해결이 필요함
- 휴먼 인터페이스로 실험적인 적용을 시도, 온톨로지 기반의 지능형 3차원 사면 데이터 모델링과 도시기후재해지수 모듈을 디바이스에 적용하여 시뮬레이션 및 인터랙티브 휴먼 인터페이스가 필요함
- 마이닝을 이용한 상황정보에 따른 산사태 및 낙석을 분석하고 건설·교통분야에서 재난과 관련성이 높은 잠재적 위험도간의 연관/순차 관계를 발견하고 대중적 관심도가 높은 도시기후재해지수를 개발이 필요함
- 지구온난화와 더불어 세계 곳곳의 기후변화와 기상이변의 이상현상이 발생하고 있고 도시기후재해의 규모가 대형화되고 있으며 경제적 피해액 역시 증가하고 있는 추세임. 국민의 안전과 밀접하게 관련이 있는 도시기후재해 예방의 사회문제를 해결하기 위해 과거의 기상정보의 단순함을 고도화하여 기상정보와 실시간 상황인식 및 빅데이터 마이닝을 활용한 지능정보 시스템을 통해 도시기후재해 예방을 위한 기술이 필요함

- 차세대 융합 정보기술에서 효율적인 안전과 재난예방관리를 위해서는 무엇보다도 체계적인 재난예방 기술, 인적자원 양성, 재난예방 정보시스템의 구축이 필요함
- 자연재난은 어느 정도 예측이 가능한 만큼 재난 예방에 보다 관심을 가져야함
- 미래의 재난예방관리의 기술 패러다임은 융복합 기반의 국가재난안전통신망에서 하나의 통신망 안에서 안전과 도시기후재해예방 시스템으로 발전할 것으로 전망하며 우리나라가 세계에서 선도적으로 발전할 수 있도록 정부의 지원이 절실히 필요함

2. 연구개발의 정의, 범위

- 지능형 사면 데이터 모델링은 기존의 단순한 이미지 기반의 사면 정보에 비하여 입체적 3차원 사면 정보를 컴퓨터 그래픽스를 이용하여 모델링하는 창의·융합형 연구로 기술적 난이도와 도전성이 높은 기술
- 종횡단면에서 사용자에게 의해서 설정된 사면의 안정율을 분석하고 다양한 사면에서 폭우, 폭설, 태풍, 강풍, 지진, 해일 등의 기상 상태와 도시기후재해를 포함하여 특수한 주변 환경을 상황정보로 구성
- 맞춤형 도시기후재해지수는 상황정보와 마이닝을 이용하여 사용자마다 특화된 서비스를 제공해 줄 수 있으므로 건설·교통 분야에서의 새로운 부가가치 창출
- 건설·교통 분야에서 도시기후재해와 관련성이 높은 잠재적 위험도간의 연관/순차 관계를 발견하고 대중적인 관심도가 높은 도시기후재해지수를 서비스하여 주의사항과 대처방안을 제시하여 국민 안전과 삶의 질 향상 기여 및 사회적 재난 관리 해결에 기여
- 건설·교통산업과 학문간의 상승적인 융복합 결합을 통해 새로운 가치를 창출하고 휴먼 인터페이스로 구축하고, 논리적인 타당성과 시스템의 유효성을 검증하기 위한 실험적인 적용을 시도, 온톨로지 기반의 지능형 3차원 사면 데이터 모델링과 도시기후재해지수를 인터랙티브하게 개발
- IT융합분야는 건설·교통기술 분야 외의 다양한 분야에 접목이 용이하며, 본 창의·도전연구에서 제안하는 온톨로지 기반의 지능형 3차원 사면 모델링은 실제로 시행하기 어려운 고비용·고난이도의 융복합 연구로 다양한 산업 연계 및 응용이 가능함
- 사용자의 잠재적 위험도 노출에 따른 도시기후재해지수는 기상청에서 제공하는 RSS, 웹 로봇 에이전트, 상황의 정보 분석을 이용하여 사용자의 위치에 따른 고도화된 도시기후재해지수 서비스가 실시간으로 가능하며, 국제협력을 통해 광범위하게 확대가 가능할 것으로 판단됨
- 온톨로지 기반의 지능형 사면 모델링과 도시기후재해지수는 국민의 실생활과 밀접하게 관련있는 안전과 재난관리 기술로 국내뿐만 아니라 국외에서도 필요한 기술임
- 국민의 안전과 재난예방을 위한 창의·도전연구로 건설·교통 분야의 융복합 연구에 창의·도전적인 기반연구가 될 수 있으며, 잠재적인 가치는 더욱 클 것으로 판단됨

3. 국내외 기술개발 현황

(1) 국내외 기술개발 현황

- 현대사회는 기상관측기술의 발전으로 눈, 비, 바람, 자외선 등의 기본적인 기상관측에서 확대되어 다양하고 광범위한 기상정보를 수집이 가능함. 또한 정보통신 기술의 발전으로 수집한 기상정보를 다양하게 이용하는 융합기술이 주목받고 있음. 융합기술은 광범위하게 수집한 기상정보를 분석하며 이머징 리스크를 활용하여 날씨, 재해, 재난 등에서 발생할 수 있는 변화를 탐지하고 예측함[10]
- 재난의 유형은 자연 재난, 인적 재난, 사회적 재난으로 분류함. 자연 재난은 태풍, 홍수, 대설, 가뭄 등에 준하는 자연현상으로 인하여 발생하는 재해를 나타냄. 인적 재난은 화재, 붕괴, 교통, 환경오염 등 대통령령이 정하는 규모 이상의 피해를 나타냄. 사회적 재난은 건설, 교통, 의료, 금융, 국방, 통신 등 국가의 기반 체계 마비와 국가 전염병의 확산 등에 의한 피해를 나타냄[27]. 소셜 빅데이터로부터 사회적으로 파장이 큰 이슈 중 공공여론이 부정적으로 형성될 이슈를 이머징 리스크로 정의함. 이를 자동으로 탐지하고 추이를 분석함으로써 미래의 확산 방향과 위험도를 예측하는 기술을 개발하고 있음. 여론 형성이 이뤄지기 전에 조기 탐지하고, 일반적이지 않는 움직임에 대한 변화를 감지하여 잠재적 위험의 사전대응에 대한 연구가 진행되고 있음[18]
- 빅데이터를 이용한 비즈니스 예측 모델 기반 분석은 차세대 핵심기술로 차세대 융합 분야에 변화를 일으킬 기술로 지식 서비스 분야에서 적용되고 있음[28]. 데이터를 통해 파악되는 형태를 분석하여 정치, 경제, 문화 현상을 대응하고자 하는 연구가 활발히 진행되고 있음. 대표적인 예로 Biginsight[13], Social Metrics[14], Recorded Future[15], DataHive Consulting[16]에서 활용되고 있음
- 기상청은 인터넷과 모바일을 통해 국민의 건강과 생활에 직접 활용이 가능한 기상지수를 제공하고 있음. 기상 관측지점에 실시간으로 수집한 기상 데이터와 과거 통계자료를 이용하여 생활, 건강, 산업에 날씨가 미치는 영향의 정도를 지수로써 산출함
- 기상지수 서비스는 지역별 관측지점의 온도, 습도, 바람 등의 기상 데이터를 이용하여 현재 값과 예측 값을 그래프와 표로 제공함. 기상지수는 온도, 습도, 바람 등의 기상정보를 공통요소로 산출하여 지수들 간에 연관성이 나타남[1,9,10]. 기상청은 웹페이지를 통해 생활기상지수, 농업기상지수, 가뭄정보, 기상재해통계 등의 정보, 단계별 대처방안, 주의사항을 제공함. 과거에는 기상청에서 산업기상지수를 제공하였지만, 현재 상업성이 높다고 판단되는 산업기상지수는 공공데이터 포털을 통해서만 접근이 가능함[2]

(2) 국제 안전지수 사례

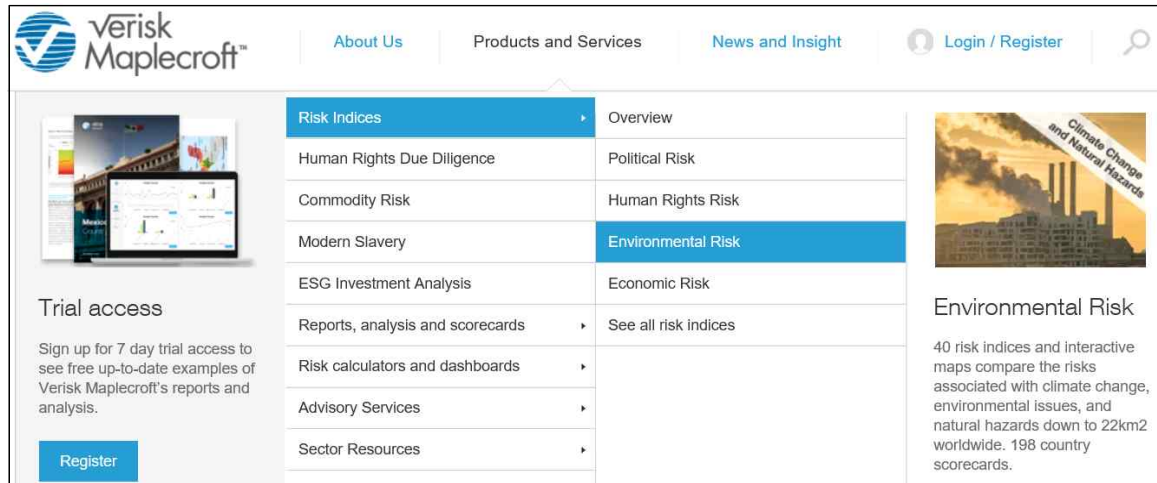
- 여러 기업과 국가에서는 재해, 재난, 인명피해 등의 데이터 분석으로 국민의 안전과 산업의 발전에 미치는 영향을 지수로 표현하여 제공하고 있음. 대표적인 지수로 DRI(Disaster Risk Index), MRI(Mortality Risk Index), NDRI(Natural Disaster Risk Index), RRI(Risk Reduction Index), DDI(Disaster Deficit Index), NDH(Natural Disaster Hotspots),

EDRI(Earthquake Disaster Risk Index), NHIM(Natural Hazard Index for Megacities), PVI(The Prevalent Vulnerability Index), NWS(National Weather Service) 등이 있음[3]

- DRI는 재난 피해와 위험에 대비하기 위해 United Nations Development Programme에서 발표한 지표. EM-DAT(Emergency Events Database) 통계데이터를 이용하여 각국의 사망 위험성 정도를 비교하고, 자연재난 중 가뭄, 홍수, 태풍, 지진에 노출된 인구의 위험 정도를 측정함. DRI는 0부터 7까지 8단계로 구분하여 0에 가까울수록 사망위험이 낮고, 7에 가까울수록 사망위험이 높음을 나타냄. DRI는 중대규모의 피해정도가 큰 재난만을 대상으로 하여 빈번하게 발생하는 중소규모의 자연재해를 고려하지 못한 한계가 있음. 또한 인명피해 데이터 수집이 부정확하고, 국가 간의 데이터 양식의 차이로 인해 실무에 적용하기 어려운 단점이 있음[6]
- RRI는 자연재해감소대책을 위해 코스타리카, 과테말라, 니카라과, 엘살베이도, 온두라스, 파나마, 도미니카 공화국에서 실시한 프로젝트로 각 국가의 자연재해위험감소정도를 측정한 지수임. 재난의 요인들을 분석하여 위험을 감소시키는 것으로 위험요인에 대한 노출, 인명 및 재산피해, 국토 및 환경관리, 재난 대비책 등을 포함함. 위험요인은 환경 및 천연자원, 사회경제, 생계수단, 토지 및 환경건설 등을 의미함. 지수 측정을 위해 해당 지역의 재난위험 관련 전문지식을 갖춘 전문가를 대상으로 조사함[7]
- PVI는 자연재해의 직접적이나 간접적인 피해를 측정하고 자연재해 노출정도, 사회경제적 취약성 정도, 자연재해 탄력성 정도를 이용하여 지수로 표현함. 자연재해 노출정도는 인구 및 도시성장률, 인구 밀집도, 빈곤층 비율, GDP 등이 있음. 사회경제적 취약성은 인간빈곤 지수, 고령화 비율, 불평등성, 실업률, 물가 등이 있음. 자연재해 탄력성은 위기상황에 대한 대처역량을 측정함.
- DDI는 대규모 재난에 따른 국가의 경제적인 대응 역량에 대해 평가하여 측정함. 자연재해로 초래되는 경제적 손실의 최대 예상치를 정부가 해결할 수 있는 역량의 정도를 측정한 지표. DDI가 1보다 크면 재정 역량에 비해 손실액이 크게 나타날 것을 의미[8]
- NDH는 특정 지역의 지진, 화산, 산사태, 홍수, 가뭄 등의 위험도를 분석하여 생성한 지수. 각 국가별 사망위험도와 경제적 손실정도, 재난위험도간의 상관관계를 분석하여 측정한 지수. 이는 재난의 발생확률, 재난에 노출된 인구 및 재산, 특정 재난에 노출된 인구 및 재산의 취약성 등을 포함하지만 자연재해에 대한 취약성이 고려되지 않은 한계가 있음[9,11]
- NHIM는 전 세계 50개의 도시를 대상으로 자연재해에 의한 손실 정도를 측정한 지수. 지진, 폭풍, 홍수를 주요 위험요인으로 정하고 화산, 산불, 동파 등을 2차 위험요소로 구분함. NHIM은 자연재해, 인적재난, 사회적 재난, 재정적 재난의 위험도를 고려함
- NDRI는 지난 30년간의 자연재난 발생과 100만 명당 사망률이나 연간 사망률을 고려하여 자연재난과 인간의 연관정도를 측정함. Maplecroft¹⁾는 자연재난 중 지진, 화산, 쓰나

미, 홍수, 폭풍, 산사태, 가뭄, 일교차 등을 고려하여 측정하며 Low risk, Medium risk, High risk, Extreme risk 4단계로 나타냄

- Maplecroft의 위험지수 서비스



- NWS는 미국 지역을 대상으로 국민생활에 필요한 산불 위험지수, 열지수, 자외선 지수 등의 기상정보를 제공함. 자외선 지수는 자외선에 노출되었을 때 시간에 따른 피부질환이 예상되는 정도를 0~15단계로 예상하여 제공함. 0~2까지는 초록색, 3~5까지는 노란색, 6~7까지는 주황색, 8~10까지는 빨간색, 11이상은 보라색의 5단계로 구분하고 0부터 11까지의 강도를 제공함

(3) 융합 기술 기반 재난관리 서비스

- 현대사회는 도시개발, 산림개발, 산업화 등에 따른 지구의 기후변화가 가속화되고, 도시 계획이나 인구밀집으로 사회 기반 구조가 재난에 취약하게 형성되고 있음. 이에 따라 사회는 재난을 예측하고 피해를 최소화하고자 하는 다양한 연구가 진행되고 있음
- 융합기술의 발전으로 정보의 전달이 정확, 신속해지고 이를 활용한 다양한 재난관리 서비스가 등장하고 있음. 대한민국은 재해, 재난 발생 시 국민의 안전과 피해를 최소화하기 위해 기존의 통신망을 하나로 통합한 PS-LTE (Public Safety-LTE) 기반의 국가재난 안전통신망을 구축하고 있음[11,12,13]
- PS-LTE는 초고속 데이터 통신망을 이용해 재난 발생 현장의 상황을 고해상도 영상이나 음성, 도면 등의 멀티미디어 정보를 활용하여 재난 대응 서비스를 제공하는 국가재난 안전통신망임. 기존 LTE 통신망에 Mobile to Mobile 통신, 그룹통화 기능이 추가된 방식으로 영상, 화상, 도면 등의 고화질 전송이 가능함
- 융합기술 기반의 재난관리 서비스는 재해, 재난예측을 위해 광범위하게 관측하고 대량의 정보를 수집함. 수집한 기상정보는 기상청이나 재난관리센터에서 슈퍼컴퓨터를 이용

1) Maplecroft, www.maplecroft.com/.

하여 분석하며 재해, 재난을 예측하는 재난시스템의 구축에 활용함. 재난시스템은 유무선 통신망을 통해 신속하게 사용자에게 전달하여 재해, 재난 발생 시 빠른 대처로 인명 및 재산의 피해를 예방할 수 있음[14]

- 인간이 접근하기 어려운 재난에서 인간을 대신할 수 있는 로봇을 개발하기 위한 융합 기술 연구가 진행되고 있음. 로봇 시스템은 안정화, 지능화로 로봇의 활용범위가 보안, 경비, 공공안내에서 재해, 재난으로 넓어지고 있음. 재난발생시 인명피해가 예상되는 지역에 로봇을 투입하여 추가 인명피해를 예방함. 또한 재난대응 로봇, 무인항공기, 드론을 이용하여 재난 발생지역을 관측함[11]
- IoT 기반의 재난관리 서비스는 재난에 대해 사전예방, 대비, 대응, 복구 등의 재난관리를 효율적으로 수행하여 도시안전의 효율성을 높이고 안정성을 증가시키기 위한 서비스임. 유무선을 이용한 네트워크망 구축으로 재해, 재난을 신속하고 감지하고 각 지역의 특성에 적합한 서비스를 제공. 국민의 재산과 안전을 위한 재해, 재난 관리 서비스를 도시계획에 포함하여 신뢰성과 안전성이 확보된 정보기술 사회로 발전하고 있음
- 유무선 통신망, 위성, GPS, 스마트폰 등 정보기술의 발전과 스마트 디바이스의 보편화로 이를 활용하여 다양하게 재난관리 서비스를 제공함. 현재 정부에서는 폭우, 폭설, 폭염, 지진, 산사태 등의 재난 발생시 LTE 단말기를 통해 긴급 재난문자를 서비스함. 이는 경보음과 함께 재난 예상 및 발생지역에 있는 사용자에게 재난상황과 대처방안을 단방향 푸시 형태로 전달함[11-14]
- 일본은 재난 발생 시 통신망의 안정적인 유지를 위해 오토바이나 자동차에 소형 중계기를 설치하여 운용하고 있음. 이는 지진이나 쓰나미 등의 재난으로 무선 기지국이 파괴되어 통신이 불가능한 지역에 파견하여 재난발생지역에 통신망을 구성하여 정보전달을 지원함[15]

제2장 연구개발 수행 내용 및 결과

1. 연구수행 전략 및 방법론

연구범위	연구수행방법
지형별 사면 정보 및 패턴 분석을 위한 연구	- 노이즈에 영향을 덜 받는 로버스트한 방법 사용 - 전처리 과정에서 데이터의 숨겨진 패턴 발견 - 비선형적인 차원축소에 의한 다변량 위상순차화 분석 - 특징 퓨전을 위해서는 차원을 축소하는 알고리즘 - AGG(V1.6.4)에 의한 지형별 속성 및 분류
사면을 위한 상황정보 구성	- 개체의 상황을 특성화하기 위해 상황정보 구성 - 시간/위치 변화에 따라 행위가 변화는 상황 개체로 표현 - 사면을 위한 상황정보를 기반으로 상황인지, 해석 - 제한된 환경변화에서 상황정보 분석 기반 분류 기술 연구 - 실시간 추출한 상황정보로부터 필요한 요소만을 분리
온톨로지 기반의 지능형 사면정보 모델 설계	- 온톨로지 지식 추론 방법론 개발 - 온톨로지 기반의 지능형 상황정보 정의 - 온톨로지 기반의 상황정보와 재해예방 정보 모델링 - 상황정보로 분류된 산사태 정보를 상황정보 모델링 구성
종횡단면 기반에서 사면의 안전을 분석	- 평면활동/원호활동을 일으키는 유한사면의 안정 해석 - 일체법에 의한 유한사면의 안정 해석 - 수중에 잠긴 무한사면의 안정 해석 - 침투 유무에 따른 무한사면의 안정 해석 - 절편법에 의한 유한사면의 안정 해석 - 수중에 잠긴 유한사면의 안정 해석 - 복합 활동을 일으키는 유한사면의 안정 해석 - 사면의 종류에 따른 종횡단면 선택
마이닝을 이용한 상황정보에 따른 산사태 분석	- 상황정보에 따른 사면 분석을 위해 마이닝 지식 요소 설계 - 마이닝에 의한 상황인지 모델링 및 다차원 사면분석 - 마이닝 기반의 상황인지 알고리즘 개발 및 데이터 모델링 - 인공지능 기반의 상황정보 분석 및 산사태 요소 모델링 - 개체의 상황을 특성화하는데 사용할 수 있는 정보 추출 - 재난정보 서비스를 위한 마이닝 기반 산사태 및 낙석 분석 - 최소제공 모형, 다항회귀모형, 선형/비선형 회귀모형
사면 정보를 기반으로 3차원 사면 데이터 모델링	3D 형식의 입체적 사면 정보를 3DS MAX를 이용한 모델링 3차원 가상공간에서 사면에 대한 텍스처 매핑 - 사면별 상황인식 및 온톨로지 기반의 지능형 모델링 개발 - 사면을 가시화하기 위해 3차원 사면 데이터를 제작 3차원 뷰어 윈도우에 불러온 사면 데이터 모델링 - 온톨로지 기반으로 사면상태를 실시간으로 반영 - NVIDIA PhysX SDK를 이용한 물리엔진 및 연산

2. 연구수행과정 및 내용

(1) 재난관리 서비스를 위한 상황정보 구성

- 재난관리 서비스를 위해 HBE-ZigbeX과 SkyeModule M9 센서와 기상청의 기상지수, 국가재난정보센터의 재난종합상황 통계 및 분석, 산림청 산불위험예보시스템의 산불위험지수에 의해 수집된 정보를 기반으로 상황정보를 도출함
- 재난관리 서비스를 위한 상황정보는 연구성과 논문[2]을 기반으로 작성함
- 상황정보 기반의 재난관리 서비스는 기존의 정적인 데이터와 외부데이터, 그리고 개인의 상황 데이터가 필요함[29]. 외부의 매개체에서 사용자의 위치정보와 지역정보 및 환경정보를 습득하고, HBE-ZigbeX과 SkyeModule M9을 이용하여 외부 상황정보와 내부 상황정보로 구성함²⁾
- 외부 상황정보는 환경 상황정보, 지역 상황정보, 장비 상황정보로 구분함. 내부 상황정보는 디바이스를 활용하여 지역정보와 개인정보 및 활동정보를 수집하며, 이외에 사용자가 직접 입력하거나 Ubi-ZigbeX 센서 기반의 아두이노 플랫폼으로부터 상황인지, 무선통신, 센서 제어, 데이터 송수신, SPI 통신과 서비스에 필요한 데이터를 획득함
- 기상청³⁾은 기상예보 및 기상관측 기술 개발을 통해 기상정보의 활용분야를 확대하고 있음. 기상청 홈페이지에서 국민이 정보를 활용할 수 있도록 다양한 생활기상정보를 개발하여 지역별로 서비스를 제공함. 생활기상정보는 생활기상지수, 산업기상지수, 보건기상지수로 분류하며 날씨가 생활, 산업, 보건 분야에 미치는 영향의 정도를 나타냄. 생활기상지수는 일상생활에 도움이 되는 정보로 자외선지수, 식중독지수, 불쾌지수, 열지수, 체감온도, 동파가능, 지수대기확산지수로 분류함. 산업기상지수는 산업 활동 및 경제적 가치창출을 위한 정보로 농업지수, 건설지수, 유통지수, 에너지지수, 고속도로기상지수로 분류함. 보건기상지수는 국민의 건강과 관련된 정보로 감기가능지수, 천식-폐질환가능지수, 뇌졸중가능지수, 피부질환가능지수, 꽃가루농도위험지수로 분류함
- 산업기상지수는 일강수량, 일적설량, 풍속, 기온을 지수화 한 것으로 나뭇, 보통, 좋은의 3단계로 6시, 18시에 제공하며 기초공사지수, 골조공사지수, 석공사지수, 마감공사지수로 분류함

(2) 외부 상황정보⁴⁾

- 상황인지에 따른 재난관리 서비스를 제공하기 위해서 상황정보의 분류가 필요. 외부의 매개체에서 현재의 지역 정보와 환경 정보를 습득하고, 기기종의 장비로부터 수집되는 상황정보를 수집함. 수집된 외부 상황정보는 환경 상황정보, 지역 상황정보, 장비 상황정보로 분류함[2, 36]
- 환경 상황정보는 날씨 상황정보, 산사태 상황정보, 사면 붕괴 상황정보, 재난 상황정보,

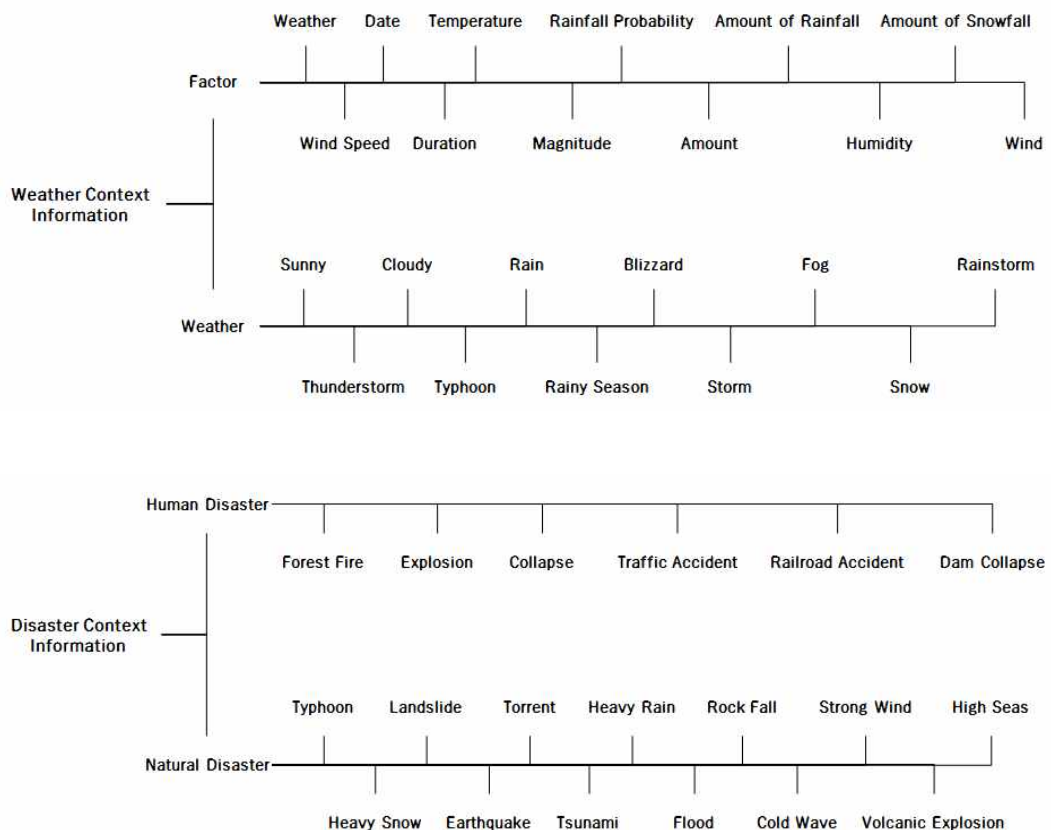
2) K. Chung, "Recent Trends on Convergence and Ubiquitous Computing", Personal and Ubiquitous Computing, Vol. 18, No. 6, pp. 1291-1293, 2014.

3) 기상청, <http://www.kma.go.kr/>.

4) H. Jung, K. Chung, "Ontology-Driven Slope Modeling for Disaster Management Service", Cluster Computing, Vol. 18, No. 2, pp. 677-692, 2015.

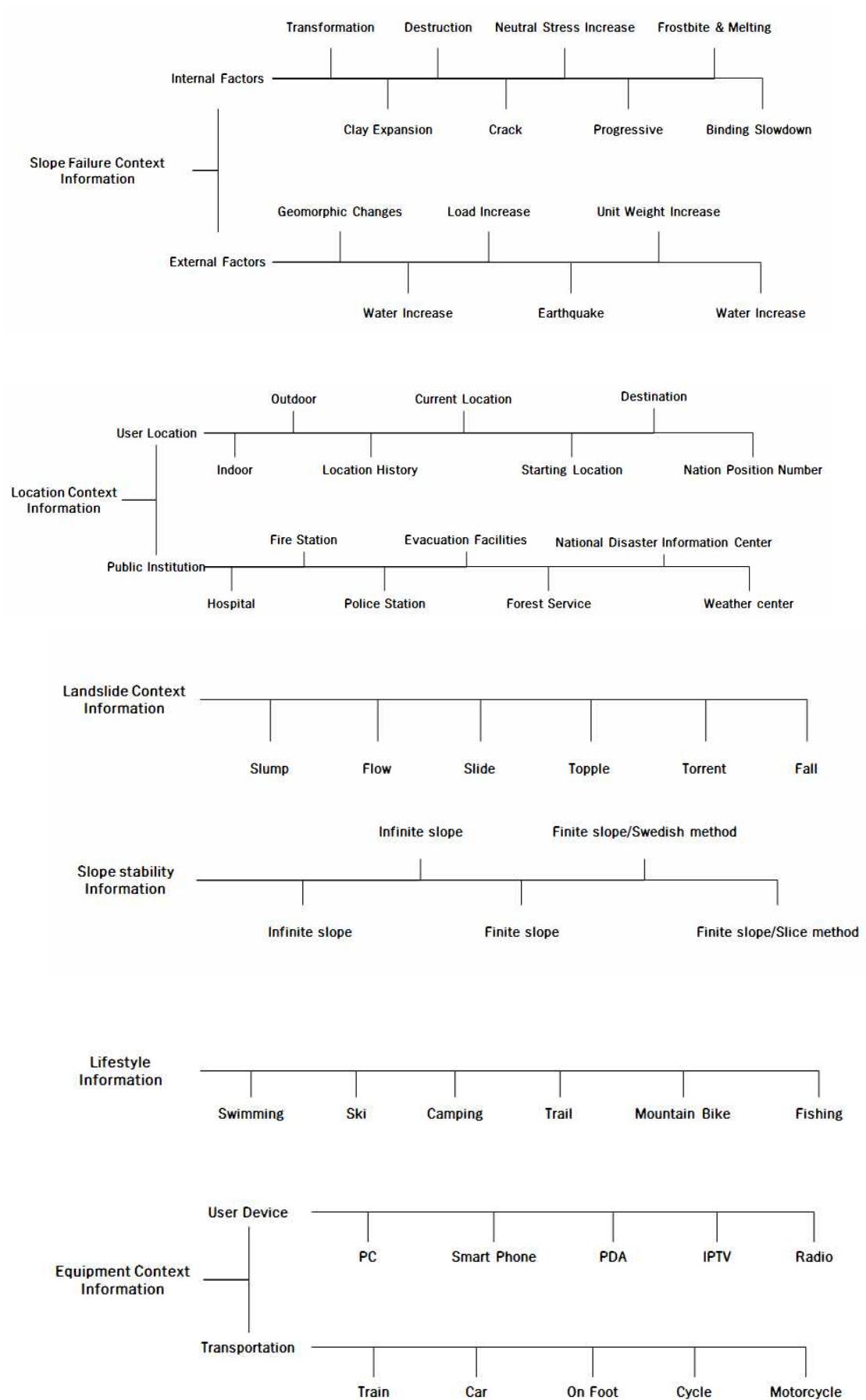
생활 상황정보 5개의 그룹으로 구성함. 날씨 상황정보는 날씨와 날씨에 영향을 주는 인자로 분류함. 산사태 상황정보는 산사태의 형태 및 외형에 따라서 Slump, Slide, Flow, Topple, Torrent, Fall로 구성함⁵⁾

- 사면 붕괴 상황정보는 외적요인과 내적요인으로 분류하며, 외적요인으로는 지형의 변화, 하층의 증가, 흙의 단위 중량증가, 눈·비에 의한 수분의 증가, 지진으로 인한 사면의 변화로 구성하고, 내적요인으로는 수분에 의한 점토의 팽창, 미세한 균열, 진행성의 파괴 및 변형, 동상 및 융해, 간극 수압의 증가, 결합재의 결합력 둔화로 구성함
- 재난 상황정보는 자연재난과 인적재난으로 분류하며, 자연재난은 태풍, 산사태, 급류, 호우, 낙석, 강풍, 풍랑, 대설, 한파, 지진, 해일, 화산폭발, 홍수로 구성함. 인적재난은 산불, 붕괴, 폭발, 교통사고, 철도사고, 댐 붕괴로 구성함⁶⁾
- 지역 상황정보는 사용자가 위치한 정보를 기반으로 서비스를 제공. 각각의 위치 기록 정보에 의해 개인화된 재난관리 서비스를 받을 수 있으며 사용자의 위치정보와 재난 상황시 안전과 구조를 담당하는 공공기관으로 분류함. 장비 상황정보는 사용자가 휴대하거나 사용하는 장비와 사용자의 이동상황에 따른 운송수단으로 분류함



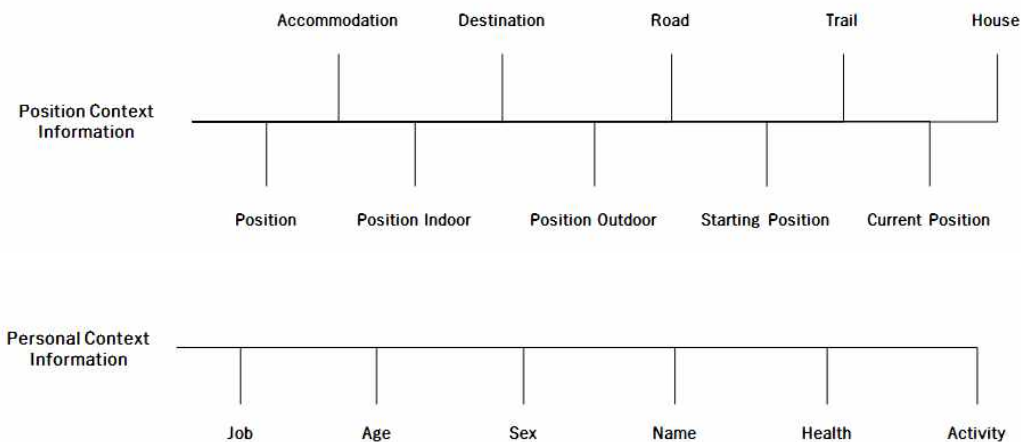
5) R. Boutaba, K. Chung, M. Gen, "Recent Trends in Interactive Multimedia Computing for Industry", Cluster Computing, Vol. 17, No. 3, pp. 723-726, 2014.

6) 류중경, 김종훈, 김재권, 이정현, 정경용, "상황인식 기반의 유헬스 환경정보 서비스", 한국콘텐츠학회논문지, 제11권, 제7호, pp. 21-29, 2011.



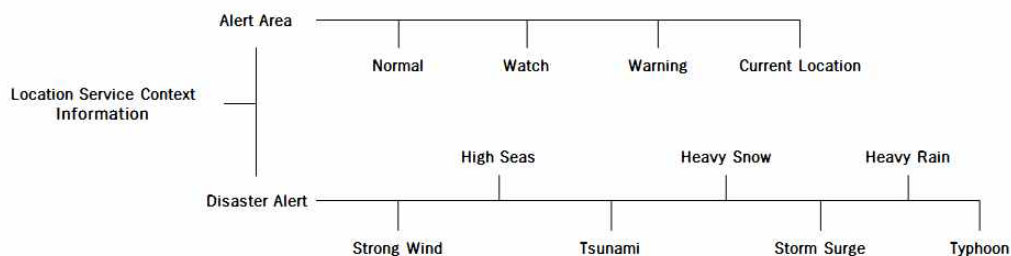
(3) 내부 상황정보

- 재난관리 상황인지 서비스를 제공하기 위해서는 내부 상황정보의 분류가 필요함. 내부 상황정보는 사용자의 기본 사항과 SkyeModule M9를 활용한 사용자의 위치 상황정보를 바탕으로 스마트 장비로부터 데이터를 수집하거나 직접 입력한 데이터를 활용함[29]. 내부 상황정보는 위치 상황정보와 개인 상황정보로 분류⁷⁾하고 이를 활용하여 서비스 추론을 위한 정의함⁸⁾
- 위치 상황정보는 사용자의 위치와 사용자가 이동하는 상황을 정의한 것이며, 위치, 실내, 실외, 집, 숙박시설, 도로, 등산로, 현재 위치, 시작 위치, 목적지로 분류함. 개인 상황정보는 사용자의 프로파일 데이터를 나타내고, 직업, 나이, 성별, 이름, 건강상태, 활동상태로 분류함



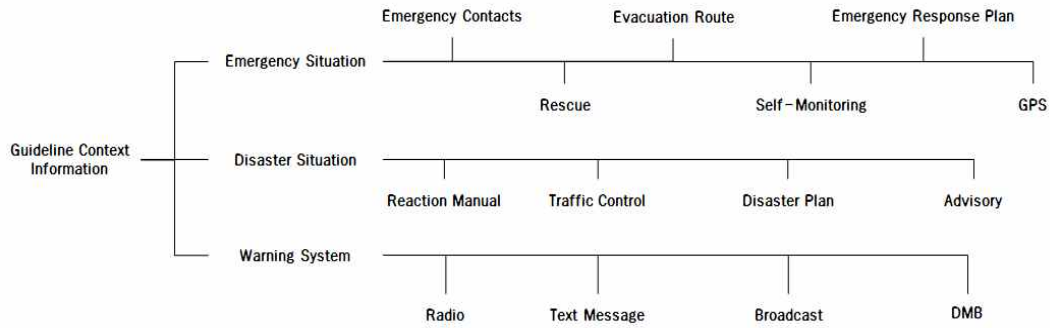
(4) 서비스 상황정보

- 사용자에게 맞춤형 재난관리 서비스를 제공하기 위해 외부·내부 상황정보를 기반으로 하여 사용자의 상황정보에 적합한 서비스가 제공되어야 함. 서비스 상황정보는 지역 정보, 지침 정보로 구분하고 다른 상황정보와 함께 서비스를 제공함



7) K. Y. Chung, "Recent Trends on Convergence and Ubiquitous Computing", Personal and Ubiquitous Computing, Vol. 18, No. 6, pp. 1291-1293, 2014.

8) K. Chung, R. C. Park, "P2P Cloud Network Services for IoT based Disaster Situations Information", Peer-to-Peer Networking and Applications, Vol. 9, No. 3, pp. 566-577, 2016.



- 지역정보는 사용자의 상태와 현재 위치를 알려주는 정보로서 현재 상태의 위험 여부를 나타내며 재난정보와 경보지역으로 분류함[37]. 재난정보는 경보의 종류로 Strong Wind, Heavy Snow, Heavy Rain, High Seas, Storm Surge, typhoon, Tsunami로 분류함. 경보지역은 사용자의 현재 위치를 기반으로 보통, 주의보, 경보의 3단계로 구분하여 서비스함
- 지침 정보는 재난 상황시의 행동 지침 정보를 제공함으로써, 현재 사용자의 상태 정보를 확인할 수 있으며, 사용자가 처해진 위험 상황에 따라 행동 지침에 대한 권고를 제공함[36]. 수집된 사용자의 외부, 내부 상황정보를 통해 응급상황, 재난상황에 맞는 행동 지침을 서비스함. 정보 시스템은 사용자의 위치 정보에 따라 응급 및 재난 상황을 서비스함

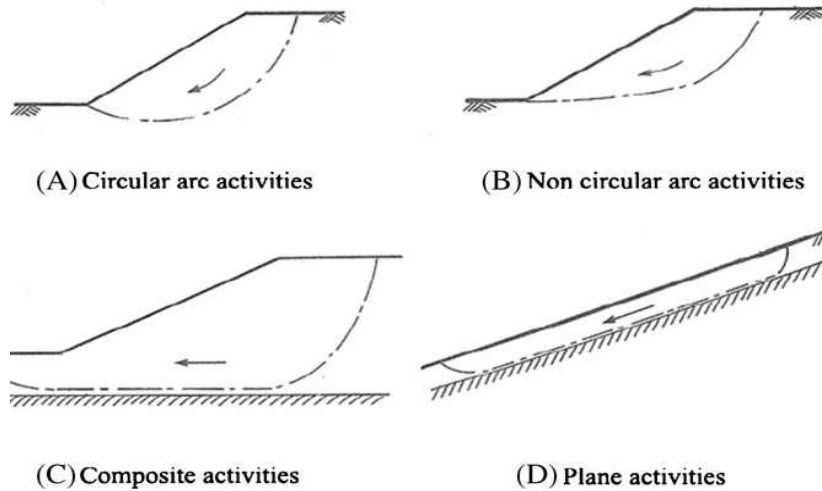
(5) 사면의 안정 해석 적용

- 사면은 일반적으로 수평면과 90도 이내의 각을 이루고 있는 지표면을 나타내고 경사는 경사각 또는 연직 높이 대 수평거리의 비로 표시함. 사면이 안정을 유지하지 못하고 무너지는 것을 사면의 변위 또는 사면의 붕괴라고 하며 붕락, 활동, 유동으로 구성됨
- 붕락은 연직으로 깎은 사면의 일부가 떨어져 낙하하거나 굴러서 떨어지는 현상이고 활동은 사면의 활동으로 인해 변형되는 것으로 활동 형상에 따라 Rotational slides와 Translation slides로 구분됨. 유동은 활동되는 토사가 사면 아래로 흘러내리는 것으로 Earth flow, Mud flow 등이 있음⁹⁾
- 사면은 유한사면과 무한사면으로 구분할 수 있는데, 무한사면은 사면의 활동면의 형태가 표면과 평행한 직선인 사면을 의미하고 활동의 깊이에 따라 다양한 사면이 있음. 유한사면은 활동하는 흩덩어리의 깊이가 사면의 높이에 비하여 비교적 큰 사면을 의미함¹⁰⁾

9) A. W. Skempton, J. H. Hutchinson, "Stability of Natural Slopes and Embankment Foundations", State-of-the Art Report, Proc. of 7th International Conference Soil Mech & Fdn Eng, No. 2, pp. 291-335. 1948.

10) S. H. Kim, K. Chung, "3D Simulator for Stability Analysis of Finite Slope causing Plane Activity", Multimedia Tools Application, Vol. 68, No. 2, pp. 455-463, 2014.

- 유한사면은 원호, 비원호, 복합적인 곡선의 모양이 대부분이고 무한사면은 단단한 지층이 비교적 얇은 곳에 있을 때 발생함. 일반적으로 원호활동은 균질한 흙에서, 비원호활동은 비균질한 흙에서 발생하고 복합 활동은 단단한 지층이 깊은 곳에 있을 때 발생하고 파괴면은 곡면과 평면으로 구성됨
- 사면 파괴의 형태로는 원호활동, 비원호활동, 복합활동, 평면활동으로 대표적인 4가지가 있음. 사면의 파괴면이 평면일 때 안정을 검토하려면 파괴면을 따라 발생하는 흙의 전단강도와 전단응력을 비교해야 함. 전단응력은 물체의 어떤 면에서 변형이 일어날 때, 평행인 방향으로 작용하여 원형을 지키려는 힘을 나타냄



- 사면의 안전율 F_s 는 다음과 같이 나타내고 흙의 전단강도 τ_f , 가상 파괴면 τ 에 따라 발생하는 전단응력을 의미하고 흙의 전단강도 τ_f 는 점착력 c 와 마찰력 ϕ 으로 이루어지고 전단응력 τ , 점착력 c , 마찰력 ϕ , 가상 파괴면에 작용하는 수직응력 σ 을 의미함

$$F_s = \frac{\tau_f}{\tau} \quad \tau_f = c + \sigma \tan \phi \quad \tau = c_d + \sigma \tan \phi_d$$

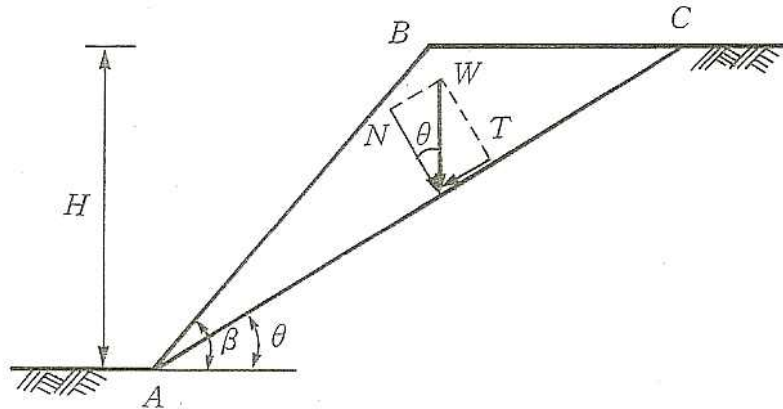
- 사면의 안전율 F_s 는 가상 파괴면을 따라 발생하는 점착력 c_d 과 마찰각 ϕ_d 에서 다음과 같이 표현할 수 있음. 안전율 $F_s < 1.0$ 이면 사면은 불안전하고, $1.0 \leq F_s \leq 2.0$ 이면 안정하지만 다소 불안하며, $F_s > 1.2$ 이면 굴착과 성토에서는 안전하고 흙댐은 불안전한 것을 의미함

$$F_s = \frac{c + \sigma \tan \phi}{c_d + \sigma \tan \phi_d}$$

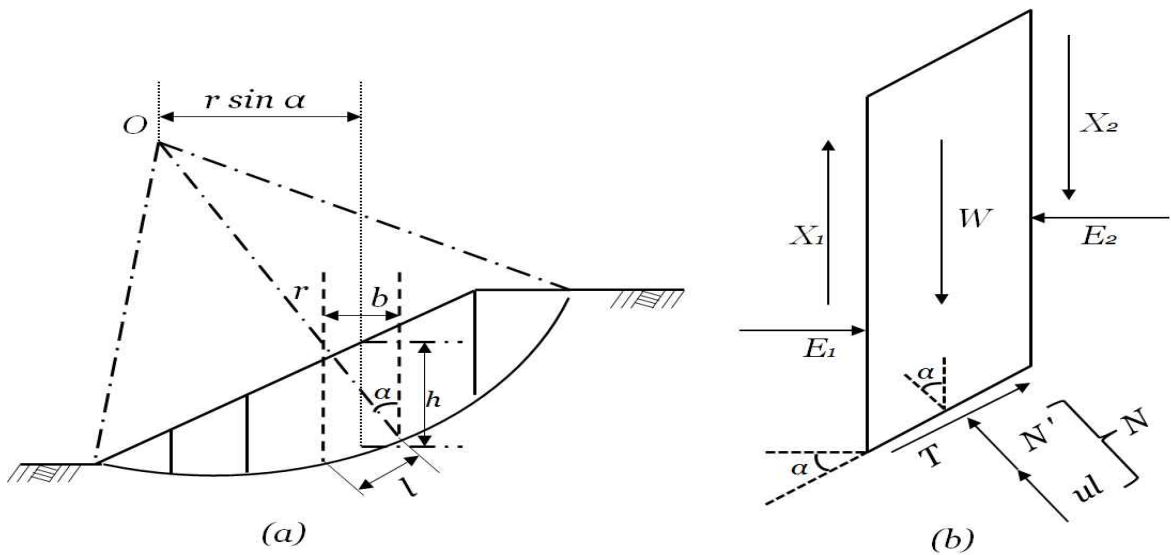
- 사면의 안정 해석 방법으로 질량법과 절편법이 나누어짐. 질량법은 토질이 균질한 경우

사용하는 방법으로 대부분의 자연사면에는 적용이 어려움. 절편법은 한계평형이론에 의한 해석법으로 사면을 여러 개의 절편으로 나누어 안정해석을 하는 방법으로 원호 내부의 토사 활동면을 같은 폭을 가진 절편으로 나누어 안전율을 계산함

- 평면활동을 일으키는 유한사면의 해석으로 W 는 흙덩어리 ABC 의 중량, T 는 면 AC 를 따라 활동을 일으키려는 힘을 의미함



- 절편법에 의한 안정 해석에서 (a)는 원호 활동사면을 절편법으로 표현한 것이고 (b)는 하나의 절편을 구체적으로 표현함



- O 는 원호의 중심, r 은 반지름, b 는 절편의 폭, h 는 절편 중심의 높이를 나타내고 W 는 절편의 전체 중량을 나타냄. E_1, E_2 는 절편 양측면의 수직력이며, X_1, X_2 는 절편 양측면의 전단력을 나타냄. N 은 절편 바닥에 작용하는 전수직력이며 유효수직력인 N' 와 전간극수압인 $U(=ul)$ 로 나뉨. u 는 단위간극수압이고 l 은 절편 밑변의 길이를 나타내고 T 는 밑변의 전단력이고, c' 는 절편과 사면사이의 점착력이고 ϕ 는 마찰각을 나타냄

- 절편법에 의한 안전율 F_s

$$F_s = \frac{\sum(c'l + \tan\phi') \sum N'}{\sum W \sin \alpha}$$

- 절편법에 의한 안정 해석은 매개변수가 방정식보다 많고 지형의 특성에 따라 다양한 유형이 있음. 토괴뿐만 아니라 물의 일부까지 포함하여 분할 또는 일부를 정수압으로 계산하는 방법. 사면의 유형에 따라 지형의 조건을 가정하여 선택할 수 있으며 Fellenius Method¹¹⁾, Bishop's Method¹²⁾, Janbu's Method¹³⁾ 등이 사용됨
- Fellenius Method는 절편법에 의한 안정해석 중 가장 단순한 계산법으로 원호활동사면에 적용하고 절편 양쪽에 작용하는 힘의 합을 0으로 가정하면 다음과 같이 나타냄

$$X_n - X_{n+1} = 0, E_n - E_{n+1} = 0$$

- N' 은 유효수직력을 나타내고, 절편의 밑변에 수직인 합력만을 고려하여 계산하며 다음과 같이 나타냄

$$N' = W \cos \alpha - ul$$

- Fellenius Method에 의한 안전율 계산식으로 매개변수인 유효수직력 N' 을 적용하여 다음과 같이 나타냄

$$F_s = \frac{\sum(c'l + \tan\phi') \sum(W \cos \alpha - ul)}{\sum W \sin \alpha}$$

- Fellenius Method에 의한 안전율은 전제가 된 가정이 포함되어 오차가 있으며 오차의 범위는 대략 5~20%이므로 지형의 특성에 따라 매우 다양한 사면이 있기 때문에, 정확한 안정해석을 위해 활동원을 설정하고 반복 계산해야함¹⁴⁾¹⁵⁾

11) W. Fellenius, "Calculation of the Stability of Earth Dams", Second Congress on Large Dams, pp. 445~462, 1986.
 12) A. W. Bishop, L. Bjerrum, "The Relevance of the Triaxial Test to the Solution of Stability Problems" Proc. of ASCE Reserach Conference on Shear Strength of Cohesive Soils, Boulder, pp. 437-501. 1960.
 13) N. Janbu, "Slope Stability Computations in Embankment Dam Engineering", Casagrande Memorial Volume New York: John Wiley and Sons, pp. 47-86, 1973.
 14) D. Nash, M. G. Anderson, K. S. Richards, "A Comparative Review of Limit Equilibrium Methods of Stability Analysis", New York: John Wiley & Sons. Slope Stability, pp. 11-75, 1987.
 15) J. C. Kim, J. W. Baek, E. J. Jung, H. Jung, K. Chung, "Performance Evaluations of User Potential Risk Index for Disaster Safety", Proc. of the 3th International Conference on Digital Policy & Management 2016, pp. 451-452, 2016.

(6) 마이닝 기반의 연관패턴을 이용한 토목공사 안전관리

- 기상조건(일강수량, 일최고기온, 일최저기온)을 지수화한 건설지수는 기초공사, 골조공사, 석공사, 마감공사로 구성함[1]. 공사의 효율과 안전에 직접적인 연관이 있는 지수로 트랜잭션을 재구성. 토목공사 안전관리에 적용하기 위하여 데이터 마이닝의 전처리 단계로 건설지수 트랜잭션으로 변경함. 기상청에서 제공하는 건설지수의 연관패턴을 유추하기 위해 건설지수와 기상정보를 사용하여 트랜잭션을 구성함¹⁶⁾
- 건설지수 트랜잭션은 $I1, I2, \dots, Ii (1 \leq i \leq 7)$ 으로 표현하고 건설지수와 기상정보는 기초공사(I1), 골조공사(I2), 석공사(I3), 마감공사(I4), 비(I5), 강풍(I6), 태풍(I7)으로 재구성함. 건설지수는 좋음(a), 보통(b), 나쁨(c)으로 분류함
- 강원도 원주시 우산동 상지대학교를 기준으로 기상 데이터를 수집하고 수집한 기상 데이터를 전처리하여 건설지수 트랜잭션으로 구성함. 건설지수 트랜잭션에서 트랜잭션 번호는 건설지수가 발생한 일자를 의미하며 추출된 지수는 후보 지수 집합과 고빈도 지수 집합을 구성하기 위함
- 지수간의 연관성을 분석하고 사용자의 상황에 따른 기상지수 산출을 위한 데이터로 기상청 기상지수, 사용자 온도, 사용자 습도를 수집함. 기상지수 데이터 수집은 공공 데이터포털에서 제공하는 OPEN API를 활용하며, Rest 호출 방식으로 포털에서 제공하는 기상지수 XML을 수집함. Rest 호출 방식은 요청주소, 지수코드, 지역코드, 인증키(서비스키)를 조합하여 호출 URL을 구성하고 조합한 URL을 입력하면 XML파일을 수집함
- 인증키는 정보 보안상 외부에 공개할 수 없어 임의의 문자로 표기함[16]. 기상지수 XML은 DOM 형식으로 오늘, 내일, 모래의 지수정보와 지수코드 및 호출날짜를 포함하고 있으며, 트리형식으로 구성되어 있어 정보의 수집과 추출이 용이하고, 프로그램 이식성이 높음[1,4]
- 기상청에서 제공받은 서울시의 기초공사지수 호출 URL[5]

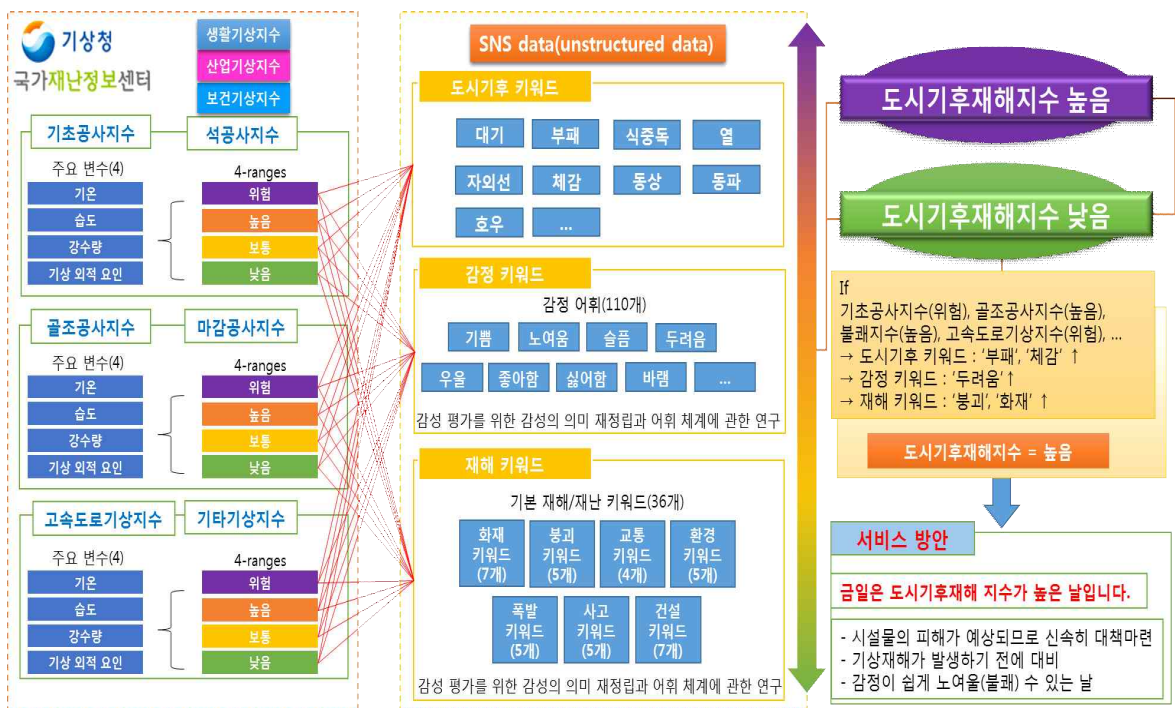
요청주소	http://203.247.66.146/iros/RetrieveIndustryIndexService/
지수코드	getConstructionIndustryList
지역코드	1100000000
인증키	a1b2c3d4
호출 URL	http://203.247.66.146/iros/RetrieveIndustryIndexService/getConstructionIndustryList?ServiceKey=a1b2c3d4&areaNo=1100000000

- 공공 데이터포털에서 제공하는 기상지수는 식중독 지수, 불쾌지수, 부패 지수, 열지수, 자외선 지수, 체감온도 지수, 동상가능 지수, 동파가능 지수, 대기확산 지수, 농업시설

16) 김주창, 마이닝 기반 기상 데이터 분석을 이용한 잠재적 위험 모니터링 시스템, 상지대학교, 석사학위논문, 2016.

지수, 농약살포 지수, 기초공사 지수, 골조공사 지수, 석공사 지수, 마감공사 지수, 운송 지수, 수산물 지수, 병과류 지수, 과일채소 지수, 난방에너지 지수, 냉방에너지 지수, 감기가능 지수, 뇌졸중가능 지수, 천식·폐질환가능 지수, 꽃가루농도위험 지수, 피부질환 지수로 총 26종류임

- 기상지수 XML파일은 2016년 5월의 데이터를 수집하며 같은 지역, 같은 시간대에 수집한 데이터를 하나의 트랜잭션으로 구성함[4,5]. 산업 기상지수는 2016년 1월부터 서비스가 중단되어 기상지수 모니터링 프로그램을 개발하고 기상청에서 제공하는 관측지점의 날씨 정보를 이용하여 수집함
- 기상청의 정보 분석을 통한 도시기후재해지수 서비스 구성도



- 기상청에서 제공하는 기상지수 코드는 C01, C02, C08, C09 등으로 연속적이지 않고 지수의 낮음, 보통, 높음을 표시하기 용이하지 않아 트랜잭션 구성을 위해 식중독지수부터 피부질환지수까지 A부터 Z까지로 인덱스를 부여함
- 수집한 기상지수에서 생활 기상지수와 보건 기상지수는 4단계로 1단계는 낮음, 2단계는 보통, 3단계는 높음, 4단계는 매우 높음으로 나타냄

기상지수 단계			
낮음	보통	높음	매우 높음
1	2	3	4

- 산업 기상지수 모니터링 프로그램

- 기상지수의 인덱스와 지수 표현의 정규화 과정

기상지수	ID	기상지수	ID
식중독 지수	A	석공사 지수	N
부패 지수	B	마감공사 지수	O
불쾌 지수	C	운송 지수	P
열 지수	D	수산물 지수	Q
자외선 지수	E	빙과류 지수	R
체감온도 지수	F	과일채소 지수	S
동상가능 지수	G	난방에너지 지수	T
동파가능 지수	H	냉방에너지 지수	U
대기확산 지수	I	감기가능 지수	V
농업시설 지수	J	뇌졸중 지수	W
농약살포 지수	K	천식폐질환 지수	X
기초공사 지수	L	꽃가루농도 지수	Y
골조공사 지수	M	피부질환 지수	Z

- 산업 기상지수는 3단계로 1단계는 나쁨, 2단계는 보통, 3단계는 좋음으로 나타냄[4]. 기

상지수의 단계와 단계별 의미들이 상이하기 때문에 분석을 위해 지수 값의 벡터 길이를 4단계로 동일하게 정규화함. 정규화 과정을 거친 기상지수는 (인덱스) + (지수 값)으로 표현하며, 식중독 지수가 보통일 때 A2로 나타냄

- 기상지수 트랜잭션은 대표적인 데이터 형식인 arff형식과 csv형식 중 기상지수를 표현하기 쉬운 csv형식으로 구성. 기상지수 F, G, H, I, T, Y는 수집 기간 동안 제공하지 않고 제공기간이 상이하기 때문에 제외함. 첫 번째 트랜잭션인 T001에서 A1은 식중독 지수가 낮음을 의미함. 트랜잭션 ID는 T001부터 T150까지로 구성함

- 기상지수 트랜잭션의 일부

TID	A	B	C	D	E	J	K	L	M	N	O	P	...	Z
T001	A3	B3	C4	D4	E4	J2	K2	L1	M1	N2	O2	P3	...	Z3
T002	A4	B4	C4	D4	E3	J3	K2	L1	M1	N1	O2	P2	...	Z3
T003	A2	B3	C3	D3	E2	J1	K2	L1	M1	N2	O3	P3	...	Z2
T004	A2	B3	C2	D3	E3	J1	K1	L2	M2	N2	O2	P2	...	Z2
T005	A2	B3	C4	D4	E3	J2	K1	L2	M2	N1	O2	P3	...	Z1
T006	A1	B1	C1	D1	E2	J2	K2	L3	M3	N3	O3	P3	...	Z1
T013	A1	B1	C1	D1	E1	J1	K1	L2	M2	N2	O2	P1	...	Z2
T014	A1	B1	C1	D1	E1	J1	K1	L2	M2	N2	O2	P1	...	Z3
T015	A1	B1	C2	D2	E2	J2	K1	L2	M2	N3	O2	P1	...	Z2
T016	A2	B3	C3	D3	E2	J1	K2	L3	M3	N2	O3	P3	...	Z2
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
T150	A3	B3	C3	D4	E3	J3	K2	L1	M1	N2	O2	P3	...	Z2

- 잠재적 위험도 예측을 위한 사용자 상황정보는 ubi-Zigbex와 SkyeModule M9을 이용해 사용자의 위치에 따른 주변 온도, 습도, 조도, 적외선, 먼지, 습도, 연기, 진동, 충격 등을 실시간으로 수집함
- Zigbee 통신은 근거리에서 활용 가능한 통신으로 에너지 소비량이 적고, 외장형 안테나 장착 시 통신거리가 최대 100m까지 연장되며 아두이노 플랫폼으로부터 무선 통신 제어 구현이 가능한 장점이 있음
- 사용자 데이터 수집에 사용한 ubi-Zigbex와 SkyeModule M9는 온도, 습도, 조도, 적외선, 먼지, 습도, 연기, 진동, 충격, 가속도 센서가 기본으로 장착되어 있고, 외부 모듈 장착 시 자외선, 소리, 초음파, 대기압, 오존 등 다양한 정보수집이 가능함[17]
- ubi-Zigbex을 위한 아두이노 플랫폼은 수신부와 송신부로 구성함. 송신부에서 측정한 사용자 주변의 상황정보를 수신부로 전송하고, 수신부는 정보를 받아 모니터링에 적용

- 기상청에서 제공하는 건설지수를 트랜잭션으로 변환 및 빈발 패턴 유추 과정

기초공사	(11)
골조공사	(12)
석공사	(13)
마감공사	(14)
비	(15)
강풍	(16)
태풍	(17)

TID	Index Sets
T001	I1a, I2a, I3b, I4c
T002	I1b, I2b, I3b, I4c,
T003	I1a, I2a, I3a, I4b,
T004	I1c, I2c, I3c, I4c, I5
T005	I1c, I2c, I3c, I4c, I5, I6
...	...
T046	I1b, I2c, I3b, I4c
T047	I1a, I2b, I3b, I4b
T048	I1b, I2c, I3c, I4c, I5
T049	I1b, I2b, I3b, I4c
T050	I1a, I2a, I3b, I4c

The diagram illustrates the merging of three tables (C1, L1, L2) into a final table (L3) using a merge join. The initial tables are:

TID	C1
I1a	7
I1b	7
I1c	4
I2a	6
I2b	7
I2c	7
I3a	1
I3b	12
I3c	7
I4a	1
I4b	3
I4c	16
I5	5
I6	5
I7	1

TID	L1
I1a	7
I1b	7
I2b	7
I2c	7
I3b	12
I3c	7
I4c	16

TID	L2
I1a, I3b	7
I1b, I4c	8
I2c, I4c	7
I3b, I4c	9
I3c, I4c	7

The merge join process is shown with arrows indicating the flow of data. The final result is a table with 3 columns (TID, C1, C2) and 13 rows:

TID	C1	C2
I1a, I2b	1	7
I1a, I2c	0	7
I1a, I3b	7	0
I1a, I4c	4	6
I1b, I2b	6	3
I1b, I2c	3	3
I1b, I3b	6	3
I1b, I3c	3	8
I1b, I4c	8	6
I2b, I3b	6	1
I2b, I3c	1	5
I2b, I4c	5	1
I2c, I3b	1	6
I2c, I3c	6	7
I2c, I4c	7	9
I3b, I4c	9	7
I3c, I4c	7	7

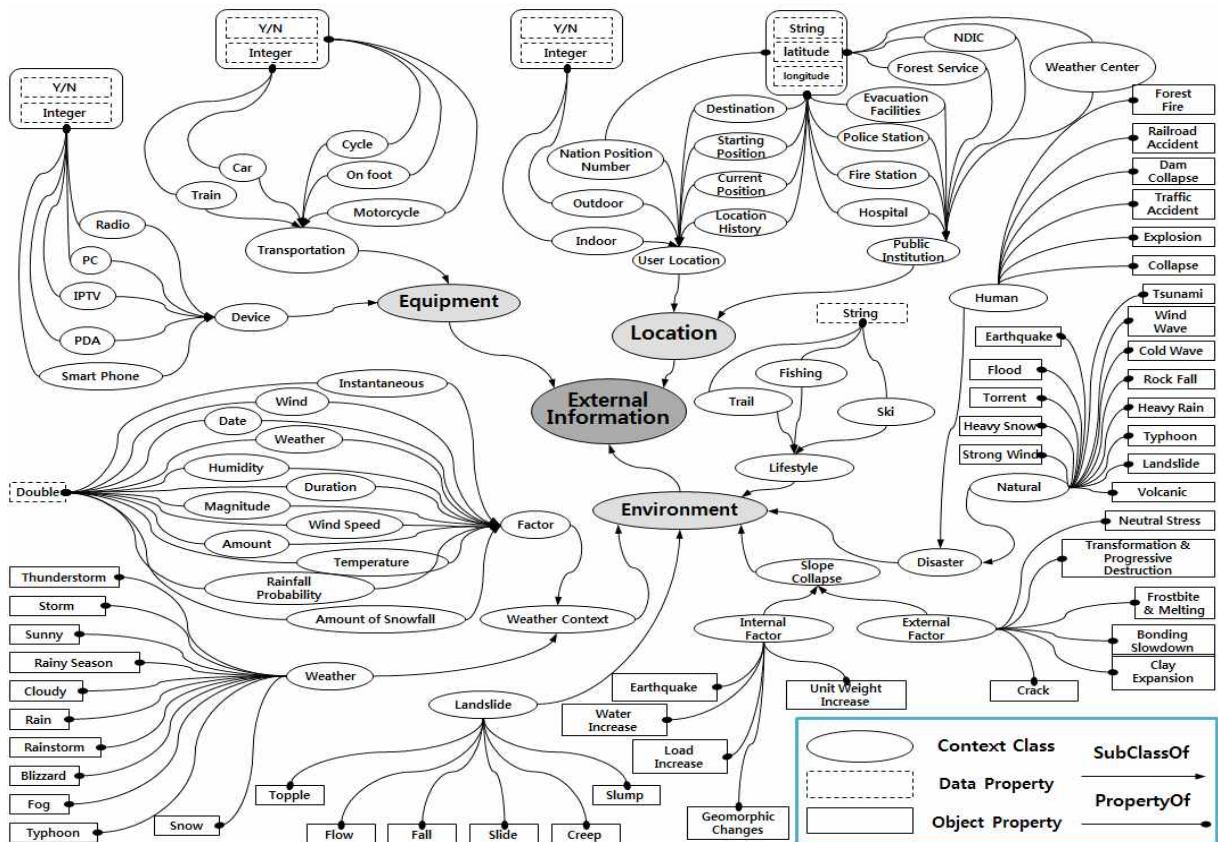
- 연관패턴을 토목공사 안전관리에 적용은 건설지수 트랜잭션에서 연관패턴을 생성하기 위해 Apriori 알고리즘을 이용함. 마이닝의 첫 단계로 후보 지수 집합(C1)을 구성하고 집합의 지지도를 확인하기 위해 데이터베이스를 검색하여 고빈도 지수 집합(L1)을 구성

하고 최소 지지도는 6으로 가정하여 마이닝을 진행함

- 패턴은 최소 지지도를 만족하며 일자별로 수집된 지수로 구성하기 위해 알고리즘의 두 번째 단계는 C2, L2를 구성하며 세 번째 단계는 C3, L3를 구성함. L3에서 연관 지수 집합으로 {I1b, I3b, I4c}, {I2c, I3c, I4c}로 추출됨. {I1b, I3b, I4c}는 기초공사(보통) & 석공사(보통) -> 마감공사(나쁨)을 의미하고, {I2c, I3c, I4c}는 골조공사(나쁨)& 석공사(나쁨) -> 마감공사(나쁨)을 의미함
- 토목공사의 안전관리에 적용하기 위해서 건설지수의 연관패턴을 적용함. 연관패턴의 결과 중에서 석공사(보통) -> 마감공사(높음)의 패턴은 석공사의 보통 단계에서 마감공사의 높은 단계로 진행될 가능성이 있음을 의미함. 토목공사 현장에서 잠재적 위험이 발생할 수 있으므로 재난으로 인한 피해를 최소화하기 위한 안전관리가 필요함
- 연관패턴에서 위험도간의 공유하는 속성이 있어, 하나의 위험이 다른 위험에 영향을 미치거나, 서로 같은 원인을 가진다거나 하는 등의 연관관계를 분석함. 대표적인 위험도인 태풍은 집중호우, 산사태, 강풍 등의 복합재난을 일으킬 확률이 높음. 잠재적 위험도간에 밀접하게 연관되어 있다는 것을 의미함
- 국민의 실생활과 밀접하게 관련이 있는 산사태, 집중호우, 지진, 해일 등의 도시기후재해 관계를 유추하여 토목공사 안전관리에 적용하면 효율적임

(7) 온톨로지 기반의 상황인식 모델

- 상황정보로 분류된 정보를 사용하기 위해 상황인식 모델링이 필요하므로 상황인식 모델링 기법 중에서 효과적인 방법인 온톨로지를 사용하여 상황인식 모델을 정의함. 상황인식 모델링은 다양한 환경 및 디바이스를 지원하며, 설문조사 및 알고리즘을 기반으로 룰을 작성하여 서비스에 필요한 처리와 고차원의 상황정보 추론이 가능함
- 상황정보는 외부 상황정보, 내부 상황정보, 서비스 상황정보를 온톨로지로 구성함
- 공통 상황정보에서 상속받아 만들어진 내부 상황정보와 외부 상황정보, 서비스 상황정보를 온톨로지로 모델링. Class는 동일한 속성을 가진 개체들의 집합을 정의하고 SubClassOf는 Class간의 계층관계를 표현할 때 사용함
- Sub Class는 SubClassOf에 의해 정의된 하위 Class이고 PropertyOf는 데이터와 객체간의 관계를 나타낼 때 사용함. ObjectProperty는 개체의 속성을 나타낼 때 사용하고 DataTypeProperty는 개체의 데이터 저장 형식을 나타냄
- 외부 상황정보 온톨로지 모델

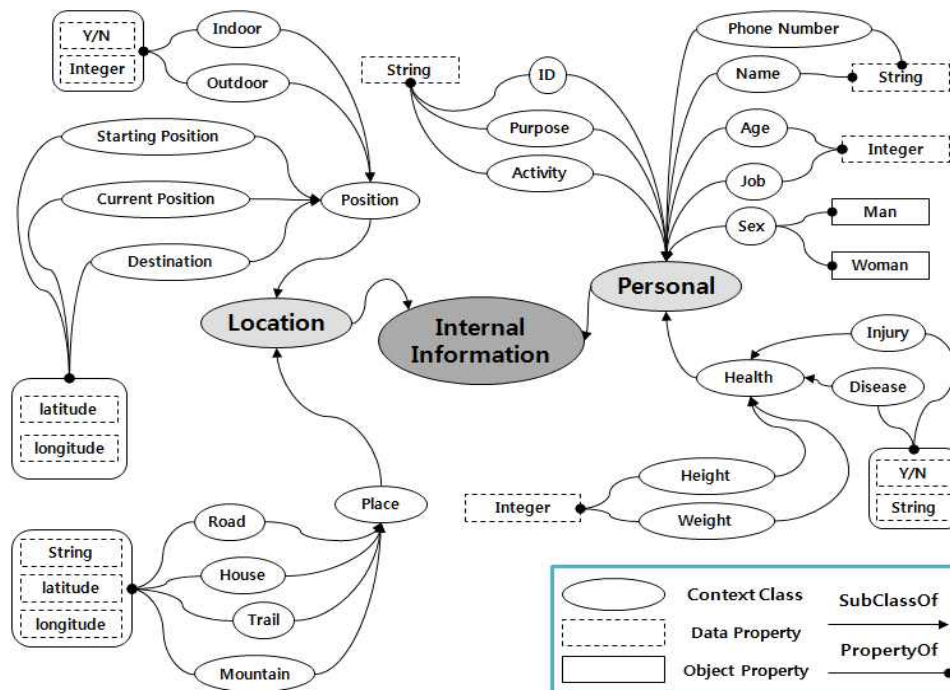


- 외부 상황정보 온톨로지 모델은 최상위 클래스 도메인 외부 정보를 중심으로 환경, 위치, 장비 등의 클래스가 있고, 각각의 클래스는 하위 도메인 클래스와 속성 정보를 가지고 있음. 환경은 환경 변수 값과 이를 이용하여 재난관리 서비스 추론을 위한 상황정

보 클래스이며, 위치는 사용자의 지역과 위치에 관련된 클래스이고 장비는 사용 현황과 사용자의 이동 위치정보 관련 상황 클래스를 나타냄¹⁷⁾

- 내부 상황정보 온톨로지 모델은 최상위 클래스 도메인 내부정보를 중심으로 개인, 위치 클래스가 있으며, 각각의 클래스는 하위 도메인 클래스와 그에 따르는 속성을 갖고 있음. 개인은 사용자의 정보를 이용하여 상황인식을 위한 필수 구성요소이며 개인화된 추론을 위한 상황정보 클래스이고, 위치는 사용자의 현재 위치와 이동에 따른 상황인식을 하고 이를 통해 재난관리 서비스를 위한 추론함¹⁸⁾¹⁹⁾²⁰⁾

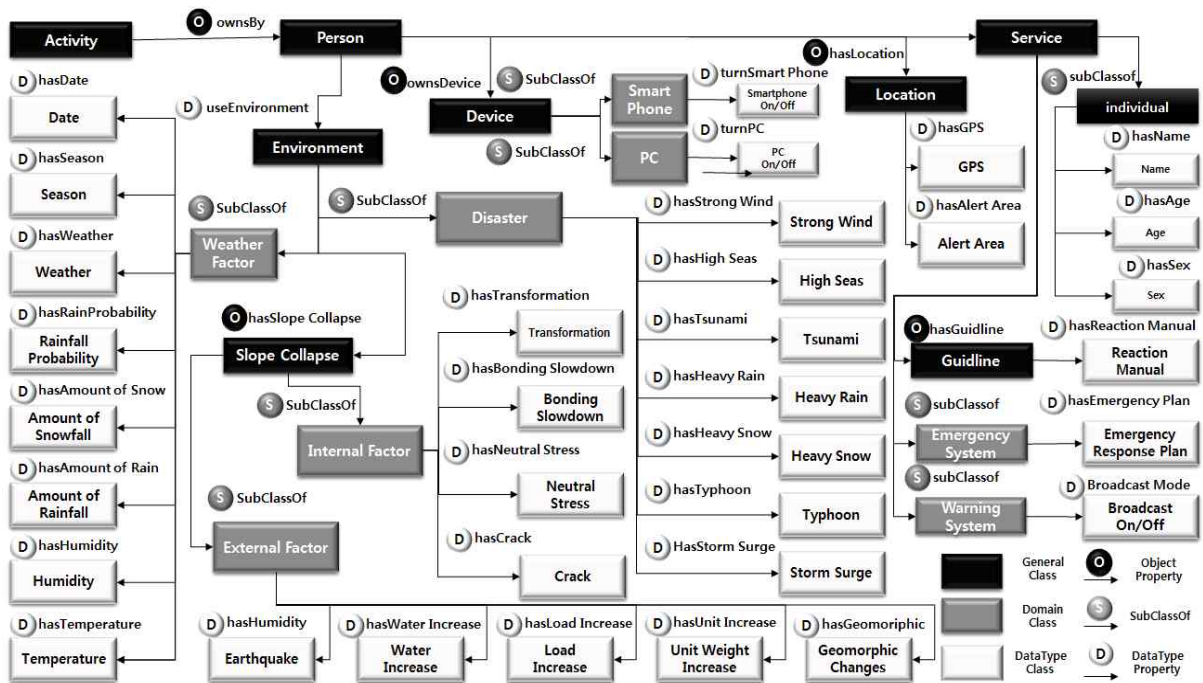
- 내부 상황정보를 온톨로지 모델링



- 서비스 상황정보 온톨로지 모델은 최상위 서비스 도메인 클래스 정보를 중심으로 LI(Location Information), EI(Environment Information), II(Individual Information) 클래스가 있고, 각각의 클래스는 하위 클래스와 속성을 가지고 있음. LI는 상황정보에 따른 재난과 지형정보에 대한 서비스를 제공하며, II는 사용자 중심으로 재난 상황 가이드라인 정보를 서비스함. 서비스 상황정보 온톨로지 모델을 통해 사용자에게 재난 서비스를 제공함²¹⁾

17) 김주창, 정호일, 김성호, 정경용, 온톨로지와 사면 기반의 지능형 3차원 재난 시뮬레이션 및 방법, 특허출원, 출원번호 10-2015-0030343, 특허청, 2015.
 18) 김주창, 정호일, 송창우, 정경용, "건설지수 기반의 연관패턴을 이용한 토목공사 안전관리", 한국디지털정책학회 2014 추계종합학술대회 발표논문집, pp. 155-159, 2014.
 19) 김주창, 마이닝 기반 기상 데이터 분석을 이용한 잠재적 위험 모니터링 시스템, 상지대학교 컴퓨터정보공학과, 석사학위논문, 2016.
 20) H. Jung, K. Chung, "Ontology-Driven Slope Modeling for Disaster Management Service", Cluster Computing, Vol. 18, No. 2, pp. 677-692, 2015.
 21) J. C. Kim, J. W. Baek, E. J. Jung, H. Jung, K. Chung, "Performance Evaluations of User Potential Risk Index for Disaster Safety", Proc. of the 3th International Conference on Digital Policy & Management 2016, pp. 451-452, 2016.

• 재난관리 서비스 온톨로지 구성



- Person을 중심으로 다른 클래스와의 관계를 보여주며, 내부 온톨로지와 외부 온톨로지 구성함. 서비스의 상태, 사용자의 위치, 센서 및 디바이스의 동작유무, 서비스에 필요한 재난에 관한 상황정보와 사용자 환경정보를 통해 개인화 서비스22)에 필요한 정보를 도출하고 제공함

(8) 재난관리 서비스를 위한 온톨로지 기반의 사면 모델링

- 온톨로지 기반의 상황정보 모델은 사용자별 상황에 따른 맞춤형 개인화 서비스를 제공하기 위해 사용됨. 재난관리 온톨로지는 재난관리를 위한 상황정보를 반영하고, 추론 규칙을 기반으로 사용자에게 적절한 재난관리 서비스를 제공함
- 온톨로지는 OWL(Ontology Web Language)²³⁾를 사용하여 클래스를 정의하고 이들의 관계, 속성, 동치성 등을 기술함. 이는 온톨로지 개발도구인 protégé 5.0²⁴⁾을 사용하여 설계하였음. 클래스 계층은 내부 온톨로지, 외부 온톨로지와 서비스 온톨로지 구성하고 서비스에 따른 상황정보의 추론이 가능하며 확장성에 초점을 맞추어 설계함
- 온톨로지 기반의 사면 모델링의 연구내용은 연구성과 논문[2]을 기반으로 작성함
- 재난관리의 지원은 다양한 정보를 통합하여 서비스를 제공하기 위해 상황정보 모델을 결합하여 재난관리 온톨로지를 구축하며 계층형 온톨로지 구조로 설계함²⁵⁾. 계층형 온톨로지 구조는 최상위 온톨로지 계층으로 서비스 온톨로지, 하위 계층에 내부 온톨로

22) H. Jung, K. Chung, "Knowledge based Dietary Nutrition Recommendation for Obesity Management", Information Technology and Management, 2015. Doi: 10.1007/s10799-015-0218-4

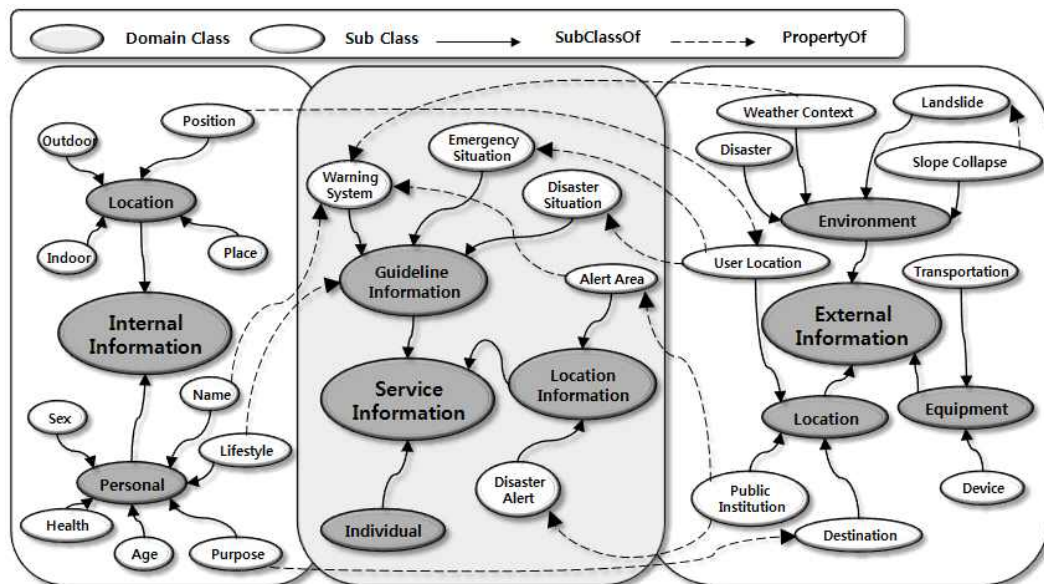
23) Ontology Web Language, <http://www.w3.org/TR/owl-features/>.

24) Protege, <http://protege.stanford.edu/>.

25) J. Kim, K. Chung, "Ontology-Based Healthcare Context Information Model to Implement Ubiquitous Environment", Multimed Tools Appl, Vol. 71, No. 2, pp. 873-888, 2014.

지, 외부 온톨로지로 구성하여 재난관리 서비스 중심의 온톨로지 구조를 개발함

- 내부와 외부 온톨로지는 추론과 개인화 서비스를 위한 상황정보이고, 추론된 정보는 서비스 온톨로지의 추론결과를 생성함. 상황정보를 이용하여 재난관리 온톨로지를 구성하며, 서비스 온톨로지를 중심으로 외부 온톨로지와 내부 온톨로지의 도메인 클래스와 서브 클래스간의 관계를 정의함. 재난관리 온톨로지 모델을 서비스에 활용하기 위해서 추론엔진으로 Jena 2.0²⁶⁾를 사용함. 또한 추론된 결과는 ZigbeX과 SkyeModule 디바이스에 적용이 가능하도록 XML 형태로 추출하여 적용함
- 서비스 추론 규칙은 외부상황 온톨로지로부터 추론된 외부 상황정보와 내부 상황 온톨로지로부터 추론된 내부 상황정보를 이용하여 서비스와 관련된 정보를 추론함. 재난에 대한 모니터링을 해주는 가이드라인 정보와 위치기반 서비스, 그리고 행동 정보로 분류함. 서비스 추론 규칙은 외부 상황 온톨로지와 내부 상황 온톨로지를 기반으로 하여 추론 엔진에 의해 도출함. 이는 사용자의 환경에 적절한 재난관리 서비스를 제공하는 모델임
- 통합된 계층형 재난관리 온톨로지의 클래스와 관계



- 추론엔진에서 상황 관리자는 인스턴스를 통해 수집된 내부·외부·서비스 상황정보와 사면에 산사태, 눈, 비, 안개, 화재, 폭발, 연기와 같은 환경적인 상황정보를 추론하는 역할을 하며, 재난관리 쿼리를 생성함
- 추론을 위해서는 상황 관리자의 Triple Translator에서 내부/외부 상황, 서비스 온톨로지를 호출함. 상황 추론기는 규칙 생성 및 연결을 위한 추론 모듈로서 내부 규칙과 상황

26) Jena, <http://jena.apache.org/>.

정보 온톨로지, 데이터 저장소를 참조하여 쿼리 관리자로부터 쿼리를 통해 추론함

● 재난관리 서비스를 위한 추론 규칙의 일부

Service	Inference Info.		Inference Rule
Location Information based Service	Disaster Warning	Emergency Risk	(?Customer hasEmergency ?Emergency)∩ (?Disaster_Level(?emergency,Lvel5)∩(?Locations,Danger) ∩ ?Alert_Area_Index(Location,Danger) -> (?Emergency ?Danger)
		Emergency Warning	(?Customer hasEmergency ?Emergency)∩ (?Disaster_Level(?emergency,Lvel3)∩(?Locations,Warning) ∩ ?Alert_Area_Index(Location,Warning) -> (?Emergency ?Warning)
	Disaster Risk Location Information	Seoul, Landslide	(?Disaster_Level((?Landslide.Slump)∩ (?Customer(Locations,Seoul))∩ (?Weather_Index(Location,Seoul,Careful))∩ -> (?GIS ?Seoul_Safety)
		Gangwon, Landslide	(?Disaster_Level((?Landslide, Slump)∩ (?Customer(Locations,Gangwon))∩ (?Weather_Index(Location,Gangwon,Careful))∩ -> (?GIS ?Gangwon_Safety)
Guideline Information	Landslide Measure Alarm		(?Customer has ?Landslide) ∩ ((?Environment hasTime ?Minute.30) ∩ (?Environment ?hasTime ?Morning)) ∩ ((?Environment hasTime ?Minute.30) ∩ (?Environment ?hasTime ?Night)) -> (?ActionGuidelineInformation ?MeasureAdvice)
	Rain Alarm	Morning	(?Customer hasRain ?Rain) ∩ (Environment hasTime ?Morrning) -> (?ActionGuidelineInformation ?MorningRainAlam) ∩ (?ActionRecommand hasActionRecommand ?Action1_Disaster)
		Night	(?Customer hasRain ?Rain) ∩ (Environment hasTime ?Night) -> (?ActionGuidelineInformation ?NightRainAlam) ∩ (?ActionRecommand hasActionRecommand ?Action2_Disaster)
	Snow Alarm	Morning	(?Customer hasSnow ?Snow) ∩ (Environment hasTime ?Morrning) -> (?ActionGuidelineInformation ?MorningSnowAlam) ∩ (?ActionRecommand hasActionRecommand ?Action3_Disaster)
		Night	(?Customer hasSnow ?Snow) ∩ (Environment hasTime ?Night) -> (?ActionGuidelineInformation ?NightSnowAlam) ∩ (?ActionRecommand hasActionRecommand ?Action4_Disaster)
	Fire Alarm	Morning	(?Customer hasFire ?Fire) ∩ (Environment hasTime ?Morrning) ∩ (?Environment_Weather hasTemp ?Temp >50) -> (?ActionGuidelineInformation ?MorningFireAlam) ∩ (?ActionRecommand hasActionRecommand ?Action7_Disaster)
		Night	(?Customer hasFire ?Fire) ∩ (Environment hasTime ?Night) ∩ (?Environment_Weather hasTemp ?Temp >50) -> (?ActionGuidelineInformation ?NightFireAlam) ∩ (?ActionRecommand hasActionRecommand ?Action8_Disaster)

● 사면관리 서비스를 위한 추론 규칙의 일부

Service	Inference Info.		Inference Rule
Slope Management Information based Service	Slope Warning	Emergency Risk	(?Customer hasEmergency ?Emergency)∩ (?Slope_Level(?emergency,Lvel5)∩(?Locations,Danger) ∩ ?Alert_Area_Index(Location,Danger) -> (?Emergency ?Danger)
		Emergency Warning	(?Customer hasEmergency ?Emergency)∩ (?Slope_Level(?emergency,Lvel3)∩(?Locations,Warning)

			$\cap$?Alert_Area_Index(Location,Warning) $\rightarrow$ (?Emergency ?Warning)
	Slope Risk Location Information	Seoul, Slope Management	$(?Slop_Level((?Slop_Stability,Infinite_Slope)\cap$ $(?Customer(Locations,Seoul))\cap$ $(?Weather_Index(Location,Seoul,Careful))\cap$ $\rightarrow$ (?GIS ?Seoul_Safety)
		Gangwon, Slope	$(?Disaster_Level((?Slope_Stability,Infinite_Slope)\cap$ $(?Customer(Locations,Gangwon))\cap$ $(?Weather_Index(Location,Gangwon,Careful))\cap$ $\rightarrow$ (?GIS ?Gangwon_Safety)
Guideline Information	Slope Measure Alarm		$(?Customer\ has\ ?Slope)\ \cap$ $((?Environment\ hasTime\ ?Minute.30)\ \cap$ $(?Environment\ ?hasTime\ ?Morning))\ \cap$ $((?Environment\ hasTime\ ?Minute.30)\ \cap\ (?Environment\ ?hasTime\ ?Night))$ $\rightarrow$ (?ActionGuidelineInformation ?MeasureAdvice)
	Rain Alarm	Morning	$(?Customer\ hasRain\ ?Rain)\ \cap$ $(Environment\ hasTime\ ?Morrning)$ $\rightarrow$ (?ActionGuidelineInformation ?MorningRainAlam) $(?ActionRecommand\ hasActionRecommand\ ?Action1_Slope)$
		Night	$(?Customer\ hasRain\ ?Rain)\ \cap$ $(Environment\ hasTime\ ?Night)$ $\rightarrow$ (?ActionGuidelineInformation ?NightRainAlam) $(?ActionRecommand\ hasActionRecommand\ ?Action2_Slope)$
	Snow Alarm	Morning	$(?Customer\ hasSnow\ ?Snow)\ \cap$ $(Environment\ hasTime\ ?Morrning)$ $\rightarrow$ (?ActionGuidelineInformation ?MorningSnowAlam) $(?ActionRecommand\ hasActionRecommand\ ?Action3_Slope)$
		Night	$(?Customer\ hasSnow\ ?Snow)\ \cap$ $(Environment\ hasTime\ ?Night)$ $\rightarrow$ (?ActionGuidelineInformation ?NightSnowAlam) $(?ActionRecommand\ hasActionRecommand\ ?Action4_Slope)$
	Fire Alarm	Morning	$(?Customer\ hasFire\ ?Fire)\ \cap$ $(Environment\ hasTime\ ?Morrning)\ \cap$ $(?Environment_Weather\ hasTemp\ ?Temp\ >50)$ $\rightarrow$ (?ActionGuidelineInformation ?MorningFireAlam) $(?ActionRecommand\ hasActionRecommand\ ?Action7_Slope)$
		Night	$(?Customer\ hasFire\ ?Fire)\ \cap$ $(Environment\ hasTime\ ?Night)\ \cap$ $(?Environment_Weather\ hasTemp\ ?Temp\ >50)$ $\rightarrow$ (?ActionGuidelineInformation ?NightFireAlam) $(?ActionRecommand\ hasActionRecommand\ ?Action8_Slope)$

● 재난관리 추론을 위한 온톨로지 구조

```

<?xml version="1.0"?>
<!DOCTYPE Ontology [
  <!ENTITY xsd "http://www.w3.org/2001/XMLSchema#" >
  <!ENTITY xml "http://www.w3.org/XML/1998/namespace" >
  <!ENTITY rdfs "http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#" >
  <!ENTITY rdf "http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#">]
<Ontology xmlns="http://www.w3.org/2002/07/owl#"
  xml:base="http://www.semanticweb.org/jckim/ontologies/2014/11/untitled-ontology-7"
  xmlns:rdfs="http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#"
  xmlns:xsd="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#"
  xmlns:rdf="http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#"
  xmlns:xml="http://www.w3.org/XML/1998/namespace"
  ontologyIRI="http://www.semanticweb.org/jckim/ontologies/2014/11/untitled-ontology-7">
  <Prefix name="rdf" IRI="http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#" />
  <Prefix name="rdfs" IRI="http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#" />
  <Prefix name="xsd" IRI="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#" />
  <Prefix name="owl" IRI="http://www.w3.org/2002/07/owl#" />
  <Declaration>
    <Class IRI="#Accommodation"/>
  </Declaration>
  <Declaration>
    <Class IRI="#Activity"/>
  </Declaration>
  <Declaration>
    <Class IRI="#Advisory"/>

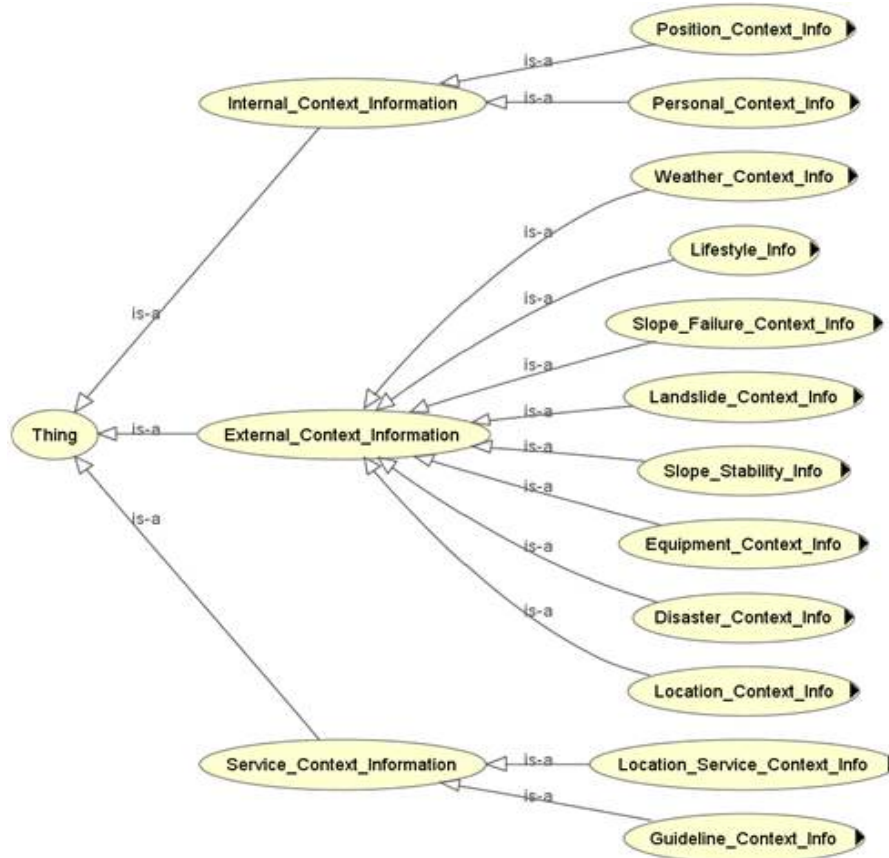
```

```

</Declaration>
<Declaration>
  <Class IRI="#Age"/>
</Declaration>
<Declaration>
  <Class IRI="#Alert_Area"/>
  :
  :
  :
</SubClassOf>
<SubClassOf>
  <Class IRI="#Weather_Context_Info"/>
  <Class IRI="#External_Context_Information"/>
</SubClassOf>
<SubClassOf>
  <Class IRI="#Wind"/>
  <Class IRI="#Factor"/>
</SubClassOf>
<SubClassOf>
  <Class IRI="#Wind_Speed"/>
  <Class IRI="#Factor"/>
</SubClassOf>
<SubClassOf>
  <Class IRI="#Finite_Slope/Swedish_Method"/>
  <Class IRI="#Slope_Stability_Info"/>
</SubClassOf>
</Ontology>
<!-- Generated by the OWL API (version 3.5.0) http://owlapi.sourceforge.net -->

```

- 재난관리 추론을 위한 OWL로 표현한 온톨로지 결과



(9) 가상공간에서 파티클 시스템을 이용한 특수효과

- 시뮬레이션은 실제상황에서의 현상, 사건 등을 가상환경에서 수행하여 결과를 예측이 가능함. 실제상황에서 할 수 없는 가상실험이 가능하고 비용과 시간을 절감할 수 있음. 시뮬레이션은 1인칭, 2인칭, 3인칭 시점 및 기계적, 사회적 모델로 구분하며 비행, 자동차, 스포츠, 천체, 수술, 재난 등 다양한 분야에서 사용이 가능함
- 시뮬레이션은 물리엔진을 사용하여 각종 객체들의 움직임, 상호작용, 환경에 따른 반응을 함. PhysX SDK(Software Development Kit)는 nVIDIA²⁷⁾에서 발표한 물리엔진으로 CPU에 의해 처리되던 물리연산을 GPU가 처리하는 기술이며 Scene, Actor, Joint, Framework, Thread Model, Remote Debugger 등으로 구성됨²⁸⁾
- Scene은 물리 객체의 생성 및 소멸을 관리하며 다중 생성이 가능하고 Actor는 물리 객체로 Heightfield, TriangleMesh, Plane, Sphere, Box, Convex의 형태로 구성되고 무게, 관성, 위치, 모멘트, 속도, 각속도의 속성을 가짐. Joint는 Actor가 가지는 축, 거리, 각도, 위치의 기능을 연결하는 역할을 하고 PhysX SDK는 스마트 폰, 멀티코어 CPU, 콘솔 등 광범위한 장치들을 지원함
- PhysX의 Particles 기능은 많은 양의 미세한 물리적 입자를 중력이나 바람의 영향을 고려해서 움직이게 하는 3D 컴퓨터 그래픽스 기법임. 이는 바람, 눈, 비, 안개 및 폭발과 같은 특수 효과를 물리적 입자 형태로 표현하여 현실적인 환경을 제공함²⁹⁾
- PhysX의 파티클 기능 적용 전후 시뮬레이션의 화면



- 시뮬레이션에 파티클 기능을 적용하면 구체적이고 현실감있는 표현이 가능함. 파티클 기능은 3D Studio Max, MAYA 등의 3D 컴퓨터 그래픽 개발도구와 게임엔진 및 물리엔진에 포함된 기능임
- 사용자 인터랙션은 파티클 기반으로 하는 시뮬레이션에서 고정, 구조물, 연결을 통해

27) nVIDIA, <http://www.nvidia.com/>.

28) nVIDIA PhysX, <http://www.geforce.com/hardware/technology/physx/>.

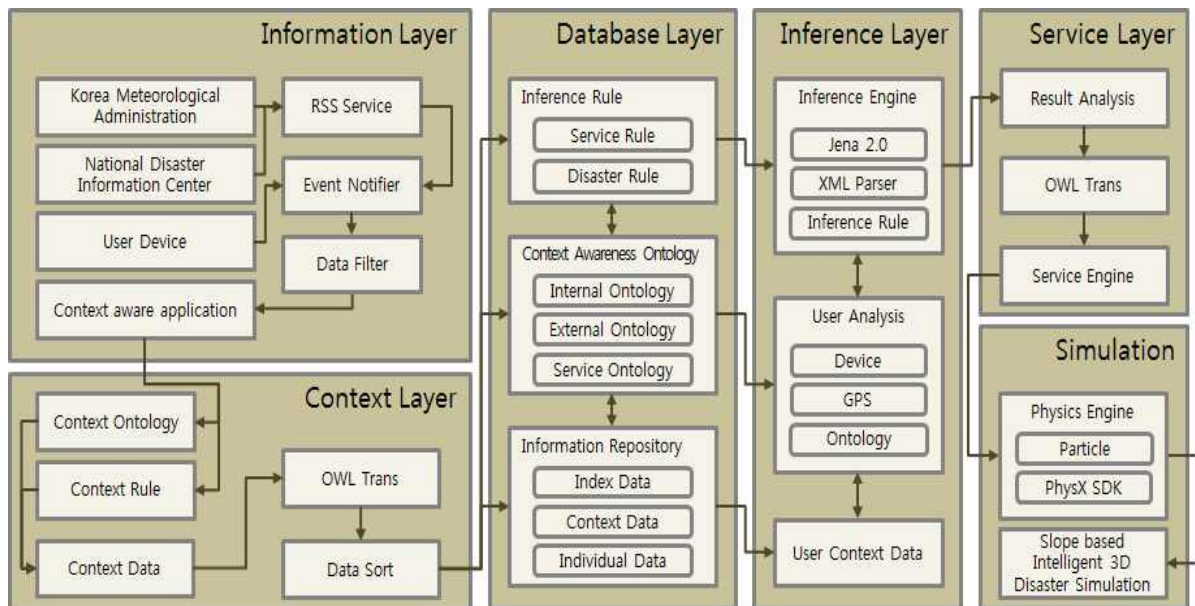
29) nVIDIA PhysX Particles, <https://developer.nvidia.com/apex-particles/>.

상호 관련성을 부여함. 구조물은 파티클을 수많은 스프링으로 연결하여 다른 성질의 물체를 시뮬레이션함. 연결은 파티클과 마우스 사이를 스프링으로 연결하여 마우스를 따라가게 하였음. 에너지 기능은 힘의 법칙으로 기술할 수 없는 현상에 대해 위치, 속도, 시간 기반의 수학적 수식으로 표현함

(10) 서비스 추론을 위한 온톨로지

- 사면 기반 지능형 3차원 재난 시뮬레이터는 재난관리 서비스를 위해 상황정보를 외부, 내부, 서비스로 구성함. 구성된 상황정보를 이용하여 서비스 추론 온톨로지를 정의하고 물리엔진의 파티클 기능을 이용한 3차원 사면 기반의 시뮬레이션에 적용함. 개발한 재난관리 온톨로지³⁰⁾는 클래스와 속성간의 계층 관계를 논리적으로 유추하고, OWL 형식으로 표현하여 서비스를 추론함. 이는 서로 동일한 의미의 요소, 역관계, 합집합, 교집합 등 메타데이터의 중요한 관계를 추론함[38]

- 시뮬레이터에서 재난관리 서비스 추론을 위한 온톨로지 구조



- OWL은 W3C에서 제안한 언어로 RDF, RDF-S 보다 많은 의미표현 수단을 제공하며, property와 class에 대해 추론엔진을 이용하여 지능적 표현이 가능함. 서비스 온톨로지 계층은 Information Layer, Context Layer, Database Layer, Inference Layer, Service Layer로 구성하고 추론에 필요한 속성/관계를 정의함
- Information Layer는 서비스 추론을 위한 기상, 재난, 장비, 지역 등의 환경정보와 위치, 상황 등의 개인정보를 HBE-ZigbeX과 SkyeModule M9을 이용하여 수집하는 단계. 환경 정보는 기상청에서 제공하는 RSS를 통해 생활기상지수, 산업기상지수, 보건기상지수와 국가재난관리센터의 종합상황실을 통해 재난유형별 발생현황, 일일재난상황 등 상황정

30) H. Jung, K. Chung, "Ontology-Driven Slope Modeling for Disaster Management Service", Cluster Computing, Vol. 18, No. 2, pp. 677-692, 2015.

보를 XML 형태로 수집함. 개인정보는 사용자의 프로파일을 나타내고 이름, 직업, 나이, 성별, 건강상태, 이동경로, 활동상태를 디바이스를 통해 수집함

- Context Layers는 Information Layer에서 수집된 정보를 분류하고 파싱 과정을 통해 OWL 파일로 변환하여 Database Layer의 Internal Ontology와 External Ontology에 분류함. Database Layer는 Information Repository, Context Awareness Ontology, Inference Rule로 분류함. Information Repository는 지수정보, 상황정보, 개인정보를 구성함. Context awareness ontology는 Internal Ontology, External Ontology, Service Ontology로 구성함. Inference Rule은 Service Rule, Disaster Rule으로 구성함. Inference Layer는 Inference Engine을 이용해서 사용자의 환경에 알맞은 재난관리 서비스를 추론함. Service Layer를 통해 추론된 온톨로지 결과를 시뮬레이션에 표현함
- 사면 기반 지능형 3차원 재난 시뮬레이터는 온톨로지 서비스 추론을 위해 추론 엔진으로 Jena 2.0을 사용함. 또한 추론된 결과는 ZigbeX과 SkyeModule 디바이스에서 적용이 가능하도록 XML 형태로 추출하여 사용함

(11) 물리엔진을 이용한 3차원 상황 표현³¹⁾

- 컴퓨터 게임엔진은 컴퓨터 게임 제작을 위해 인공적인 3차원 시각적 및 감각적 환경과 상호 반응하는 기술. 시뮬레이션에서 특정한 환경이나 상황을 물리연산을 이용하여 실제와 똑같이 느낄 수 있도록 만든 라이브러리이고 게임에서 데이터 관리, 렌더링, 게임 콘텐츠의 상호작용, 특수 효과를 개발하였음[44]
- 라이브러리와 개발을 위한 다양한 도구와 스크립트를 내장하고 있고 컴퓨터 게임 엔진의 기본적인 구성 요소는 Renderer, 3D Mesh Rendering, Character Animation, Collision System, Physics Engine, Inverse Kinematics, Sound System, Particle System, Scripting System 등이 있음
- 물리엔진을 이용한 3차원 상황 표현은 연구성과 논문[12]과 한국저작권위원회에 등록한 SW프로그램[44]을 기반으로 작성함
- 게임 엔진은 게임 프로그래밍의 각 부분 즉, 그래픽스, 사운드, 인공지능, 입출력 장치, 컨트롤 등의 개념이 각기 다르게 적용될 수 있어서 2D/3D 게임 엔진, 서버 엔진, 충돌 및 물리 엔진으로 구분함. 시뮬레이션은 기본에 개발되어 있는 별도의 게임 엔진을 사용할 수도 있지만 개발한 시뮬레이션은 게임 엔진을 사용하지 않고 물리 엔진만 사용하여 사면 기반 다양한 재난상황을 3차원으로 가시화하여 표현하였음
- 사면 기반 3차원 재난상황을 표현하기 위해서 컴퓨터 게임 개발에서 많이 사용되고 있는 물리엔진으로 PhysX SDK를 사용함. PhysX System Software와 PhysX SDK를 설치하고 MS Visual Studio C++에서 연동하여 개발하였음
- 컴퓨터 게임 및 시뮬레이션에서 실제적인 표현을 위해서 많은 양의 동시 다발적인 수리,

31) J. C. Kim, H. Jung, S. H. Kim, K. Chung, "Slope based Intelligent 3D Disaster Simulation using Physics Engine", Wireless Personal Communications, Vol. 86, No. 1, pp. 183-199, 2016.

로직 연산이 필요함. 물리 엔진은 객체 충돌, 움직임, 주변 환경의 표현을 위한 연산을 하며 이를 물리 연산이라 하고 기존의 물리 연산은 CPU에 의존하여 화면묘사나 동작 등을 표현하는데 무리가 있음. 물리 연산을 효과적으로 처리할 수 있는 PPU(Physics Processing Unit)을 사용하여 CPU의 부하를 줄이고 기존의 충돌, 움직임, 주변 환경을 보완하여 세밀한 화면 묘사 및 움직임을 표현하였음

- 개발한 시뮬레이션에서 가상공간과 지형은 3D Studio MAX를 사용하여 표현하고, 재난의 표현은 물리 엔진의 파트클 운동, Spring 및 Damper System, 강체의 운동, 역학 방정식, 충돌 반응, 천과 유체의 구현 등의 요소들을 사용해 표현함
- 시뮬레이션에서 객체들의 충돌 후의 움직임을 물리 엔진으로 연산하며, 객체들의 기하학적인 움직임을 충돌 각도, 가속도, 시간을 변수로 물리 연산하여 제어함. 충돌 후의 물체 위치가 결정되게 되며, 움직이는 객체의 경우에는 애니메이션 루프를 통해서 충돌 후의 움직임을 가시화하였음
- 파티클은 무게, 위치, 속도를 가진 힘에 반응하는 공간상의 실체가 없는 객체이고 게임 엔진의 파티클 기능은 게임 엔진이 자체적으로 보유하고 있는 것도 있지만, 대부분은 물리엔진이 별도로 개발하는 경우가 많음
- 개발한 시뮬레이션에서는 MS Visual Studio C++ 환경에서 물리엔진인 nVIDIA PhysX SDK의 파티클을 사용하여 산사태, 눈, 비, 안개, 화재, 폭발, 연기를 다양한 사면에 사실적으로 표현함. 물리엔진은 물리적인 현상을 시뮬레이션 해주는 기능을 가지고 있지만, 시뮬레이션에 등장하는 캐릭터 및 주변 환경은 직접 개발하였음. 캐릭터, 산악지형, 자동차, 사람은 3D Studio MAX에서 모델링하고 Wavefront OBJ 파일 포맷으로 저장하고, PhysX SDK 환경에서 가시화하고 시뮬레이션에 사용할 수 있도록 개발하였음³²⁾
- 시뮬레이션의 가상공간은 3D Studio MAX를 사용하여 제작하였고 내부와 외부로 구분함. 내부는 정점과 면으로 제작한 임의의 지형으로 실제 측량된 지형의 데이터의 인덱스 정보를 추출하고 편집하여 표현함. 지형은 절벽, 계곡, 터널 등의 3차원 복합형 지형 데이터로 표현함[15]. 외부는 Sky Box 기법³³⁾을 사용하여 3차원 배경을 구성함. Sky Box 기법은 가상공간에서 육면체의 각 면에 상, 하, 좌, 우, 전, 후 이미지를 렌더링하여 배경을 구성함
- 사면의 흙, 돌, 잔해 등이 아래쪽으로 무너져 내리는 산사태를 시뮬레이션에 표현함. 생성된 지형에서 불린(Boolean) 기능을 사용하여 공간을 생성하고 객체로 채워 사면에서 무너져 내리는 것을 표현함. 객체들이 실제와 같은 시뮬레이션으로 수행되기 위해서 지면을 설정하여 객체가 지형 아래로 떨어지지 않도록 하고, 중력가속도에 따라 반사 충격을 주어 멈추게 함. 지면의 속성으로 Restitution과 Friction을 설정하여 반사 충격에 따

32) J. K. Ryu, J. C. Kim, H. Jung, C. W. Song, K. Chung, "Performance Analysis of Slope Ontology based 3D Disaster Simulation", Proc. of the 5th International Conference on Convergence Technology 2015, pp. 506-507, 2015.

33) S. H. Kim, K. Chung, "3D Simulator for Stability Analysis of Finite Slope causing Plane Activity", Multimedia Tools Application, Vol. 68, No. 2, pp. 455-463, 2014.

라 객체가 부딪칠 때 멈춤, 미끄러짐 등을 표현하여 개발함

(12) 사면 기반의 지능형 3차원 재난 시뮬레이션 인터페이스

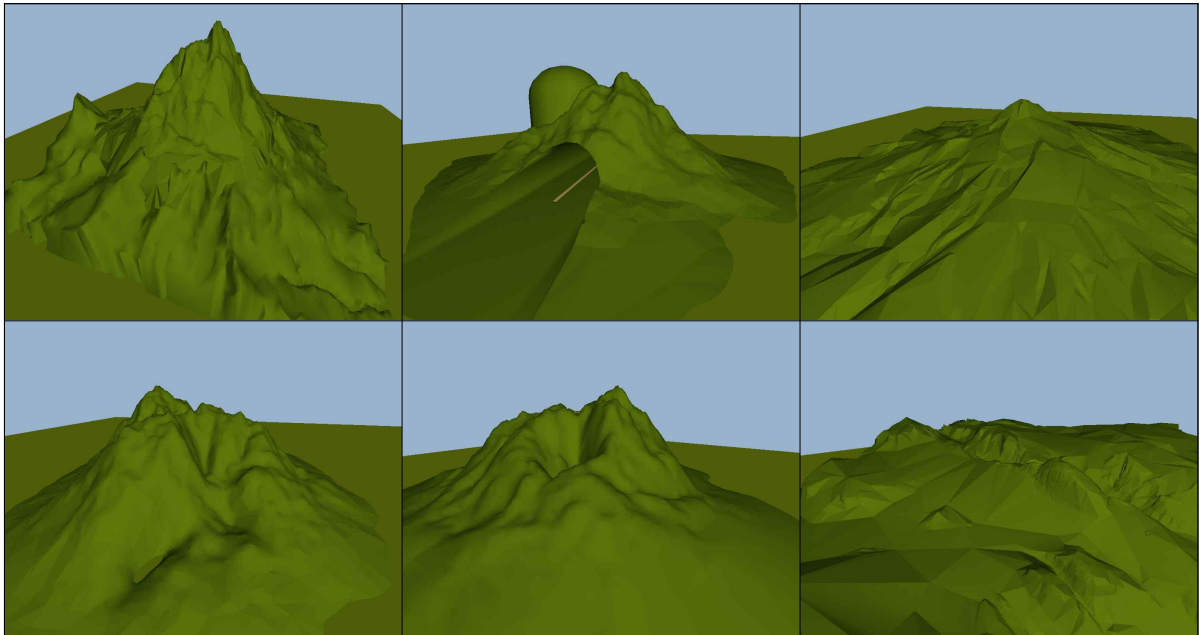
- 재난은 자연재난, 인위재난으로 구분할 수 있는데, 자연재난은 태풍, 홍수, 호우, 폭풍, 해일, 폭설, 가뭄, 지진 등의 자연현상으로 인하여 발생하는 것으로 인간에게 불가항력적이며 직접적이고 대규모적인 피해를 초래함. 인위재난은 화재, 붕괴, 폭발, 해상 및 교통사고, 화생방사고, 환경오염 사고를 나타내며 주로 인간의 부주의나 상황에 따른 대처가 신속하지 못하였을 때 큰 피해를 가져옴. 이러한 재난이 발생하였을 때 피해를 최소화하기 위해서는 무엇보다 재난관리와 예방이 중요함. 차세대 IT융합기술에서 효율적인 안전과 재난예방관리를 위해서는 무엇보다도 체계적인 재난관리 기술, 인적자원 양성, 재난예방 정보시스템의 구축이 필요함
- 미국의 재난관리 시스템인 IPAWS(Integrated Public Alert and Warning System)는 비상경보 및 경고 인프라를 통합하여 제공함. 재난 발생시 TV, 문자, 라디오, 이메일, RSS 등을 통해 빠르게 대중에게 서비스를 제공함. 연방 정부에서 선언한 재난 피해를 입은 개인, 가족, 기업에게 식량, 물, 대피소에 대한 지원 및 재난 복구신청을 받음³⁴⁾
- 일본은 중앙정부와 지방자치단체의 분산된 재난관리 시스템을 구축함. 중앙정부에서는 재난에 대비한 조직 및 기능을 총괄하고, 자치단체는 지역에 맞는 방재시스템을 구축함. 재난 피해 발생 시 중앙정부 및 지방자치단체의 책임 소재를 명확히 하기 위해 재해대책기본법을 제정함. 또한 재난통신망으로 MCA, VHF, 위성 등 여러 무선망을 다양하게 구축하여 생존성을 높임³⁵⁾
- 유럽의 대부분 국가들은 TETRA(Terrestrial Trunked Radio)로 무선 TRS망을 구축하여 운용함. 유럽무선통신표준기구가 정의한 디지털 주파수 공용 통신규격으로 정부기관, 공공기관, 군용으로 개발되었음. 이는 재난상황 및 평시에 사용 가능하며 전국 경찰, 소방 및 구조대간의 통신을 제공하는 VPN 기반의 TETRA 시스템임³⁶⁾
- 재난관리 서비스를 위해 물리엔진을 이용한 사면 기반 지능형 3차원 재난 시뮬레이터를 개발하였음. 개발환경은 윈도우 7 및 Microsoft Visual Studio 2013 C++ 환경에서 OpenGL API, 물리엔진 Nvidia PhysX SDK 및 Nvidia PhysX System Software를 사용하여 물리 연산을 개발하였음
- 사면을 3D로 모델링하기 위하여 3D Studio MAX 2012를 사용하였고 vertex 좌표 및 인덱스 정보를 얻기 위하여 DirectX Plugin Pandasofts를 추가로 설치하였음

34) Federal Emergency Management Agency, www.fema.gov.

35) Cabinet Office, Government of Japan, www.bousai.go.jp.

36) S. H. Lee, "International disaster safety wireless network deployment and operational trends" Weekly Technical Trends, vol. 1520, pp. 5. 2011.

- 물리 연산은 가상현실 컴퓨터 게임에 등장하는 각종 객체가 어떻게 움직이고, 상호작용하면서 주변의 환경에 반응하는지에 대한 모든 것을 의미함³⁷⁾. 물리엔진을 이용한 사면 기반 지능형 3차원 재난 시뮬레이터를 개발하기 위한 H/W 환경으로는 4GB RAM 및 Intel Core 4세대 i3 CPU를 사용함. 또한 산사태가 발생하는 진행과정을 물리엔진의 파티클 기법을 사용하여 사실적으로 표현함
- 3D Studio MAX로 제작한 3차원 복합형 지형 데이터



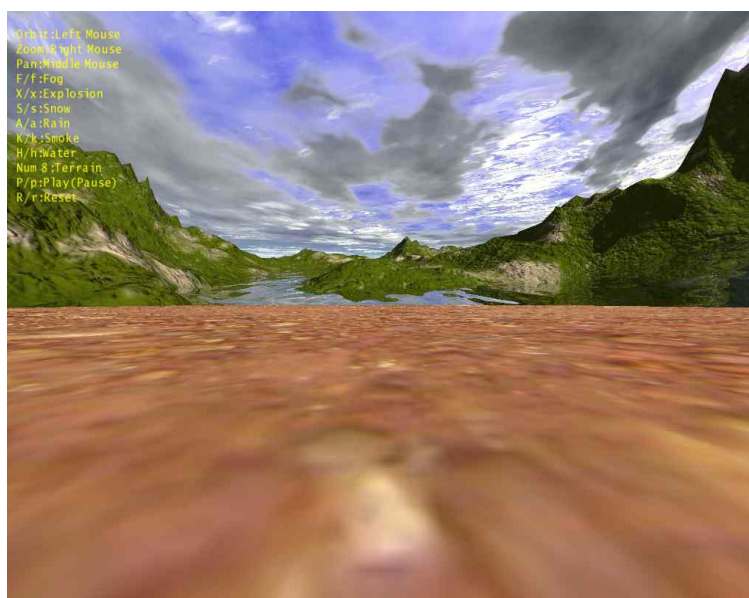
- 상황정보로 구성된 산사태 및 재난상황을 모델링하고 추론하여 물리엔진을 이용한 사면 기반 지능형 3차원 재난 시뮬레이터에 적용함. 온톨로지 기반의 상황인식을 이용하여 사면에 산사태, 눈, 비, 안개, 화재, 폭발, 연기와 같은 환경적인 상황정보³⁸⁾를 온톨로지 기반의 사면 모델링을 활용하여 사용자에게 사실적이며 가시적으로 재난관리 서비스를 함
- 사면의 종횡단면은 지형의 특성에 따라 다양한 유형이 있지만, convex ridge, straight ridge, concave ridge, convex slope, straight slope, concave slope, convex valley, straight valley, concave valley로 9가지로 구성. 사용자는 9가지 사면 유형 중에서 선택이 가능하고 3D Studio MAX로 제작한 3차원 복합형 지형 데이터를 나타냄
- 3D Studio MAX로 제작한 3차원 복합형 지형 데이터는 30,000 내외의 정점으로 구성함. 무한사면과 유한사면을 복합적으로 표현하고 주변 지형의 경사각과 어울리게 객체를 구성하였고 사면의 경사각은 10°~50° 정도로 설정함. 객체의 위치, 크기, 모양에 따라 재

37) F. Chao, X. Yao, "Simulation of landslide based on physical engine", In Proc. of the International Conference on Information Science and Engineering, pp. 6899-6902, 2010.

38) S. H. Kim, K. Chung, "3D simulator for stability analysis of finite slope causing plane activity", Multimedia Tools Application, Vol. 68, No. 2, pp. 455-463, 2014.

난상황이 발생하는 유형이 다를 수 있으므로 복합형의 지형이 필요함. 특정한 지형에 Zoom In/Out 기능을 이용하여 현실에서 볼 수 없는 다양한 각도에서 재난이 일어나는 과정을 현실감있게 표현하였음

- 물리엔진을 이용한 사면 기반 지능형 3차원 재난 시뮬레이터의 인터페이스는 가상공간에 구축된 텍스처 매핑된 사면을 3차원으로 보여주고, 사면의 안정해석 및 온톨로지 기반의 상황인식에 의한 산사태가 발생하는 과정을 사실적으로 표현함
- 사면 기반 지능형 3차원 재난 시뮬레이터의 인터페이스³⁹⁾



- 물리엔진을 이용한 사면 기반 지능형 3차원 재난 시뮬레이터의 초기화면으로써 왼쪽 상단부분에 가상공간을 제어하기 위한 인터페이스 화면을 나타냄. 3D 가상공간에서 다양한 기능을 제어하기 위해 마우스와 키보드를 사용하며, 사용자 편의를 위해 화면에 표시하여 개발하였음[44]
- 화면에 표시한 문자는 3D 가상공간에 맞게 X축, Y축, Z축의 좌표로 지정하고, X축과 Z축의 좌표를 고정하고 Y축의 좌표로 문자들의 라인을 구분하였음. 마우스 및 키보드의 입력 장치를 사용하여 3D 가상공간에서 회전, 이동, 확대 및 축소, 정지, 리셋 등과 같은 다양한 조절 기능을 개발함

39) 사면 기반의 지능적 3차원 재난상황 시뮬레이션, 제C-2015-006607호, 한국저작권위원회 SW 프로그램등록, 2015.

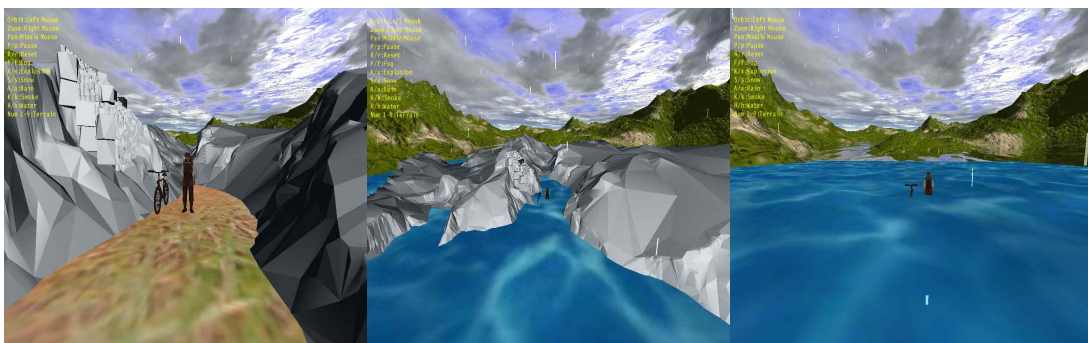
3. 연구수행결과 및 성능

(1) 사면에 온톨로지 기반의 상황인식을 적용한 시뮬레이션⁴⁰⁾

- 사면 기반 지능형 3차원 재난 시뮬레이터는 다양한 사면에 산사태, 눈, 비, 안개, 화재, 폭발, 연기 등과 같은 상황정보를 표현함. 산사태 형태에 따른 slump, slide, flow, topple, torrent, fall을 사면에 표현하기 위해서 지형, 토질, 암석을 3차원 객체로 모델링하는 컴퓨터 그래픽스 기술을 사용함
- 3D Studio MAX에서 지형, 토질, 암석을 3D로 모델링하기 위해서는 다양한 모양의 프리미티프를 사용함. 개발한 물리엔진을 이용한 사면 기반 지능형 3차원 재난 시뮬레이터에서는 산사태가 발생하거나 낙석이 떨어질 때 사용하기 위한 작은 객체들을 ball, cube, sphere, convex 등과 같은 형태를 선택이 가능함
- 산사태가 발생되거나 낙석이 떨어지는 시뮬레이션 결과가 작은 입자 객체들의 형태에 따라서 다르게 보일 수 있기 때문에 객체 중에서 cube는 각 변(가로, 세로, 깊이)의 길이를 사용자가 설정하기에 따라 다양한 육면체 생성이 가능하고, ball은 반지름을 조정하여 원하는 크기를 생성이 가능함
- convex는 사용자가 설정하는 크기에 따라 다양하게 생성할 수 있어 개발한 시뮬레이터는 사용자가 옵션에서 지형 및 암석의 특징에 따라 입자들을 설정할 수 있음
- 시뮬레이션 옵션에서 사용자가 설정한 객체가 붕괴되는 산사태 시뮬레이션 과정

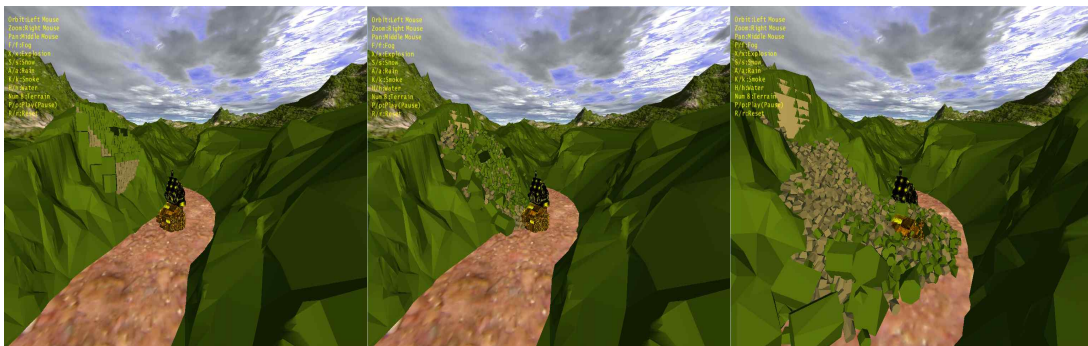


- 물, 비, 수면을 표현한 개발한 시뮬레이션



40) J. C. Kim, H. Jung, S. H. Kim, K. Chung, "Slope based Intelligent 3D Disaster Simulation using Physics Engine", Wireless Personal Communications, Vol. 86, No. 1, pp. 183-199, 2016.

- 사면에 온톨로지 기반의 상황인식의 연구내용은 연구성과 논문[12]을 기반으로 작성함
- 물은 수면을 렌더링하여 표현하였고, 빗방울이 수면에 떨어지는 효과를 표현하기 위해 격자에 임의의 지점을 선택하여 수직방향으로 일정한 값만큼 움직이게 하였음. 수면이 바람에 의해 이동하는 효과를 표현하기 위해 텍스처 매핑과 스크롤을 이용함
- 사면 기반 지능형 3차원 재난 시뮬레이터는 온톨로지 기반의 상황인식 모델링을 이용하여 다양한 사면에 산사태, 눈, 비, 안개, 화재, 폭발, 연기를 사실적으로 적용하여 표현함. 사면에 산사태가 발생하거나 낙석이 떨어지면서 토양 및 암석과 함께 붕괴하는 과정을 진행전, 진행중, 진행후의 3단계로 구분하여 표현함
- 사면에 온톨로지 기반의 산사태 상황인식 적용

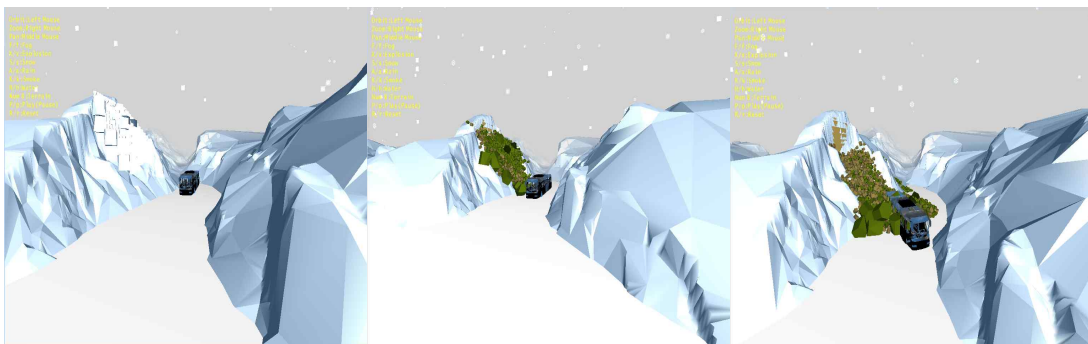


(a) 진행전

(b) 진행중

(c) 진행후

- 지능적 3차원 사면 모델링 시뮬레이션은 눈, 비, 안개와 같은 자연현상과 화재, 폭발, 연기와 같은 재난 상황을 사실적으로 보여주기 위해 Microsoft Visual Studio 2013 환경에서 OpenGL API를 사용하여 코드로 직접 개발하였음
- 자연현상이나 재난상황을 시뮬레이션하기 위해 사용되는 3D 컴퓨터그래픽스 기술은 파티클 기법으로 매우 많은 작은 입자들의 움직임을 표현하였음
- 사면에 온톨로지 기반의 눈 상황인식 적용



(a) 진행전

(b) 진행중

(c) 진행후

- 사면에 온톨로지 기반의 눈 상황인식을 적용한 화면을 나타내고 많은 눈이 쌓인 사면

에 차량이 지나가는 상황에서 산사태가 일어나는 과정을 표현하였음. 눈이 내리는 산악 지형도로에 차량이 이동할 때, 하늘에서 내리는 눈의 양에 따라 가시거리가 매우 좋지 않을 수 있음. 또한 쌓은 눈은 사면 안정해석에서 활동면상에 작용하는 점착력, 사면의 높이, 경사각, 마찰각, 단위중량(단위: 1.9 t/m^3)에 영향을 미치므로 사면에서 폭설은 산사태 및 낙석이 발생할 확률이 높음

- 사면에 온톨로지 기반의 비 상황인식을 적용한 화면을 나타내기 위해 폭우가 쏟아지는 날 터널을 지나가는 차량에 산사태 및 낙석이 떨어지는 과정을 표현함
- 비가 장기간동안 많이 내리거나 갑작스런 폭우가 쏟아질 경우, 사면 안정해석에서 사면의 단위체적중량이 증가하여 산사태가 발생할 확률이 매우 크므로 사면을 관통하는 터널 입구 상층부에 쌓인 경사진 토사들이 중량에 의한 토사들의 무게를 이기지 못하고 갑자기 붕괴되는 과정을 나타냄

- 사면에 온톨로지 기반의 비 상황인식 적용



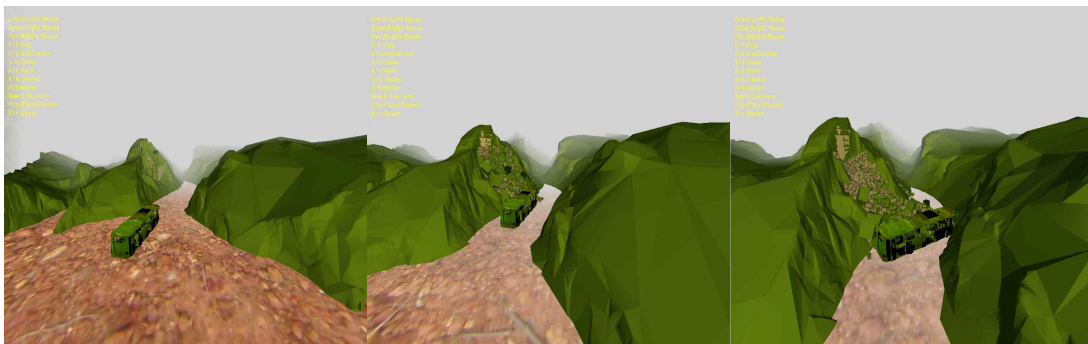
(a) 진행전

(b) 진행중

(c) 진행후

- 사면에 온톨로지 기반의 안개 상황인식을 적용한 화면을 나타내기 위해 안개가 매우 짙은 날은 가시거리가 0m에 가까울 수도 있음. 가시거리가 좋지 않은 산악지형을 차량이 이동할 때 저속주행을 해야 하고 산사태나 낙석을 파악하여 신속한 대처가 어려움

- 사면에 온톨로지 기반의 안개 상황인식 적용



(a) 진행전

(b) 진행중

(c) 진행후

- 사면에 온톨로지 기반의 폭발 상황인식을 적용하기 위해 공사 현장이나 자연친화 휴양 시설에서 산사태나 지진 등의 재난이 발생할 경우, 2차적으로 가스나 가연성 물질 등에 의해서 폭발과 함께 추가적으로 화재가 발생할 수 있음. 폭발은 직접적인 인명피해를 가져올 수 있으므로 사전 예방과 더불어 신속하게 대처할 수 있는 재난서비스⁴¹⁾와 가이드라인이 필요함

- 사면에 온톨로지 기반의 폭발 상황인식 적용



(a) 진행전

(b) 진행중

(c) 진행후

- 사면에 온톨로지 기반의 화재 및 연기 상황인식을 적용하기 위해 산악지형에서 화재는 큰 산불로 확산되어 대형 재난으로 큰 피해를 입을 수 있으므로 이에 대한 효율적인 재난서비스가 필요함. 특히 대규모 화재 및 연기는 인명피해를 가져올 수 있는 매우 큰 재난상황의 원인이 될 수 있음. 자연현상에 포함되기도 하지만 재난상황에서 더 많이 볼 수 있는 화재 및 연기 등은 짧은 시간에 매우 많은 인명피해를 가져올 수 있다는 점에서 매우 주의해야 함⁴²⁾

- 사면에 온톨로지 기반의 화재 및 연기 상황인식 적용



(a) 진행전

(b) 진행중

(c) 진행후

41) J. H. Kim, K. Chung, "Ontology-Based Healthcare Context Information Model to Implement Ubiquitous Environment", Multimedia Tools and Applications, Vol. 71, No. 2, pp. 873-888, 2014.

42) S. H. Kim, K. Chung, "3D Simulator for Stability Analysis of Finite Slope causing Plane Activity", Multimedia Tools Application, Vol. 68, No. 2, pp. 455-463, 2014.

(2) 사면 기반의 지능형 3차원 재난 시뮬레이션 성능평가⁴³⁾

- 실제 사면에서 발생할 수 있는 재난상황을 사면안정으로 해석하고 온톨로지 기반의 상황정보 모델링을 사용하여 추론함. 시뮬레이션은 상황정보, 사면 재난 온톨로지, 추론 엔진, 물리엔진으로 구성함
- 사면 기반의 지능형 3차원 재난 시뮬레이션 성능평가는 연구성과 논문[32]을 기반으로 작성함
- 상황정보는 온톨로지 기반으로 구성하며 외부, 내부, 서비스 정보로 구성하였고 재난상황은 파티클 기능을 이용하여 눈, 비, 안개, 산사태 등을 표현하였음. 상황인식을 이용하여 다양한 상황에 따른 지능형 재난 시뮬레이션이 가능함. 사용자별로 재난으로 인한 피해를 예측하고 잠재적 위험도, 주의사항, 대처방안을 제시함
- 개발한 사면 기반의 지능형 3차원 재난 시뮬레이션의 성능평가는 정확도 검증과 만족도 조사를 진행함. 정확도의 검증은 사면 온톨로지 적용유무에 따른 F-검정을 사용하고 서비스 만족도는 시뮬레이션의 사용자별 만족도를 조사하였음. 사용자 100명을 대상으로 개발한 시뮬레이션을 사용한 후, 1에서부터 5까지의 5단계로 만족도를 조사하였음
- 시뮬레이션 결과에 따른 Slope Ontology based 3D Disaster Simulation(SO_DS)의 예측 값과 3D Disaster Simulation(DS)을 통한 예측 값을 F-검정으로 비교 분석하였음. 개발한 시뮬레이션에서 제공하는 재난정보 결과를 대상으로 Precision, Recall을 이용하여 F-검정으로 성능을 분석하였음

No.	1	2	3	4	5	6	10	Avg.
SO_DS	91.2	90.6	88.9	92.4	84.7	86.1	90.1	90.0
DS	90.3	77.5	82.4	90.8	80.1	77.3	81.4	82.4

- SO_DS와 DS의 분석은 모두 평균 80%를 상회하는 F-검정을 나타내며, SO_DS가 DS보다 7.63% 우수한 성능을 보이는 것으로 나타남
- 개발한 시뮬레이션의 만족도를 설문조사를 통해 수집하였음. 평가 데이터는 시뮬레이션을 사용한 후 사용자 100명을 대상으로 시뮬레이션의 만족도를 5단계로 평가를 진행하였음. 만족도는 5단계로 1단계는 매우 만족하지 않음을 의미하고, 5단계는 매우 만족함을 의미함
- 개발한 시뮬레이션의 서비스 만족도 평가 데이터는 4점 이상으로 집중되어 평가되었고 사용자별 만족도에 대해서 긍정적으로 평가되고 있음을 의미함

43) J. K. Ryu, J. C. Kim, H. Jung, C. W. Song, K. Chung, "Performance Analysis of Slope Ontology based 3D Disaster Simulation", Proc. of the 5th International Conference on Convergence Technology 2015, pp. 506-507, 2015.

(3) 마이닝을 이용한 기상지수 연관관계 분석⁴⁴⁾

- 기상지수의 연관관계 분석은 Apriori 알고리즘[18]과 피어슨 상관계수[19,40,41]를 사용함. Apriori 알고리즘을 이용해 지수간의 연관관계를 추출하고, 피어슨 상관계수를 이용해 지수간의 상관도를 분석함. 마이닝을 이용한 기상지수 연관관계 분석은 연구성과 논문[30,39]을 기반으로 작성함
- 마이닝의 Apriori 알고리즘은 최소 지지도를 정하고 트랜잭션을 스캔하여 아이템의 지지도가 최소 지지도보다 높은 아이템으로 후보 집합을 구성하는 과정을 반복하여 연관관계를 추출하는 데이터 분석 방법[42]. 기상지수 연관관계 분석은 데이터 마이닝 분석틀인 TANAGRA 1.4.50 Version을 이용함[20]. Apriori 알고리즘 분석은 최소 지지도, 향상도, 신뢰도, 최대 항목 집합 설정에 따라 분석 결과가 달라짐. 향상도 값이 1이상인 경우에 유용한 규칙으로 평가하며 최소 향상도 값은 1.0으로 설정함. 신뢰도 값이 0.75 이상인 경우 유용한 규칙으로 평가하며 최소 신뢰도는 0.75로 설정함[18,33]
- 기상지수 트랜잭션에서 최대 항목 집합이 4이상일 경우 다른 조건을 만족하지 않아 최대 항목 집합은 4로 설정함[43]. 최소 지지도가 0.5이상인 경우 규칙이 2개 나타나며 최소 지지도를 0.5에서 0.01씩 감소시켜 지지도, 신뢰도, 향상도를 분석함
- S 는 지지도, C 는 신뢰도, L 은 향상도를 의미하고 $X \rightarrow Y$ 는 연관규칙에서 선행 X 일 때 결과 Y 를 의미함. N 은 전체 트랜잭션의 수를 의미하고, $n(X \cup Y)$ 는 전체 트랜잭션에서 X 와 Y 를 모두 포함하는 트랜잭션의 수를 의미함. $S(Y)$ 는 Y 의 지지도를 의미함

$$S(X \rightarrow Y) = \frac{n(X \cup Y)}{N} \quad C(X \rightarrow Y) = \frac{n(X \cup U)}{n(X)} \quad L(X, Y) = \frac{C(X \rightarrow Y)}{S(Y)}$$

- Apriori 알고리즘 분석결과 향상도와 신뢰도가 모든 구간에서 우수하게 나타남. 최소 지지도 값이 0.44이하일 때 규칙수가 86개에서 490개로 급격하게 늘어나기 때문에 최소 지지도를 0.45로 결정하고, 86개의 규칙을 의미 있는 규칙으로 선택함
- Apriori 알고리즘을 이용한 기상지수 분석 결과에서 규칙 1번에서 선행이 R=R3 이고, 결과가 Q=Q3 이면 현재 기상지수 R이 3단계(높음)일 때 기상지수 Q가 3단계(높음)로 나타날 가능성 의미함
- 상관계수를 이용한 상관도 분석을 위해 기상지수 트랜잭션을 벡터 정규화. 지수 값인 1(낮음), 2(보통), 3(높음), 4(매우높음)는 유지하고, 문자열은 수식에 포함될 수 없기 때문에 지수에 부여했던 인덱스는 트랜잭션에서 제외함
- 벡터 정규화한 트랜잭션은 SPSS24 버전[21]에서 피어슨 상관계수를 적용하여 지수간의 상관도를 분석함

44) J. C. Kim, H. Jung, K. Y. Chung, "Mining based Urban Climate Disasters Index Service according to Potential Risk", Wireless Personal Communications, Vol. 89, No. 3, pp. 1009-1025, 2016.

- 상관관계 분석은 변수들이 서로 유사한 정도를 분석하여 변수들 간의 규칙을 찾는 방법. 동시에 발생하는 변수들이 서로 어떠한 상관이 있으며, 그 상관성의 정도를 분석하여 수치로 나타냄

- 기상지수 트랜잭션의 벡터 정규화 과정

TID	A	B	C	...	Z
T001	A1	B2	C2	...	Z2
T002	A1	B1	C2	...	Z2
T003	A2	B2	C2	...	Z1
T004	A2	B3	C3	...	Z2
T005	A3	B3	C3	...	Z3
T006	A3	B3	C3	...	Z2
T007	A3	B3	C4	...	Z3
T008	A4	B4	C4	...	Z3
T009	A2	B3	C3	...	Z2
T010	A2	B3	C2	...	Z2
T011	A2	B3	C4	...	Z1
T012	A1	B1	C1	...	Z1
T013	A1	B1	C1	...	Z2
T014	A1	B1	C1	...	Z3
T015	A1	B1	C2	...	Z2
T016	A2	B3	C3	...	Z2
...	...	...	...	...	...
T150	A3	B3	C3	...	Z2



TID	A	B	C	...	Z
T001	0.2	0.5	0.5	...	0.5
T002	0.2	0.2	0.5	...	0.5
T003	0.5	0.5	0.5	...	0.2
T004	0.5	0.7	0.7	...	0.5
T005	0.7	0.7	0.7	...	0.7
T006	0.7	0.7	0.7	...	0.5
T007	0.7	0.7	1.0	...	0.7
T008	1.0	1.0	1.0	...	0.7
T009	0.5	0.7	0.7	...	0.5
T010	0.5	0.7	0.5	...	0.5
T011	0.5	0.7	1.0	...	0.2
T012	0.2	0.2	0.2	...	0.2
T013	0.2	0.2	0.2	...	0.5
T014	0.2	0.2	0.2	...	0.7
T015	0.2	0.2	0.5	...	0.5
T016	0.5	0.7	0.7	...	0.5
...	...	...	...	...	...
T150	0.7	0.7	0.7	...	0.5

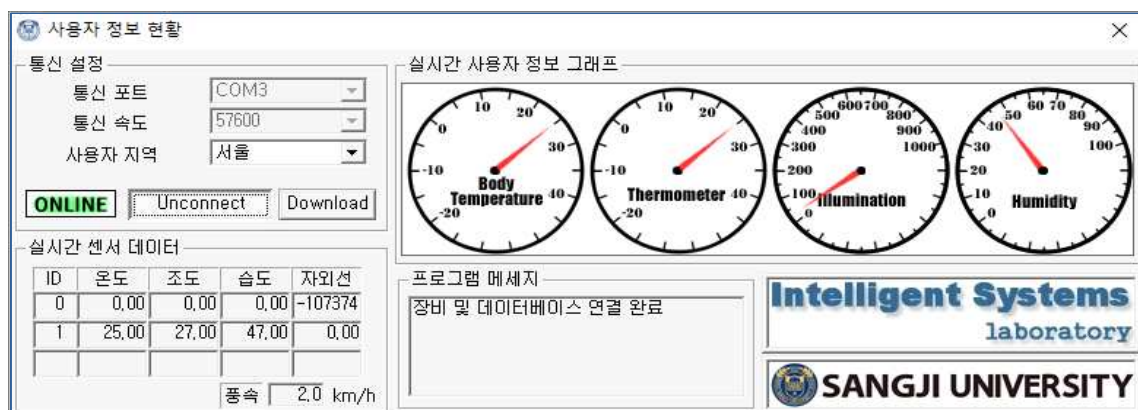
- 변수의 상관관계를 측정하는 대표적인 계수로 피어슨 상관계수와 스피어만 순위상관계수가 있음[19,22]. 스피어만 순위상관계수는 상관계수 계산공식을 응용한 것으로 비교적 간편하고 서열척도로 표현된 데이터를 계산할 수 있는 장점이 있음. 피어슨 상관계수와 유사하지만 실제 데이터 값을 사용하는 것이 아니라 데이터 값의 순위를 사용하여 계산함. 이는 순위가 같은 데이터가 많을 경우 정확도가 떨어지는 단점이 있으며, 본 연구에서 분석하는 기상지수 트랜잭션은 동일한 데이터가 반복적으로 나타나기 때문에 피어슨 상관계수를 이용함[30,34]
- 피어슨 상관계수는 변수들의 선형적 관계를 나타내며 상관계수를 p 로 표시함. 상관계수는 공분산을 이용해 산출하며, 두 변수를 사칙연산을 이용해 규칙적으로 변화시켜도 상관계수가 변하지 않는 독립성이 있음. 상관계수 p 는 -1.0부터 +1.0까지의 값을 가짐. 이는 강도와 방향을 가지고 있으며, +1에 가까울수록 서로 방향이 같으며 매우 긍정적인 관계임을 의미함[22,35]. 두 변수간의 상관성이 -1에 가까울수록 서로 방향이 다르며 매우 부정적인 관계임을 의미함. 상관성이 0일 경우 두 변수 간에 아무 관계가 없음

의미함

- 기상지수 A와 기상지수 B의 상관도는 0.858을 나타내며 기상지수 A(식중독 지수)와 B(부패 지수)가 긍정정인 관계임을 의미함. 기상지수 A와 기상지수 L의 상관도는 -0.29이며 A(식중독 지수)와 L(기초공사 지수)가 부정적인 관계임을 의미함[25]
- 기상지수간의 상관도 분포에서 +1에 근접할수록 지수가 서로 유사함을 나타내고 기상지수간의 상관도를 시각화를 하였음[1]. 기상지수 A는 다른 기상지수의 분포가 0.5에서 1.0사이에 집중되어 있어 지수간의 상관도가 매우 긍정적인 관계임을 의미함. 기상지수 M은 다른 기상지수가 0.0에서 -0.5사이에 집중되어 부정적인 관계가 있음을 의미함. 기상지수 A는 식중독 지수를 의미하고, 기상지수 M은 골조공사지수를 의미함

(3) 마이닝을 이용한 기상지수 연관관계 분석

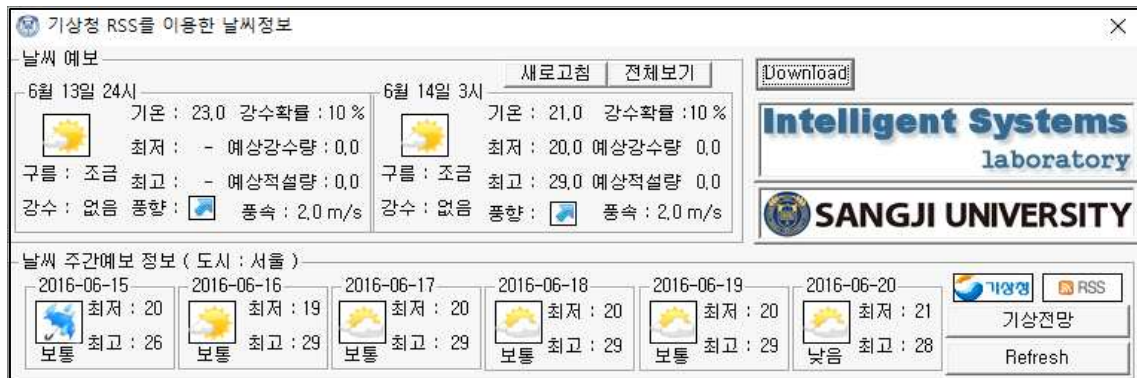
- 사용자의 상황에 따른 잠재적 위험 모니터링 시스템은 윈도우 프로그래밍 MFC 기반 환경에서 XML 파서와 HBE-ZigbeX과 SkyeModule M9을 이용하여 개발함. 모니터링은 통신 정보, 날씨 정보, 기상지수, 잠재적 위험도로 구성하였고, 통신 정보는 사용자 온도, 습도를 수집하는 부분으로 통신 포트, 통신 속도, 지역 등을 선택하는 인터페이스[30]와 연결 상태 및 실시간으로 수집되는 사용자 정보 테이블과 그래프로 구성함⁴⁵⁾
- 사용자 정보 현황 화면의 실시간 센서 데이터 영역에서 현재 연결된 HBE-ZigbeX 센서로 입력받은 온도, 조도, 습도, 자외선을 수치로 나타냄. 실시간 사용자 정보 그래프 영역에는 수집한 사용자 정보를 시각화하여 화면에 나타냄[25]
- HBE-ZigbeX를 이용한 사용자 정보 현황 화면



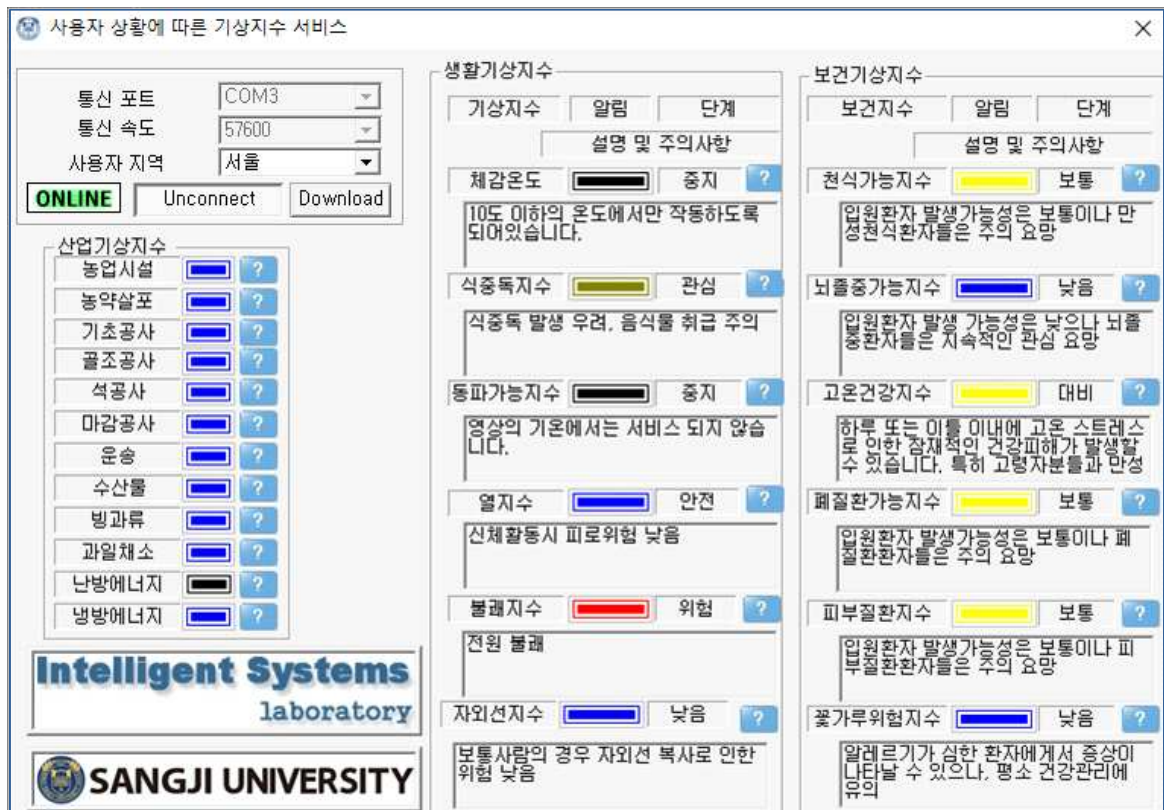
- 날씨정보 부분은 날씨 사용자가 선택한 지역의 정보를 기상청의 RSS로 수집한 XML 파일을 이용해 나타내고 수집한 XML 파일에는 날씨, 현재 기온, 최대/최소 기온, 강수 확률, 예상 강수량, 예상 적설량, 풍속 등의 날씨 예보 및 주간 예보 등을 포함함[4]

45) 김주창, 마이닝 기반 기상 데이터 분석을 이용한 잠재적 위험 모니터링 시스템, 상지대학교 석사학위논문, 2016.8.

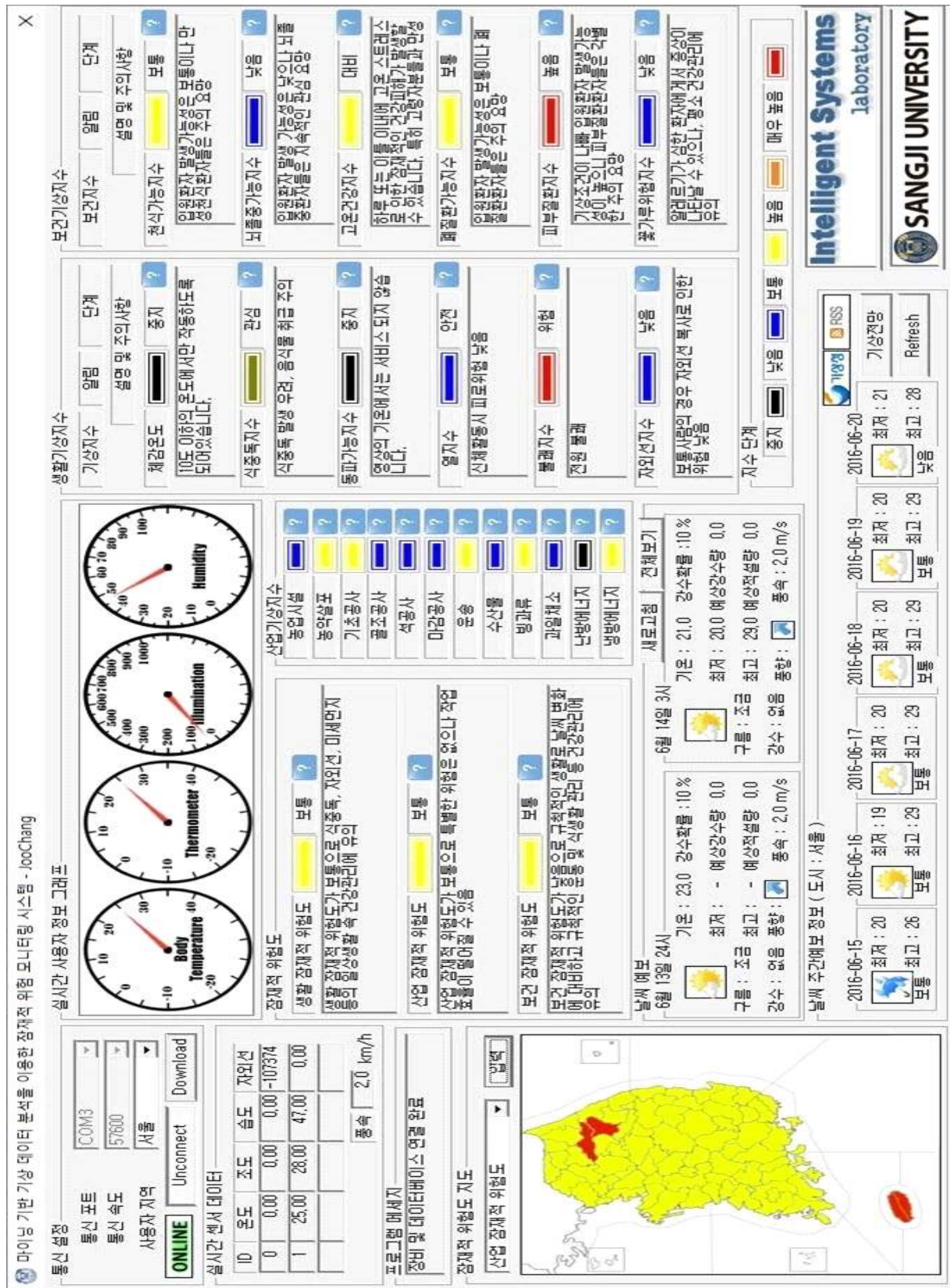
- 기상청 RSS를 이용한 날씨정보 화면



- 기상청 RSS를 이용한 날씨정보 화면에서 기상청 동네예보의 RSS를 호출 주소는 ‘<http://kma.go.kr/wid/querDFS.jsp?gridx=60&gridy=127>’ 로 gridx와 gridy부분에 지역의 경도(x), 위도(y) 좌표를 입력하여 원하는 지역의 기상예보 XML 파일을 수집함
- 기상지수 부분은 생활 기상지수, 보건 기상지수, 산업 기상지수를 제공하며, 생활 기상지수와 보건 기상지수는 사용자의 상황에 따른 정보를 이용해 산출함. 산업 기상지수는 2016년 1월에 서비스가 중지되어 기상청의 날씨정보를 기반으로 프로그램에서 직접 산출하고 제공하고 기상지수 현황과 지수정도에 따른 주의사항을 함께 제공함[5]
- SkyeModule M9를 이용한 사용자 상황에 따른 기상지수 서비스[25]



- 잠재적 위험도에 따른 도시기후재해지수 모니터링 시스템46)



46) 잠재적 위험도에 따른 도시기후재해지수 모니터링 시스템, 제C-2016-011044호, 한국저작권위원회 SW 프로그램등록, 2016.

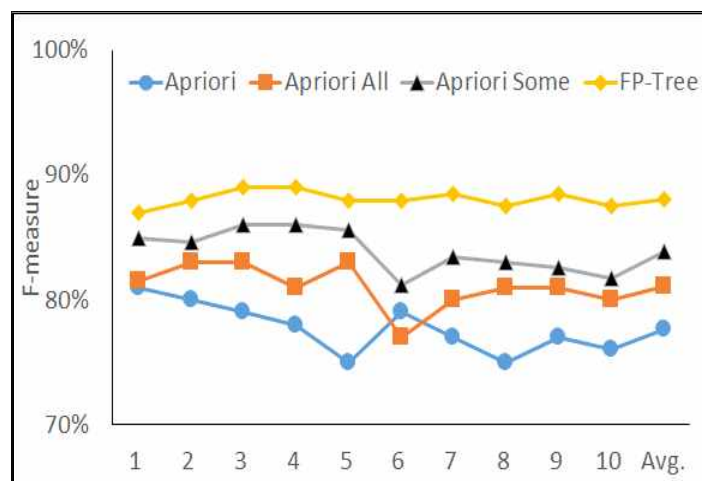
- 잠재적 위험도 부분은 생활 잠재적 위험도, 보건 잠재적 위험도, 산업 잠재적 위험도로 구성하며 위험도와 함께 단계별 주의사항을 제공
- 통신정보, 날씨정보, 기상지수, 잠재적 위험도를 종합하여 잠재적 위험 모니터링 시스템으로 구성하고 시스템은 센서 연결, 통신 포트 및 속도 선택, 지역선택, 다운로드 순서로 동작함. 시스템과 HBE-ZigbeX 센서가 정상적으로 연결되면 왼쪽에 초록색으로 온라인으로 표시되며, 실시간 센서 데이터 영역에 실시간으로 측정한 온도, 습도, 조도, 자외선 값이 표시됨
- 실시간 사용자 정보 그래프 영역 계기판에 현재 체감온도, 외부온도, 조도, 습도가 표시되고 다운로드 버튼을 클릭하면 기상정보를 수집하여 화면에 표시됨. 전체보기와 기상전망을 클릭 시 팝업창을 통해 전체 날씨정보와 주간 기상전망이 나타나고 우측 하단의 메시지 상자는 통신 상태를 나타냄⁴⁷⁾
- 잠재적 위험도는 기상청에서 제공하는 기상지수와 공공데이터를 활용하여 기상지수 빈발패턴을 추출하고 사용자별 재난안전 서비스를 제공함. 재난안전을 위한 잠재적 위험도 지수에 대한 성능평가와 사용자 만족도 조사를 진행함
- 재난 안전을 위한 사용자 잠재적 위험도의 성능평가는 연구성과 논문[31]과 한국저작권위원회에 등록된 SW프로그램[45]을 기반으로 작성함
- 잠재적 위험도는 빈발패턴트리(FP-Tree)를 이용하여 기상지수의 빈발패턴을 추출한 후 재난안전을 위해 예측함[24]. FP-Tree는 빈발되는 데이터를 트리 형태로 표현하며, Apriori 알고리즘과는 달리 후보 집합의 생성이 없어 패턴 추출 시간이 짧고, 확장성이 뛰어남⁴⁸⁾
- 정규화된 트랜잭션을 FP-Tree 알고리즘을 이용하여 맵의 형식으로 빈발패턴트리를 생성함. 생성된 빈발패턴트리는 지수간의 연관성이 있음을 의미하며, 이를 이용하여 잠재적 위험도를 산출함. 잠재적 위험도를 이용하여 재난 예측이 가능하고, 상황인식을 통한 사용자의 위치에 따른 개인화된 서비스가 가능함[18]
- 마이닝 알고리즘에 따라 추출되는 잠재적 리스크의 성능평가와 만족도 평가를 진행함. 성능평가는 첫 번째로 기상지수 데이터를 이용하여 빈발패턴 생성하기 위해 Apriori, AprioriAll, AprioriSome, FP-Tree를 이용하여 빈발패턴 추출하고, F-검정을 비교함
- 마이닝 알고리즘에 따른 성능은 Intel i7 3.4GHz processor, 8.00GB RAM, SSD 256GB, Windows 7 Ultimate 64bit 환경에서 진행함⁴⁹⁾

47) 김주창, 마이닝 기반 기상 데이터 분석을 이용한 잠재적 위험 모니터링 시스템, 상지대학교 석사학위논문, 2016.

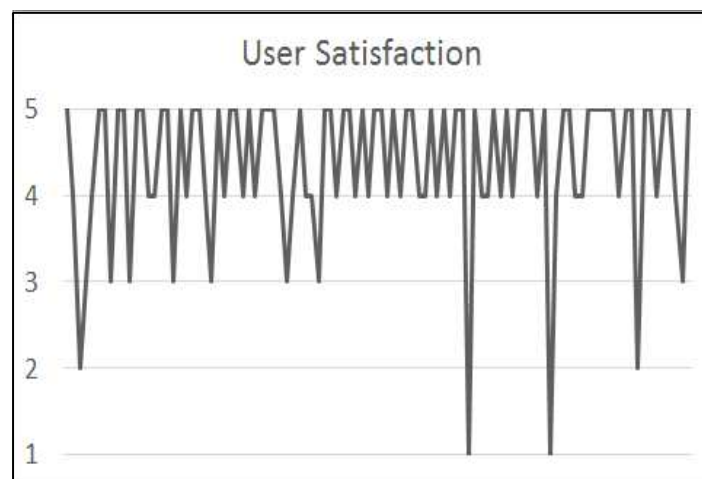
48) K. Chung, R. Boutaba, S. Hariri, "Knowledge-based Decision Support Systems", Information Technology and Management, Vol. 17, No. 1, pp. 1-3, 2016.

49) K. Chung, R. C. Park, "P2P Cloud Network Services for IoT based Disaster Situations Information", Peer-to-Peer Networking and Applications, Vol. 9, No. 3, pp. 566-577, 2016.

- 마이닝 알고리즘에 따른 F-검정 성능평가를 진행함[25,26]. 빈발패턴 추출을 위한 데이터는 90일간 수집하여 180개의 트랜잭션으로 구성된 기상지수 데이터베이스를 사용함. 마이닝 알고리즘으로 빈발패턴을 추출하고 F-검정은 10회 반복 측정함. 이때 확장성 평가를 위해 1회~5회는 90개의 트랜잭션으로 추출하고, 6회~10회는 180개의 트랜잭션으로 추출하고 평균 F-검정으로 각각의 마이닝 알고리즘을 비교함
- 마이닝에 따른 F-검정 분석에서 FP-Tree 알고리즘의 평균값이 88.1%로 Apriori 77.7%, AprioriAll 81.1%, AprioriSome 83.9%에 비해 높게 나타냄. 또한 FP-Tree 알고리즘은 트랜잭션 변화에 따른 F-검정이 안정적으로 나타냄
- 마이닝 알고리즘에 따른 연관패턴의 F-검정⁵⁰⁾



- 서비스 만족도의 평가 분포



- 도시기후재해지수 모니터링 시스템에서 100명을 사용자를 대상으로 사용자별로 잠재적

50) J. C. Kim, J. W. Baek, E. J. Jung, H. Jung, K. Chung, "Performance Evaluations of User Potential Risk Index for Disaster Safety", The 3th International Conference on Digital Policy & Management 2016, pp. 451-452, 2016.

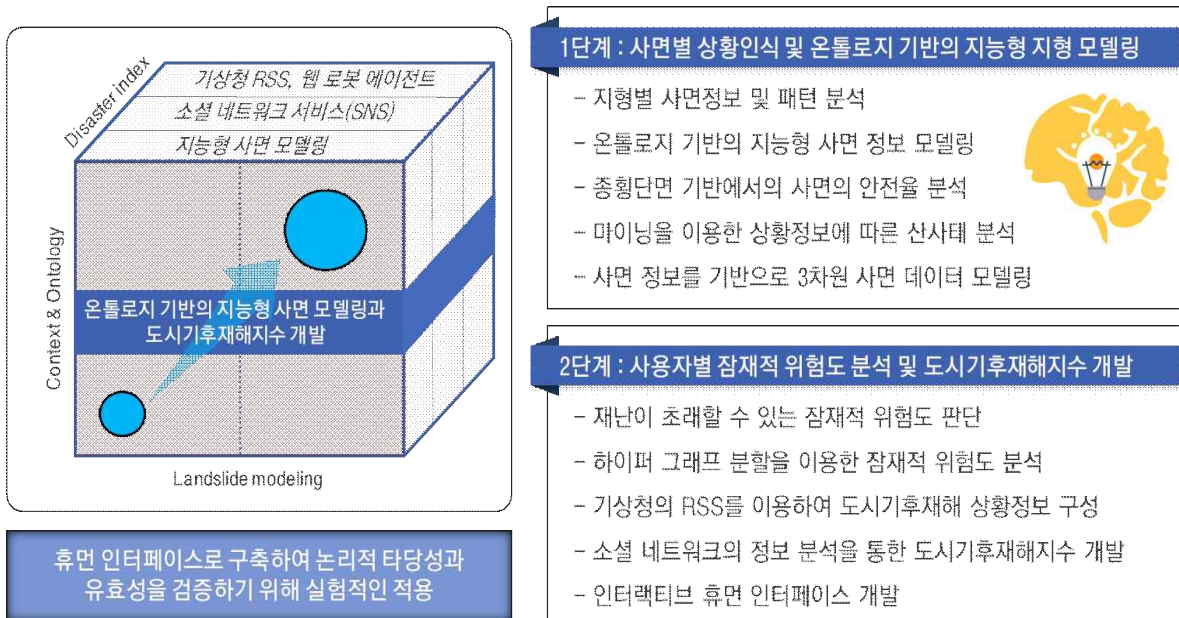
리스크를 제공하고 서비스 만족도를 1점부터 5점까지 평가함. 1점은 매우 만족하지 않음을 의미하고, 5점은 매우 만족함을 의미함

- 서비스 만족도 평가 분포에서 사용자가 4점 이상의 서비스 만족도를 나타내고 있고 재난안전을 위한 잠재적 위험도에 대해 대부분의 사용자가 만족하고 있음을 의미함

제3장 최종 연구성과 및 적용실적

(1) 최종 연구성과

- 본 연구의 최종 목표는 과학기술적 측면에서 건설·교통기술과 정보기술과의 융복합을 통하여 효율적인 사면 안정율을 분석하고 지형별 사면 정보 및 패턴 분석을 한다. 사면 정보를 위한 상황인식 및 온톨로지 기반의 지능형 3차원 사면 데이터 모델링을 개발한다. 빅데이터 처리를 위한 마이닝을 이용한 지식요소를 분석하고 사용자의 위험도 노출에 따른 재난이 초래할 수 있는 잠재적 위험도 판단한다.
- 건설·교통 분야에서 도시기후재해와 비교적 관련성이 높은 잠재적 위험도간의 연관/순차 관계를 발견하고 대중적인 관심도가 높은 도시기후재해지수를 개발하여 주의사항과 대처방안을 제시한다. 이를 휴먼 인터페이스로 구축하고, 연구성과의 유효성 및 논리적 타당성을 검증하기 위해 실험적인 적용을 하고, 온톨로지 기반의 지능형 3차원 사면 데이터 모델링과 도시기후재해지수를 디바이스에 적용하여 인터랙티브 시뮬레이션을 개발한다.



(2) 1차년도 연구성과: 사면별 상황인식 및 온톨로지 기반의 지능형 지형 모델링 개발

- 개별 연구성과 설명
 - 지형별 사면 정보 및 패턴 분석을 위한 상황정보 구성
 - 온톨로지 기반의 지능형 사면정보 모델 설계
 - 종횡단면 기반에서의 사면의 안전율 분석
 - 마이닝을 이용한 상황정보에 따른 산사태 분석
 - 사면 정보 기반의 상황인식을 이용한 3차원 사면 데이터 모델링

- 핵심요소기술별 성과물
 - 과학기술적 측면에서 건설·교통기술과 정보기술과의 융복합을 통하여 효율적인 사면 안정율을 분석하고 지형별 사면 정보 및 패턴 분석
 - 사면 정보를 위한 상황인식 및 온톨로지 기반의 지능형 3차원 사면 데이터 모델링을 개발. 빅데이터 처리를 위한 마이닝을 이용한 지식요소를 분석하고 위험도 노출에 따른 재난이 초래할 수 있는 잠재적 위험도 판단 알고리즘
 - 지능형 사면 데이터 모델링은 기존의 단순한 이미지 기반의 사면 정보에 비하여 입체적 3차원 사면 정보를 컴퓨터 그래픽스를 이용하여 모델링
 - 중형단면에서 사용자에게 의해서 설정된 사면의 안정율을 분석하고 다양한 사면에서 폭우, 폭설, 태풍, 강풍, 지진, 해일 등의 기상 상태와 도시기수재해를 포함하여 특수한 주변 환경을 상황정보로 구성
 - 휴먼 인터페이스로 구축하고, 연구성과의 논리적 타당성과 시스템의 유효성 검증을 위해 실험적인 적용을 시도, 온톨로지 기반의 지능형 3차원 사면 데이터 모델링 개발
- 주요 연구성과(학술적 성과 및 기술적 성과)
 - SCI급 국제저명논문지 게재
 - J. C. Kim, H. Jung, K. Chung, "Mining based Urban Climate Disasters Index Service according to Potential Risk", Wireless Personal Communications, Vol. 89, No. 3, pp. 1009-1025, 2016.
 - K. Chung, R. C. Park, "P2P Cloud Network Services for IoT based Disaster Situations Information", Peer-to-Peer Networking and Applications, Vol. 9, No. 3, pp. 566-577, 2016.
 - 특허출원 성과
 - 김주창, 정호일, 김성호, 정경용, 온톨로지와 사면 기반의 지능형 3차원 재난 시뮬레이션 및 방법, 특허출원, 특허청 (출원번호: 10-2015-0030343)
 - 소프트웨어등록 성과
 - 사면 기반의 지능적 3차원 재난상황 시뮬레이션, 제C-2015-006607호, 한국저작권위원회 SW 프로그램등록, 2015.3.30.
- 기술개발 성과의 국내외 시장 전망
 - 사면정보 모델링에 관한 국내 연구개발은 급경사지 붕괴위험 판단을 위한 공학적 분석을 하는 연구만이 제한적으로 이루어지고 있음. 온톨로지 기반의 지능형 사면 모델링, 마이닝을 이용한 상황정보에 따른 산사태 분석에 대한 기존의 국내연구는 전무함
 - 3차원 데이터 모델링에 관한 기존의 연구는 있으나, 3차원 가상공간에서 온톨로지 기반의 사면 상황인식에 따른 텍스트 매핑과 현실감 있게 표현한 3차원 사면 모델링에 대한 기존의 국내연구는 전무함
 - 국내 사면별 모델링 일부 요소기술 수준은 양호하나 상황인식 및 온톨로지 기반의 지능형 3차원 지형 모델링 솔루션은 미비

(3) 2차년도 연구성과: 사용자별 잠재적 위험도 분석 및 도시기후재해지수 개발

- 개별 연구성과 설명
 - 안전과 재난관리 상태인식 서비스 지식 패턴 분석
 - 하이퍼 그래프 분할을 이용한 재난이 초래할 수 있는 잠재적 위험도 판단
 - 기상청의 RSS를 이용하여 산업기상 상황정보 구성
 - 상황 분석을 통한 산업재난지수 도출
 - 맞춤형 신호등 서비스를 위한 휴먼 인터페이스 개발
- 핵심요소기술별 성과물
 - 과학기술적 측면에서 건설·교통기술과 정보기술과의 융복합을 통하여 효율적인 사면 안정율을 분석하고 지형별 사면 정보 및 패턴 분석
 - 건설·교통 분야에서 도시기후재해와 비교적 관련성이 높은 잠재적 위험도간의 연관/순차 관계를 발견하고 대중적인 관심도가 높은 사용자별 특화된 도시기후재해지수를 개발하여 주의사항과 대처방안을 제시
 - 건설·교통 분야에서 도시기후재해와 관련성이 높은 잠재적 위험도간의 연관/순차 관계를 발견하고 대중적인 관심도가 높은 도시기후재해지수를 서비스하여 주의사항과 대처방안을 제시하여 국민 삶의 질 향상 기여 및 사회적 재난 이슈 해결에 기여
 - 휴먼 인터페이스로 구축하여 논리적 타당성 및 시스템 유효성을 검증하고, 실험적인 적용을 시도, 마이닝 기반의 사용자별 잠재적 위험도 분석과 도시기후재해지수 개발
- 주요 연구성과(학술적 성과 및 기술적 성과)
 - SCI급 국제저명논문지 게재
 - J. C. Kim, H. Jung, S. H. Kim, K. Chung, "Slope based Intelligent 3D Disaster Simulation using Physics Engine", Wireless Personal Communications, Vol. 86, No. 1, pp. 183-199, 2016.
 - H. Jung, K. Chung, "Ontology-Driven Slope Modeling for Disaster Management Service", Cluster Computing, Vol. 18, No. 2, pp. 677-692, 2015.
 - 소프트웨어등록 성과
 - 잠재적 위험도에 따른 도시기후재해지수 모니터링 시스템, 제C-2016-011044호, 한국저작권위원회 SW 프로그램등록, 2016.5.10.
- 기술개발 성과의 국내외 시장 전망
 - 도시기후재해에 관한 국내 연구개발은 기상청과 국가재난정보센터에서 재난산업을 위한 연구만이 제한적으로 이루어지고 있음. 재난이 초래할 수 있는 잠재적 위험도 판단, 상황정보 분석을 통한 도시기후재해지수는 차별성과 난이도가 높은 기술임
 - 사용자 프로파일 패턴 분석에 관한 기존의 연구는 있으나, 상황정보 분석과 마이닝을 이용한 사용자별 라이프로그 분석, 위험도 노출에 따른 재난이 초래할 수 있는 잠재적 위험도 분석에 대한 기존의 국내 연구는 전무하고 사용자별 잠재적 위험도 분석 및 도시기후재해지수 서비스 추천 기술은 거의 전무한 수준

제4장 연구목표 달성 및 효과

(1) 연구개발 최종목표 달성도

- 온톨로지 기반의 지능형 사면 모델링과 도시기후재해지수를 개발하는 과제가 진행되었고 연구원들이 각자 맡은 역할에서 최선을 다해 과제를 수행하였음. 사면별 상황인식 및 온톨로지 기반의 지능형 사면 모델과 사용자별 잠재적 위험도 분석 및 도시기후재해지수 개발을 통해 가능성을 제시하였고 기반자료를 완성하였음. 연구내용에 있어 연구 목표에 맞춰 체계적으로 진행하여 연구개발 최종목표를 달성하였음
- 본 연구의 최종성과목표는 SCI(E)학술지2건, 일반학술지2건, 국내특허출원1건, 소프트웨어등록2건으로 설정하였음. 연구기간동안 연구개발 목표에 도달하기 위해 창의·도전적인 연구에 전념하여 정량적 연구성과 측면에서 SCI급 국제저명논문지에 4편, 소프트웨어등록 2건, 특허출원 1건을 하여 연구개발 최종목표를 달성하였음

• 1차년도 연구개발 목표의 달성도

목 표	달성도(%)	내 용
• 온톨로지 기반의 지능형 사면 정보 모델 설계	100	• 온톨로지 기반의 사면정보 모델 개발 • 상황정보로 분류된 산사태 정보 설계
• 마이닝을 이용한 상황정보에 따른 산사태 분석	100	• 산사태 상황정보 모델 개발 • 마이닝에 의한 상황인지 서비스 모델 • 마이닝 기반의 다차원 사면 분석
• 사면 정보를 기반으로 3차원 사면 데이터 모델링	100	• 3차원 사면모델 검증 및 3차원 사면 구성 • 3차원 사면정보를 3DS MAX를 이용한 모델링 • 3차원 사면 데이터 모델링 인터페이스 개발
• 1차년도 성과지표	100	• SCI급 국제저명논문지 2편 게재완료 • 국내 학술대회 발표 1건, 우수논문상 수상 • 국외 학술대회 발표 1건, Best Paper Award 수상 • 특허출원 1건 완료 • 소프트웨어등록 1건 완료

• 2차년도 연구개발 목표의 달성도

목 표	달성도(%)	내 용
• 하이퍼 그래프 분할을 이용한 사용자별 잠재적 위험도 분석	100	▪ 잠재적 위험도를 나타내는 평가 지표 개발 ▪ 재난이 초래할 수 있는 잠재적 위험도 ▪ 사용자별 잠재적 위험도 모델 개발
• RSS를 이용하여 도시기후재해 상황정보 구성	100	▪ 도시기후재해 상황정보 개발 ▪ 상황정보의 수집을 위해 XML 형태로 추출 ▪ 기상청의 RSS를 이용한 정보모델 설계
• 잠재적 위험도와 도시기후재해지수 모니터링 시뮬레이션	100	▪ 도시기후재해지수 모니터링 시뮬레이션 ▪ 도시기후재해지수 검증 및 활용
• 2차년도 성과지표	100	• SCI급 국제저명논문지 2편 게재완료 • 국외 학술대회 발표 1건, Outstanding Paper Award 수상 • 소프트웨어등록 1건 완료

- SCI급 국제저명논문지 게재 성과

- J. C. Kim, H. Jung, K. Chung, “Mining based Urban Climate Disasters Index Service according to Potential Risk“, Wireless Personal Communications, Vol. 89, No. 3, pp. 1009-1025, 2016.
- K. Chung, R. C. Park, “P2P Cloud Network Services for IoT based Disaster Situations Information“, Peer-to-Peer Networking and Applications, Vol. 9, No. 3, pp. 566-577, 2016.
- J. C. Kim, H. Jung, S. H. Kim, K. Chung, “Slope based Intelligent 3D Disaster Simulation using Physics Engine“, Wireless Personal Communications, Vol. 86, No. 1, pp. 183-199, 2016.
- H. Jung, K. Chung, “Ontology-Driven Slope Modeling for Disaster Management Service“, Cluster Computing, Vol. 18, No. 2, pp. 677-692, 2015.

- 학술대회 발표 성과

- J. C. Kim, J. W. Baek, E. J. Jung, H. Jung, K. Chung, “Performance Evaluations of User Potential Risk Index for Disaster Safety“, The 3th International Conference on Digital Policy & Management 2016, pp. 451-452, 2016.
- Outstanding Paper Award, The 3th International Conference on Digital Policy & Management 2016, 2016.01.20.
- J. K. Ryu, J. C. Kim, H. Jung, C. W. Song, K. Chung, “Performance Analysis of Slope Ontology based 3D Disaster Simulation“, The 5th International Conference on Convergence Technology 2015, pp. 506-507, 2015.
- Best Paper Award, The International Conference on Convergence Technology 2015, 2015.07.01.
- 김주창, 정호일, 송창우, 정경용, “건설지수 기반의 연관패턴을 이용한 토목공사 안전관리“, 한국디지털정책학회 2014 추계종합학술대회 발표논문집, pp. 155-159, 한성대학교, 2014.11.29.
- 우수논문상, 한국디지털정책학회 2014 추계종합학술대회, 2014.11.29.

- 특허 출원 성과

- 김주창, 정호일, 김성호, 정경용, 온톨로지와 사면 기반의 지능형 3차원 재난 시뮬레이션 및 방법, 특허출원, 특허청 (출원번호: 10-2015-0030343)

- 소프트웨어등록 성과

- 사면 기반의 지능적 3차원 재난상황 시뮬레이션, 제C-2015-006607호, 한국저작권위원회 SW 프로그램등록, 2015.3.30.
- 잠재적 위험도에 따른 도시기후재해지수 모니터링 시스템, 제C-2016-011044호, 한국저작권위원회 SW 프로그램등록, 2016.5.10.

(2) 연구개발 성과의 기술적 효과분석

- 국내의 관련 기술의 경우 대표적으로 정부에서 시행하는 국가재난 관리시스템, 산불화 재조기 경보시스템, 하천범람재난재해 감시시스템 등으로, 본 연구에서 추구하는 안전과 재난관리·예방의 기술연구가 아니라, 재해·재난 발생 시에 신속한 대처를 위한 연구가 대부분임

- 국가 경쟁력을 증대시키고 국민 안전과 재난관리를 위해 국내 기술력이 반영된 온톨로지 기반의 지능형 사면 모델링과 도시기후재해지수 개발은 반드시 필요. 자연재해와 환경오염 등에 따른 재난·재해의 대형화와 거점 집중화, 세계화로 인간에게 큰 피해를 줄 수 있는 재난 위험을 조기에 발견하고, 피해를 최소화하기 위해 융복합 기술을 활용한 재난관리는 해외시장에서도 반드시 필요한 기술임
- 본 창의·도전 연구에서는 사면 정보를 위한 상황인식 및 온톨로지 기반의 지능형 3차원 사면 데이터 모델링을 개발. 빅 데이터 처리를 위한 마이닝을 이용한 지식요소를 분석하고, 사용자의 위험도 노출에 따른 재난이 초래할 수 있는 잠재적 위험도를 판단. 건설·교통 분야에서 도시기후재해와 비교적 관련성이 높은 잠재적 위험도간의 연관/순차 관계를 발견하고 대중적인 관심도가 높은 도시기후재해지수를 개발하여 주의사항과 대처방안을 제시하는 연구로서 기존의 연구개발 내용과는 상당한 차이를 보이므로, 안전과 재난관리의 새로운 패러다임을 창출할 것으로 분석됨
- 기존의 국내외 관련 기술 및 특허에서 다루지 않았던 창의·도전적인 연구로 차별성과 난이도가 높은 도전적인 연구임

(3) 연구개발 성과의 경제적 효과분석

- 많은 국가들은 미래의 재난과 안전에 대한 불확실성에 대비하고, 효율적인 전략을 수립하여 국가적 차원의 안전과 재난관리에 대한 구체적인 연구를 수행함. 미래변화에 대한 신속 대응을 통해 재난으로부터 안전한 사회를 만들고, 미래의 이슈에 대하여 문제 해결을 시도하고 있음
- 미래 대응에 대한 산업동향으로 재난, 재해, 인구증가, 식량부족, 정보통신에 대한 정책의 수립으로 이에 대한 다양한 해결방안을 개발하고 있고, 기후변화에 의한 재해를 고려하는 안전방안과 재난관리로 안전한 사회를 만들기 위한 미래 대응 연구를 진행하고 있음
- 안전과 재난관리에 운영에 있어 지능형 정보시스템을 도입하여 재난발생예측 및 재난발생시 신속하고 효과적인 대응을 지원하며, 중앙정부차원에서는 지능형 정보시스템을 기관별로 구축 및 운영. 각각의 지역에 적절한 개별적 정보화 시스템을 구축하여 활용
- 자연 재해·재난은 피해규모가 대형화되고 있는 추세로 복합적 형태의 재난환경으로 변화하고 있음. 또한 급격한 산업 발달에 따라 테러 및 전쟁과 같은 인적 재해가 급격히 증가함. 이러한 재해·재난의 다양성과 복잡성의 증대로 국가적 재난상황에 효과적으로 대비·대응하기 위해 체계적이고 적응적인 중앙 통제를 가능하게 하는 선진화된 재난안전 대응 시스템이 요구되고 있으며, 안전과 재난관리를 위한 고도화된 인프라의 필요성이 국내외적으로 대두함

(4) 연구개발 성과의 정책적 효과분석

- 자연 재해·재난은 피해규모가 대형화로 인해 예방차원에서의 재난예방, 안전관리 등의

융합기술 개발의 중요성이 대두됨에도 불구하고 상대적으로 기존의 진행되고 있는 타 사업에 비해 국가경제에 기여하는 재난·재해예방의 필요성이 제대로 적용되지 못하고 평가 절하되어 있는 상황임

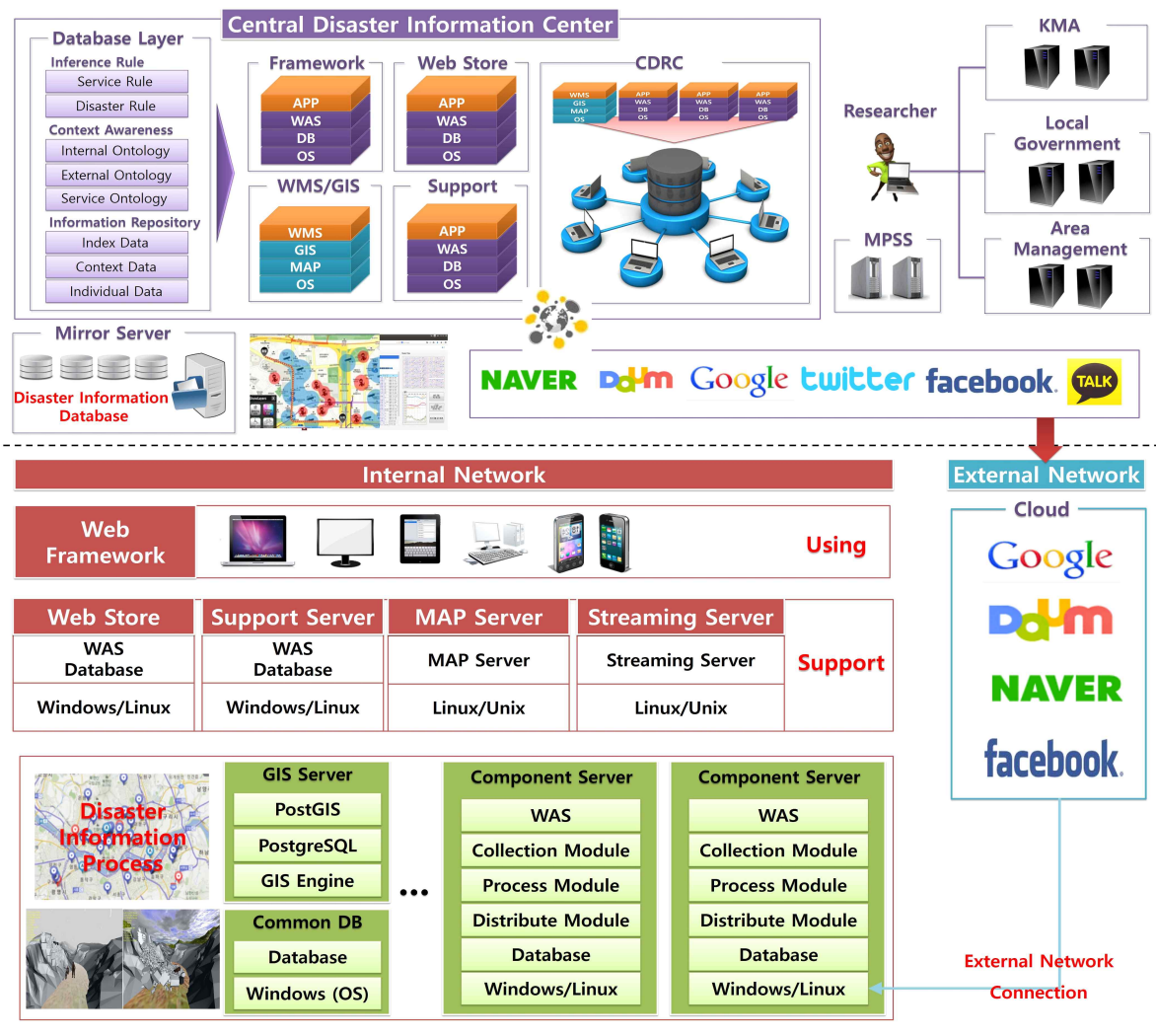
- 재난에 대한 국민적 관심과 사회적 요구를 반영하여 기후 변화 및 재난 환경에 대한 국가 안전과 재난관리 플랫폼의 구축, 융복합, 성과 창출형 시스템 기반의 확충으로 안전과 재난관리 연구가 매우 중요함
- 사회적 재난과 다양한 유형의 재난을 관리하기에는 현재 기술로는 부적합하므로, 이를 위한 인력양성 및 융복합 연구의 활성화 유도가 중요한 시점임
- 정부의 연구개발 추진으로 재난·안전 분야에 대해 미래형 재난 안전 환경에 대한 기술개발, 성과창출형 재난 안전융복합 시스템 기반의 확충, 생활 밀착형 안전 서비스 제공을 중점적으로 추진함. 안전한 국민 삶의 질 제고와 선진국과의 안전과 재난관리의 융합 기술격차 해소를 위해 지속적으로 연구 및 투자가 확대될 필요가 있음
- 안전과 재난관리 기술은 새로운 재난안전 기술 개발, 안전문화, 새로운 일자리 마련, 미래 재난안전문제 등의 지속적인 연구를 통해 급속도로 성장 가능한 블루오션으로 잠재적인 성장가치가 매우 크며, 선진국과 비교하였을 때, 국내 투자현황을 고려하면 지속적인 발전을 위해서 현재부터의 연구 투자분야로서 매우 적합한 시점임
- 반복적으로 발생하는 재난·재해 피해를 줄이기 위해, 재난의 다양한 유형과 및 상습피해 지역에 맞춤형 재난대응기술 개발과 확산, 테러, 국가 감염병 등 신종 재난·재해의 발생위험에 따른 국민의 불안감 증폭 및 복합적인 재난에 따른 규모의 대형화에 신속히 대응하기 위해 선제적 재난·재해 기술개발 중요성이 대두. 또한 재난관리 분야에서 고령화, 다문화, 양극화, 도시화 등으로 재난취약계층 증가함에 따라 생활 밀착형 융합 기술이 우선으로 개발되어야 함
- 첨단 정보기술의 선진화로 스마트 디바이스의 인공지능을 접목한 재난관리 및 예방 기술의 확대가 가능함. 증강현실 기반 지능형 인터페이스를 통한 가상현실 극대화 기술은 가상 재난상황을 기반으로 국민의 적극적인 재난관리 및 대응에 중요한 도구가 됨

제5장 연구성과의 활용 및 향후연구

(1) 연구결과의 활용방안

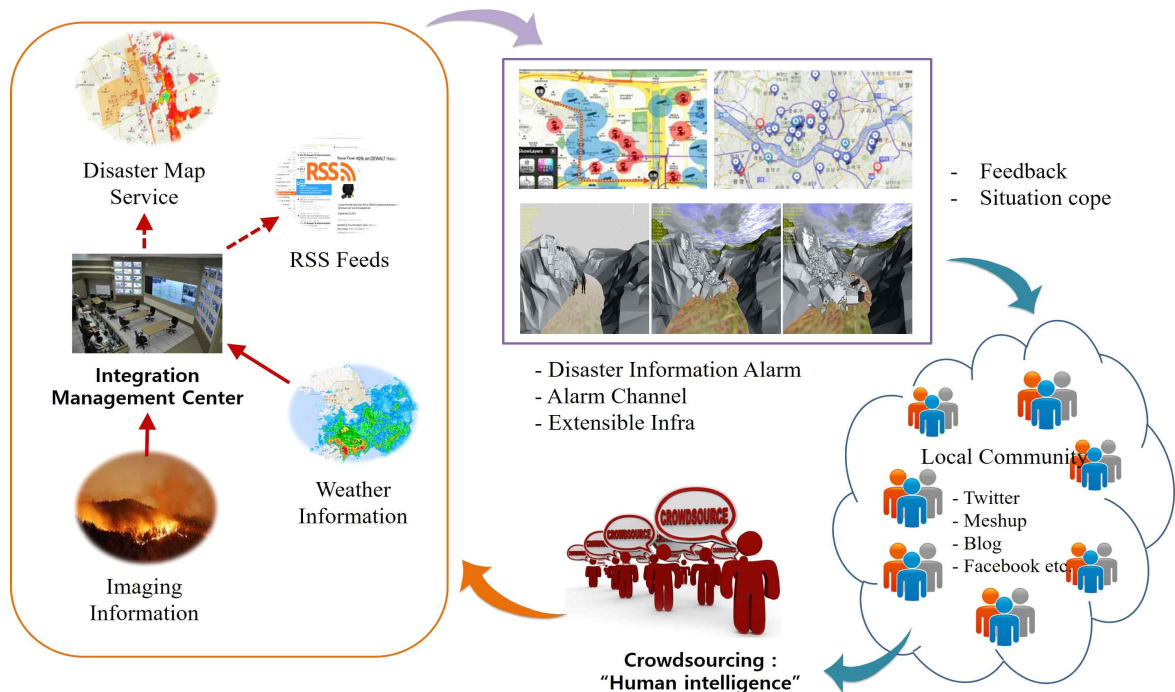
- 창의·도전적 연구의 결과물은 다양한 지면에서 폭우, 폭설 등의 도시기후재해에 의하여 발생되기 쉬운 낙석 및 산사태를 입체적으로 가시화 및 시뮬레이션 할 수 있도록 하는 3차원 뷰어이면서 시뮬레이터로 활용
- 사용자에게 의해서 설정된 지형의 정보에 맞는 안전율을 실시간적으로 구할 수 있는 가능성과 그에 따른 낙석 및 산사태 시뮬레이션을 실시간 및 입체적으로 확인할 수 있는 충분한 가능성이 있음
- 사면 정보 데이터베이스의 3D 제작과 입체적 활용 및 가시적 서비스가 가능함
- 교통 분야에서 차량 주행 안내 시스템에서 3차원 사면 지능형 정보 서비스와 지능형 도시기후재해지수 서비스로 활용
- 지능형 도로 교통 체계와 3차원 사면 정보의 융합을 통한 시너지
- 국토교통부 산하의 각종 과제의 효율적 수행과 개발 시스템과의 호환성을 위해 국내의 사면 데이터베이스 속성에 대한 입체적 가시화, 국토교통부 산하의 대부분의 과제에 대하여 입체적인 현장 지원에 의한 기술 개발, 장비 구매, 설치 장소, 설치 인력, 설치비용, 시간 절감 및 향후 입체적 운영 관리 비용 절감 대책 수립
- 다양한 지형의 낙석 및 산사태에 대한 보강 공사 시뮬레이션, 특정 지역의 폭우나 폭설에 의한 낙석 및 산사태, 침수 등에 대한 시뮬레이션을 활용
- 지진이나 화산폭발 등과 같은 각종 자연 재해 시뮬레이션 및 재난 방지 대책 수립을 위한 시뮬레이션으로 활용
- 건설·교통분야의 융복합의 H/W와 S/W 공동 개발의 지원을 위한 센터 구축과 운영을 통해 산업 정보기술간 융합성공 모델을 도출하고, 차세대 융복합 분야로 육성 가능함
- 건설·교통과 정보기술 융합 포럼의 활용 산/학/연 공동 활동을 통해 구체적인 협력 융복합 분야를 도출하고 중점 추진 분야와 분야별 구체화 가능함
- 사용자별 위험도 노출에 따른 재난이 초래할 수 있는 잠재적 위험도와 고도화된 도시기후재해지수를 제공하므로 도시기후재해에 대한 예방과 대응관련 사회문제를 해결하여 삶의 질 향상
- 사용자별 상황에 따라 조도, 습도, 온도, 먼지, 자외선 등을 센서로부터 감지하고 분석이 가능함. 기상청에서 제공하는 RSS의 XML 스키마와 생활기상지수, 보건기상지수, 산업기상지수를 활용하여 잠재적 위험도와 도시기후재해지수를 제공함
- 인터랙티브 휴먼 인터페이스를 ZigbeX과 SkyModule 디바이스에 적용하여 사용자의 요구에 따른 도시기후재해지수의 단계별 주의사항과 대처방안을 실시간으로 제공
- 상황인식 기술을 활용하여 사용자의 상황에 따라 차별화된 고급정보 서비스가 가능
- 고도화된 도시기후재해지수를 제공하므로 도시기후재해에 대한 예방과 대응관련 사회문제 해결에 대한 예방과 조기에측을 통한 삶의 질 향상

- 중앙 재난정보 센터에서 재난 정보 수집 및 처리를 위한 재난정보 시스템과 재난 정보 서비스를 위한 웹 프레임워크, 재난 콘텐츠의 정보유통을 관리하는 웹 스토어, 개발자에게 부가정보를 지원하기 위해 구성하여 연구결과의 활용이 가능



- 개발한 온톨로지 기반의 지능형 사면 모델링은 물리엔진을 이용하여 3차원 위험 상황을 다양하게 표현하는 기술임. 터널 기반의 상황 모델링에서 산사태 및 낙석, 균열, 누수, 백태, 갭문, 웅벽, 박리, 박락 등의 표현, 종단횡면에 따른 3D 뷰어 윈도우에서 지형을 모델링에 활용할 수 있고 터널단면상에서 단면 측량 분석을 통해 측벽부, 천장부, 웅벽부에서 압축강도시험, 반발경도법, 초음파속도법에 의한 라이닝강도를 모델링할 수 있음
- 온톨로지 기반 연관 상황 시뮬레이션으로 고도화 개발이 가능하고 3D 컴퓨터 그래픽스 기법을 사용하여 입체적 3차원 가상현실로 산사태, 눈, 비, 안개, 화재, 폭발, 연기와 같은 환경적인 상황정보를 나타내는 단편적인 시뮬레이션에서 다양한 환경을 나타내는 복합적인 위험 상황 시뮬레이션으로 표현이 가능함

- 재난이 발생할 경우, 해당 지역 주민들에게 재난상황, 대피장소 등과 같은 재난정보가 중요함. 재난정보 네트워크 시스템의 반영구적 구축이 필요하고 서버의 네트워크 구성 및 재난상황 대응 시스템에 대한 QoS 제어를 고려해야 함. 재난정보 서비스를 위한 P2P 클라우드 네트워크에서 재난정보 시스템으로 활용이 가능함

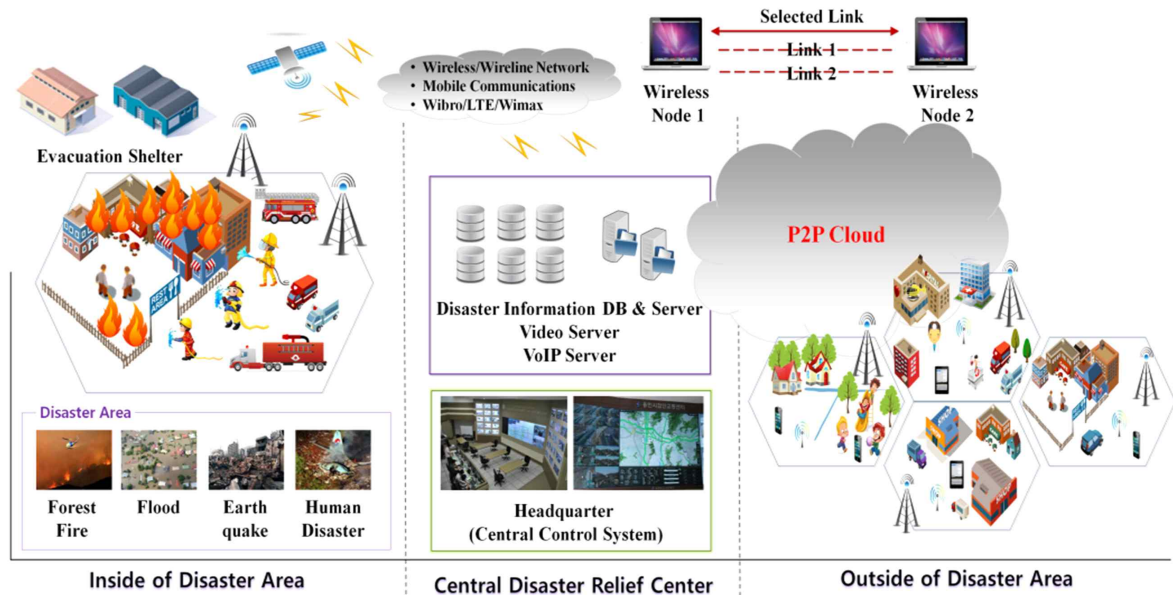


- 건설/교통기술 분야에서도 재난예방 및 관리를 위한 차세대 기술로 개발한 방법을 통한 위험 상황 시뮬레이션으로 고도화 개발이 가능하고 재난 상황을 가상으로 3차원 가상 현실을 통해 시뮬레이션할 수 있으며, 재난 관리 및 조기예측을 통해 재난 발생 시 신속한 대응이 가능함
- 지구온난화와 더불어 세계 곳곳의 기후변화와 기상이변 등 이상현상으로 재난이 발생하고 있으며, 이에 대한 피해를 최소화하기 위해 재난예방 및 관리에 대한 고도화 연구가 가능함

(2) 추가연구 필요성

- 안전과 재난관리에서 온톨로지 기반의 지능형 사면 모델링과 도시기후재해지수를 보다 구체적으로 활용하는 후속 융복합연구의 지속적 추진이 필요함
- 건설·교통기술에서 기초학문과 응용학문이 서로 융합된 새로운 학제 간 복합연구 및 교육기반 조성이 가능하며, 지역친화형 재난상황대응에 관한 종합적인 안목과 전문 인력을 양성할 수 있음
- 창의·도전적 연구결과를 안전과 재난관리에 접목하여, 전문화, 세분화되어가는 건설·교통기술 분야에서 사용자를 고려하는 창의·융합에 대한 체계적, 실무적인 정보를 제공함으로써 미래지향적 사회요구에 대응이 가능함

- 재난 본부는 유선 광대역 네트워크와 위성 네트워크를 통해 재난지역 외부의 시설과 연결됨. 피난 시설의 안전정보 서버, 중앙 재난정보 센터의 통합 재난 서버, 고속 네트워크로 구성된 P2P 클라우드 기반 스마트 재난상황 정보 시스템으로 연구가 필요함



- 도시기후재해지수 서비스는 재해, 재난, 안전사고 등의 다양한 유형의 리스크를 탐지하고 예측을 하여 추이를 분석이 가능함. 또한 재난관리에서 의사결정에 활용하여 자연적, 인적, 사회적 재난에 기반하여 리스크의 위험도를 판단하고 미래 진행양상과 확산 방향을 예측이 가능함
- 연구개발 결과는 온톨로지 기반의 지능형 사면 모델링 및 도시기후재해 지수를 개발함으로써 신개념 가치 창출의 원천을 개발하고, 새로운 산업적 모델 창출과 다양한 산업의 경쟁력을 강화를 도모할 수 있음
- 건설·교통기술 분야 외의 다양한 분야에 접목이 용이하며, 본 창의·도전연구에서 개발한 온톨로지 기반의 지능형 3차원 사면 모델링은 실제로 시행하기 어려운 고비용·고난이도의 융복합 연구로 다양한 융합 산업 연계 및 응용이 가능할 것으로 판단됨

참고문헌

- [1] 전인자, 정경용, "웨어러블 기반의 스마트 모자를 이용한 생활기상지수 모니터링 시스템", 한국콘텐츠학회논문지, 제9권, 제12호, pp. 477-484, 2009.
- [2] H. Jung, K. Y. Chung, "Ontology-Driven Slope Modeling for Disaster Management Service", Cluster Computing, Vol. 18, No. 2, pp. 677-692, 2015.
- [3] 안영훈, 한부영, 류영아, 배정아, "Research od Developing the National Safety & Security Index", 국립재난안전연구원, 2014.
- [4] 기상청, Korea Meteorological Administration, <http://www.kma.go.kr/>.
- [5] 공공 데이터 포털, Open Data Portal, <http://www.data.go.kr/>.
- [6] Disaster Risk Index, <https://www.undp.org/>, United Nations Development Programme, 2004.
- [7] Dara Impact Matters, <http://daraint.org/risk-reduction-index/>.
- [8] P. Peduzzi, H. Dao, C. Herold, F. Mouton, "Assessing global exposure and vulnerability towards natural hazards: the Disaster Risk Index", Natural Hazards and Earth System Sciences, Vol. 9, No. 4, pp. 1149-1159, 2009.
- [9] M. Dilley, Natural disaster hotspots: a global risk analysis, World Bank Publications, Vol. 5, 2005.
- [10] NWS, National Weather Service, <http://www.weather.gov/>.
- [11] 전황수, "재난·재해 대응형 IT 기술", 한국전자통신동향분석, Vol. 28, No. 2, pp. 145-94, 2013.
- [12] J. C. Kim, H. Jung, S. H. Kim, K. Y. Chung, "Slope based Intelligent 3D Disaster Simulation using Physics Engine", Wireless Personal Communications, Vol. 86, No. 1, pp. 183-199, 2016.
- [13] 강희조, "PS-LTE 재난안전통신망에 관한 정책 연구", 한국디지털콘텐츠학회논문지, 제16권, 제1호, pp. 43-51, 2015.
- [14] 이재은, "IT기반 미래사회의 재난환경변화와 재난관리시스템 발전전략", 한국정책과학 학회, pp. 141-168, 2005.
- [15] K. Y. Chung, R. C. Park, "P2P Cloud Network Services for IoT based Disaster Situations Information", Peer-to-Peer Networking and Applications, Vol. 9, No. 3, pp. 566-577, 2016.
- [16] S. M. Jo, K. Y. Chung, "Design of Access Control System for Telemedicine Secure XML Documents", Multimedia Tools and Applications, Vol. 74, No. 7, pp. 2257-2271, 2015.
- [17] 류정탁, 김인경, "Zigbee와 GPS를 이용한 실내 위치 인식 시스템 개발", 한국산업정보 학회논문지, 제17권, 제4호, pp. 1-7, 2012.
- [18] R. Agrawal, R. Srikant, Mining sequential patterns, 1994.
- [19] S. K. Hong, S. P. Kim, H. S. Lim, Y. S. Moon, "Secure Multi-Party Computation of Pearson Correlation Coefficients", Journal of KIISE, Vol. 41, No. 10, pp. 799-809, 2014.
- [20] Tanagra, <http://data-mining-tutorials.blogspot.kr/>.
- [21] SPSS24, <http://www.ibm.com/>.
- [22] B. W. Lee, "Digital Convergence Teaching Strategy System using Spearman Correlation Coefficients", Journal of Internet Computing and Services, Vol. 11, No. 6, pp. 111-122, 2010.
- [23] H. Jung, K. Chung, "Knowledge-based dietary nutrition recommendation for obese

- management", Information Technology and Management, Vol. 17, No. 1, pp. 29-42, 2016.
- [24] 조동주, 빈발패턴트리를 이용한 연관 아이템 기반의 협력적 필터링 시스템, 상지대학교 석사학위논문, 2008.
 - [25] 김주창, 마이닝 기반 기상 데이터 분석을 이용한 잠재적 위험 모니터링 시스템, 상지대학교 석사학위논문, 2016.
 - [26] H. Jung, K. Y. Chung, "Discovery of Automotive Design Paradigm using Relevance Feedback", Personal and Ubiquitous Computing, Vol. 18, Issue 6, pp. 1363-1372, 2014.
 - [27] H. Jung, K. Chung, "PHR Based Life Health Index Mobile Service Using Decision Support Model", Wireless Personal Communications, Vol. 86, No. 1, pp. 315-332, 2016.
 - [28] K. Chung, R. Boutaba, S. Hariri, "Knowledge-based Decision Support Systems", Information Technology and Management, Vol. 17, No. 1, pp. 1-3, 2016.
 - [29] K. Y. Chung, Y. Na, J. H. Lee, "Interactive Design Recommendation using Sensor based Smart Wear and Weather WebBot", Wireless Personal Communications, Vol. 73, No. 2, pp. 243-256, 2013.
 - [30] J. C. Kim, H. Jung, K. Y. Chung, "Mining based Urban Climate Disasters Index Service according to Potential Risk", Wireless Personal Communications, Vol. 89, No. 3, pp. 1009-1025, 2016.
 - [31] J. C. Kim, J. W. Baek, E. J. Jung, H. Jung, K. Y. Chung, "Performance Evaluations of User Potential Risk Index for Disaster Safety", Proc. of the 3th International Conference on Digital Policy & Management 2016, pp. 451-452, 2016.
 - [32] J. K. Ryu, J. C. Kim, H. Jung, C. W. Song, K. Y. Chung, "Performance Analysis of Slope Ontology based 3D Disaster Simulation", Proc. of the International Conference on Convergence Technology 2015, pp. 506-507, 2015.
 - [33] 정호일, 마이닝 기반 감성 분석을 이용한 디자인 추천 시스템, 상지대학교 석사학위논문, 2008.
 - [34] K. Chung, J. C. Kim, R. C. Park, "Knowledge-based Health Service considering User Convenience using Hybrid Wi-Fi P2P", Information Technology and Management, Vol. 17, No. 1, pp. 67-80, 2016.
 - [35] H. Jung, K. Chung, "Life Style Improvement Mobile Service for High Risk Chronic Disease based on PHR Platform", Cluster Computing, Vol. 19, No. 2, pp. 967-977, 2016.
 - [36] 류중경, 김종훈, 김재권, 이정현, 정경용, "상황인식 기반의 유헬스 환경정보 서비스", 한국콘텐츠학회논문지, 제11권, 제7호, pp. 21-29, 2011.
 - [37] 류중경, 웨어러블 센서를 통한 온톨로지 기반의 지능적 건강관리 시스템, 인하대학교 박사학위논문, 2012.
 - [38] K. Chung, R. C. Park, "P2P Cloud Network Services for IoT based Disaster Situations Information", Peer-to-Peer Networking and Applications, Vol. 9, No. 3, pp. 566-577, 2016.
 - [39] 김주창, 정호일, 송창우, 정경용, "건설지수 기반의 연관패턴을 이용한 토목공사 안전 관리", 한국디지털정책학회 2014 추계종합학술대회 발표논문집, pp. 155-159, 2014.
 - [40] H. Jung, K. Chung, Y. H. Lee, "Decision Supporting Method for Chronic Disease Patients based on Mining Frequent Pattern", Multimedia Tools and Applications, Vol. 74, No. 20, pp. 8979-8991, 2015.
 - [41] G. Y. Song, Y. Cheon, K. Lee, H. Lim, K. Chung, H. Rim, "Multiple Categorizations

- of Products: Cognitive Modeling of Customers through Social Media Data Mining", Personal and Ubiquitous Computing, Vol. 18, No. 6, pp. 1387-1403, 2014.
- [42] H. Jung, K. Y. Chung, "Mining based Associative Image Filtering using Harmonic Mean", Cluster Computing, Vol. 17, No. 3, pp. 767-774, 2014.
- [43] H. Jung, K. Chung, "Sequential Pattern Profiling based Bio-Detection for Smart Health Service", Cluster Computing, Vol. 18, No. 1, pp. 209-219, 2015.
- [44] 사면 기반의 지능적 3차원 재난상황 시뮬레이션, 제C-2015-006607호, 한국저작권위원회 SW 프로그램등록, 2015.
- [45] 잠재적 위험도에 따른 도시기후재해지수 모니터링 시스템, 제C-2016-011044호, 한국저작권위원회 SW 프로그램등록, 2016.