

u-GIS 공간정보 기술 동향

Trends of u-GIS Spatial Information Technology

텔레매틱스, RFID/USN, GIS
융합기술 동향 특집

이충호 (C.H. Lee)	RFID/USN미들웨어연구팀 선임연구원
안경환 (K.W. An)	LBS/텔레매틱스융합연구팀 선임연구원
이문수 (M.S. Lee)	LBS/텔레매틱스융합연구팀 선임연구원
김주완 (J.W. Kim)	LBS/텔레매틱스융합연구팀 팀장

목 차

-
- I . 서론
 - II . GeoSensor 및 GIS 데이터 처리
 - III . u-GIS 통합정보 처리기술
 - IV . 모바일 GeoSensing 기술
 - V . 결론

최근 정보통신기술의 발달로 인해 다양한 종류의 컴퓨터가 사람, 사물, 환경 속으로 스며들고, 이들이 서로 네트워크로 연결되어 인간의 삶을 도와주는 유비쿼터스 환경이 급속히 진전되고 있다. 이러한 유비쿼터스 환경은 모두 국토 공간을 근간으로 구현되고 있으며, 국토에 대한 공간 및 위치 정보를 제공하는 u-GIS 공간정보 기술은 미래 유비쿼터스 환경의 핵심 기반 기술로 대두되고 있다. 본 고에서는 u-GIS 공간정보 기술을 구성하는 핵심 기술인 GeoSensor와 GIS 데이터 처리 기술, u-GIS 통합정보 처리 기술과 모바일 GeoSensing 기술을 중심으로 최신 동향 및 이슈들을 소개하고, 향후 연구 개발 방향을 제시해 보고자 한다.

I. 서론

최근 정보통신기술의 발달로 인해 다양한 종류의 컴퓨터가 사람, 사물, 환경 속으로 스며들고, 이들이 서로 네트워크로 연결되어 인간의 삶을 도와주는 유비쿼터스 환경이 급속히 진전되고 있다. 이러한 유비쿼터스 환경은 모두 국토 공간을 근간으로 하기 때문에 국토에 대한 공간 및 위치정보를 제공하는 공간정보 기술이 유비쿼터스 사회를 실현하는 핵심 기반 기술로 대두되고 있다. 전통적인 공간정보 기술인 GIS는 ITS, LBS, 텔레매틱스 등의 IT 분야로 발전해 왔으며, 이제는 첨단 정보통신기술과의 융·복합을 통해 새로운 유비쿼터스 환경을 구축하기 위한 u-GIS 공간정보 기술로 진화하고 있다. 향후에는 u-GIS 공간정보 기술을 통하여 언제, 어디서나, 누구에게나 다양한 개인에 맞는 맞춤형 공간정보 서비스를 제공함으로써 u-City, u-국토, u-전자정부 등 발전된 유비쿼터스 환경을 실현할 수 있을 것으로 예상된다. 최근 IDC에서 발간된 기술 및 시장조사 보고서에 따르면 전통적인 공간정보의 개념과 범위는 점차 다양한 분야로 융합을 통해 확장되고 있으며, Microsoft, IBM, Oracle, Google, Yahoo 등 거대한 다국적 기업들을 중심으로 신규 시장 창출 및 주도권 경쟁의 각축장이 되고 있다[1].

u-GIS 공간정보는 기존 GIS에서 정의한 공간정보와 비교하여 다음과 같은 차이점을 갖는다. 첫째, u-GIS 공간정보는 기존의 GIS가 건물, 도로, 하천, 지하시설물과 같은 2차원 또는 3차원상의 정적인 지형 지물 관리에 초점을 맞추었던 데 비해, u-GIS 공간정보는 유비쿼터스 환경을 기반으로 시간에 따라 공간적인 위치가 포함된 동적인 공간 데이터 관리 기능을 요구한다. 이를 위해 2차원 및 3차원 공간 데이터에 시간의 개념 또는 실내 데이터 모델링이 추가된 3차원 및 4차원의 시공간 데이터의 관리가 필수적이다.

둘째, 향후 u-City에서는 도시 곳곳에 실시간으로 정보를 센싱하고 획득할 수 있는 다양한 형태의 GeoSensor가 설치될 것으로 예상된다. 특히, Geo-

Sensor에서 수집되는 데이터는 동적으로 시간에 따라 지속적으로 발생하는 데이터 스트림의 특성을 가지고 있어, 이를 효율적으로 처리할 수 있는 기술이 요구된다. 셋째, u-GIS 공간정보는 GeoSensor 데이터와 GIS 데이터를 융합하여 처리 가능해야 하며, 기존의 타 정보 시스템과 연계하여 운용이 가능해야 한다. 이를 위해 GeoSensor 데이터와 GIS 데이터를 효율적으로 통합할 수 있는 플랫폼과 대량의 데이터 속에서 유용한 정보를 검출하고 이를 원활히 의사결정에 반영되도록 제공하는 기능이 요구된다. 넷째, GeoSensor는 고정된 지역이 아니라 넓은 지역에 산발적으로 분포될 수 있으며, 자신의 위치 인식 장치를 이용하여 시간에 따라 장소를 이동할 수 있는 이동성도 요구된다. 따라서 GeoSensor 자체의 이동성과 고정된 GeoSensor들의 정보를 수집하기 위한 단말 장치의 이동성을 모두 고려한 센서 정보 수집 기술이 요구된다.

본 고에서는 u-GIS 공간정보 기술의 핵심 기술인 GeoSensor 및 GIS 데이터 처리 기술과 u-GIS 통합정보 처리 기술, 모바일 GeoSensing 기술에 대한 최신 동향 및 이슈들을 소개하고, 향후 연구 개발 방향을 제시한다.

II. GeoSensor 및 GIS 데이터 처리

1. 3D/4D Spatial DBMS

기존의 GIS는 2차원 또는 3차원상의 정적인 공간 데이터를 주로 다루었다. 2차원 GIS의 경우 건물, 도로, 하천 등 지형 지물들을 표현하는 데 주로 사용되어 왔으며, 3차원 GIS의 경우는 시설물들을

● 용어해설 ●

GeoSensor: RFID 리더, 모바일 RFID 리더, 센서 노드, 텔레매틱스 단말, CCTV 등과 같이 직접 또는 간접적으로 위치를 획득할 수 있으면서, 해당 위치와 연관된 다양한 형태의 값들을 스트림의 형태로 생성하는 장치를 말한다.

3차원으로 표현하여 관리하는 데 주로 사용되었다. 유비쿼터스 환경을 위하여 기존 GIS 기술은 아래와 같은 3가지 기술적인 특성을 반영하여 발전해 나갈 것으로 예상된다.

• 차원의 확장/시간 개념의 추가

기존 GIS는 특정 시간대에 구축된 정적인 데이터만을 대상으로 하였으나, 시간의 개념을 추가하여 이력정보를 조회하는 기능이 요구된다. 시간 개념이 추가되면 토지대장 관리 시스템, 도시 계획 시스템 등 이력 정보가 필요한 분야에 다양하게 응용이 가능하다.

• 실내 공간으로 확장

기존 GIS는 실외 중심의 데이터 구축이 주를 이루었으나 향후 실내 측위 시스템이 일반화되고, 실내 위치기반 서비스가 활성화되면 실내 공간 데이터의 구축 및 관리가 요구될 것이다. 실내 공간 데이터의 경우 GPS 좌표와 같은 절대 좌표 대신 0층 000호와 같은 심볼릭 위치 표현 방법이나 상대 좌표 등 다양한 표현 방법이 제시될 수 있으므로 실내 공간에 맞는 새로운 데이터 모델링 및 관리 기법이 필요하다. 실내 공간 데이터가 지원되면 지하철, 대규모 쇼핑몰 등 실내 내비게이션, 보안, 자산 관리 등의 다양한 응용에 활용될 수 있다.

• 메인메모리 기반/하이브리드 기반 시스템

현재 메모리 가격의 하락으로 GIS 데이터의 많은 부분을 메모리에서 저장 관리하는 것이 가능하다. 일반적으로 메인메모리 기반 GIS 시스템의 경우 기존의 디스크 기반 GIS 시스템에 비해 더 빠른 응답 성능을 보일 수 있으며, 하이브리드 기반 GIS는 메인메모리의 저장 공간이 부족할 경우 디스크나 다른 저장매체를 함께 활용하여 실시간과 대용량의 두 가지 목표를 함께 이룰 수 있다. 현재 일부 국내 상용 제품에서 메인 메모리 기반 공간 데이터베이스 [2],[3]를 출시하고 있으며, 향후 시간 개념 및 실내 공간으로의 확장과 함께 많은 분야에 적용될 것으로 예상된다.

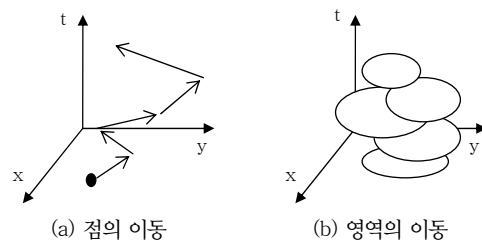
2. MODB

이동체란 시간에 따라 위치가 변하는 객체를 의미하며, 이러한 이동체의 위치정보를 관리해주는 시스템을 이동체 데이터베이스라 한다. 이동체는 (그림 1)과 같이 다양하게 모델링 될 수 있는데, 차량이나 사람의 경우 점으로 모델링되어 궤적으로 표현될 수 있고, 태풍이나 홍수 피해 지역과 같이 모양과 영역이 변하는 정보에 대해서는 영역 모델링을 통해 시간에 따른 모양과 움직임이 함께 표현될 수도 있다. 이동체가 2차원 공간상에서 이동하느냐 아니면 실내외 같이 3차원 공간상에서 움직이느냐에 따라 이동체 데이터베이스의 차원이 3차원 또는 4차원이 될 수 있다.

이동체 데이터베이스는 기존의 데이터베이스 시스템의 요구사항과는 달리 업데이트의 빈도가 매우 높고, 이동체의 과거 궤적 및 미래의 위치에 대한 추정치를 질의의 결과로 되돌려 줄 수 있어야 하므로 시공간 데이터베이스의 특화된 형태로 발전되어 왔다. 이동체 데이터베이스는 물류나 택시관제 등 다양한 위치기반 서비스 분야에 활용될 수 있다.

이동체 데이터베이스 관련 대표적인 연구 사례는 DOMINO 프로젝트[4]와 CHOROCHRONOS 프로젝트[5], ETRI 프로젝트[6]가 있다. 이들 프로젝트들은 이동체에 대해 효율적인 위치 관리 방법, 과거, 현재, 근접미래에 대해서 시공간 질의가 가능하도록 데이터 모델, 시공간 질의어 설계, 이동체 색인, 불확실성 처리, 업데이트 빈도 감소 등 다양한 연구를 수행하였다.

이동체 데이터베이스에서는 이동체의 과거 궤적을 효율적으로 처리하기 위한 구조와 현재 및 근접



(그림 1) 이동체의 예

미래의 위치를 효율적으로 처리하기 위한 두 가지 모델링 기법을 제공하고 있다.

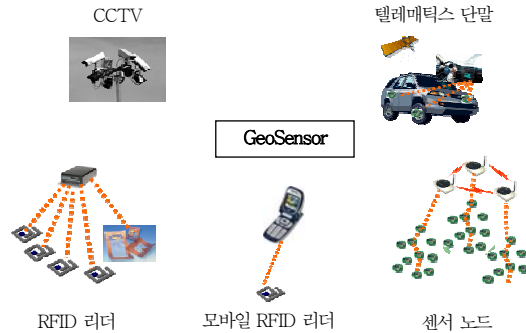
첫번째는 이동체의 위치(x, y)와 타임스탬프(t)로 이루어진 좌표들을 선형으로 보간하여 궤적 정보를 저장하고(샘플링된 좌표들을 선형으로 연결), 시공간 질의 및 과거 궤적 질의를 제공하는 방식이 있다 [7]. 과거 질의의 예로는, “4월 1일 12시에 지정된 영역을 지나간 택시들의 10분간 이동 궤적을 찾아라”와 같이 특정 시간대에 특정 영역을 지난 이동체의 궤적을 찾는 질의가 있을 수 있다. 이러한 질의를 위해 [6]에서는 MOQL이라는 언어를 제공하고 있으며, 효율적인 질의 처리를 위해 [7]에서는 R-tree를 변형한 STR-tree 및 TB-tree를 제시하고 있다.

두번째는 시작점과 속도벡터를 저장하여 이동체의 현재 또는 근접미래에 대한 질의를 제공하는 방식이 있다[8]. 근접 미래 질의에 대한 예로는, “10분 뒤에 지정 영역을 지나가게 될 차량을 찾아라”와 같이 근접 미래에 대해 추정된 결과를 찾는 질의가 있을 수 있다. 현재 및 근접 미래를 위해 [9]에서는 FTL이라는 질의어를 제공하고 있으며, 이에 대한 효율적인 질의 처리를 위해 TPR-tree[8]와 같은 색인에 대한 연구가 이루어지고 있다. 또한 미래 질의의 추정치에 대한 불확실성 처리에 관한 연구 또한 많이 이루어지고 있다.

향후 유비쿼터스 환경에서 실내까지 사람과 사물의 위치 및 GeoSensor의 위치를 관리하게 된다면, 실내 위치 데이터에 대한 모델링 및 질의어, 이를 효율적으로 처리하기 위한 색인 등이 새로이 개발되어야 할 것이다. 실내로 확장된 이동체 데이터베이스는 건물 내 보안 관리 및 자산 관리 등의 영역에 활용될 수 있을 것이다.

3. GeoDSMS

GeoDSMS는 시간에 따라 지속적으로 입력되는 GeoSensor 데이터((그림 2) 참조) 스트림에 대해서 실시간으로 연속질의(continuous query)를 처리하여 그 결과를 스트림의 형태로 되돌려주는 처리기를



(그림 2) GeoSensor의 종류

<표 1> GeoDSMS의 주요 특징

구분	주요 특징
데이터 모델	<ul style="list-style-type: none"> • 데이터 스트림은 특정 위치와 연관되어 있음 • 데이터 스트림은 크기가 무제한이며 온라인으로 도착하는 순서를 제어할 수 없음 • 데이터 스트림의 요소는 문자, 숫자, 이미지 등 다양한 형식을 가짐 • 처리된 데이터 스트림은 취소되거나 저장됨
질의	<ul style="list-style-type: none"> • 기존의 DBMS는 스냅샷에 대해 one-time 질의인데 반해 데이터 스트림 처리기는 계속해서 입력되는 데이터 스트림에 대해 연속적으로 질의를 수행하여 결과를 돌려주는 기능 지원 • 연속 질의는 데이터 스트림이 입력되기 전에 등록되는 predefined 질의와 데이터 스트림이 시작된 뒤에 이루어지는 ad-hoc 질의가 있음 • 질의의 수행 결과가 정확한 값이 아닌 근사치가 될 수 있음 • Aggregation 연산자, join과 같이 모든 데이터가 있어야 수행되는 블로킹(blocking) 연산자에 대한 처리 기법 지원- video door phone

말한다. 이러한 GeoDSMS를 활용하면 교통정보 모니터링, 차량 관제, 보안 등 지속적인 상태 모니터링이 필요한 응용에 활용할 수 있다.

GeoDSMS는 <표 1>에서 보는 바와 같이 기존 DBMS와는 다른 데이터 모델과 질의 특징들을 가진다.

이러한 특징을 가진 GeoDSMS와 관련하여 위치와 연관된 데이터 스트림이 아닌 일반 데이터 스트림을 대상으로 연구된 주요 프로젝트들은 <표 2>와 같다.

STREAM 프로젝트[10]의 경우 CQL을 이용하여 데이터 스트림을 처리하며, TelegraphCQ[11]에서는 관계형 연산자의 시맨틱(semantic)을 스트

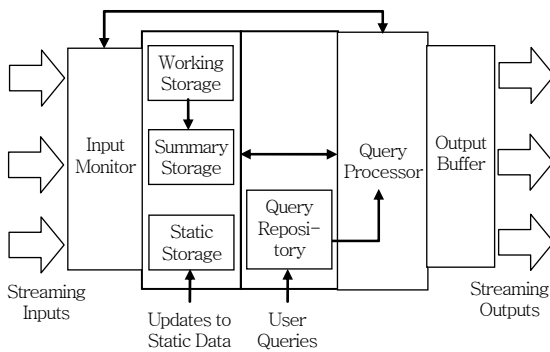
〈표 2〉 DSMS 프로젝트

STREAM[10]	- CQL 질의어 - 다목적
TelegraphCQ[11]	- StreaQuel 질의어 - 센서 데이터
Aurora[12]	- 사용자가 직접 스트림의 흐름(flow)을 지정 - 센서 데이터
AQuery[13]	- 네트워크 트래픽 분석
Tribeca[14]	- 네트워크 트래픽 분석

림으로 확장하는 StreaQuel을 제공하고 있다. 두 프로젝트의 질의어는 결과의 시맨틱을 명백하게 하거나, 근사치를 구하기 위해 스트림의 일부를 지정하는 윈도 기능을 제공하고 있다. AURORA 프로젝트 [12]의 경우, 앞에서 언급한 프로젝트들과 달리 사용자들이 데이터 스트림의 흐름(flow)을 직접 지정할 수 있도록 하고 있다.

현재까지 DSMS 관련 연구 중에 시공간 관련 연산자를 지원하는 상용 프로토타입은 없으며, 일반적인 DSMS는 (그림 3)과 같은 구조를 가진다.

(그림 3)에서 input monitor는 데이터 스트림에 대한 입력률(input rate)을 조절하거나 필터링 기능을 제공한다. 입력된 데이터 스트림은 윈도 질의를 위해 working storage에 저장되며, 시놉시스(synopsis) 정보는 summary storage에, 메타 정보는 static storage에 저장된다. 연속 질의는 query repository에 등록되어 query processor에 의해 처리된다. DSMS의 결과는 스트림의 형태일 수 있으므로 output buffer를 이용하여 사용자에게 전달된다.



(그림 3) 일반적인 DSMS의 구조[12]

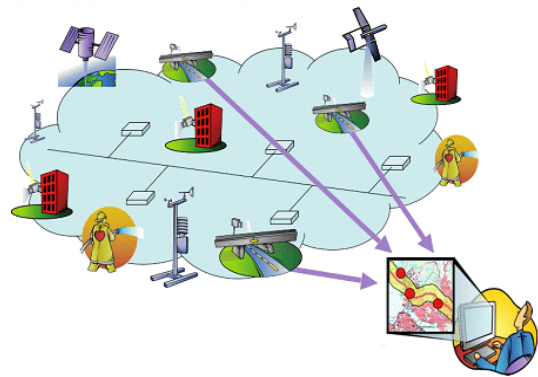
향후 다양한 형식의 GeoSensor가 상용화 될 것이며, GeoSensor에서 출력되는 데이터의 형식 또한 다양할 것으로 예상된다. 특히, 이동성이 있는 GeoSensor에서 출력되는 데이터 스트림은 기존 DSMS가 처리하는 데이터 스트림과는 달리 위치와 연관된 데이터 스트림이라는 차이점을 가지므로 향후 시공간 관련 연산자 및 기능에 대한 기술 개발이 필요하다.

Ⅲ. u-GIS 통합정보 처리기술

1. 센서웹 기술

u-GIS 데이터를 통합하여 처리하기 위한 대표적인 플랫폼 기술로서 센서웹(sensor web)이 있다. (그림 4)에서와 같이 센서웹은 인공물과 자연물에 컴퓨터 기능을 갖는 다양한 센서를 설치하고 이를 웹으로 연결시켜 시설물 및 환경, 교통 상태, 재난재해 등을 모니터링 하는 개념이다. 또한, 향후에는 이러한 센서웹을 도시 전체에 연결하여 u-City를 구축하거나 더 나아가 지구적인 네트워크로 연결하여 전자 센서망(electronic skin)을 가진 지능적인 지구 공간 환경으로 발전시킨다는 거대한 프로젝트이다[14].

현재 OGC web service, phase-4(OWS-4)에서는 센서웹을 SWE라는 이름의 개방형 플랫폼으로 표준화가 거의 완료 단계에 있으며, 이는 웹을 기반



(그림 4) 센서웹[15]

으로 모든 센서를 발견(discovery)하고, 센서를 통해 데이터 획득 및 교환(acquisition & exchange), 정보처리(processing), 임무부여(tasking) 등을 수행할 수 있도록 한다[15]. 세부적인 표준화 사양을 살펴보면 SensorML, O&M Schema, Transducer ML, SOS, SAS, SPS, WNS, Registry 등으로 구성되며 이를 각각 구현함으로써 센서웹을 실현할 수 있도록 하고 있다[15].

SensorML은 온도, 습도, 조도 등과 같은 현장센서(in-situ sensor)에서 웹캠, CCTV, 위성영상센서, 항공영상센서와 같은 원격센서(remote sensor)에 이르기까지 모든 다양한 센서들을 추상화하기 위한 XML 기반의 표준 모델이다. 즉, 센서에 대한 사전 지식이 없이도 센서를 발견하고 센싱 정보를 해석할 수 있도록 센서에 대한 메타정보를 제공한다. 더불어 센서에서 수행 가능한 정보 처리 함수 및 태스크를 서술하고 인자를 제공함으로써, 사용자가 센서에 접근하여 해당 센서에 대한 임무를 부여하거나 원하는 정보처리를 수행할 수 있도록 지원한다.

O&M은 센서가 관측 또는 측정된 센싱 정보를 인코딩하는 XML 기반의 표준 모델로서, 특정 센서 또는 특정 단체에 종속되는 데이터 포맷으로만 해석되는 문제를 없애기 위함이다. O&M은 아스키뿐만 아니라 바이너리 블록을 두어서 대량의 데이터 처리가 가능하며, 센서 데이터 자체 외에 센싱 시간, 위치, 특성, 품질, 이벤트 및 데이터 결과를 해석하는데 필요한 함수도 함께 저장한다.

TransducerML은 센서와 구동장치를 합한 트랜스듀서에 관한 정보를 모델링하는 함수와 메시지 포맷으로서, 트랜스듀서의 데이터를 획득하고 저장 및 전달하는 공통 포맷을 제공한다. 또한 TransducerML은 가능한 한 원시 데이터(스트림) 형태를 그대로 유지함으로써, 데이터 변형을 막고 후처리 및 융합 처리에 효율적으로 사용될 수 있도록 지원한다.

SOS는 센서(현장, 원격, 고정, 이동형 센서 등) 또는 센서 시스템으로부터 관측된 데이터에 대한 접근을 제공하는 표준 인터페이스로서, 센서를 사용하는 사용자(GIS, RS, 전자공학 관련 사용자)들 사이

에 발생할 수 있는 용어 및 관점의 차이를 제거하는 것을 지원한다. SOS에서는 앞서 설명한 SensorML과 O&M을 사용하여 센서와 센싱 정보에 접근하고 처리한다.

SAS는 온도, 습도, 조도 등의 센서에서 센싱된 데이터가 특정 한계치를 넘는 경우나 특정한 상황이 발생된 경우, 또는 센서의 상태 정보(배터리 잔량, 센서 동작, 센서 중단 등)가 변경된 경우 등을 이벤트로 정의하고, 해당 이벤트에 대한 경보 메시지를 사용자에게 전달하는 표준 인터페이스이다. 이를 위해서 SAS는 사전에 정의된 경보 가능한 메시지를 registry에 등록하고, 사용자는 registry 중에서 관심 있는 서비스에 가입함으로써 경보 메시지를 수신할 수 있다.

SPS는 사용자가 웹을 통해 연결되어 있는 센서에 임의의 임무를 부여하고 이를 수행하는 것을 지원하는 표준 인터페이스이다. SPS는 사용자로부터 센서가 수행할 임무에 대한 인자 값을 전달받는 기능, 사용자가 요청한 임무가 실행 가능한지 그 여부를 알려주는 기능, 해당 임무를 실제 수행하는 기능 등을 지원한다.

WNS는 앞의 SAS가 사용자에게 이메일, SMS, HTTP, 전화, 팩스 등을 통해 전달되도록 하는 표준 인터페이스로서, HTTP의 request/response와 같은 동기적인 알림 처리뿐만 아니라 비동기적인 알림도 지원한다.

Sensor web registry는 전체 센서웹 프레임워크 상에서 앞의 모든 모델링 및 서비스들을 검색하고 발견하기 위한 표준 디렉토리 서비스로서, 센서 정보 또는 센서의 함수 정보, 센싱 데이터 정보, 태스크 정보, 경보 정보 등을 검색 및 추가, 삭제, 갱신하는 기능을 제공한다.

이상에서 언급한 SWE는 현재 OGC에서 테스트 베드를 구축하여 컴포넌트 구현 및 테스트를 수행 중에 있으며, 이미 표준화된 WFS, WMS, WCS 등과도 상호 연동되도록 함으로써 모든 공간정보의 통합 및 융합, 공유 측면에서 큰 중요성을 갖는다.

2. u-GIS 데이터 마이닝 및 상황인식 기술

u-GIS 데이터 마이닝 기술은 실시간으로 수집되는 GeoSensor 데이터와 기존의 GIS 데이터를 결합함으로써, 기존에 탐사할 수 없었던 유용한 정보를 생성하여 전문가의 의사결정에 반영되도록 하는 기술이다. u-GIS 데이터 마이닝 기술의 최근까지의 연구 동향을 살펴보면, 공간 데이터 마이닝과 시공간 데이터 마이닝으로 나누어 볼 수 있다.

공간 데이터 마이닝은 함축적인 지식 추출, 공간 관계 혹은 공간 데이터베이스 상에 명백히 저장되어 있지 않은 다른 패턴들을 추출하는 것으로, 공간 데이터 마이닝에서 중요한 요소는 방대한 양의 공간 데이터와 공간 데이터 타입, 그리고 공간 접근 방법들을 다루는 공간 데이터 마이닝 알고리즘의 효율성이다. 기존의 공간 데이터 마이닝 기법으로는 공간 클러스터링, 공간특성 묘사, 공간 분류, 공간 동향 탐사, 일반화, 그리고 공간 연관규칙 등이 있다. 공간 클러스터링(spatial clustering) 기법은 데이터의 특성에 대한 배경 지식 없이 데이터의 클러스터들을 찾을 수 있다는 장점을 갖는다. 공간 특성 묘사(spatial characterization) 기법은 공간 데이터의 위상, 거리, 방향 관계를 바탕으로 데이터를 서술한다. 공간 분류(spatial classification) 기법은 객체의 속성값을 기반으로 하나의 클래스로 부여하는 방법이다. 공간 동향 탐사(spatial trend detection) 기법은 주어진 공간 객체가 이동할 때 비공간 속성의 규칙적인 변화를 발견하는 방법이다. 공간 연관 규칙(spatial association rule)은 하나 또는 그 이상의 공간 객체가 다른 객체들과의 연관 관계를 규칙화시키는 방법이다.

한편, 시공간 데이터 마이닝은 자연 과학 분야에서 두드러지는데 다양한 과학 실험 및 관찰 시스템에서 수집된 지구 기상 데이터, 미생물, 식물 및 동물의 실험 데이터 등과 같은 방대한 양의 자연 과학 데이터를 대상으로 하고 있다. 기존 연구로 CONQUEST[16], TSA-Tree[17] 등의 시스템들이 있는데, 이러한 시스템은 지구 기상 및 지질학 데이터로부터 데이터 마이닝 기법을 이용하여 태풍,

지진, 기상 변화, 화산 분출과 같은 활동을 예측하였다. 또한 교통 관제 시스템, GPS 시스템, 객체추적 시스템 등에서는 이동하는 객체의 위치 혹은 궤적 데이터로부터 마이닝 기법을 이용하여 궤적 분류(trajjectory classification), 궤적 예측(trajjectory prediction) 등을 수행하였다.

이상에서 살펴본 공간/시공간 데이터 마이닝 기법을 통해 얻어진 새로운 정보는 상황 인식(context-awareness)을 위한 정보로 활용될 수 있는데, u-GIS 상황인식 및 처리 기술은 유비쿼터스 센서 네트워크 환경에서 수집되는 대규모의 GeoSensor 및 GIS 데이터를 기반으로 GeoContext를 생성하여 사용자의 개입을 최소화하면서 사용자의 상황에 적절한 u-GIS 서비스를 실시간으로 제공해 주는 기술이다.

현재 연구되고 있는 대표적인 상황인식 시스템은 Ubiquitous Home[18], Easy Meeting[19], e-Watch[20], CHIS[21], LANDMARC[22], SVE[23], CoCo System[24] 등 집 또는 사무실, 자동차, 병원, 회의실, 도서관 등 실내 환경을 대상으로 하는 것이 대부분이다. 그리고 Active Campus[25], CATIS[26], SOCAM[27] 등 실외의 모바일 환경 하에서 여행가이드, 캠퍼스 안내 등을 제공하는 시스템도 일부 연구되고 있다. 그러나 u-GIS에서 필요한 GeoContext를 완벽하게 지원하고 처리하는 시스템은 거의 없는 실정이며 향후 추가적인 기술 개발이 요구된다.

기존의 상황인식 시스템에서 상황 정보를 모델링하는 방법으로는 key-value 방법, markup 기반 모델, 그래픽 기반 모델, 객체지향 기반 모델, 로직 기반 모델, 온톨로지 기반 모델 등 다양하다[27]. 이러한 모델들은 각각 장단점을 갖는데, u-GIS에서 요

● 용어 해설 ●

GeoContext: GeoSensor 데이터로 수집된 상황정보(온도, 습도, 조도 등)와 사용자 자체의 상황정보(사용자 특성, 위치, 방향), 그리고 GIS 데이터(주변 지리공간 정보)가 하나로 통합되어 만들어지는 상황정보를 말한다.

구되는 다양한 응용 서비스 개발의 효율성과 표현의 용이성 면에서 가장 적합한 상황정보 모델링 방법의 개발이 요구된다.

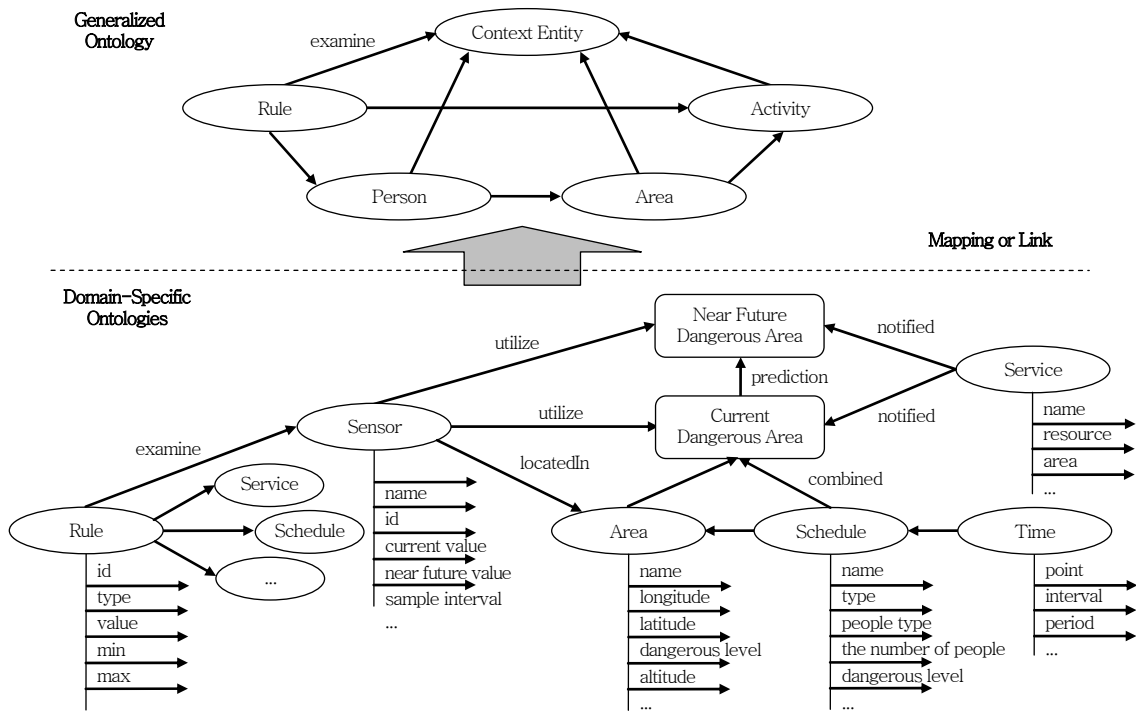
SOCAM은 온톨로지와 로직을 기반으로 상황정보를 모델링하는 대표적인 시스템으로서 응용 개발에 용이하다는 평가를 받고 있다. SOCAM은 일반적인 온톨로지와 각 환경에 따라 확장하는 도메인-온톨로지 구성되므로 스마트 홈뿐만 아니라 다른 도메인에 확장이 용이하며 온톨로지 기반 추론과 사용자 규칙 추론을 모두 지원하고 있다[28].

ETRI에서도 이와 유사한 방법을 통하여 환경모니터링 서비스에 대한 GeoContext를 모델링하고 이를 처리하는 시스템을 설계하였다[29].

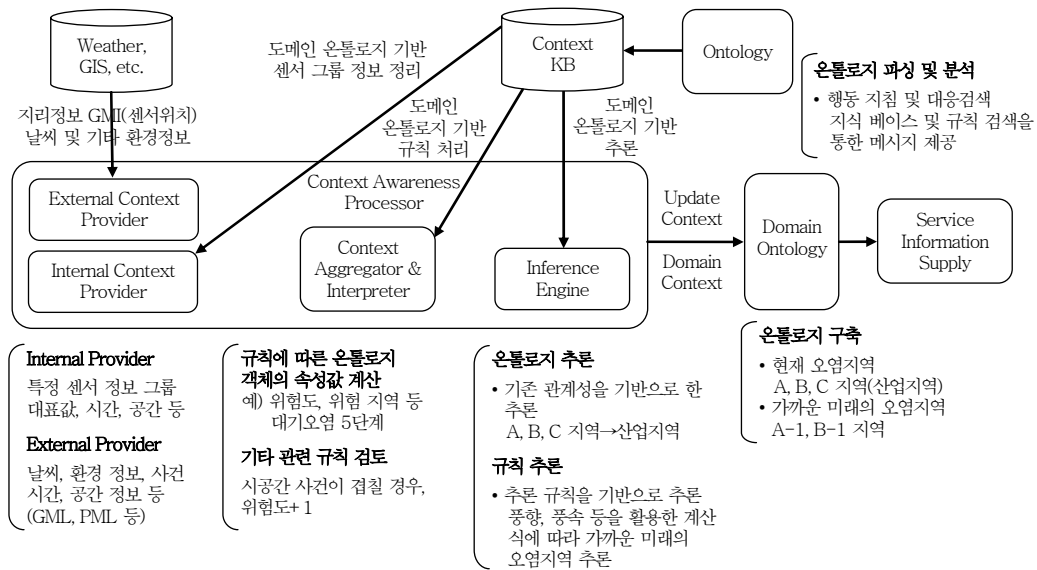
(그림 5)는 실외 센서 네트워크를 기반으로 GeoContext 모델링의 한 예이다. 본 모델은 GeoSensor 데이터의 추상화를 통하여 얻은 일반 GeoContext (sensed GeoContext)와 결합, 추론, 학습에 의한 통합 GeoContext (combined GeoContext)로 구별된다. 먼저, 일반 GeoContext는 특정 지역

의 특성을 구분하기 위하여 rule, geometry 특성, 그리고 predicted information을 활용하여 area라는 기본 공간의 특성을 정의한다. 이때, 지형 정보 및 사용자가 정의하는 각각의 특성들을 rule을 통해 정의하고, 센서값 등을 예측하는 predicted information을 활용하여 기본 공간의 특성을 공간 분석을 통해 정의한다. 통합 GeoContext는 일반 GeoContext를 사용자가 정의한 각각의 rule을 통해 결합하여 각 도메인, 혹은 필요에 따라 생성하거나 사용자가 정한 규칙 및 지식을 활용한 rule을 이용하여 보다 넓은 범위의 지역 특성을 정의한다.

(그림 6)은 앞에서 정의된 대기오염 방지를 위한 상황인식 모델을 기반으로 GeoContext를 인식하고 처리하는 과정을 나타낸다. 추상화된 센서 데이터를 제공하는 internal context provider와 기타 지리정보(GML) 및 기타정보(PML 등)를 제공하는 external context provider를 통해 여러 데이터를 입력 받고, context interpreter에서 이 정보를 사용자의 규칙을 통해 GeoContext를 분석한다. 이 정보는 도



(그림 5) 대기오염 방지를 위한 GeoContext 모델링 예[29]



(그림 6) GeoContext 인식 및 처리[29]

메인 온톨로지에 정리되며, 이를 토대로 온톨로지 추론 및 사용자 규칙 추론이 이루어져서 보다 적절한 GeoContext를 표현하게 된다. 예를 들어 대기오염의 경우, 온톨로지 및 사용자 규칙 추론을 통해서 현재 오염지역 및 가까운 미래의 오염지역을 제시할 수 있다. 이와 같이 특정 도메인에 해당하는 온톨로지 정보를 구축한 후, 이 정보를 파싱하고 분석하여 현 상황에 따른 사용자의 행동지침 및 대응 방법을 서비스로 제공할 수 있다.

3. GIS/CAD 데이터 통합 및 연계 기술

유비쿼터스 도시 환경의 u-GIS 정보는 언제 어디서나 사용자에게 적합한 공간정보를 효율적으로 제공해야 하는데, 기존의 GIS는 주로 실외(outdoor)에 위치하는 대축척의 건물 및 시설물 정보(2차원 또는 2.5차원)를 제공해 왔고, 건축 및 건설 분야의 CAD 및 BIM은 실내(indoor)의 세밀한 건물 정보(2차원 또는 3차원, 설계/건설/관리를 위한 컨텍스트 정보 포함)에 초점을 맞추어 정보를 제공해 왔다. 이렇게 처리 수준이 다른 두 개의 공간정보를 하나로 통합 처리함으로써 새로운 u-GIS 서비스를 제공할 수 있다. 먼저, 건축 및 건설분야의 설계단계에서 해

당 건물이 위치하고 있는 주변의 정보(다른 건물 또는 도로, 시설물, 환경 등)와 관련한 각종 GIS 데이터를 적극 활용함으로써 주변과 어울리는 건물의 설계가 가능하고 도시 계획 측면에도 유용한 정보를 제공할 수 있다. 특히 건물과 건물 사이에 터널이나 구름 다리 등을 설계하는 경우 더욱 유용하다. 또한 이러한 정보를 웹 서비스를 통해 일반 사용자에게도 제공하는 대민 서비스가 가능하다. 다음으로, 위치 기반 서비스에 CAD 데이터를 통합함으로써 door to door의 내비게이션이 가능하다. 특히, 긴급 환자가 발생한 경우, 환자가 위치한 건물을 찾고 해당 건물 안에서 가장 빠른 최적의 경로를 찾아주는 긴급 구조 서비스에 응용될 수 있고 국가적인 재난이 발생한 경우, 도시 각 건물의 수용 인원, 사용 용도 등을 분석에 반영함으로써 최적의 대비 전략을 수립하는 재난관리서비스에도 응용될 수 있다.

최근 OGC에서는 GIS/CAD/BIM 데이터 통합 및 연계 기술의 표준화를 진행하고 있는데, 기존의 CAD/BIM 툴에 WFS의 CityGML[30] 데이터 또는 WMS의 이미지 데이터를 함께 처리하는 기능과 상대좌표만을 사용했던 CAD 데이터에 절대좌표를 부여하는 기능을 추가하고 있다. 한편 벡터 및 래스터 데이터만을 처리하고 관리하는 기존의 GIS 툴 또는

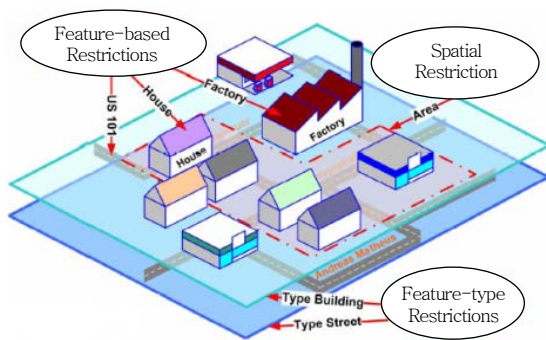
OCG web service 아키텍처에 CAD 데이터를 처리하기 위한 모듈을 추가하고 있다[14].

4. GeoDRM

현재 MP3와 같은 멀티미디어 데이터에 대해서는 DRM 기술이 적용되어 저작권이 보호되고 있으나, 지리 정보에 대해서는 이러한 기술이 적용되지 않아 온라인 상에서 유통되는 데 어려움이 있었다.

OGC에서는 지리 정보에 대한 DRM 기술의 적용을 목적으로 OWS-4에서 GeoDRM과 관련된 표준화 작업을 진행하고 있다.

GeoDRM 기술을 적용할 경우 (그림 7)과 같이



(그림 7) GeoDRM의 적용[31]

feature별, feature type별 접근 제한을 할 수 있을 뿐 아니라, 특정 지역에서만 해당 지리 정보에 접근할 수 있도록 공간적인 제한을 두는 것도 가능하다. 이러한 접근 제어는 구현시 OASIS의 XACML을 확장한 GeoXACML을 이용하여 기술할 수 있다.

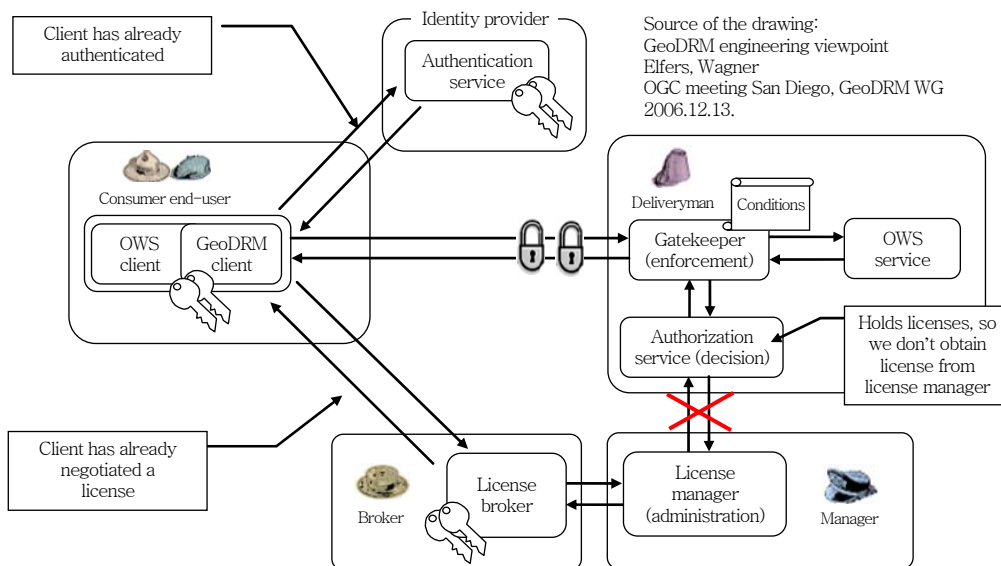
(그림 8)은 실제 지리정보 접근을 위한 웹서비스인 WFS의 권한부여를 위한 과정을 보여주고 있다. GeoDRM 클라이언트는 OWS service (WFS)에 접근하기 위해서 authentication service를 통해 인증을 받고, license broker와 license 협상을 한 뒤 gatekeeper를 통해 실제 접근 가능한 서비스를 이용할 수 있게 된다.

향후 기존에 구축된 GIS 뿐만 아니라 웹 2.0 기반 시스템에서 많은 사용자들이 생성한 지리정보 연관 콘텐츠들도 GeoDRM으로 보호가 된다면 건전한 지리정보 유통환경이 조성될 수 있을 것이다.

IV. 모바일 GeoSensing 기술

1. 모바일 GeoSensing 기술

GeoSensing 기술은 GPS 및 다른 위치 인식 기



(그림 8) WFS의 Authorization[31]

능을 가진 센서를 통해 국토 내에 발생하는 자연재해, 환경, 교통 등 광범위한 영역의 시공간 정보를 수집, 관리 및 분석에 필요한 기술이다. 그러나 GeoSensor는 넓은 지역을 대상으로 하기 때문에 다양한 목적을 가진 센서들이 영역 내에 존재할 수 있으며, 지속적으로 GeoSensor의 설치와 제거가 반복된다.

기존 센서 네트워크의 대부분은 다양한 종류의 센서 노드를 통해 정보를 센싱하고, 멀티 홉(multi-hop) 통신 방식을 이용하여 중앙 집중적인 구조로 정보를 수집 및 관리하고 있다. 고정된 중앙 집중 방식의 센서 네트워크는 지속적인 실시간 정보 수집 및 모니터링에 장점을 가지고 있다. 하지만 국토와 같은 넓은 지역을 모니터링 할 경우 기존의 센서 네트워크는 설치와 유지 관리, 전력 소모 등 다양한 문제점을 가지고 있다. 따라서, 넓게 분포된 다양한 이기종의 센서들을 일시적 또는 간헐적으로 이용하고자 할 때, 센서 노드 및 게이트웨이의 이동성을 고려한 분산된 구조를 지원하는 GeoSensor 네트워크 기술인 모바일 GeoSensing 기술이 요구된다.

모바일 센서 네트워크는 센서 노드가 고정되고 PDA와 같은 모바일 기기를 이용하여 정보를 수집할 수도 있고, 센서 노드 자체가 이동할 수도 있다. 본 장에서는 모바일 GeoSensing을 위한 모바일 센서 노드와 게이트웨이 기술에 대한 개발 동향을 살펴보기로 한다.

2. 모바일 GeoSensor 게이트웨이

모바일 장치가 제공하는 기능들을 사용하여 Geo-Sensor 클러스터로부터 정보를 수집하거나, Geo-Sensor들이 데이터의 전달을 위해 모바일 장치를 사용할 경우 모바일 장치는 게이트웨이 역할을 하게 된다[32]. 따라서, 모바일 장치를 통해 GeoSensor에서 제공되지 않는 사용자 인터페이스 기능을 제공함과 동시에 2G나 3G 네트워크에 접근할 수 있는 네트워크 인터페이스 기능을 제공할 수 있으며, 모바일 장치 내의 소프트웨어는 기존 네트워크를 통해



(그림 9) DSN 프로젝트[33]

업데이트가 가능하므로 다양한 이기종 센서들에 대한 다양한 서비스 제공이 가능하게 된다.

모바일 GeoSensor 게이트웨이를 활용한 예로써 USC, UCLA, Virginia Tech에서 SensorIT 프로젝트의 일부로 1999년부터 공동으로 수행한 DSN 프로젝트가 있다[33]. 이 프로젝트는 GPS가 장착된 센서를 통해 실시간으로 목표물의 상황을 감지하고, 수집된 정보를 베이스캠프 내에 있는 PDA에 무선으로 전송하여 공간정보와의 매핑을 통해 적의 상태를 파악할 수 있으며, PDA를 센서 네트워크 운영을 위한 인터페이스로 활용한 예를 보여주었다(그림 9) 참조.

3. 모바일 GeoSensor 노드

모바일 GeoSensor 노드는 자신의 위치 정보를 알고 이동성을 갖고 있는 센서 노드가 무선 ad-hoc 네트워크를 통해 노드간 정보를 전달하는 것이다. 모바일 GeoSensor 노드에는 실시간 교통 및 날씨를 수집하는 프로브(probe) 차량, 휴대폰이나 PDA와 같은 장착하고 있는 보행자, 위험 지역을 탐색하는 이동 로봇 등이 있을 수 있다.

모바일 GeoSensor의 대표적인 예로, Princeton 대학과 케냐의 Mpala 연구센터가 2002년부터 ZebraNet이라고 하는 공동 프로젝트를 수행하였다[34]. 이 프로젝트는 생물학적으로는 얼룩말에 센서를 붙이고 얼룩말의 이동 경로와 동물 종간의 상호작용을 연구하기 위한 것이며, 또한 기술적인 측면에서 모바일 센서 노드의 전력 효율과 데이터 신



(그림 10) ZebraNet 센서 노드[34]

뢰성을 높이기 위한 프로토콜 및 시스템을 연구하는데 있다. 따라서 동물들을 장시간 추적하기 위해 GPS를 갖춘 센서 노드를 이용하여 센서 네트워크를 구성하였다.

(그림 10)과 같이 ZebraNet 센서 노드는 GPS, flash RAM, CPU, 단거리(100m, 19.2kbps) 및 장거리(8km, 2.4kbps) 무선 기능을 갖추고 있다. 단거리 무선은 얼룩말이 저수지를 찾아 모일 때 노드 간 P2P 방식으로 정보 전송을 위해 사용되고, 장거리 무선은 모바일 베이스스테이션에 정보를 업로드하기 위해 마련되었다. 이 센서 노드는 3분마다 GPS를 수신하고 관련 정보를 수집 저장하여 자동적으로 수집된 정보를 전달하도록 하였으며, 얼룩말에 붙여진 센서 노드는 1년 동안 운용할 수 있도록 했다.

미국 Maine 대학에서는 모바일 GeoSensor 네트워크를 이용하여 자동차를 공동으로 이용하기 위한 모델을 제시하였다[35]. 현재 사용되는 중앙 집중 형태의 자동차 공동 이용 시스템은 시스템 확장에 따른 scalability를 제공하기 어려운 문제가 있다. 따라서, 이 프로젝트에서는 위치 정보를 수신할 수 있는 사람과 차량을 하나의 모바일 GeoSensor 노드로 고려하여, 계속해서 각 노드의 상황이 동적으로 변경이 일어날 때 센서의 정보를 최신으로 유지하기 위한 네트워크 노드 간의 통신 전략에 중점을 두고 기술 개발을 진행하고 있다.

V. 결론

최근 u-City, u-국토, u-전자정부 등 유비쿼터스

모델의 실현을 위해서 국토 공간에 대한 공간 및 위치정보를 제공하는 u-GIS 공간정보 기술이 핵심 기술로 대두되고 있다. 이에 따라, 본 고에서는 u-GIS 공간정보 기술 중 핵심 기반 기술로 대두되고 있는 GeoSensor와 GIS 데이터 처리, u-GIS 통합정보 처리 및 모바일 GeoSensing 기술에 대하여 주요 기술 동향 및 기존 기술과의 차이점 분석을 통한 향후 기술 발전 방향 등을 살펴보았다.

u-GIS 공간정보 기술은 향후 유비쿼터스 환경 구축에 없어서는 안될 핵심 기술이며, 유비쿼터스 시대의 도래와 함께 새롭게 생길 것으로 예상되는 관련 신규 시장 창출과 더불어 선진국과의 기술 주도권 확보 경쟁에서 살아 남기 위해서는 u-GIS 공간정보 기술에 보다 많은 관심을 가져야 할 것이다.

약 어 정 리

BIM	Building Information Modeling
CAD	Computer Aided Design
CONQUEST	CONcurrent QUERies in Space and Time
CQL	Continuous Query Language
DRM	Digital Rights Management
DSN	Dynamic Sensor Network
FTL	Future Temporal Logic
GeoDRM	Geospatial Digital Rights Management
GeoDSMS	Geo Data Stream Management System
GeoXACML	GeoSpatial eXtensible Access Control Markup Language
GIS	Geographic Information System
GML	Geography Markup Language
ITS	Intelligent Transport System
LBS	Location Based Service
MODB	Moving Objects DBMS
MOQL	Moving Objects Query Language
O&M	Observation & Measurements Schema
OGC	Open Geospatial Consortium
SAS	Sensor Alert Service
SensorML	Sensor Model Language
SOCAM	Service-Oriented Context-Aware Middleware

SOS	Sensor Observation Service
SPS	Sensor Planning Service
SWE	Sensor Web Enablement
TranducerML	Transducer Model Language
WCS	Web Coverage Service
WFS	Web Feature Service
WMS	Web Map Service
WNS	Web Notification Service

참 고 문 헌

- [1] David Sonnen, "Worldwide Spatial Information Management 2005-2009 Forecast and 2004 Vendor Shares," IDC Market Report, 2005.
- [2] <http://www.realtimetech.co.kr/>
- [3] <http://www.altibase.com/>
- [4] <http://www.cs.uic.edu/~wolfson/html/mobile.html>
- [5] <http://www.dblab.ntua.gr/~choros/>
- [6] K.W. Nam, J.H. Lee, S.H. Lee, J.W. Lee, and J.H. Park, "Developing a Main Memory Moving Objects DBMS for High-Performance Location-Based Services," *LNCS 3007*, 2004, pp.864-873.
- [7] D. Pfoser, C.S. Jensen, and Y. Theodoridis, "Novel Approaches in Query Processing for Moving Objects," *Proc. of Int'l Conf. on Very Large Data Bases*, 2000, pp.395-406.
- [8] S. Saltenis, C.S. Jensen, S.T. Leutenegger, and M.A. Lopez, "Indexing the Positions of Continuously Moving Objects," *Proc. of the ACM SIGMOD Int'l Conf. on Management of Data*, 2000, pp.331-342.
- [9] A.P. Sistla, O. Wolfson, S. Chamberlain, and S. Dao, "Modeling and Querying Moving Objects," *Proc. of the Int'l Conf. on Data Engineering*, 1997, pp.422-432.
- [10] <http://infolab.stanford.edu/stream/>
- [11] <http://telegraph.cs.berkeley.edu/telegraphcq>
- [12] <http://www.cs.brown.edu/research/aurora/>
- [13] L. Golab and M.T. Ozs, "Issues in Data Stream Management," *SIGMOD Record*, Vol.32, No.2, 2003, pp.5-14.
- [14] <http://www.opengis.org/>
- [15] Mike Botts, "OGC® Sensor Web Enablement: Overview and High Level Architecture," Open GIS Consortium, 2006.
- [16] Silvia Nittel, Kenneth W. Ng, and Richard R. Muntz, "Conquest: CONcurrent QUERIES over Space and Time," *LCNS 1737*, 2000, pp.286-308.
- [17] Cyrus Shahabi, Xiaoming Tian, and Wugang Zhao, "TSA-tree: A Wavelet-Based Approach to Improve the Efficiency of Multi-Level Surprise and Trend Queries on Time-Series Data," *Proc. of 12th Int'l Conf. on Scientific and Statistical Database Management*, 2004.
- [18] Yamazaki, "Ubiquitous Home: Real Life Testbed for Home Context-Aware Service," *Proc. of Tridencom*, 2005, pp.54-59.
- [19] Chen, "Intelligent Agents Meet the Semantic Web in Smart Spaces," *IEEE Internet Computing*, 2004, pp. 69-79.
- [20] Smailagic, "eWatch: Context Sensitive System Design Case Study," *Proc. of IEEE Computer Society Annual Symp. on VLSI*, 2005, pp.98-103.
- [21] Faverla, "Integrating Context Aware Public Displays Into a Mobile Hospital Information System," *Journal of IEEE Trans. on Information Technology*, 2004, pp.279-286.
- [22] Ni, "LANDMARC: Indoor Location Sensing Using Active RFID," *Proc. of the First IEEE Int'l Conf. on Intelligent Transportation Systems*, 2003, pp.407-415.
- [23] Yang, "SVE: Embedded Agent Based Smart Vehicle Environment," *Proc. of the IEEE Int'l Conf. on Intelligent Transportation Systems*, 2003, pp.1745-1749.
- [24] Kawahara, "Top-Down Approach toward Building Ubiquitous Sensor Network Applications," *Proc. of the 11th Asia-Pacific Software Engineering Conf.*, 2004, pp.695-702.
- [25] Griswold, "Active Campus: Experiments in Community-Oriented Ubiquitous Computing," *Journal of Computer*, 2004, pp.73-81.
- [26] Pashtan, "Personal Service Areas for Mobile Web Applications," *Journal of IEEE Internet Computing*, 2004, pp.34-39.
- [27] Tao Gu, "Toward an OSGi-Based Infrastructure for Context-Aware Applications," *IEEE Pervasive Computing*, 2004, pp.66-74.
- [28] Strang, "A Context Modeling Survey," *Proc. of UbiComp first Int'l Workshop on Advanced Context*

- Modeling, Reasoning and Management*, 2004, pp. 34-41.
- [29] 김경욱, "멀티센서 공간영상정보 통합처리 기술개발," 결과보고서, 정보통신부, 2007.
- [30] Jurgen Dollner, "Continuous Level-of-detail Modeling of Buildings in 3D City Models," *Proc. of 13th ACM Workshop on Geographic Information System*, 2005, pp.173-181.
- [31] Andreas Matheus, "Authorization for Digital Rights Management in the Geospatial Domain," *Proc. of the 5th ACM Workshop on Digital Rights Management*, 2005, pp.55-64.
- [32] F. Fitzek, "Convergence of Mobile Devices and Wireless Sensor Networks," *Proc. of Wireless World Research Forum (WWRF) 17 WG 3*, Germany, 2006.
- [33] "Dynamic Sensor Networks," *SensorIT Workshop*, 2001.
- [34] Stephan Winter, "Shared Ride Trip Planning with Geosensor Networks," *Eds. Proc. GI-Days Muenster*, 2005, pp.135-146.
- [35] P. Zhang, C. Sadler, S. Lyon, and M. Martonosi, "Hardware Design Experiences in ZebraNet," *Proc. of the ACM Conf. on Embedded Networked Sensor Systems (SenSys)*, 2004, pp.227-238.