DOI: 10.3745/KIPSTD.2009.16-D.2.177

지리 센서 네트워크 기반 환경 모니터링 시스템에서의 센서 데이터 추상화 및 활용

정 영 진[†]

요 약

무선 통신 기술과 다양한 감지 기술들의 발달로 실세계의 환경을 분석하고 생태계의 변화를 이해하기 위한 환경 모니터링 시스템들이 널리 개발되고 있다. 이러한 시스템들은 센서 데이터로부터 유용한 정보를 추출하기 위하여, 원시 센서 데이터를 기반으로 질의를 처리하기 때문에, 환경 모니터링 응용에서 전송되는 넓은 지역의 대용량 센서 데이터를 다루기 위해서는 높은 질의 처리 비용을 요구한다. 또한 현재 및 가까운 미래의 상황 체크를 요청하는 사용자 질의에 답하기 어려운 문제점이 있다.

이 논문에서는 환경 모니터링을 위해 사용자 질의를 효과적으로 처리하기 위한 모니터링 시스템 구조를 제시하고, 설계된 센서 데이터 필터링과 추상화 모델의 활용을 기술한다. 제시된 추상화 기법은 GIS의 경사 그리드를 기반으로 설계되어, 빠른 데이터 접근 및 갱신을 지원한다. 상황 분석을 위해 추상화 모델에서 센서 타입별로 추출된 내용은 질의 처리기에서 결합되어 사용자에게 의미있는 정보를 제공하는데 도움을 준다.

키워드 : 환경 모니터링, 센서 네트워크, 센서 데이터 추상화, 지리 센서, 경사 그리드

Sensor Data Abstraction and Utilization in Environmental Monitoring System based on Geosensor Network

Young Jin Jung[†]

ABSTRACT

Environmental monitoring systems are widely developed for analyzing environment and understanding an ecosystem according to the advance of wireless communication and various sensing techniques. To extract useful information, it requires high cost for processing a query, because these systems have to handle huge volume of raw sensor data which is transmitted from a wide area in environmental monitoring applications. Besides, it is also hard to answer an user defined query which requests to check current and near future condition.

In this paper, we propose the monitoring system structure for processing a user defined query for environmental monitoring. It also describes the utilization of sensor data filtering and abstraction model. The designed abstraction model which is based on the slope grid in GIS supports fast data access and update. To analyze condition, the extracted data from abstraction model of each sensor type is combined in a query processor. It is useful to provide meaningful information to users.

Keywords :Environmental Monitoring, Sensor Network, Sensor Data Abstraction, Geosensor, Slope Grid

1. 서 론

센서 네트워크는 센싱 기능과 정보 처리 능력, 그리고 통신 능력을 가진 다수의 센서 노드들로 구성되며, 사용자가 원하는 서비스 영역에 배치된 후 자동적으로 ad-hoc 네트워크를 형성한 후 필요한 정보를 수집 및 처리를 통하여 응용 서비스를 제공한다. 이를 활용하여 실시간 상황 정보를 구축하는 센서 네트워크 응용 기술은 홈 네트워크, 실시간 병원환자 관리, 생태계 감시, 전장정보 감시 및 정찰, 물류 유통 관리 등의 분야에서 다양하게 활용될 수 있다. 이러한 응용 시스템은 대기 오염이나 전장에서의 적군 탐지 등과 같이 개개인이 인식하기 힘든 넓은 지역을 감시하는데 유용하며, 시야확보가 어려운 밤이나 안개지역에서의 이동 추적, 그리고 혼란스러운 재해 지역에서의 대피로 및 대피소 인식 등 인간의 감각이 미치는 않는 장소 및 시간에 보다 효과적으로 사용된다.

※ 이 논문은 2007년 정부(교육인적자원부)의 재원으로 한국학술진흥재단의 지원을 받아 수행된 연구임(KRF-2007-357-D00206).
† 준 회 원 : 미국 Univ. of Maine Visiting Scholar
논문접수 : 2008년 10월 16일
수 정 일 : 1차 2009년 2월 19일
심사완료 : 2009년 2월 19일

대부분의 센서 데이터 응용에서는 데이터베이스에 저장된 원시 센서 데이터를 검토하여 사용자 질의를 처리한다. 하지만 넓은 지역의 센서 데이터는 대용량으로 그리고 끊임없이 생성되며, 그 측정 값 또한 현 상황에 따라 빈번히 변할 수 있기 때문에, 센서 데이터 추상화 과정 없이 많은 양의 센서 데이터를 처리하는 것은 질의 처리 비용을 증가시켜 시스템의 효율을 떨어뜨린다. 또한 "대기 오염이 줄어드는 시점은 언제인지 검색하시오", "가까운 미래에 오염지역으로 추정되는 곳을 검색하시오" 와 같이 현재 상황을 기반으로 유용한 정보를 추출하기 위한 질의에 대답하기 어려운 단점을 가지고 있다. 이런 문제점을 해결하기 위한 한 방법으로, 원시 데이터를 모니터링 시스템에서 사용하기 편리하게 요약하여 표현하는 센서 데이터 추상화 작업이 요구되며, 추상화된 센서 데이터를 효과적으로 다루기 위하여 신속한 데이터 처리, 효과적인 갱신 정책, 용이한 데이터 접근, 적절한 데이터 표현, 등의 요구사항을 만족해야 한다.

이 논문에서는 환경 모니터링을 위한 중앙 데이터 처리 시스템에서 다양한 센서 데이터를 효과적으로 표현하고 다루는데 초점을 맞추어, 사용자 질의를 효과적으로 처리하기 위한 시스템 구조를 설계하고 센서 데이터 추상화를 위한 경사 그리드 모델 (SGSA, Slope Grid for Sensor Data Abstraction) [1]의 활용을 기술한다. 경사 그리드는 지형 표현을 나타내는 그리드 기반 기술 [2]을 기반으로 설계되었으며, 모니터링 시스템에서 현 상황을 분석하기 위한 전처리 단계로서, 기본적인 센서 데이터 표현을 위해 제시되었다. 경사 그리드는 경사 방향, 변화량을 중심으로 셀 안의 상태를 보여주기 때문에, 특정 지역안의 상황 변화를 쉽게 알 수 있으며, 그리드의 해쉬 함수를 이용하여 빠른 데이터 접근 및 갱신이 용이하다. 또한 모니터링 시스템에서 제시된 모델이 현 상황을 분석하는 질의 처리를 위하여 다양하게 활용될 수 있음을 보인다.

2. 관련 연구

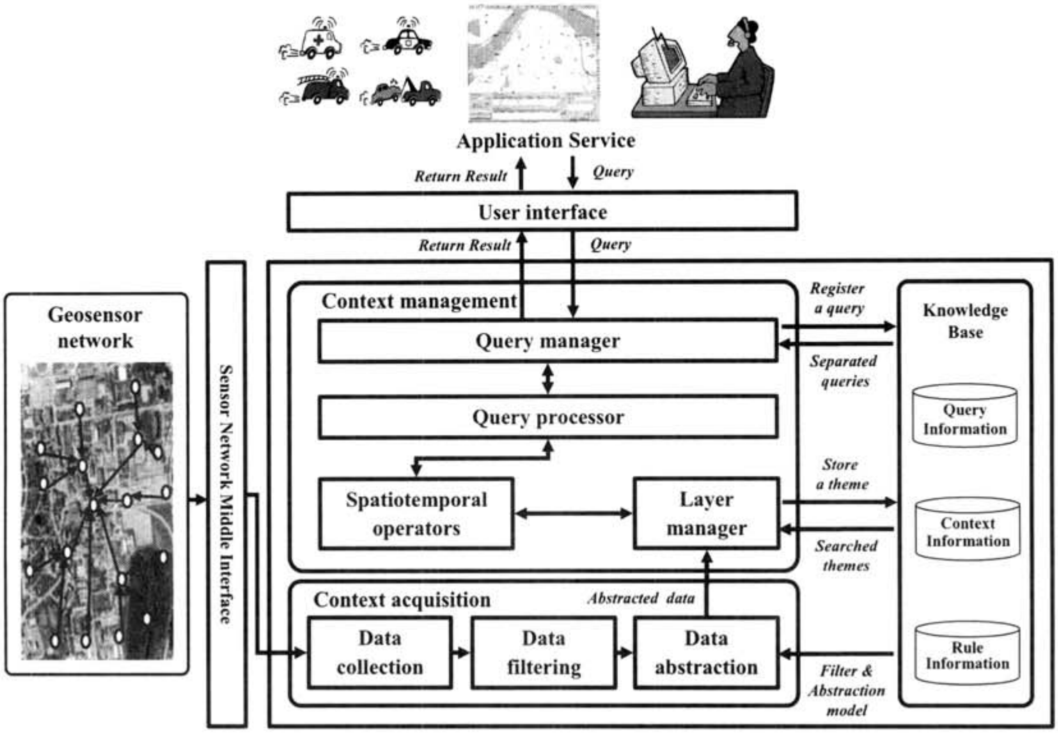
환경 모니터링 시스템은 다양한 센서들을 활용하여 넓은 지역의 생태계를 분석하거나 현재 상황을 분석하여 사용자에게 유용한 정보를 제공한다. 그중, 환경 관측 및 경보 시스템(EOFS, Environment Observation and Forecasting System)은 대용량 센서 네트워크를 사용하여 상황을 인식하고 경보를 제공하기 위한 응용으로 중앙 집중식 데이터 처리, 대용량 데이터 관리 및 다양한 연산자를 제공한다 [3, 4]. 이러한 환경 시스템의 예로는 CORIE [5], 바다새의 서식지 모니터링 프로젝트 [6], GLACSWEB [7], In-situ 센서 데이터 처리를 위한 프레임워크 [8], The PODS [9], 등이 있다. CORIE [5]는 콜롬비아 강에서 수송 선박의 운행을 모니터링하고 상황에 따른 경보를 제공하는 시스템으로 13개의 고정 센서 노드와 심화된 계산 작업을 요구하는 환경 모델을 사용한다. 바다새 서식지 모니터링 프로젝트 [6]는 서식지 모니터링을 위한 요구사항들을 고려하고, 32개의 센서 노드를 Great Duck 섬의 연안에 배치하여 네트워크를 구성하였다. 또한 원활한 데이터 처리를 위해 분산 시스템을 구성하고, 데이터 샘플링, 전송, 네트워크 재작업, 네트워크 상황 체크에 대한 고려사항 등을 기술하였다. GLACSWEB [7]은 빙하 속에 센서를 넣어 데이터를 분석함으로써 지구의 기후를 이해하고 분석하는 연구를 수행 중에 있다. In-situ 센서 데이터 처리를 위한 프레임워크 [8]에서는 대기 오염 등의 실외 환경 모니터링을 위해 12종의 다양한 센서 타입을 가진 센서 노드를 설치하고, 실시간으로 센서 네트워크 상태 및 실세계의 물리적인 상황 변화를 체크한다. 또한 대기 오염 방지를 위한 컨텍스트 모델을 사용하여 가까운 미래에 발생할 수 있는 대기 오염 레벨을 체크하여 사용자에게 경보를 제공한다. The PODS [9]는 멸종위기에 있는 희귀한 식물의 종들을 모니터링하기 위하여 높은 해상도의 카메라와 온도계, 그리고 태양 복사 에너지 센서, 등을 활용하며, 생태계 분석 및 데이터 요약 (Generic Mapping tools (GMT) [10]) 에 대한 방법들을 고려하였다. 이런 모니터링 응용을 비롯한 센서 네트워크 응용에서는 데이터를 효과적으로 분석하고 활용하기 위하여, 크게 세 가지로 분류되는 데이터 획득 방법을 사용한다. 첫째는 측정되는 모든 센서 데이터를 요구하는 시스템 [11,12] 이고, 둘째는 요약된 센서 데이터만을 필요로 하는 응용들이다 [13]. 셋째는 위 두 방법의 중간적인 접근방법으로 특정 지역을 정해서, 그에 대한 데이터를 얻는 방법이다 [14]. 이를 위해 "SELECT avg(volume) FROM Sensors GROUP BY region HAVING avg(volume) > threshold."와 같은 집계 함수를 사용하기도 한다.

센서 네트워크 응용의 하나인 환경 모니터링 시스템에서도 효과적으로 데이터를 얻고 활용하기 위한 연구가 계속되고 있지만, 아직 센서 데이터를 효과적으로 분석하고 관리하기 위한 기본 데이터 모델인, 추상화 작업에 대한 연구는 아직 많이 이루어지지 않았다.

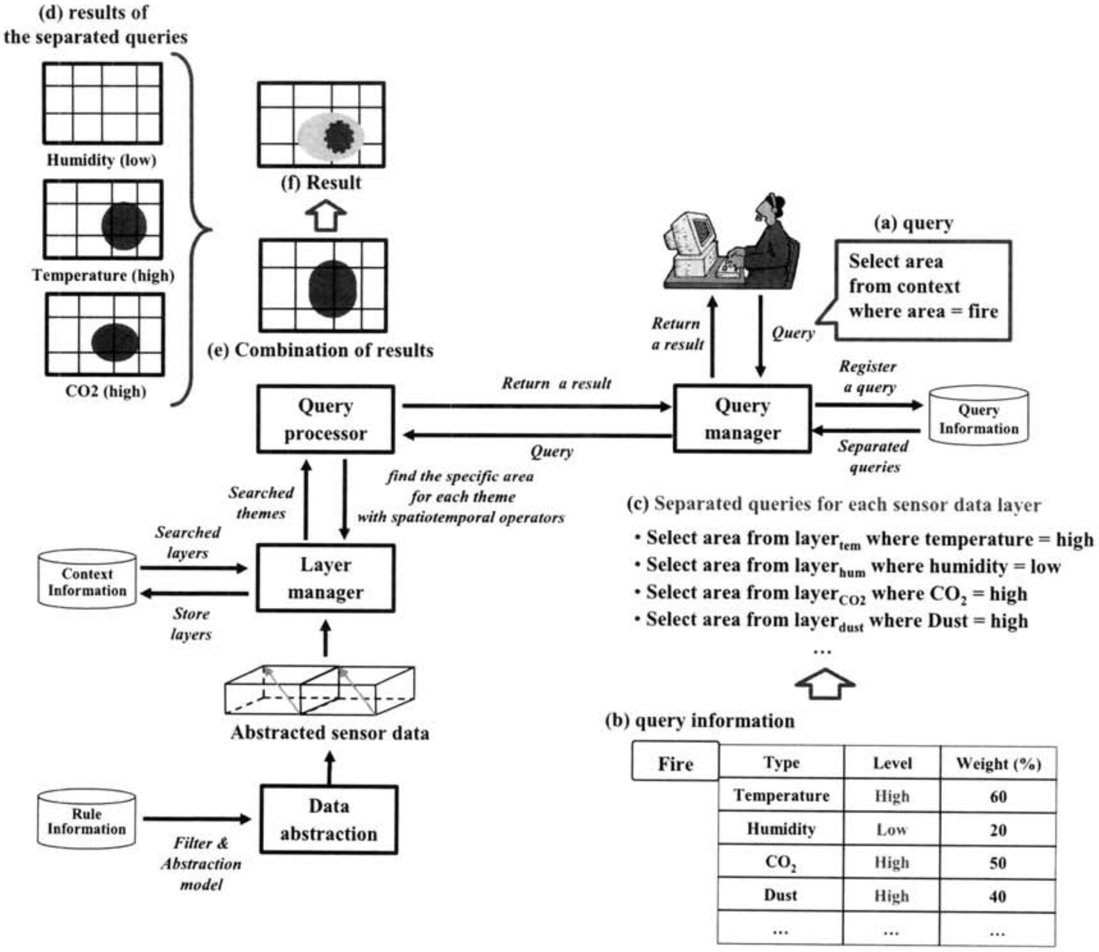
3. 환경 모니터링을 위한 질의 처리 시스템

제안된 시스템은 전송된 지리 센서 데이터로부터 원하는 정보를 얻기 위해, 모니터링 질의어를 활용하여 현재 발생하는 사건 및 현상을 파악한다. 이를 위해 필터링을 거쳐 추상화된 센서 데이터로부터 필요한 정보를 추출하고 결합한다.

(그림 1)은 지리 센서 네트워크를 기반으로 하는 환경 모니터링을 위한 질의 처리 시스템의 구조를 보여준다. 먼저, 센서 네트워크 미들웨어 인터페이스를 통해 입력되는 원시 센서 데이터는 상황 획득 모듈에서 필터링 및 추상화 과정을 거쳐 각 센서 타입에 따른 경사 그리드로 표현되며, 이를 GIS의 기본적인 데이터 지도처럼 하나의 레이어 (layer)로서 (그림 3)과 같이 상황 정보 데이터베이스 (Context Information database)의 각 센서 데이터 레이어 테이블에 저장한다. 또한, 질의 결과로써 제공되는 특정 주제 (예: (그



(그림 1) 환경 모니터링을 위한 질의 처리 시스템 구조



(그림 2) 모니터링을 위한 사용자 질의 처리 과정

림 2)에서의 화재 지역)에 대한 레이어도 저장하기 때문에, 현재 상황을 분석할 때 유용하게 사용된다. 레이어 관리기 (Layer manager)는 (그림 2)와 같이 사용자 질의 정보에 따라 요청된 센서 타입 별 경사 그리드를 레이어 테이블에서 검색하여 질의 처리기 (Query processor)에 제공한다. 지식 베이스에는 사용자 질의를 저장, 분석하기 위한 질의 정보 데이터베이스와 각 타입별 레이어를 저장하기 위한 상황 정보 데이터베이스, 그리고 센서 데이터를 필터링하고 추상화하기 위한 규칙 정보 데이터베이스로 구성되어 있다.

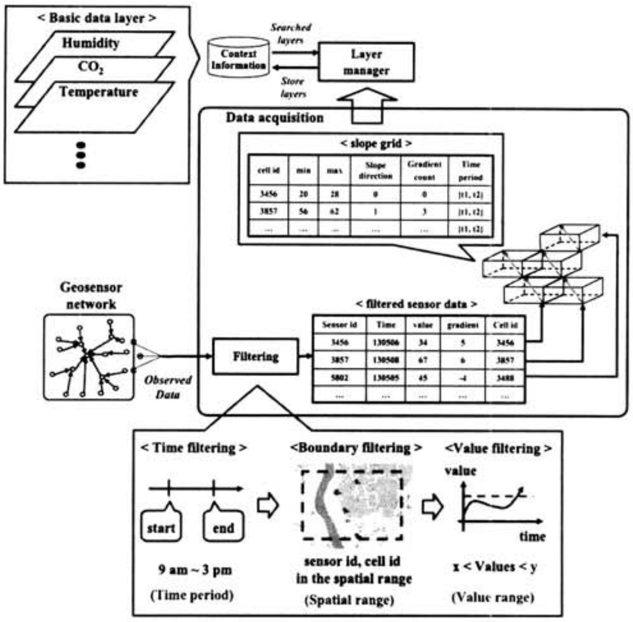
센서 네트워크로부터 현 상황에 대한 정보를 얻기 위해 제시된 시스템에서는 모니터링을 위한 질의어를 사용한다. 사용자 인터페이스를 통해 사용자 질의어가 입력되면, 상황 정보 관리기 (Context management)의 질의 관리기 (Query manager)에서 해당하는 질의에 대한 정보를 질의 정보 데이터베이스에서 검색한 후, 질의와 관계되는 데이터 레이어와 시공간 연산자를 활용하여 사용자가 원하는 결과를 제공한다.

(그림 2)는 설계된 시스템에서 추상화된 센서 데이터 레이어를 기반으로 사용자 질의를 처리하는 과정을 보여준다. 먼저, 화재 지역을 찾는 사용자 질의어 (a)가 입력되면, 질의 정보 데이터베이스에서 질의어에 해당하는 속성과 데이터 범위 레벨 (b)을 찾는다. 화재의 경우는 온도 (high), 습도 (low), 이산화탄소 (high), 먼지 (high) 등이 있으며, 이를 이용해 분리된 질의어 (c)를 각 데이터 레이어에 맞게 생성한다. 분리된 질의어는 질의 처리기에서 해당하는 데이터 레이어를 레이어 관리기에서 받아 각 레벨에 해당하는 지역 (d)을 추출한다. 그리고 질의 정보에 기술되어 있는 센서 타입별 가중치와 응용에 따른 데이터 결합 규칙에 따라 추출된 결과를 결합하여 하나의 결합된 맵 (e)을 만들고, 화재 지역과 그 위험지역을 추출한다. 정리된 최종 결과 (f)는 통해 사용자에게 화재지역으로 추정되는 지역에 대한 범위와 위험도에 대한 정보를 제공한다.

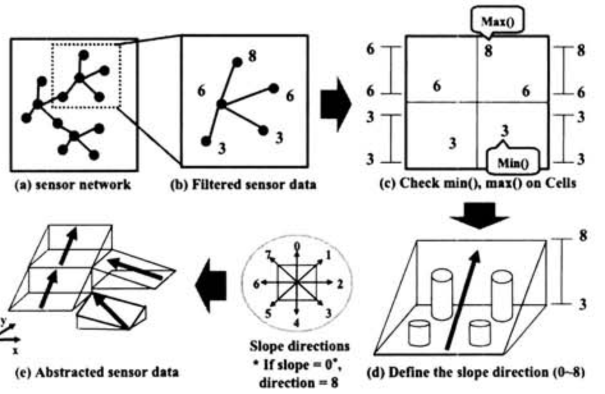
4. 센서 데이터 추상화

넓은 지역의 네트워크는 대용량의 센서 데이터를 발생시키며, 이 데이터는 동적으로 변화하는 환경정보를 표현한다. 모니터링 질의 처리 시스템으로 전송된 센서 데이터는 필터링과 추상화 과정을 거쳐 가공되는데, 이때 사용되는 필터링 조건과 추상화 모델은 사용자에 의해 지식 베이스 (Knowledge base)에 먼저 등록되어 있어야 한다. 등록된 필터링 조건에 따라 데이터 추상화에 불필요한 데이터는 걸러지며, 남겨진 데이터는 사용자가 등록한 추상화 모델에 따라 표현되어 진다.

(그림 3)의 데이터 필터링 과정은 사용자가 특정 지역의 센서 데이터를 효과적으로 추상화하기 위하여 불필요한 데이터를 걸러내는데 사용되며, 필터링 조건은 시간 간격 (Time period), 공간 범위 (Spatial boundary), 데이터 범위로 크게 세 가지로 구분된다. 시간 간격은 데이터 추상화 시작 시간과 종료 시간을, 공간 범위는 추상화를 위해 고려



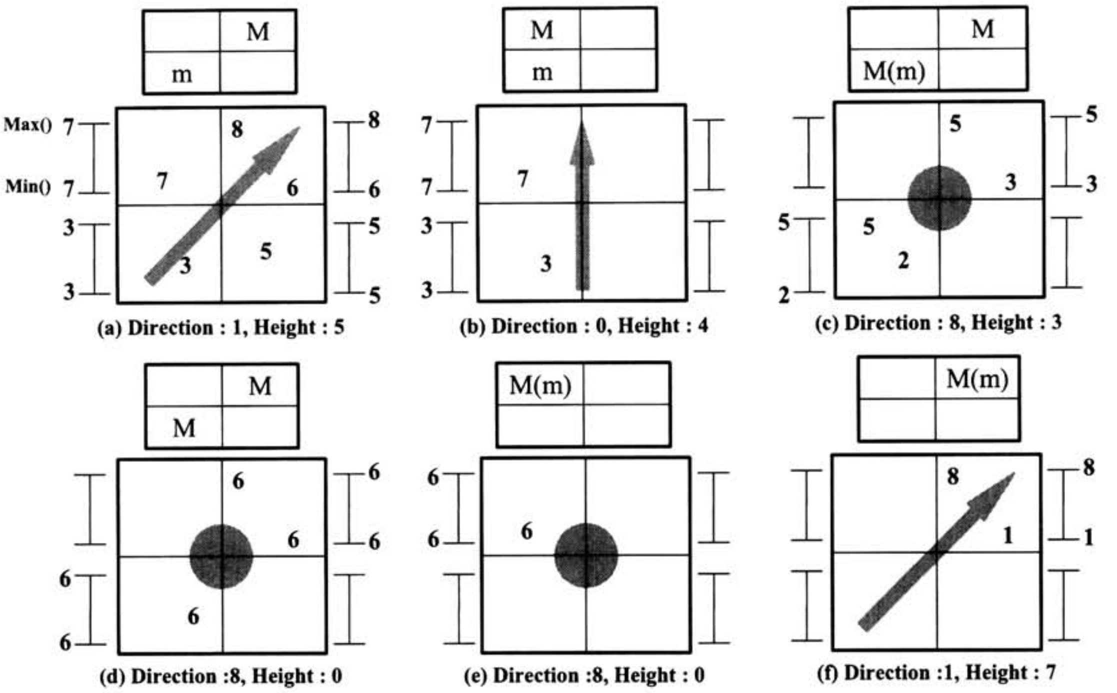
(그림 3) 데이터 필터링 및 추상화 과정



(그림 4) 경사 그리드를 이용한 센서 데이터 추상화

할 특정 지역의 경계를, 데이터 범위는 원하는 데이터를 얻기 위해 정해진 범위를 나타낸다. 이 조건은 사용자가 추상화하려는 지역과 데이터에 따라 변경될 수 있으며, 사용자가 지정한 시간, 공간, 데이터 범위에 따라 설정된다.

필터링된 센서 데이터는 추상화되기 전에 센서 데이터 테이블에 저장되며, 센서 id 에 따라 시간, 측정 값, 변화량 등을 갱신하고, 해당하는 셀 id를 따라 경사 그리드에 접근하여, 셀의 최소, 최대값을 추출하고 경사 방향, 변화량 등을 재설정한다. 이와 같이 각 셀마다 요약된 센서 데이터는 셀의 데이터 상태를 간략히 보여주기 때문에, 셀들의 집합인 전체 그리드에서는 각 셀들의 값이 어떤 의미를 가지는지, 셀들의 데이터가 모여서 어떤 현상을 나타내고 있는지를 분석하고 다루는 것이 중요하다. 이를 위해, 각 센서 타입별 경사 그리드는 레이어 관리기를 통해 상황 정보 데이터베이스의 레이어 테이블에 기본 데이터 레이어로서 저장되며, 사용자 질의 처리시 유용한 정보를 추출하기 위해 공간 정보와 다양한 방식으로 결합될 것이다. 그리드는 GIS에서 지형 표면 모델 (Terrain surface model)로서, 특정 지역의 상



(그림 5) 필터링된 데이터에 대한 경사 방향 설정 예

태 등을 포현할 때 유용하게 사용되고 있다 [15]. 제시된 경사면 (Tilted plane) [2]기반 그리드는 셀의 데이터 균형 상태를 표현할 수 있어, 수평면보다 지형 및 데이터 값을 표현하는데 유용하다. 경사 그리드를 활용한 지형 표면 모델을 적용하기 위해서, (그림 5)와 같이 네 하위 셀들의 대표값을 토대로 셀의 경사면 표현을 9개의 방향 (8 방위 + 평면)으로 단순화시키고, 변화량 속성을 추가하였다.

센서 데이터 모니터링 응용에서는 대기 오염, 산불, 전장 분석, 등과 같이 관측된 긴급상황을 최대한 빨리 감지하고 대응하는 것이 필요하기 때문에 신속한 데이터 갱신이 필수적이다. 이를 위해 해쉬 함수를 활용하여 빠른 데이터 접근을 지원하는 그리드를 기반으로 센서 데이터를 추상화하였다.

(그림 4)는 설계된 경사 그리드에 의해 센서 데이터가 추상화 되는 과정을 보여준다. 제시된 방법에서는 현재 데이터만을 고려하여 경사 그리드를 통해 현재 상황을 표현한다. 센서 네트워크로부터 데이터가 전송되면, 사용자 정의 규칙에 의해 일부 데이터만 남기고 필터링된다. (c)의 경사 그리드에서는 필터링된 데이터 (b)의 최소, 최대값과 함께 셀의 각 속성 값을 입력한다. 셀의 속성들은 시간 [t1, t2]과 공간 좌표 (x, y, z)를 토대로 min(), max(), 높이, 경사 방향 (slope direction)과 경사 방향의 변화를 체크하는 방향 변화 체크(gradient count)로 이루어져 있다. 시간 간격은 각 센서 데이터가 측정된 시간을 모두 포함한다. 공간 좌표의 z 값은 센서 데이터의 최소값을, 높이는 최대값과 최소값의 차를 나타낸다. (d)의 경사 방향은 데이터 경향을 표현하기 위해 최소값을 갖는 하위 셀로부터 최대값을 갖는 하위 셀을 가리키게 된다. 이렇게 표현된 각 셀들의 집합(e)은 전반적인 현재 상황을 간략히 요약하여 나타낸다.

각 셀에서 방향 벡터를 정하기 위해, 하나의 셀은 4개의 하위 셀을 가지며, 하위 셀의 최소, 최대값을 분석하여 경사 방향을 설정한다. 경사 방향 (direction)은 m셀 (최소값을 가진 셀)에서 M셀 (최대값을 가진 셀)을 가르키며, 높이는 max() - min() 으로 설정된다. 셀의 경사도가 0 이면(데이터 값이 모두 같으면), 방향 벡터가 아닌 점으로 표시하고 방향은 8을 나타낸다. 이 경우, 수평 그리드와 같이 경사면이 평평하다는 것을 뜻한다.

필터링을 거친 센서 데이터는 모든 센서 데이터가 전송되는 일반적인 경우의 경사 그리드[1] 와 달리, 손실되는 데이터가 있기 때문에, 전송된 데이터 중 일부분만이 경사그리드로 표현된다. 이에 대한 경사 방향 설정의 예를 (그림 5)에서 보인다. (a)는 모든 데이터가 남겨진 경우로, M셀을 가리키는 경사 방향은 1로 설정된다. (b)처럼 두 하위 셀만 데이터를 갖고 서로 만나있을 경우는 데이터가 없는 두셀을 제외하고, 일반적인 규칙처럼 m 셀에서 M 셀로 경사 방향이 설정된다. (c)는 두 M셀이 서로 떨어진 경우로 특정 방향을 정하기 어렵기 때문에, 평면(경사 방향 = 8)처럼 설정한다. (d) 역시 (c)와 비슷하지만, 모든 값이 같기 때문에, 경사 방향은 8이다. (e)는 값이 하나이므로 경사 방향은 8이 된다. (f)는 하나의 셀만 값을 갖고 있지만, 두 데이터 (최소값과 최대값)를 갖고 있으므로, 높이와 방향을 표현하기 위해, 경사 방향을 1로 정한다.

경사 그리드의 셀 크기는 각 센서 타입에 대한 센서 노드의 수에 따라 달라질 수 있다. 예를 들어 온도나 상대 습도는 센서가 설치된 장소 및 환경에 따라 달라질 수 있으나, 바람 방향은 가까운 거리에서 크게 달라지지 않는 것처럼 각 타입의 특성에 따라 셀 크기를 조절한다. 각 센서 타입마다 생성된 그리드(레이어)는 (그림 3)과 같이 사용자의 모니터링 질의에 답하기 위한 입력 데이터로 사용된다.

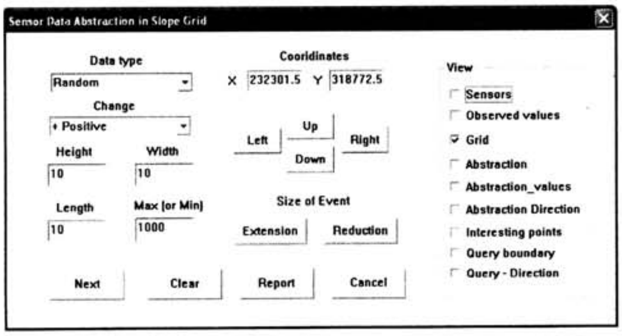
6. 구 현

구현에서는 모니터링 서버에서의 데이터 표현에 초점을 맞추어, 모든 데이터는 모니터링 서버로 전송되며, 필터링후 데이터 추상화가 이루어지도록 가정한다. 경사 그리드를 구현하기 위하여, 60,000개의 가상의 센서들과 그리드 내에 10,000개의 셀을 설정하고 매 순간 가상의 센서 데이터가 생성되도록 하였다. 센서 데이터가 전송되면, 필터링 후 각 셀마다 최소, 최대값을 구하고 그 값을 3차원 경사 그리드로 표현한다.

센서 데이터를 생성하기 위한 데이터 시뮬레이터는 크게 랜덤 데이터와 이벤트 데이터를 제공하며, 생성된 데이터의 높이, 넓이, 위치, 등을 조절할 수 있다. 랜덤 데이터 (c)는 빈번하게 변화하는 상태를 묘사하기 위해 발생되며, 이벤트 데이터 (b)는 화재나 대기 오염이 일어난다는 가정아래 그에 대한 가상의 데이터를 발생시킨다. (d), (f)에서 사용된 이벤트 데이터는 시간이 지남에 따라 height와 width 값이 10씩 증가하고 그 영역이 점점 넓어지는 데이터를 사용하였으며, 이런 단순한 이벤트 데이터를 조합하면 (b)처럼 마치 굴곡이 있는 산과 같이 다양한 이벤트 데이터를 얻을 수 있다. 생성된 센서 데이터 및 추상화된 경사 그리드에 대한 정보는 view 메뉴를 통해 하나하나 살펴볼 수 있다.

(그림 7)의 (e), (f)와 같이 데이터 시뮬레이터를 통해 생성된 가상 센서들과 발생된 데이터에 따라 경사 그리드에서 추상화된 데이터가 변화하는 것을 알 수 있다. 랜덤 데이터의 경우, 경사 방향 및 경사 그리드도 그에 따라 마치 파도가 치듯이 빈번하게 변화한다. 이벤트 데이터의 경우, 경사 방향은 센서 값이 높은 특정 포인트 (가운데 부분)를 가리키게 된다. 이처럼, 경사 그리드는 각 셀의 높이와 함께 경사면을 같이 볼 수 있기 때문에, 데이터 분석에 보다 용이하다.

생성된 경사 그리드로부터 현재 상황을 분석하기 위한 예제로서, 경사 방향 요약과 규칙에 따라 특정 셀을 추출하는 것에 대해 기술한다. (그림 7)의 (c)와 (d)는 경사그리드에서 경사 방향의 합을 요약하여 볼 수 있게 한 것이다. 경사 방향이 어느 방향으로 몰려있는지를 체크하여, 현재 상황을 분석한다. 랜덤 데이터의 경우, 경사 방향이 주로 1, 2, 6의 방향으로 향하는 것을 알 수 있다. 하지만, 랜덤 데이터이기 때문에 특별한 의미를 찾기는 어렵다. 이벤트 데이터의 경우, 경사 방향이 주로 5와 7의 방향을 향하고 있음을 알 수 있으며, 6의 방향에 어떤 사건(화재나 오염, 등)이 발생하여, 경사그리드내의 전반적인 셀의 방향이 그에 대한 영향을 받고 있음을 알 수 있다.



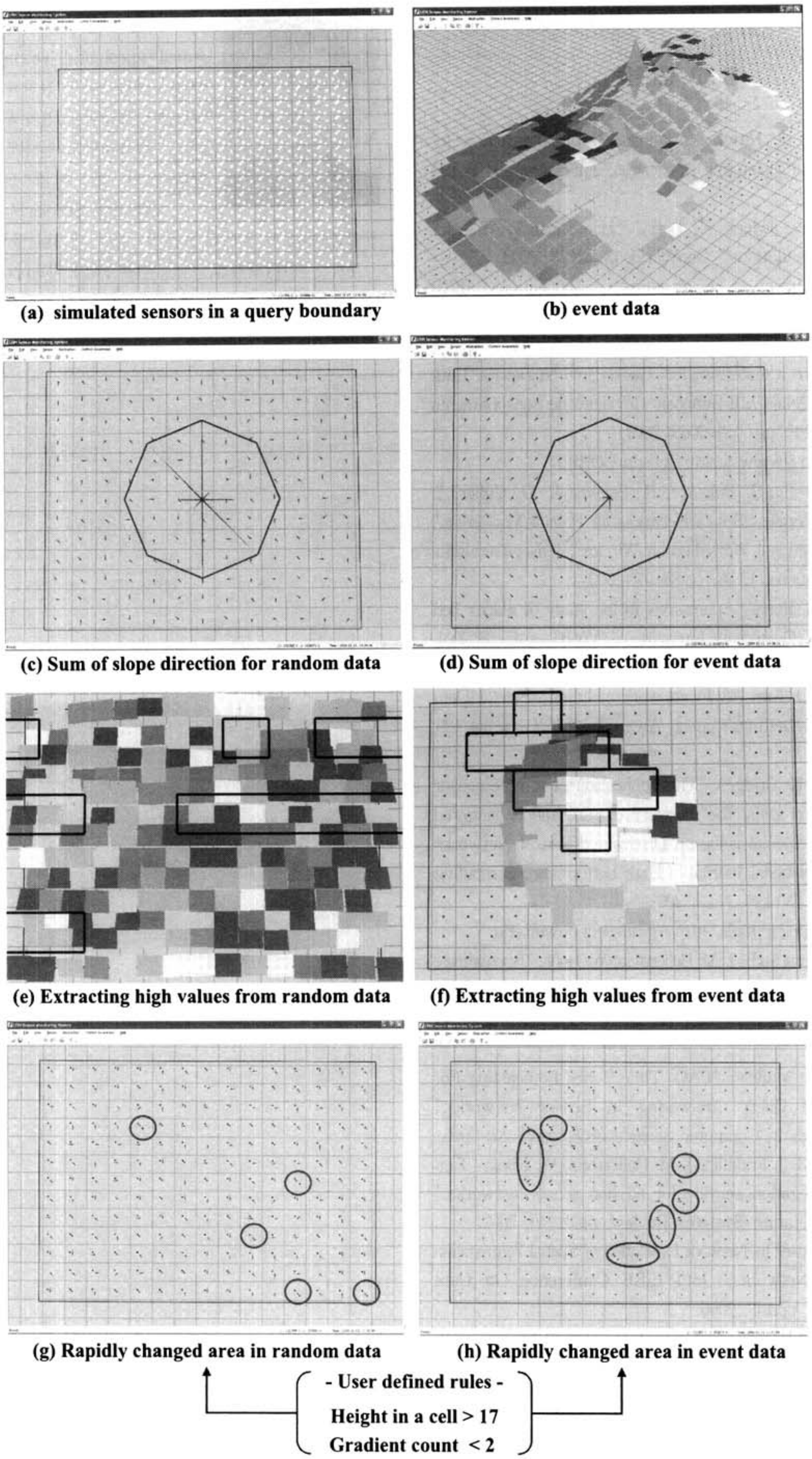
(그림 6) 데이터 시뮬레이터 및 경사 그리드 조정 창

또한, 데이터 분석을 위해 특정 셀만을 추출하기 원할 경우, 사용자가 규칙을 정해 해당하는 셀들만 따로 추출한다. (e)에서 (f)의 예에서 "현재 화재 지역으로 추정되는 지역을 검색하시오"와 같은 질의에 답하기 위해, 전체 센서 데이터 중 상위 70% 이상의 높은 값을 갖는 셀만을 추출하도록 검색하였다. 랜덤 데이터의 경우 각 셀들의 데이터가 서로 연관성이 없기 때문에, 추출된 부분들이 서로 떨어져 있다. 이벤트 데이터의 경우, 특정 포인트를 중심으로 높은 값이 몰려있기 때문에, 추출된 셀들도 서로 몰려있는 것을 알 수 있다. (g)와 (h)는 "현재 오염이 급격히 진행되고 있는 지역을 검색하시오"와 같이 이미 높은 데이터 값을 갖는 지역이 아닌, 현재 센서 측정 데이터가 급격히 변하고 있는 지역을 검색한 것이다. 이를 위해, 각 셀의 높이가 17이상이고 변화량 속성이 2 이하인 셀들을 검색하였다. 셀의 높이가 높다는 것은 셀 안에 속한 데이터의 최소, 최대값의 차가 크다는 것을 의미하며, 이로 인해 셀 안의 데이터 균형이 많이 달라지고 있음을 알 수 있다. 변화량 속성의 경우, 변화량 값이 낮으면 경사 방향이 빈번하게 변하는 지역임을 알 수 있으며, 셀 안의 데이터의 흐름이 달라졌다고 볼 수 있다. 두 예제의 경우, 높은 높이와 낮은 변화량을 모두 체크함으로써, 현재 변화가 급격히 일어나고 있는 셀들을 검색한다. 랜덤 데이터의 경우 검색된 셀들이 연관성을 갖지 않고 서로 흩어져 있지만, 이벤트 데이터의 경우 사건이 발생한 특정 포인트를 중심으로 셀들이 검색되기 때문에, 발생한 사건의 진행 정도 및 영역을 체크하는데 도움을 줄 수 있다. 이렇게 분석된 경사 방향이나 추출된 셀들에 대한 정보는 "현재 화재 지역으로 추정되는 지역을 검색하시오"와 같이 현재 상황을 분석하기 위한 사용자 질의를 처리하는데 유용하게 사용될 수 있다.

7. 결 론

실세계의 현상을 측정하는 센서기술 및 무선 통신 기술이 발달함에 따라 생태계 및 현재 상황을 분석하는 센서 네트워크 기반의 환경 모니터링 응용이 활발히 연구되고 있다. 이 논문에서는 모니터링 시스템에서 센서 데이터를 효과적으로 요약 관리하기 위하여, 추상화 모델(경사그리드)을 제시하였다. 제시된 모델은 그리드 구조를 기반으로 하기 때문에, 빠른 데이터 갱신 및 접근에 용이하며, 현재 감지된 상황에 대해 간략화된 데이터 경향을 제공한다. 또한, 이 모델이 모니터링 시스템의 필터링 및 질의 처리 과정에서 어떻게 활용되는지를 기술하였다.

향후에는 실세계의 다양한 현상을 분석하기 위하여, 실제 데이터로부터 추상화 모델을 유도하고, 사용자가 필요한 특성들을 효과적으로 추출하는 방법을 고려할 예정이며, 추상



(그림 7) 경사그리드에서의 정보 추출

화된 각 타입별 데이터를 결합하는 방법을 연구할 것이다.

참 고 문 헌

[1] Y. J. Jung, S. Nittel, "Geosensor Data Abstraction for Environmental Monitoring Application," GIScience, pp.168-180, 2008.

[2] Mario Lopez, Joseph K. Berry, "Use Surface Area for Realistic Calculations," GeoWorld, pp.22-23, 2002.

[3] N. Xu, "A Survey of Sensor Network Applications," IEEE Communications Magazine, Vol.40, No.8, pp.102-114, 2002.

[4] A. R. Ilka, C. Gilberto, A. Renato, M. V. M. Antônio, "Data-Aware Clustering for Geosensor Networks Data Collection," Anais XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, INPE, pp.6059-6066, 2007.

[5] CORIE, http://www.ccalmr.ogi.edu/CORIE/

[6] A. Mainwaring, J. Polastre, R. Szewczyk, D. Culler, J. Anderson, "Wireless Sensor Networks for Habitat Monitoring," ACM International Workshop on Wireless Sensor Networks and Applications, EUA, pp.88-97, 2002.

[7] J. K. Hart, J. Rose., "Approaches to the study of glacier bed deformation," Quaternary International, Vol.86, pp.45-58, 2001.

[8] Y. J. Jung, Y. K. Lee, D. G. Lee, M. Park, K. H. Ryu, H. C. Kim, K. O. Kim, "A Framework of In-situ Sensor Data Processing System for Context Awareness," ICIC, pp.124-129, 2006.

[9] E. Biagioni, K. Bridges, "The application of remote sensor technology to assist the recovery of rare and endangered species," In Special issue on Distributed Sensor Networks for the International Journal of High Performance Computing Applications, Vol.16, No.3, 2002.

[10] Generic Mapping tools, http://gmt.soest.hawaii.edu.

[11] D. Chu, A. Deshpande, J. M. Hellerstein, W. Hong, "Approximate Data Collection in Sensor Networks using Probabilistic Models," International Conference on Data Engineering, pp.48, 2006.

[12] D. Tulone, S. Madden, "PAQ: Time Series Forecasting For Approximate Query Answering In Sensor Networks," Lecture Notes in Computer Science 3868, pp.21-37, 2006.

[13] S. Madden, M. J. Franklin, J. M. Hellerstein, W. Hong, "Tag: a tiny aggregation service for ad-hoc sensor networks," SIGOPS Operating Systems Review, pp.31-46, 2002.

[14] D. Goldin, "Faster In-Network Evaluation of Spatial Aggregation in Sensor Networks," Int'l IEEE Conference On Data Engineering, pp.148, 2006.

[15] P. Rigaux, M. Scholl, A. Voisard, "Spatial Databases with application to GIS," Morgan Kaufmann Publishers, 2002.

정 영 진

e-mail : yjjeong@dblab.chungbuk.ac.kr
2000년 충북대학교 전자계산학과(이학사)
2002년 충북대학교 전자계산학과(이학석사)
2007년 충북대학교 전자계산학과(이학박사)
2007년~현 재 미국 Univ. of Maine Visiting Scholar
관심분야 : 센서 데이터 추상화, 센서 데이터 융합, 이동 객체 데이터베이스, 이동 객체 색인, Temporal GIS, 유비쿼터스 컴퓨팅 및 질의 처리