

실외 센서네트워크 기반 재해방지 시스템을 위한 위험지역 예측기법

정 영 진[†] · 류 근 호^{**} · 김 학 철^{***}

요 약

무선 통신 기술의 발달과 무선기기의 소형화, 그리고 환경에 대한 감지와 제어를 수행하는 센서 네트워크 기술의 확산으로 환경오염, 터널 및 건축물의 붕괴, 홍수, 태풍, 지진 등의 재난에 대비하기 위한 재해 감시 시스템에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다. 재해 감시 시스템은 원격지의 상태 정보를 검출하고, 재해 상황을 판단하기 위한 규칙 처리 과정 후, 인식된 상황에 따라 방재작업을 지원한다. 그러나 기존의 모니터링 시스템들은 주로 현재 데이터를 위주로 간단한 집계함수 및 연산자만을 지원하기 때문에, 재해를 미리 예측하고 방재하기에는 부족한 점이 있다.

따라서 이 논문에서는 실외 센서 네트워크 및 공간 정보를 고려하여 재해 위험 지역을 미리 예측하는 재해 방지 시스템을 설계, 구현한다. 제시된 위험 지역 예측 기법은 현재 센서 데이터를 토대로 시간에 대한 공간 정보의 변화를 고려하여 미래에 재해 위험이 있는 지역을 추정하여 제시한다. 이로 인해 재해를 미리 예측하고 방지할 수 있게 되고, 재해 피해 감소 및 복구비용을 줄일 수 있다. 제시된 재해 방지 시스템과 위험 지역 예측 기법은 센서네트워크를 기반으로 하는 다양한 재해 방지 시스템에 활용되어 재해 예방 및 피해 감소에 많은 도움을 줄 수 있다.

키워드 : 재해방지, 센서네트워크, 재해방지 시스템, 위험지역 예측, 스트림 처리

Dangerous Area Prediction Technique for Preventing Disaster based on Outside Sensor Network

Young Jin Jung[†] · Keun Ho Ryu^{**} · Hak-Cheol Kim^{***}

ABSTRACT

Many disaster monitoring systems are constantly studied to prevent disasters such as environmental pollution, the breaking of a tunnel and a building, flooding, storm, earthquake according to the progress of wireless telecommunication, the miniaturization of terminal devices, and the spread of sensor network. A disaster monitoring system can extract information of a remote place, process sensor data with rules to recognize disaster situation, and provide work for preventing disaster. However existing monitoring systems are not enough to predict and prevent disaster, because they can only process current sensor data through utilizing simple aggregation function and operators.

In this paper, we design and implement a disaster prevention system to predict near future dangerous area through using outside sensor network and spatial information. The provided prediction technique considers the change of spatial information over time with current sensor data, and indicates the place that could be dangerous in near future. The system can recognize which place would be dangerous and prepare the disaster prevention. Therefore, damage of disaster and cost of recovery would be reduced. The provided disaster prevention system and prediction technique could be applied to various disaster prevention systems and be utilized for preventing disaster and reducing damages.

Key Words : Prevention of Disasters, Sensor Network, Disaster Prevention System, Dangerous Area Prediction, Stream Processing

1. 서 론

문명의 발달에 따라 지구 온난화 및 환경 파괴 등으로 인

한 재난 발생 요인이 증가하고, 인구 조밀화에 의한 피해 규모가 확대됨에 따라 실시간으로 환경 실태를 파악할 필요성이 커지고 있으며, 교량, 터널 및 건축물 등의 구조물 붕괴 및 홍수, 태풍, 지진 등의 재난에 대비하기 위하여 실시간으로 원격지의 상태 정보를 검출하는 것이 요구된다. 그리고 무선 통신 기술의 발달과 환경 감시 및 제어를 수행하는 센서 네트워크 기술이 확산됨에 따라 재해를 감지하고

* 이 연구는 한국 전자통신 연구원 텔레매틱스 USN 연구단의 연구비 지원으로 수행되었습니다.

† 준 회원 : 충북대학교 대학원 전자계산학과 박사과정

** 중신회원 : 충북대학교 전기전자 및 컴퓨터공학부 교수(교신저자)

*** 정 회 원 : 한국전자통신연구원 텔레매틱스 USN 연구단 텔레매틱스 연구

그룹 공간정보연구팀 선임연구원

논문접수 : 2006년 8월 4일, 심사완료 : 2006년 9월 11일

방재하는 재해 방지 시스템에 대한 연구가 활발히 연구되고 있다.

센서 네트워크란 센싱 기능과 정보 처리 능력, 그리고 통신 능력을 가진 다수의 센서 노드들로 구성되며, 특히 사용자가 원하는 서비스 영역에 배치된 후 자동적으로 ad-hoc 네트워크를 형성한 후 필요한 정보를 수집 및 처리를 통하여 응용 서비스를 제공하는 역할을 한다. 센서 네트워크를 통해서 할 수 있는 일로는, 센서 네트워크내의 단순한 온도, 조도, 및 습도 감지뿐만 아니라, 차량의 이동 탐지 및 인접 센서 노드간의 협동 작업을 통해서 속도나 방향의 추측 기능, 나아가 고성능 이미지 처리 기능을 통한 차량의 종류 인식 및 트랙킹 기능과 같은 고급 기능을 포함한다. 또한 주변 사물에 전자 태그를 부착하여 사물과 환경을 인식하고, 네트워크를 통해서 실시간 정보를 구축하고 활용함으로써 동물관리 시스템이나 홈 네트워크[1, 2], 병원환자 관리, 공해 및 생태계 감시, 전장정보 감시 및 정찰[3], 물류 유통 관리 등 다양한 분야에서 활용이 가능하다.

이러한 모니터링 시스템의 구조를 살펴보면, 먼저 원격지의 산림이나 공장지대, 도로, 하천변 등에 상태감지를 위한 센서들이 포설되어 있으며, 이들 센서들은 센서 네트워크를 통하여 상호 연동되며 중앙의 관제센터와의 연결을 위하여 인터넷을 활용하는 집중화기에 접속된다. 그 이후 측정된 센서 데이터는 인터넷을 통해 중앙 관제센터로 전달된다. 그러면 중앙 관제 센터에서는 원격지의 상태 정보를 검출하고, 재해 상황을 판단하기 위한 규칙 처리 과정 후, 인식된 상황에 따라 대응 및 재해 방지 작업을 지원한다.

이러한 센서 네트워크 기반 모니터링 시스템은 대기 오염이나 전장에서 적군 탐지 등과 같이 개개인이 인식하기 힘든 넓은 지역에 대한 감시나 시야확보가 어려운 밤이나 안개지역에서의 이동, 그리고 혼란스러운 재해 지역에서의 대피로 및 대피소 인식 등 인간의 감각이 미치는 않는 장소 및 시간에 보다 효과적으로 사용될 수 있다.

특히, 재해는 일단 한번 발생하면 수많은 인명피해 및 천문학적인 사회적 경제적 손실을 야기하기 때문에, 미리미리 대비하고 신속하게 대응하는 것이 필수적이다. 그러나 기존의 센서 네트워크 기반 시스템 및 프로젝트들은 현재 데이터를 위주로 집계함수 및 연산자를 지원하기 때문에, 주로 현재 상황에 대해 판단할 수 있을 뿐, 재해를 미리 예측하고 방지하는 것이 필요한 재해 방지 시스템에 적용하여 활용하기에는 부적절한 점이 있다.

따라서 이 논문에서는 실의 센서 네트워크 및 공간 정보를 고려하여 재해 위험 지역을 미리 예측하는 재해 방지 시스템을 설계, 구현한다. 제시된 위험 지역 예측 기법은 현재 센서 데이터를 토대로 가까운 미래의 센서 값을 예측하고, 시간에 대한 공간 정보의 변화 및 위험도에 대한 확률을 고려하여 가까운 미래에 재해 위험이 있는 지역을 추정한다. 그러면 재해방지 시스템에서는 그 지역의 재해 위험도 및 종류를 파악하고, 재해 예보 주의보를 발령함으로써, 재해를 미리 방지할 수 있게 되고 재해 피해 감소시키며 그에 대한

복구비용을 줄일 수 있다.

이 논문의 전체적인 구성은 다음과 같다. 먼저 2장에서는 관련 연구로 센서 및 스트림 데이터 모니터링 시스템에 대한 연구들과 문제점을 알아본다. 3장에서는 제시된 실의 센서네트워크 기반 재해 방지 시스템과 데이터 처리 과정을 소개하고, 4장에서는 대기 오염 시나리오를 기반으로, 제시된 재해 방지 시스템에서의 상황 인식 과정과 위험 지역 예측 기법을 설명한다. 5장에서는 시스템의 구현 결과를 보이고, 마지막으로 6장에서는 결론을 맺는다.

2. 관련 연구

센서 데이터 처리 시스템의 관련 연구로 기존에 제시된 OGC의 SWE와 여러 센서 데이터 관리 시스템의 종류와 특성, 그리고 문제점 등을 알아본다.

Open Geospatial Consortium, Inc. (OGC)에서 수행되고 있는 Sensor Web Enablement (SWE)[4]는 웹을 통해 다양한 센서 타입을 관리하고, 다양한 응용에 적절한 정보 서비스를 제공하기 위한 시스템(홍수 측정, 대기 오염 감시, 도로 및 다리의 손상도 탐지 등) 개발을 위하여 공개적 표준의 형식적인 프레임워크를 만들고 있다. 이 프레임 워크를 위하여 센서 정보를 등록, 탐색하고, 센서에서 측정된 데이터를 전송하며, 이를 실시간으로 관리하는 것이 요구된다. 따라서 다양한 센서들을 웹에 등록하고 탐색하기 위하여 센서의 정보를 XML 형태로 저장하는 Sensor Model Language(SensorML)[5], 센서의 관측값과 측정값을 기록하기 위한 Observations & Measurements(O&M)[6], 센서 네트워크 시스템으로부터 스트림 데이터를 전송하기 위한 TransducerML[7], 센서로부터 측정값을 가져오는 서비스인 Sensor Observation Service(SOS), 센서로 사용자의 수집 실행 계획을 전달하는 Sensor Planning Service(PS), 센서 시스템으로부터 경보를 발하게 하기 위한 Sensor Alert Service(SAS)와 같이 6가지 표준 및 서비스에 대한 연구가 수행된다.

상황 인식 서비스는 환경의 변화에 따라 사용자에게 제공되는 서비스가 적절하게 변화하는 것으로, 사용자의 위치 및 디바이스, 그리고 센서 네트워크를 적절히 활용하는 것이 필요하다[8]. 이러한 서비스를 제공하기 위하여 센서 및 네트워크를 활용한 프로젝트 및 시스템으로는 1992년에 Want, Hopper에 의해 소개된 Active Badge Location System[9]을 시작으로, SOCAM(Service-Oriented Context-Aware Middleware)[10], CASS (Context-Awareness Sub-Structure)[11], CoBrA (Context Broker Architecture)[12], Context Toolkit[13, 14], Gaia[15, 16], Hydrogen[17], CORTEX[18], Telegraph[19], COUGAR[20], STREAM[21], Aurora[22], IrisNet[23], Pollution Monitoring System[24] 등의 연구가 활발히 이루어지고 있다.

SOCAM은 상황 인식 모바일 서비스를 제공하기 위한 미들웨어로, 분산된 상황 제공기(context providers)를 통해 상

황 정보를 얻고, 사용자에게 변화되는 상황에 따라 수정된 서비스를 제공한다. 그리고 상황 인식을 위해 2단 계층구조를 갖는 온톨로지 기반 모델을 제시하였다. CASS는 상황 인식 모바일 응용을 위하여 확장된 중앙형 미들웨어로, 데이터베이스의 정보를 저장하는 SensorListener와 저장된 정보를 검색하는 ContextRetriever, 모바일 컴퓨터가 변환된 상황 정보를 인식할 수 있도록 도와주는 ChangeListener로 구성되어 있다. CoBrA는 지능형 공간(Intelligent spaces)으로 불리는 상황 인식 서비스를 제공하기 위하여 에이전트 기반 구조를 기반으로 하며, Context Knowledge Base, Context Inference Engine, the Context Acquisition Module, Privacy Management Module을 활용하여 에이전트들 사이에서 상황정보를 공유한다. Context Toolkit은 각 응용에서 필요한 상황을 제공하기 위하여, 센서로부터 정보를 추상화하는 context widget, 여러 개의 context widget으로부터 정보를 취합하는 server, 이 두 구성요소로부터 상황을 다시 한번 취합하여 고수준의 상황으로 처리하는 interpreter로 구성되어 있다. 하지만, 특수한 상황에 대해서는 아직 연구가 미비한 실정이다[25]. Telegraph 프로젝트는 네트워크 상의 많은 연산자들을 효율적으로 처리하기 위하여 적응력을 가진 Dataflow 엔진을 만들고 있다. COUGAR 프로젝트는 센서네트워크를 분산 데이터베이스 시스템으로 간주하며, 센싱정보 저장 및 질의 최적화, 등을 고려하고 있다. STREAM 프로젝트는 연속 질의를 효율적으로 처리하기 위한 스트리밍 데이터 관리 시스템을 개발하는 것을 목적으로 CQL(Continuous Query Language)을 정의하며, 급격히 변화하는 데이터 스트림들에 대한 효율적인 질의 처리 방법을 제안하고 있다.

또한 센서 네트워크를 환경 정보 관리에 적용한 응용으로는 남극의 원격지역 운석 탐사 프로젝트의 일부인 NASA의 남극지역 원격 탐사 및 데이터 수집 시스템, 자연환경을 감시하기 위한 NIMS(Networked Infomechanical Systems) [26], 파나마 왕두꺼비의 생태 추적을 위한 Hybrid sensor

network for cane-toad monitoring, JENNIC에서 산업 현장에서의 가스 감지목적으로 사용한 Industrial Processing Monitoring and Control 등이다.

<표 1>은 기존의 대표적인 센서 데이터 처리 시스템과 그 질의어를 분석한 결과를 보여준다[27]. 그러나 이들 대부분은 현재 정보를 기반으로 효과적인 질의어 및 처리 모델에 대한 연구가 진행되었다. 이밖에도 날씨 및 환경오염에 대한 분석 및 예측 모델이 연구되고 있지만, 실외 센서 네트워크를 기반으로 재해 방지 분야에 적용되어 활용한 사례가 거의 없기 때문에, 재해를 미리 예측하고 대응하기에는 부족한 점이 있다.

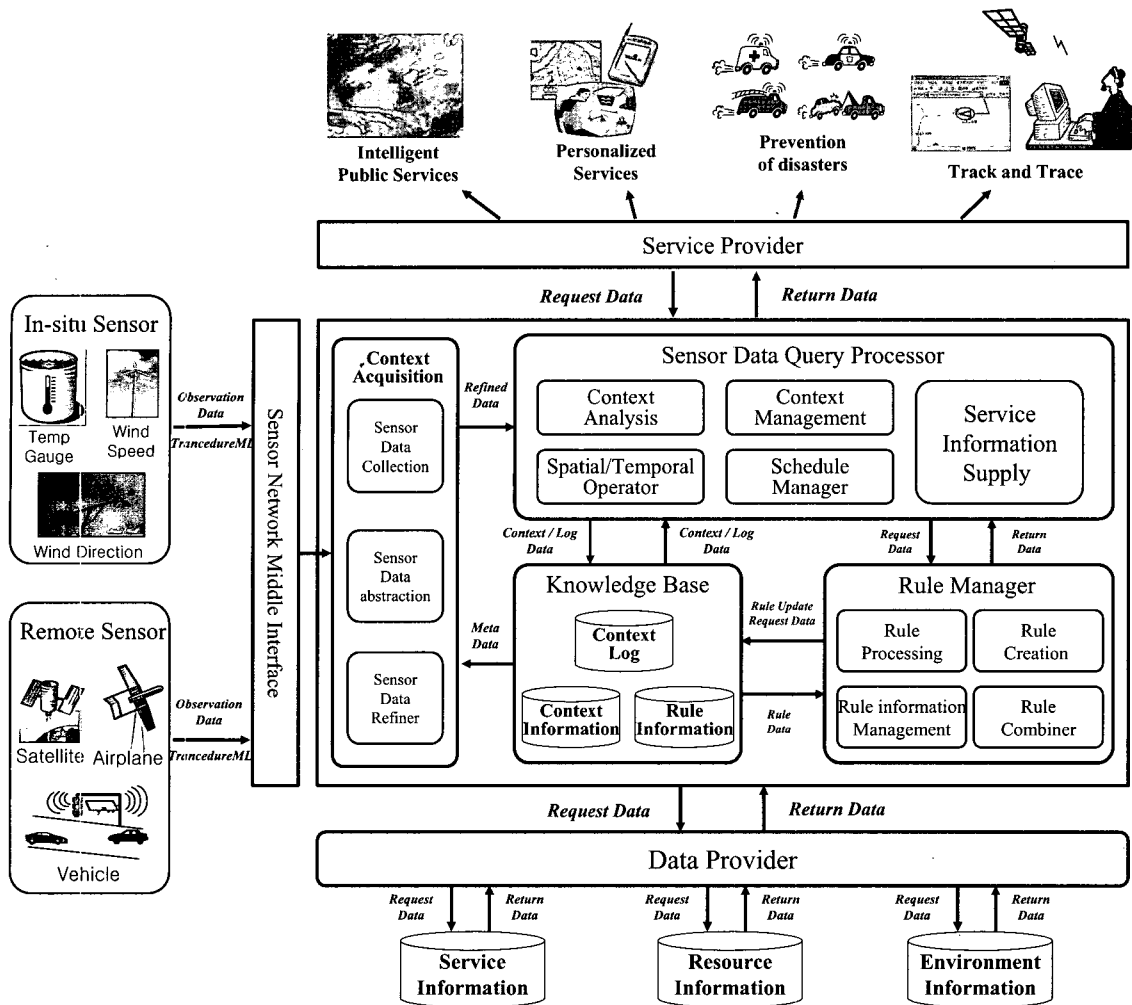
3. 실외 In-situ 센서 네트워크 기반 재해 방지 시스템

이 장에서는 실외 In-situ 센서 네트워크 기반 재해 방지 시스템의 구조 및 공간 정보를 활용한 센서 데이터 처리 과정에 대해 소개한다. 제시된 재해 방지 시스템은 실외에 설치된 센서네트워크로부터 미세먼지, 온도, 조도, 습도, 이산화탄소, 풍속, 풍향 등 실외 환경 상태에 대한 측정값을 얻고, 이를 토대로 재해에 대한 현재 위험도를 파악하고, 가까운 미래의 위험지역을 추정하는 핵심 부분으로 그 구조는 아래 그림과 같다.

실외 센서 기반의 대규모 상황 정보를 모델링하고 처리하기 위한 재해 방지 시스템의 구조는 (그림 1)과 같다. 센서 네트워크 미들웨어 인터페이스를 통해 입력되는 In-situ 센서와 원격 센서 데이터는 상황 획득 모듈에서 추상화와 일반화 과정을 거쳐 지식베이스의 상황정보 데이터베이스에 저장된다. 그리고 상황을 판단하고 서비스 정보를 제공하기 위한 센서 데이터 처리는 규칙 관리기 및 시공간 연산자 처리를 통해 상황을 분석하고 추론하여 상황을 인지한다. 또한 데이터 제공자 및 지식베이스를 활용하여 서비스 제공을 위한 상황 정보를 정리하여 서비스 제공자에 전달한다.

<표 1> 센서 데이터 처리 시스템 및 질의어

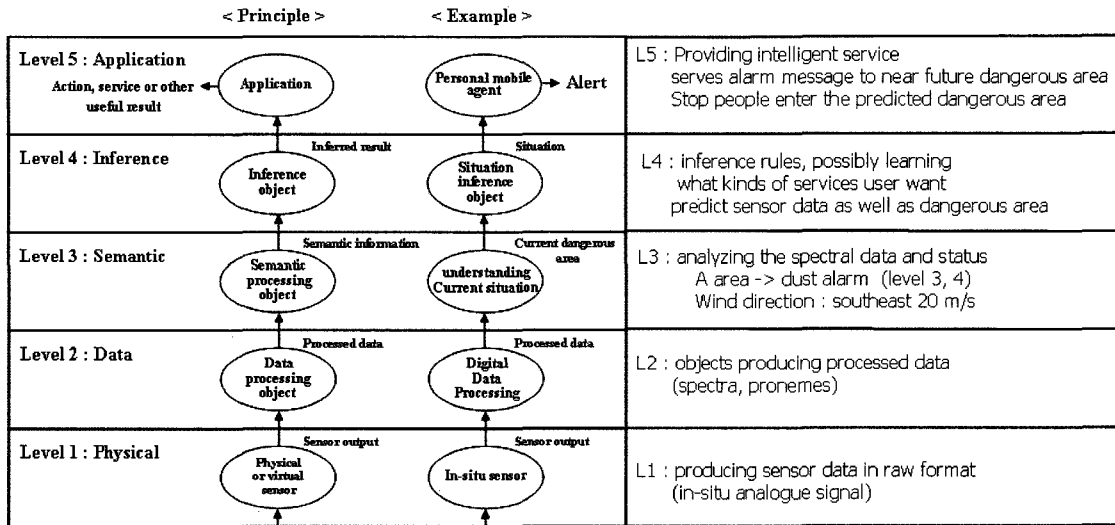
질의어/시스템	적용분야	입력항목	기본 연산자	지원하는 윈도우			사용자 연산자 가능 여부
				종류	기본요소	처리	
Aquery	Stock quotes, Network traffic analysis	Sorted relations	Relational, "each", order-dependent (first, next, etc.)	Fixed, landmark, sliding	Time and Count	Not discussed	Via "each" operator
Aurora	Sensor data	Streams only	$\sigma, \pi, \cup, \Delta, \Join$, group-by, resample, drop, map, window sort	Fixed, landmark, sliding	Time and count	streaming	Via map operator
CQL / STREAM	All-purpose	Streams and relations	Relational, relation-to-stream sample	Currently only sliding	Time and count	streaming	allowed
StreaQuel/ TelegraphCQ	Sensor data	Streams and relations	relational	All type	Time and count	Streaming or periodic	Allowed
Tribeca	Network traffic analysis	Single input stream	σ, π , group-by union aggregates	Fixed, landmark, sliding	Time and count	streaming	Allows custom aggregates



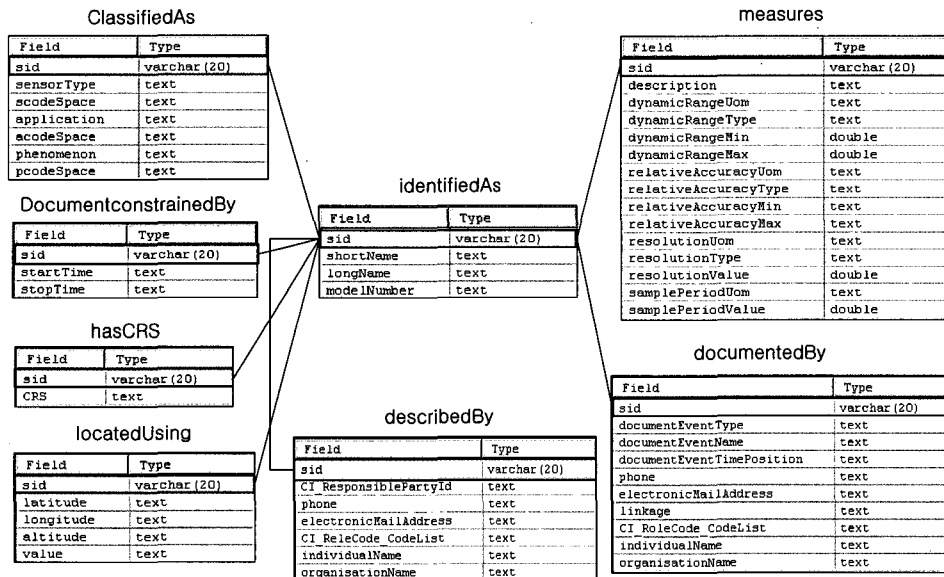
(그림 1) 실외 In-situ 센서 네트워크 기반 재해 방지 시스템

상황 획득기(context acquisition)는 센서를 통해 입력되는 데이터를 수집하고 하나의 의미있는 정보 형태로 가공하는 추상화 과정과 연관된 객체들과의 상관관계를 분석하여 정보를 통합하는 정제과정을 통해 가공된 데이터를 센서 데이터 처리기로 전송한다. 지식 베이스(knowledge base)는 상황 획득기를 통해 가공된 상황 정보를 저장하는 상황정보 데이터베이스와 상황을 인지하기 위한 규칙을 저장하는 규칙 관리기, 그리고 향후 상황 판단 및 추론에 활용하기 위해, 각 서비스마다 분석된 상황 정보의 로그를 저장하는 상황로그 데이터베이스로 구성된다. 센서 데이터 질의 처리기(sensor data query processor)는 입력된 상황 정보를 기반으로 서비스를 제공하기 위한 판단을 내리는 곳으로 다음과 같은 과정을 통해 데이터를 처리한다. 먼저 상황 분석 모듈에서는 현재 재해 여부를 알아보기 위해, 규칙 관리기를 통해 전송된 센서 데이터를 만족하는 규칙이 있는지를 체크한다. 이를 통해 현재 재해 상황에 대한 종류 및 위험도를 판단하고, 병원, 학교 등 우선적으로 대응 및 대피할 곳을 시공간 연산자를 통해 검색한다. 또한, 체육활동, 야외 수련회 등 실외에서 이루어지고 있는 사건들을 스케줄 관리기를 통

해 검토한 후, 서비스 정보 제공 모듈을 통해 해당 재해에 대한 경보 메시지를 전송한다. 전송된 메시지는 각 지역의 위험도 및 대피 우선순위, 행동지침 등을 제시하여, 적절한 대응이 이루어지도록 한다. 규칙 관리기(rule manager)는 상황을 인지하기 위한 규칙 정보를 관리하는 모듈이다. 규칙 생성기는 XML 문서를 입력받아 데이터베이스에 규칙 정보를 저장한다. 규칙 결합기는 저장된 규칙을 기반으로 새로운 규칙을 생성하는 모듈이며, 규칙 처리 모듈은 입력된 센서 데이터와 만족하는 규칙이 있는지 체크하고 그에 대한 결과를 센서 데이터 처리기로 전송한다. 데이터 제공기(data provider)는 시공간 연산자 및 스케줄 관리기를 통해 검색되는 환경 정보로, 센서 데이터 추상화 및 상황 분석에 활용되는 자원 정보 및 환경 정보, 서비스 정보 등을 제공한다. (그림 2)는 Matthias Baldauf[28]가 제시한 상황 정보 추상화 과정에 따라 이 논문에서 제안한 시스템의 상황 정보 추상화 과정을 나타냈다. 이 과정은 5 단계로 이루어져 있는데, 1 단계의 물리적 센서에서 비롯된 원시 아날로그 값에서 2 단계를 거쳐 정형화된 디지털 값으로 변환되고, 3 단계에서 정형화된 값을 기반으로 의미 정보를 분석한다.



(그림 2) 상황 정보 추상화 과정



(그림 3) SensorML 기반 센서 구조 정보 테이블

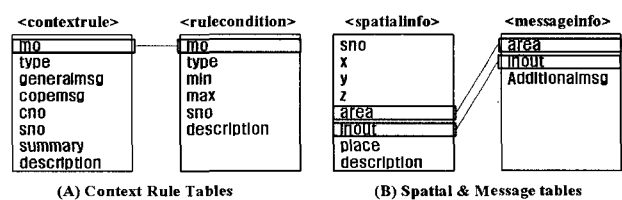
여기서 현재 센서 값을 토대로 규칙 처리를 통해 대기 오염 정도를 체크한다. 4 단계에서는 현재 오염 지역 및 향후 오염 지역을 추정하고, 5 단계에서는 이들 정보를 기반으로 재해 정보 및 예보를 발령하고 재해 방지 서비스를 제공한다.

재해 방지 시스템의 데이터베이스는 크게 SensorML 정보를 저장하기 위한 센서 구조 정보 테이블과 상황 정보를 처리하기 위한 상황 규칙 정보 테이블로 나뉜다.

(그림 3)은 In-situ 센서 정보를 SensorML[5]에 기반한 데이터베이스 스키마로 나타낸 것이다. SensorML은 센서의 메타정보를 저장함으로써, 센서의 이름, 모델 명, 측정 특성 등의 정보를 얻을 수 있다.

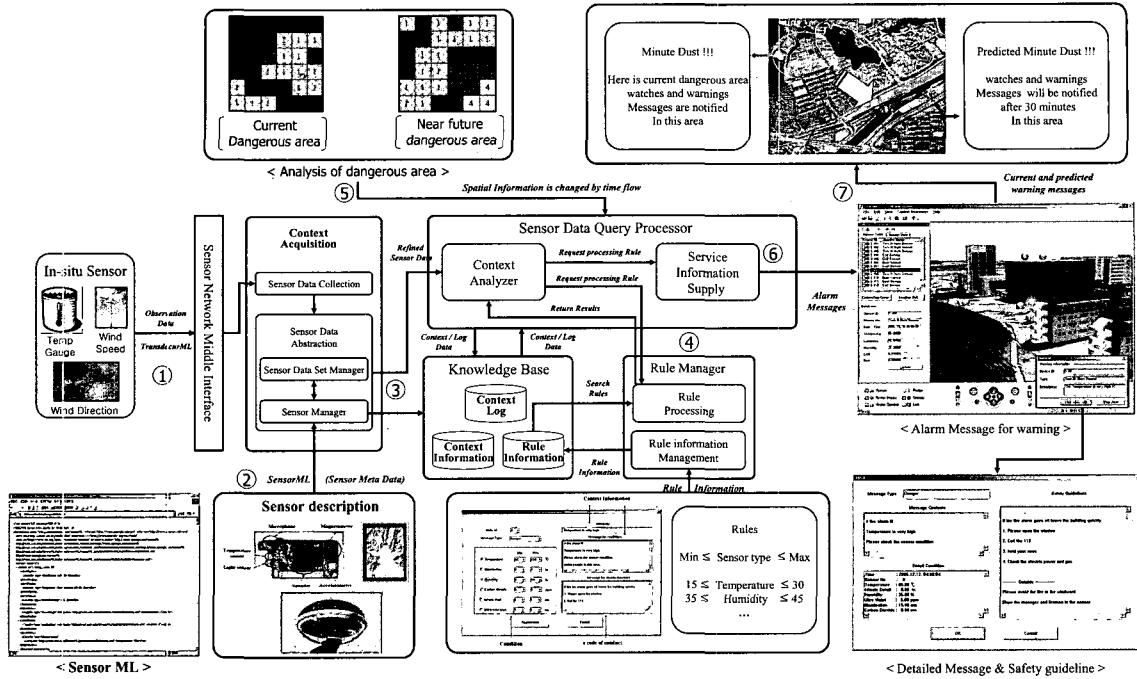
(그림 4)는 센서 값에 대한 상황을 인식하고 메시지를 발령하기 위한 상황 규칙 정보 테이블과 메시지 테이블을 보여준다. 상황 규칙 정보 테이블은 상황을 인지하기 위하

여 특정 상황에 해당하는 규칙들을 저장하며, 센서 id, 센서 값, 종류, 위험도 등을 최소 값과 최대 값으로 판별하여 규칙을 분류한다. 메시지 테이블은 각 노드의 센서 값들이 특정 규칙을 만족했을 경우, 그에 대한 메시지를 제공하는 테이블로 상황 정보 및 세부 정보(센서 값), 그리고 그에 대한 행동 지침 등을 제공한다. 현재, 이러한 센서 구조 테이블



(A) Context Rule Tables (B) Spatial & Message tables

(그림 4) 상황 인지를 위한 규칙 및 메시지 테이블



(그림 5) 상황 인식을 위한 센서 데이터 처리 과정

및 규칙 테이블을 기반으로, 다양한 서비스에 공통으로 적용 가능하고 확장성과 유연성 및 인식이 용이한 XML 기반 상황정보 명세를 설계 중에 있다.

(그림 5)는 센서 네트워크 환경에서 상황 인식을 위해, In-situ 센서로부터 측정값을 수신 받아 센서 데이터 추상화, 규칙 처리, 공간 정보 활용을 통해 사용자에게 단순히 현재 상황뿐만 아니라 가까운 미래의 변화까지 고려한 서비스를 제공하기 위한 센서 데이터 처리 과정을 보여주고 있다. 각 순서에 따라 각 처리 과정을 세부적으로 설명하면 다음과 같다.

- ① 센서 네트워크에서 전송된 데이터가 센서 네트워크 미들웨어 인터페이스를 통해 센서 데이터를 전송하는 표준인 TransducerML(Transducer Markup Language)[7] 형태로 시공간 질의처리 시스템으로 전송된다.
- ② 센서 네트워크에 설치된 센서의 종류 및 특성을 파악하기 위하여 센서에 대해 요약된 메타 정보를 저장하는 표준인 SensorML을 활용하여, 센서 네트워크에 설치된 센서의 종류 및 특성을 파악한다.
- ③ 상황 데이터 획득기를 통해 추상화된 센서 정보는 상황 정보 관리기를 통하여 상황을 판단하는 데이터로 쓰이게 된다. 이때, 지식베이스 및 규칙 관리기를 이용하여 보다 정확하게 상황을 분석한다.
- ④ 규칙 관리기의 규칙 처리 모듈은 추상화된 센서 데이터가 저장된 규칙을 만족하는지를 체크하여 특정 규칙에 해당하는 서비스 경고 메시지를 결과로 보낸다. 규칙 처리 대상으로는 센서의 측정값, 센서 종류, 위험도 확률, 반복횟수 등이 있다.

⑤ 위험 지역 분석 과정은 현재 센서 데이터를 기반으로 현재 위험 지역 분석과 추정된 센서 데이터 및 시간에 따른 공간 정보의 변화를 고려하여 가까운 미래의 위험 지역을 분석한다. 이 위험도는 각 재해에 대한 종류와 위험 단계로 이루어지며, 공간 정보를 손쉽게 다루기 위하여 셀 기반 방식[29]을 사용하였다.

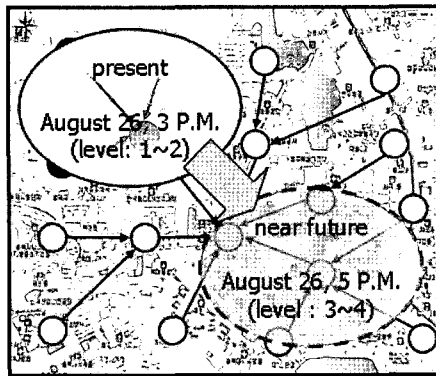
⑥ 상황 정보 관리기는 추상화된 센서 데이터 및 지식 베이스를 기반으로 특정 위치의 센서 및 사용자가 어떠한 상황에 처해있는지를 판단한다. 이때, 현재의 공간 정보 및 공간 정보의 시간의 변화를 분석하는 공간 정보 관리기를 통해, 가까운 미래의 환경 정보 변화를 감지함으로써, 보다 사용자의 환경에 적합한 경보 메시지 및 행동 지침을 제공할 수 있다.

⑦ 센서 데이터가 저장된 규칙을 만족할 때 재해에 대한 종류 및 위험도를 판단하고 경보 메시지를 출력하게 된다. 이때, 출력되는 정보로는 재해 종류, 재해 위험 지역, 현재 센서 값, 사용자의 행동지침 등이 있다.

4. 대기 오염 시나리오 기반 센서 데이터 처리 과정

이 장에서는 제시된 재해 방지 시스템의 유용성을 검토하기 위하여 대기 오염 방지 시나리오를 기반으로 시스템이 동작하는 과정을 살펴본다.

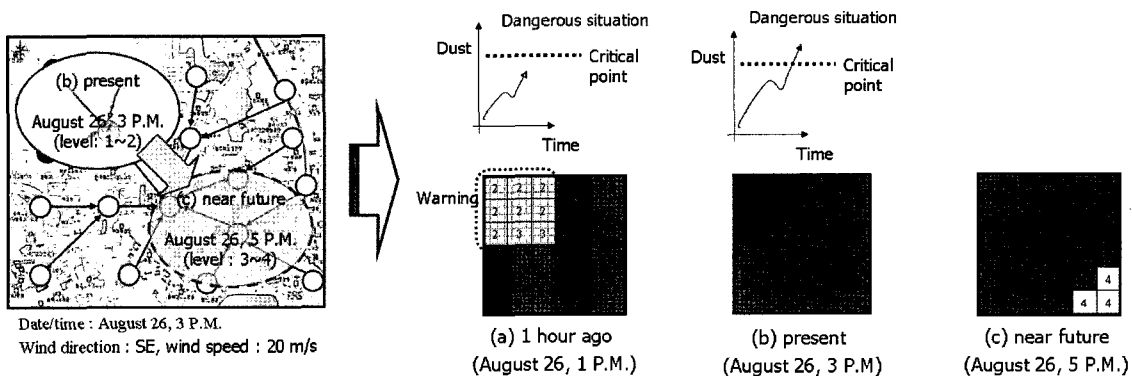
(그림 6)은 여러 재해 중 미세먼지에 의한 환경오염이 발생한 경우의 예를 보여준다. 현재 상태는 미세먼지가 위험 단계 2~3 단계로 발생하고, 남동풍이 초속 10m/s로 부는 상황이다.



Level	Contents	Dust density (µg/m³/day)
	Good	50 이하
	Normal	51 ~ 100
	Sensitivity Not good	101~ 150
4	Little bad	151 ~ 200
5	Bad	201 ~ 300
	Very bad	301 이상

Date/time : August 26, 3 P.M.
Wind direction : SE, wind speed : 20 m/s

(그림 6) 재해 방지 시나리오 - 미세먼지 발생



(그림 7) 재해 방지 시나리오 - 현재 데이터 분석 및 위험 지역 예측

(그림 7)은 제시된 재해 방지 시스템이 (그림 6)과 같은 대기오염이 발생했을 때, 대처하는 과정을 나타낸다. (a), (b), (c) 과정을 통해 설명한다.

(a) 1시간 전 - 12시 정오

먼저, 대기 오염이 발생하기 1시간 전에 특정 센서에서 미세먼지가 증가하는 것을 감지한다. 아직 위험한 단계로 진입하기 전이지만, 미세먼지양이 계속해서 증가하는 상황으로 볼 때, 앞으로 오염이 더 심하게 이루어질 수 있으므로, 데이터를 보내온 몇몇 센서가 위치한 지역에 대기 오염 예보를 발령하고, 외출 중지, 마스크 착용, 등을 권고한다. 실외 센서의 경우, 전력력에 대한 문제 때문에 평소엔 샘플링 간격을 6초~8초 정도로 넓게 설정해 놓을 수 있다. 이때, 재해에 대한 위험이 예측되면 보다 정확한 정보를 얻기 위하여 샘플링 간격을 좁게 설정한다.

(b) 현재 - 오후 1시

(a)와 같이 1시간 전인 12시에 미리 대기 오염 예보를 발령된 후, 일부 현재 센서 데이터가 위험 단계로 진입한 상황이다. 재해 방지 시스템은 입력받은 현재 데이터가 저장된 규칙을 만족하는지 검토한 후, 재해에 대한 종류 및 위험 단계를 판단한다. 현재 위험 지역을 분석하고, 대기 오염 주의보를 발령한다.

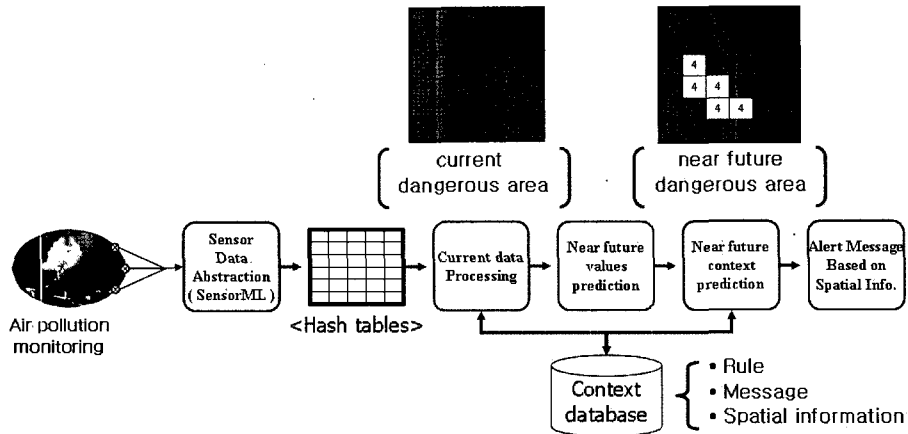
(c) 미래 - 오후 3시

(b)와 같이 현재 데이터를 근거로 특정 지역들에 대기 오염 주의보를 발령한 후, 가까운 미래의 위험 지역을 예측한다. 이를 위해 현재 값, 센서 값의 변화량, 증감 반복횟수, 임계 값까지의 도달 시간, 등을 고려하는 센서 값 예측과 시간에 따른 공간 정보의 변화, 풍향과 풍속을 고려한 확산 지역 예측 등을 고려한다. 그리고 예측된 센서 값이 (b)에서와 같이 특정 규칙을 만족하면, 앞으로의 오염 확산 지역에 대한 대기 오염 예보를 발령한다.

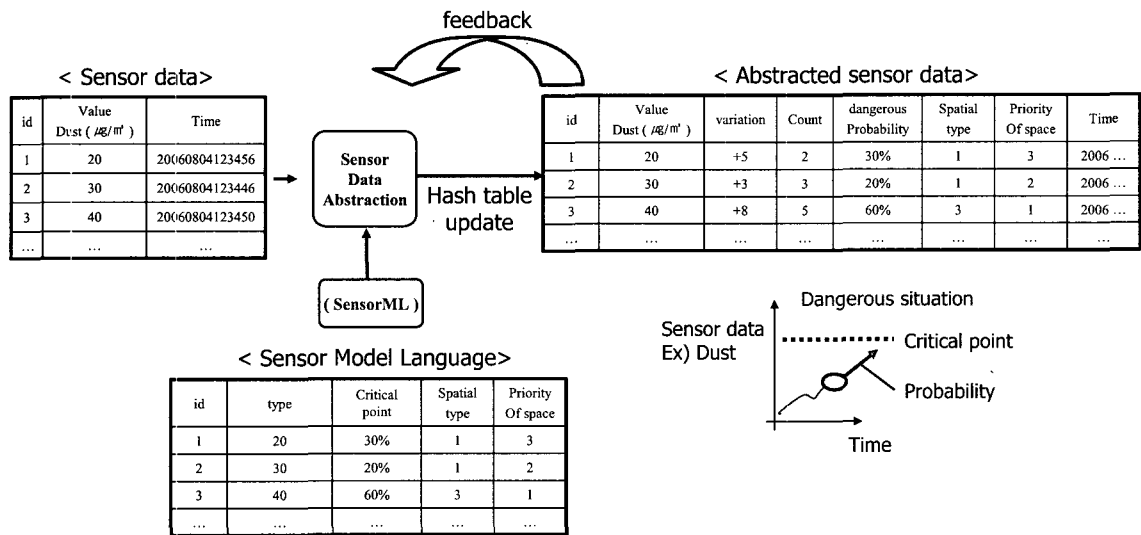
재해는 재해가 일어났을 때, 빨리 대응하고 방재하는 것도 중요하지만, 재해가 크게 일어나지 않도록 미리 예측하고 대비하는 것은 더욱 중요하기 때문에, (그림 7)과 같은 방재 시나리오가 매우 효과적임을 알 수 있다. 이 시나리오에 기반하여 제시된 시스템에서의 처리과정을 살펴본다.

(그림 8)은 재해 방지를 위한 센서 데이터 및 상황 정보 처리 과정을 보여준다. 먼저, 실제계의 응용 도메인에 설치된 센서로부터 측정값이 재해 방지 시스템으로 전송되면, SensorML을 통해 알게 된 센서의 위치 및 특성들과 전송된 데이터를 결합하여 센서 데이터를 추상화 시키고, 이에 대한 정보를 해시테이블에 저장한다[30].

(그림 9)는 제시된 재해 예측을 위한 방지 시스템에서 센서 데이터가 추상화된 후의 저장 내용을 보여준다. 센서 id



(그림 8) 재해 방지를 위한 센서 데이터 처리 과정



(그림 9) 센서 데이터 정보 갱신

에 따라 해시된 정보는 센서 값(value), 변화량(variation), 증감 반복 횟수(count), 위험도(dangerous probability), 공간 정보 우선순위(priority of space), 시간(time) 등과 함께 저장된다.

센서 데이터가 입력될 때마다 <표 2>와 같이 추상화된 센서 정보는 갱신되며, 가까운 미래의 위험지역을 예측하기 위하여 센서 예측값 및 위험도가 다음과 같은 정보를 토대로 계산된다.

- 특정 시간 뒤의 예측 값
- = 현재 값 + 가까운 미래 시간(초) * 증가량 / 샘플링 간격(초)
- 특정 시간 뒤의 예측 위험도
- = 센서 예측 값 * 공간 순위 값 * 증감 값 * 임계 값 도달 확률 * a

센서 예측 값은 현재 센서 값이 변화하는 정도에 따라 계산되며, 예측 위험도는 센서 예측값 * 공간 정보 레벨, 증가 반복 횟수, 임계값 도달 확률에 따라 추정된다. 이 중 임계값 도달 확률은 현재 센서 값의 변화가 지속적으로 이루어

질 때, 특정 임계값에 도달할 시간을 계산한 후, 이에 반비례하는 값으로 확률을 계산한다.

<표 3>은 센서가 설치된 지역의 예측 위험도를 측정하기 위하여 고려된 공간 정보 우선 순위, 증감 값, 임계 값 도달 확률, 상수 값 등을 나타낸다. 이와 같은 고려 사항을 활용하여 센서 데이터 값 예측 및 위험도를 예측하는 과정을 예를 들어 설명한다.

아래 예제는 단순히 현재 값과 변화량만 고려하여 60초 후의 센서 값을 예측하는 과정이다. 현재 값은 40이며, 기올기는 10초당 0.5씩 증가한다.

$$\begin{aligned}
 \text{10분 뒤의 예측 값} &= 40 (\text{현재값}) + 600 (\text{가까운 미래 시간}) \\
 &\quad * 0.5 (\text{증가량}) / 10 (\text{샘플링 간격}) \\
 &= 70
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{임계 값 도달 시간} &= (80 (\text{임계값}) - 40 (\text{현재값})) * 10 (\text{샘플링 간격}) / 0.5 (\text{증가량}) \\
 &= 800 \text{ 초} \\
 &= 13분 33 \text{ 초}
 \end{aligned}$$

<표 2> 추상화된 센서 정보

항목명	타입	설 명
센서 값	double	현재 센서에서 측정된 값
센서 종류	int	각 센서의 종류 (예: 1 - 온도, 2 - 습도, 등)
변화량	double	이전 측정 값과의 차이점 (예: +4, +4.5, -2.4, 등)
증감 반복 횟수	int	증가 및 감소가 연속된 횟수
위험도	double	입력된 센서 값의 위험 정도 (예: 30%, 60.5%, 등)
우선 순위	int	센서가 설치된 지역의 우선 순위 (예: 어린이 보육시설, 병원, 학교, 시장, 등)
지역 종류	int	공간 지역의 종류 (예: 1-하천지역, 2-도심지역, 등)
시간	double	현재 센서 데이터가 입력된 시간

<표 3> 센서 데이터 위험도 고려 항목

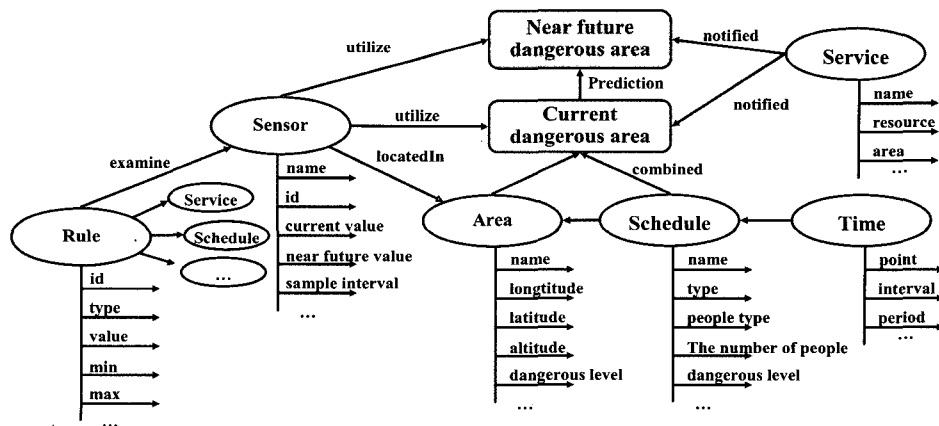
고려 항목	단계 범위		설 명
공간 정보 우선 순위 값	단계	값	공간 정보에 대한 우선 순위 단계를 나타낸 것이다. 예) 2 - 사람이 살지 않는 평지 7 - 병원, 어린이 집
	1 ~ 5	1	
	6 ~ 10	1 ~ 1.5	
증감 값	횟수	값	센서 값이 그 이전 값보다 증가 혹은 감소한 횟수를 토대로 확률 값을 책정한다.
	5 이하	1	
	5 ~ 10	1 ~ 1.5	
임계 값 도달 확률	10 이상	1.6 ~ 2.5	임계 값에 도달하는 시간에 반비례한다.
	도달 시간	확률	
	1 ~ 10분	80% ~ 90%	
	11 ~ 20분	70% ~ 80%	
	
a	1.96		예측 위험도에 대한 상수 값

특정 시간 뒤의 센서 예측 값과 임계값 도달 시간 및 공간 순위 값, 증감 값, 임계값 도달 확률 등을 고려하여 특정 시간 뒤의 위험도를 예측한다. 예를 들어 공간 정보 위험 단계가 3이고, 증가 반복 횟수가 5, 임계값 도달 확률이 75% (임계값 도달 시간 : 13분)일 경우, 10분 후의 예측 위험도는 다음과 같다.

10분 뒤의 예측 위험도
 = 센서 예측 값 * 공간 순위 값 * 증감 값 * 임계값 도달 확률 * a
 = 70 * 1 * 1 * 0.75 * a = 70 * 0.75 * a
 = 52.5 * a = 26.8.

이때, 위험도 수치 계산을 위한 a(상수값 : 0.51)은 공간 정보 위험 단계가 9, 증가 반복 횟수가 13, 임계값 도달 확률이 95%와 같이 확실하게 위험한 상황이 예측되는 경우를 기준으로 하여 계산되었다. 센서 예측 값은 현재 센서 값이 변화하는 정도에 따라 계산되며, 예측 위험도는 센서 예측값 * 공간 정보 레벨, 증가 반복 횟수, 임계값 도달 확률에 따라 추정된다. 이 중 임계값 도달 확률은 현재 센서 값의 변화가 지속적으로 이루어질 때, 특정 임계값에 도달 할 시간을 계산한 후, 이에 반비례하는 값으로 확률을 계산한다.

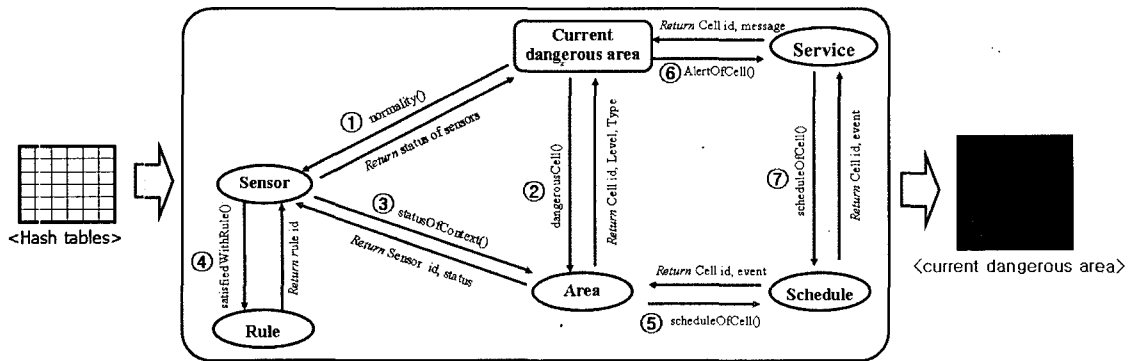
(그림 10)은 재해 방지 시스템에서 현재 및 가까운 미래



(그림 10) 재해 방지를 위한 상황 정보 모델

<표 4> 현재 위험 지역 분석 함수

No	relation	Parameter	Return values	Description
1	normality()	void	id of disable sensor	센서 값의 정상 판단
2	dangerousCell()	Sensor id	Cell id, level, type	재해 발생 Cell 탐지
3	statusOfContext()	sensor id	Sensor id, status	규칙 처리에 따른 기본 상황 감지
4	satisfiedWithRule	sensor id, current value	rule id	특정 센서 값을 만족하는 규칙 검색
5	scheduleOfCell()	cell id	cell id, event	특정 Cell의 기타 사건 검색
6	AlertOfCell	cell id, level type	message	특정 Cell에 대한 경보 메시지 검색



(그림 11) 현재 위험 지역 분석

의 위험지역을 예측하고, 경고 메시지를 보내기 위한 상황 정보 모델을 보여준다. 이 모델은 셀 기반으로 관리하는 공간 정보를 중심으로 하여 상황을 파악한다. 이중 가장 중요한 부분은 현재 센서 측정값을 중심으로 분석하는 현재 위험 지역(current dangerous area)과 센서값의 변화량 및 스케줄 정보를 중심으로 추정하는 미래의 위험 지역(near future dangerous area)이다.

(그림 11)은 현재 위험 지역을 분석하는 과정을 나타낸다. <표 2>의 추상화된 센서 정보를 기반으로 <표 4>의 현재 위험 지역 분석 함수를 사용하여, 현재 위험 지역을 분석한다.

(그림 11)에서 현재 위험 지역을 분석하는 과정을 각 순서에 따라 세부적으로 설명하면 다음과 같다.

- ① normality() 함수를 사용하여 센서 값이 유효한지를 체크한다. 이 과정에서 센서와 센서 네트워크가 이상이 없는지를 판단한다.
- ② dangerousCell() 함수를 호출하여 여러 공간 지역(Area) 중 현재 위험 지역이 없는지 검토한다. 이때 측정된 센서 값을 통해 해시 테이블 정보가 갱신되었으므로, 센서가 설치된 지역에 대한 위험도를 계산하고 상황을 판단한다. 센서 id를 통해, 설치된 지역의 위험도 및 종류를 알 수 있다.
- ③ 사용자가 입력한 여러 규칙을 통해 갱신된 센서 값 등이 재해 상황인지를 체크한다. 이를 위해 먼저 센서 클래스로 statusOfContext() 함수를 호출한다. 이 함수는 현재 센서 값이 어떤 규칙을 만족하는지를 체크하여, 해당 센서 값에 대한 재해의 종류 및 위험도를 파악한다.
- ④ 센서 값이 특정 규칙을 만족하는지 판단하는 과정이다.

satisfiedWithRule() 함수를 호출하여 현재 센서 값에 대한 추상화 정보가 특정 규칙을 만족하는지 체크한다. 여기서 특정 규칙을 만족하면, ③ 과정에서 rule id를 통해 재해의 종류와 위험도를 파악한다.

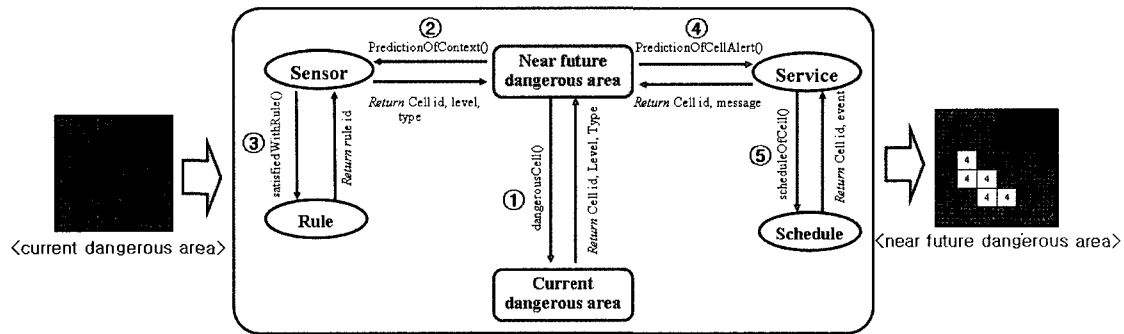
- ⑤ 센서 값에 대한 재해 종류 및 위험도를 ②~④ 과정을 거쳐 파악한 후, 각 공간 지역에 대한 스케줄을 검토하는 단계이다. 예를 들어 대기 오염 재해 일 경우, 소풍, 야외 진료, 야외 축제, 등의 스케줄은 대기 오염 피해를 보다 더 확산시킬 수 있기 때문에, 우선적으로 대피 및 출입 자제를 권고하기 위한 과정이다. scheduleOfCell() 함수를 호출하여 센서가 설치된 지역의 일정을 파악한다.
- ⑥ 위의 과정을 통해 재해에 대한 종류 및 위험도, 그리고 대피 및 대응할 지역의 우선순위가 결정되었기 때문에, 이에 대한 경보 메시지를 발령하기 위하여 적절한 메시지를 검색하는 과정이다.
- ⑦ 재해에 대한 경보 메시지를 검색할 때에도 특정 셀에 대한 스케줄을 검토하는 과정을 다시 한번 거쳐, 경보 메시지에 사람들의 행동 지침 등을 포함하는 과정이다.

이와 같은 과정을 통해, 입력된 센서 값을 토대로 특정 지역에 대한 재해의 종류 및 위험도를 추정하고 경보 메시지를 제공한다. 이 때 (그림 5)와 같이 셀 기반으로 요약된 공간 정보를 기반으로 현재 위험 지역 정보를 나타낸다.

(그림 12)는 가까운 미래의 위험 지역을 분석하는 과정을 나타낸다. (그림 11)의 현재 위험 지역 정보를 기반으로 <표 5>의 위험 지역 예측 함수를 사용하여, 미래 위험 지역을 추정한다.

〈표 5〉 미래 위험 지역 예측 함수

No	relation	Parameter	Return values	Description
1	dangerousCell()	sensor id	Cell id, level, type	현재 재해 발생 Cell 탐지
2	PredictionOfContext()	sensor id	Cell id, level, type	재해 발생 Cell 예측
3	satisfiedWithRule	sensor id, current value	rule id	특정 센서 값을 만족하는 규칙 검색
4	PredictionOfCellAlert	cell id, level type	message..	특정 Cell에 대한 예보 메시지 검색
5	scheduleOfCell()	cell id	cell id, event	특정 Cell의 기타 사건 검색



(그림 12) 가까운 미래의 위험지역 분석

(그림 12)에서 가까운 미래의 위험 지역을 분석하는 과정을 각 순서에 따라 세부적으로 설명하면 다음과 같다.

- ① 현재 위험 지역 정보 클래스에 dangerousCell()함수를 호출하여 여러 지역(Area) 중 현재 위험 지역이 없는지 검토한다. 이 현재 정보를 기반으로 예측된 센서 값 및 스케줄 정보에 따라 가까운 미래의 위험 지역을 추정한다.
- ② <표 5>와 같이 추상화된 센서 정보를 기반으로 Prediction OfContext()함수를 호출하여 가까운 미래의 센서 값 및 예측 위험도를 추정한다. 예측 위험도는 센서 예측값, 공간 정보 레벨, 증가 반복 횟수, 임계값 도달 확률 정보를 토대로 계산된다.
- ③ 사용자가 입력한 여러 규칙을 통해 예측된 센서 값 등이 재해 상황인지를 체크한다. satisfiedWithRule()함수를 호출하여 예측된 센서 값이 특정 규칙을 만족하는지를 체크하며, 해당 센서 값에 대한 재해의 종류 및 위험도를 파악한다.
- ④ 예측된 센서 값에 대한 재해 종류 및 위험도를 파악한 후 PredictionOfCellAlert()함수를 호출하여 재해에 대한 예보 메시지를 검토한다. 예보 메시지는 아직 위험 지역이 아니지만, 위험 지역이 될 가능성이 있는 지역에서 대피 및 대응할 때 효과적으로 사용될 수 있다.
- ⑤ 위의 과정을 통해 재해에 대한 종류 및 위험도, 그리고 예보 메시지가 결정되었으며, 특정 셀에 대한 스케줄을 검토하기 위하여, scheduleOfCell() 함수를 호출하여 센서가 설치된 지역의 일정을 파악한다.

이와 같은 과정을 통해, 예측된 센서 값을 토대로 특정

지역에 대한 재해의 종류 및 위험도를 추정하고 재해에 대한 예보 메시지를 제공한다. 이와 같은 과정을 통해, (그림 5)와 같이 셀 기반으로 요약된 공간 정보를 기반으로 가까운 미래의 위험 예측 지역 정보를 나타낸다.

5. 시스템 구현

이 장에서는 앞에서 설계된 재해 방지 시스템의 구현사항들을 설명한다. 제시된 재해 방지 시스템은 Mysql 데이터베이스와 Visual C++, 자바를 사용하여 구현되었고, ETRI, 옥타콤과 함께 공동 연구 되었다. 시스템은 실내외에 설치된 온도, 습도, 이산화탄소, 조도 등의 센서 데이터를 측정하는 13개의 센서 노드를 기반으로 실험 평가한다. 실외에 설치된 in-situ 센서 데이터 값을 기반으로 센서 노드에 대한 위험도 예측을 결과를 보인다. 그러나 특정 센서가 아닌 셀로 구분된 지역에 대한 정보를 보내는 모듈은 아직 구현 중에 있다.

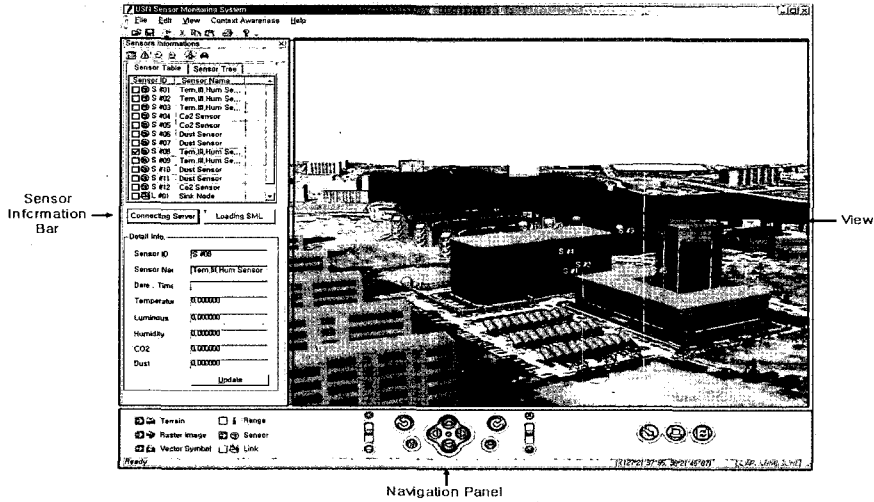
(그림 13)은 제시된 재해 방지시스템의 인터페이스를 보여준다. 센서 정보 창(Sensor Information Bar)은 SensorML을 활용하여 센서의 데이터 및 구조를 알 수 있고, 최신의 센서 데이터를 보여준다. 탐색 창(Navigation Panel)은 사용자가 현재 상황을 쉽게 볼 수 있도록, View를 자유롭게 조작하고, 뷰(View)는 센서가 설치된 지역의 지형 정보 및 특정 센서의 위치를 제공한다. 뷰의 구성은 1 단계 수치 고도 지형(DEM), 2 단계 지형 표면 정보(Raster), 3 단계 건물 등의 정보(Vector), 4 단계 센서 정보(Sensor)와 같이 크게 4단계로 이루어져 있다.

(그림 14)는 센서의 종류 및 특성을 저장하는 SensorML

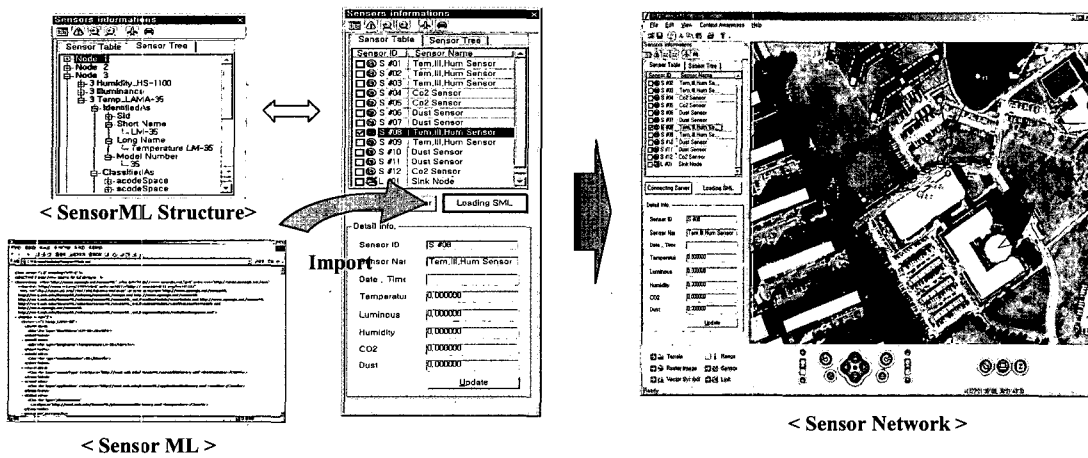
을 활용하여 재해 방지 시스템에 센서 정보를 입력하는 화면이다. XML 형태로 기술된 SensorML을 파일로 읽어 들여, 센서 정보에 대한 구조를 트리 형태로 파악할 수 있고, 센서의 위치를 화면에 추가한다.

(그림 15)는 센서 정보를 입력 받은 후, 사용자가 정의한

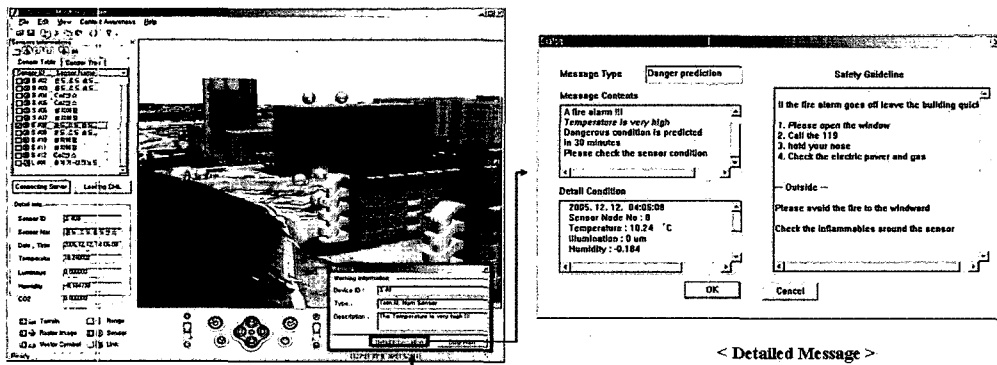
규칙 정보 및 예측 함수를 활용하여 센서 값에 따른 재해의 종류 및 현재 상태, 그리고 사용자의 행동 지침 등을 제공하는 화면이다. 경보 메시지는 제시된 예측 함수에 의해, 30분 안에 센서 값이 위험한 상황이 될 수 있는 가능성을 나타내고 있다. 이와 같이 재해에 대한 위험이 판단되어 경보



(그림 13) 재해 방지 시스템 인터페이스



(그림 14) Sensor ML을 통한 센서 정보 입력



Giving the Alarm Message with sound

(그림 15) 규칙 처리를 통한 경보 메시지 발령

가 발생하면, 경고음과 함께 이상이 발생한 특정 센서를 확대해서 볼 수 있으며, 주변의 지형과 함께 현재 어떠한 상황인지 파악할 수 있다. 사용자는 센서 값 및 위험도 등의 요소를 최소값과 최대값과 함께 판별하는 규칙을 기본으로 재해 판별 및 그에 대한 경보 메시지를 입력할 수 있다.

6. 결 론

재해 방지 시스템에서는 무엇보다 미리 재해를 대비하여 그 피해를 줄이는 것이 중요하다. 그러나 기존의 센서네트워크 기반 데이터 처리 시스템은 대부분 현재 센서 정보를 기반으로 간단한 집계함수 및 연산자만을 지원하기 때문에, 현재 상황에 대한 판단은 가능하지만, 가까운 미래의 상황을 예측하기는 어렵다. 따라서 이들 연구를 재해 방지 시스템에 적용하여 활용하기에는 어려운 점이 있다.

따라서 이 논문에서는 실외 센서 네트워크 및 공간 정보를 고려하여 재해 위험 지역을 미리 예측하는 재해 방지 시스템을 설계, 구현한다. 제시된 위험 지역 예측 기법은 현재 센서 데이터를 토대로 가까운 미래의 센서 값을 예측하고, 시간에 대한 공간 정보의 변화 및 위험도에 대한 확률을 고려하여 가까운 미래에 재해 위험이 있는 지역을 추정한다. 그리고 그 지역의 재해 위험도 및 종류를 파악하고, 재해 예보 주의보를 발령함으로써, 재해를 미리 방지할 수 있게 되고 재해 피해 감소시키며 그에 대한 복구비용을 줄일 수 있다. 현재 우리는 확장성과 유연성 및 인식이 용이한 XML 기반 상황정보 명세를 설계 중에 있으며, 상황 인식 및 서비스를 위한 사용자 요구사항을 보다 면밀히 분석하여, 재해 방지 시스템의 규칙과 그 처리 모델을 확장 및 수정할 예정이다. 이와 같이 가까운 미래의 상황을 예측하는 기법은 재해방지 뿐만 아니라 센서 네트워크가 사용되는 다양한 분야에 적용하여 활용될 수 있다.

참 고 문 헌

- [1] "HAVi," <http://www.havi.org>
- [2] "PDP," <http://www.upnp.org>
- [3] "UAVs(Unmanned Aerial Vehicles)," <http://www.fas.org/irp/program/collect/uav.htm>
- [4] Mike Botts, "Sensor Web Enablement," <http://www.opengeospatial.org/press/>, August 17, 2005.
- [5] Mike Botts, "Sensor Web Enablement overview," <http://vast.nsstc.uah.edu/SensorML/>, August, 2004.
- [6] Simon Cox, "Observations and Measurements," Public Recommendation Paper, <http://www.opengeospatial.org>, February 4, 2003.
- [7] John Bobbitt, "Units of Measure Recommendation (UoM) 1.0," August 19, 2002.
- [8] Andy Harter, Andy Hopper, Pete Steggles, Andy Ward, Paul Webster, "The Anatomy of a Context-Aware Application," *Mobile Computing and Networking*, 2002.
- [9] Roy Want, Andy Hopper, Veronica Falcão, Jonathan Gibbons. "The Active Badge Location System," *ACM Transactions on Information Systems*, 10(1), 1992.
- [10] Tao Gu, Xiao Hang Wang, Hung Keng Pung, Da Qing Zhang, "A Middleware for Context-Aware Mobile Services," *IEEE Vehicular Technology Conference*. Milan, Italy, 2004.
- [11] Patrick Fahy, Siobhan Clarke, "CASS - Middleware for Mobile Context-Aware Applications," *MobiSys* 2004.
- [12] Harry Chen, Tim Finin, Anupam Joshi, "Using OWL in a Pervasive Computing Broker," *Workshop on Ontologies in Agent Systems*, AAMAS 2003.
- [13] Anind K. Dey, Gregory D. Abowd, "A Conceptual Framework and a Toolkit for Supporting the Rapid Prototyping of Context-Aware Applications," *Human-Computer Interaction (HCI) Journal*, Vol.16, pp.2-4.
- [14] Daniel Salber, Anind K. Dey, Gregory D. Abowd, "The Context Toolkit: Aiding the Development of Context-Enabled Applications," In *Proceedings of ACM CHI 99*, Pittsburgh, PA. 1999.
- [15] Manuel Román, Christopher Hess, Renato Cerqueira, Anand Ranganat, Roy H. Campbell, Klara Nahrstedt, "Gaia: A Middleware Infrastructure to Enable Active Spaces," In *IEEE Pervasive Computing*, Oct.-Dec., 2002.
- [16] "Gaia", <http://choices.cs.uiuc.edu/gaia>.
- [17] Thomas Hofer, Wieland Schwinger, Mario Pichler, Gerhard Leonhartsberger, Josef Altmann, "Context-Awareness on Mobile Devices - the Hydrogen Approach," 2002.
- [18] Gregory Biegel, Vinny Cahill, "A Framework for Developing Mobile, Context-aware Applications," In *Proceedings of 2nd IEEE conference on Pervasive computing and Communications*, Percom 2004.
- [19] "Telegraph," <http://telegraph.cs.berkeley.edu>
- [20] "COUGAR," <http://cs.cornell.edu/database/cougar>
- [21] "STREAM," <http://www-db.stanford.edu/stream>
- [22] "AURORA," <http://www.cs.brown.edu/research/aurora>
- [23] "IrisNet," www.intel-iris.net
- [24] Young Jin Jung, Yang Koo Lee, Dong Gyu Lee, Mi Park, Keun Ho Ryu, Hak Cheol Kim, Kyung Ok Kim, "A Framework of In-situ Sensor Data Processing System for Context Awareness," *ICIC 2006, LNCIS 344*,

pp. 124-129, 2006, to be accepted.

- [25] 임신영, 허재두, "상황인식 컴퓨팅 응용 기술 동향," 전자통신동향분석, 19권 5호, 2004년 10월.
- [26] "Networked Infomechanical Systems," <http://nesl.ee.ucla.edu/project/show/42>
- [27] Lukasz Golab, M. Tamer Özsu, "Issues in data stream management," SIGMOD Record Vol.32, No.2, PP.5-14, 2003.
- [28] Matthias Baldauf, Schahram Dustdar, "A Survey on Context-aware systems," International Journal of Ad Hoc and Ubiquitous Computing, 2004.
- [29] Philippe Rigaux, Michel Scholl, Agnes Voisard, "Spatial Databases with application to GIS," Morgan Kaufmann Publishers, 2002.
- [30] 서성보, 강재우, 남광우, 류근호, "슬라이딩 윈도우 기반 다변량 스트림 데이터 분류기법," 한국정보과학회 논문지 D-데이터 베이스, 33권, 2호, pp.163~174, 2006년 4월.



정 영 진

e-mail : yjjeong@dblab.chungbuk.ac.kr
 2000년 충북대학교 전자계산학과 (이학사)
 2002년 충북대학교 대학원 전자계산학과(이학석사)
 2003년~현재 충북대학교 대학원 전자계산학과 박사과정

관심분야: 이동 객체 데이터베이스, 이동 객체 색인, 센서네트워크 Temporal GIS, 유비쿼터스 컴퓨팅 및 질의 처리



류 근 호

e-mail : khryu@dblab.chungbuk.ac.kr
 1976년 숭실대학교 전산학과(이학사)
 1980년 연세대학교 공학대학원 전산전공 (공학석사)
 1988년 연세대학교 대학원 전산전공 (공학박사)

1976년~1986년 육군군수 지원사 전산실 (ROTC 장교), 한국전자통신연구원 (연구원), 한국방송통신대 전산학과 (조교수)
 1989년~1991년 Univ. of Arizona Research Staff(TempIS 연구원, Temporal DB)
 1986년~현재 충북대학교 전기전자 및 컴퓨터공학부 교수
 관심분야: 시간 데이터베이스, 시공간 데이터베이스, Temporal GIS, 유비쿼터스 컴퓨팅과 스트림 데이터, 지식기반 정보검색 시스템, 데이터마이닝, Bio-Informatics



김 학 철

e-mail : david90@etri.re.kr
 1997년 부산대학교 전자계산학과 (이학학사)
 1999년 부산대학교 전자계산학과 (이학석사)
 2005년 부산대학교 전자계산학과 (이학박사)

2005년~현재 한국전자통신연구원 텔레매틱스.USN연구단 텔레매틱스연구그룹 공간정보연구팀 선임연구원
 관심분야: GIS, 센서네트워크, Context Aware System, DSMS(Data Stream Management System)