

# ICTs기반 건설기술의 현황과 전망



이 상 훈

한국건설기술연구원 유비쿼터스국토연구부

## 1. 머리말

오늘날 정보화는 더 이상 선택이 아닌 필수이며, 정보화 수준이 그 조직의 대외 경쟁력을 대변하고 있다. 이러한 정보화는 시대적 패러다임과 접목되어, 단독형 정보화, 네트워크 정보화, 광대역 정보화를 거쳐 유비쿼터스(ubiquitous, “신은 언제 어디서나 존재한다.”라는 뜻의 라틴어) 정보화로 진화되고 있다. 건설기술에서도 정보화 기술을 접목하려는 시도가 계속되어 왔다. 계획, 설계, 시공 및 유지관리 등 건설 전 생애에 걸쳐 다양한 정보화 기술이 적용되었으며, 지하시설물 및 도시시설 관리를 위해 도시정보시스템(Urban Information System)이 지자체별로 도입되기도 하였다.

기 구축된 건설정보화 사업으로는 지형도, 지하시설물도 등 종이지도를 수치지도화하는 GIS구축 사업과 설계도면, 도로대장 등 건설 사업정보를 전산화하는 건설CALS사업이 있다. 최근 ICTs(Information and Communication Technologies)의 급속한 발달에 따라 건설 전 생애주기에 걸쳐 다양한 서비스 구현이 가능하게 되었으며, 특히 유비쿼터스라는 생활 공간환경에 정보화 개념이 도입되면서 유비쿼터스 건설과 이를 도시개발에 구현한 유비쿼터스 도시(이하, u-City) 개념이 등장하였다.

이 글에서는 수치지도 등 건설정보화의 기본데이터 구축에 해당하는 GIS (Geographic Information System: 지리정보시스템)와 건설사업의 생산정보를 교환·공유하

는 건설CALS에 대해 소개하고, 각각의 응용시스템 현황을 알아보려고 한다. 또한, 기존 단순 전산화에서 벗어나 최신 ICTs, 즉 유비쿼터스 기술을 접목시킨 유비쿼터스 건설과 도시개발에 이를 적용한 한국형 u-City와 연구사례에 대해 살펴보고자 한다.

## 2. GIS 및 CALS/EC 건설정보화

### 가. GIS 정보화 현황

#### 1) 국가지리정보체계(NGIS) 현황

GIS란 과거 인쇄물 형태로 이용하던 지도 및 각종 대장 정보 즉, 공간 및 속성정보를 컴퓨터를 이용하여 수집·가공·분석하는 통합 정보시스템이다. GIS의 도입은 건설행위 등 지형과 관련된 각종 의사결정의 85% 이상이 위치와 관련되어 있으며, 사회가 복잡해지면서 위치와 속성을 통합한 고도정보의 요구증대로 시작되었다.

국내의 경우, '94년 아현동가스폭발사고, '95년 대구가스폭발사고 등 지하의 가스관 및 상하수도관 등 지하시설물의 위치정보를 관리 필요성이 제기됨에 따라 GIS기술이 본격 도입되었다. 이후 각 기관별로 구축되던 지도 전산화사업에 중복투자를 방지하고, 국가차원에서 토지, 자원, 환경, 시설물 등 국토공간에 관한 제반정보를 전산화하여 활용하기 위한 NGIS(국가지리정보체계)사업이 시작되었다.

NGIS사업은 '95년 제1차 NGIS 기본계획 수립 후 '00년에 2차 기본계획, '05년부터 3차 기본계획이 수립되어



그림 1 NGIS의 배경 및 효과

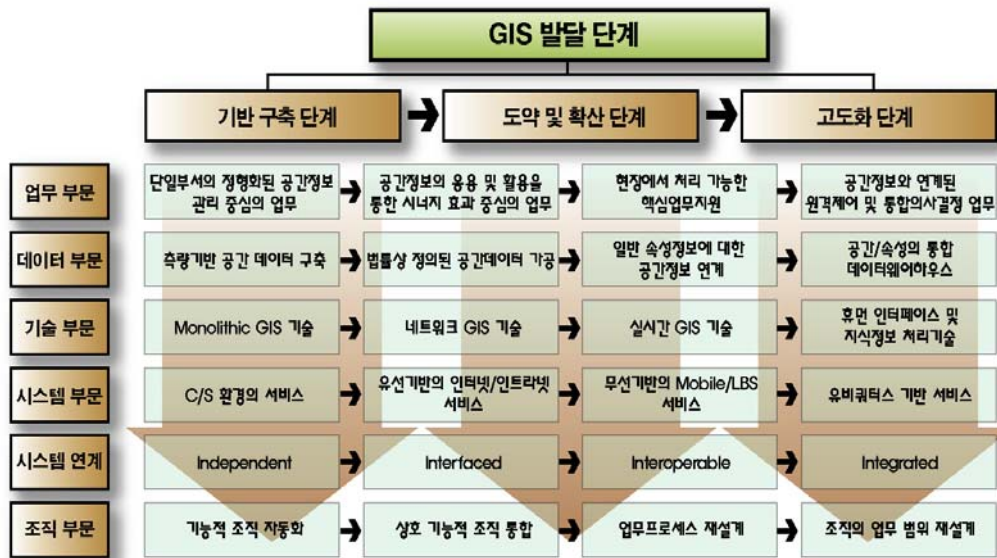


그림 2 GIS 발전 단계

'06년부터 추진되고 있다. 제1,2차 NGIS사업에서는 현재 널리 이용되고 있는 수치지형도와 같은 기본지리정보<sup>1)</sup> 구축과 지하시설물도, 토지이용현황도와 같이 특정목적에 위한 주제도 및 활용시스템 구축에 치중하였다. 제3차 NGIS 사업에서는 기 구축된 GIS데이터를 지속적으로 업데이트 하면서 RFID (Radio Frequency IDentification),

USN (Ubiquitous Sensor Network) 등 유비쿼터스 기술을 도입하여 언제/어디서나 GIS정보를 이용할 수 있는 유비쿼터스 국토건설을 목표로 하고 있다.

2) GIS 및 공간정보 관련기술 전망

최근 GIS 기술은 공간자료의 관리를 위한 순수 GIS기술 뿐만 아니라, 통신기술, 위치추적기술, 영상기술 등과 융합되어 새로운 기술로 진화되고 있다. 예를 들어 3D GIS, Web GIS, Temporal GIS, Mobile GIS, Video GIS 등이 이에 해당된다. 또한, GIS를 통한 업무조직의 재설계

1) 건물, 지형, 행정경계, 측량기준점, 지적, 수계, 도로/교통, 위성영상 등 다른 지리정보에 공통적으로 포함 되는 지리정보를 의미

등으로 전자정부와의 통합이 이뤄지고 있다. 다음 그림은 GIS발전단계를 세 단계로 구분한 것이다.

현재 GIS 기술은 Mobile GIS 및 Web GIS가 주류를 이루며, 분야별로 다양한 어플리케이션이 개발되고 있다. 향후에는 GPS 등 위치추적기술의 정확도가 갈수록 높아지고, SoC(System on Chip) 및 MEMS(Micro Electro Mechanical Systems) 기술의 발전으로 초소형화가 가능해져 일상생활의 모든 사물에 삽입되어 언제/어디서나 위치정보를 파악할 수 있게 될 것이다.

원격탐사의 경우에는 현재 1 m 이하의 고해상도 센서가 탑재된 IKONOS, QuickBird(0.6 m 공간해상력), OrbView 등의 상업용 위성이 발사되어 상세한 지형관측이 가능해 졌으며, 국내의 경우에도 6 m의 공간해상력을 갖는 KOMPSAT 1호에 이어 1 m의 공간해상력의 KOMPSAT 2호를 보유하게 되어 다양한 주기로 위성영상

을 활용할 수 있게 되었다. 또한, 정밀한 수치표고모델 구축이 가능한 LiDAR(Light Detection and Ranging) 데이터가 공급되고 있으며, EO-1위성의 Hyperion과 Terra위성의 MODIS와 같은 수십 개 또는 수백 개의 파장대를 갖는 High-Spectral Band 영상으로 다양한 지상 정보를 획득할 수 있을 것이다. 이러한 Raster자료는 GIS의 Vector자료와 결합하여 3차원 또는 4차원의 데이터가 구축되고, 이를 이용한 가상현실(Virtual Reality)과 증강현실(Augmented Reality)구현이 가능할 것이다.

3) 건설단계별 GIS기술 활용

초기에 건설공사에서 GIS 활용은 단순히 수치지도를 이용한 입지선정 등에 활용되다가, 점차 설계, 시공 및 유지관리 등 건설 전 분야로 범위가 확대되었다. 또한 GIS데이터도 수치지도 뿐만 아니라, 위성영상 및 LiDAR 데이터로 다양해지고 있다. 그러나, 이러한 GIS 활용은 SOC사업과

계획/설계	건설부문 현황정보 구축	국토개발 가상현실 시뮬레이터
		지형지물정보의 자동추출
		GIS기반의 건설현황 전산화
계획/설계 지원시스템 구축		도로정책 및 계획지원시스템
		SOC사업의 타당성분석 지원시스템
		환경/교통영향평가 지원시스템
		GIS기반 도로계획/설계업무 지원시스템
		LBS기반 실시간 지반조사정보 관리시스템
		GIS를 이용한 국토개발계획/현황정보 구축 및 평가
		GIS/CAD를 활용한 도로건설 3차원 설계도면 생성
시공	건설시공 효율화 정보체계 구축	RS를 활용한 실시간 공정관리 효율화체계 구축
		GIS기반의 실적공사비 분석지원시스템
		LBS를 활용한 현장작업인력관리시스템
		GIS기반의 자재 및 장비관리체계 구축
		GIS기반의 사업관리통합시스템
유지관리	건설유지관리체계 구축	도로안전시설 관리시스템
		LBS를 이용한 건설현장 도면관리 자동화
환경/재해/교통	재해/안전시스템 구축	GIS를 이용한 전국단위 재해량 산정
		GIS기반 건설현장 안전관리시스템
		건설재해 통합관리시스템
		LBS활용 재해복구관리시스템
		도로수해복구 지원시스템
건설정보 연계/통합관리		4S기술을 이용한 교통물류자원 통합관리
		Mobile 전자도로표지 및 교통소통정보시스템
		Web기반 건설GIS 활용센터 구축
		건설정보화 연계체계 구축

그림 3 건설공사 업무별 GIS활용시스템

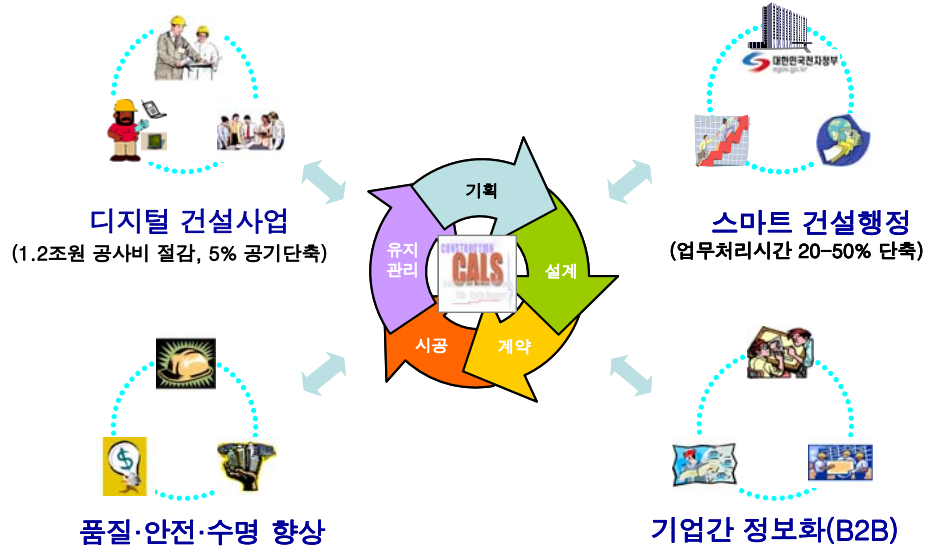


그림 4 건설CALS사업의 목표

같이 대단위 사업이나 도로 및 도로부속시설 관리, 지하철 설물 관리 등 도시정보시스템의 일부로서만 이뤄지고 있다. 또한 지형지물의 변화에 따라 GIS 데이터도 업데이트가 되어야 하지만, 막대한 비용으로 인해 GIS데이터의 최신성과 정확성을 확보하지 못하고 있는 실정이다. 이는 현재 GIS시스템의 활용성이 떨어지는 주요한 원인이 되고 있다. 다음 그림은 건설 단계별 GIS시스템을 나타낸 것이다.

나. 건설사업정보화 건설CALS

1) 건설CALS 소개

건설CALS(Continuous Acquisition & Life-cycle Support; 건설사업지원통합정보체계)사업은 건설사업의 설계, 시공, 유지관리 등 전 과정의 생산정보를 발주자 및 관련업체들이 전산망을 통하여 교환·공유하기 위하여 '98년부터 시작되어 현재 2단계('03년-'07년)사업이 진행 중

추진년도 사업분야	1단계 ( 공공기업간 정보화 단계 )			2단계 ( 건설사업의 지식정보화 단계 )	
	2003	2004	2005	2006	2007
건설정보화 촉진을 위한 표준정비	건설업무 표준화의 지속적 추진 건설정보 유통을 위한 표준화				
건설사업 수행절차의 디지털화 확산	건설사업관리시스템 구축				
	건설사업정보교환시스템 구축				
	시설물 유지관리 정보시스템 구축				
	건설인허가 업무전자처리 시스템 구축				
건설기술 공유환경 구축	건설CALS/EC 시스템 운영 및 확산				
				건설정보의 지식공유 환경 조성	
건설부문 IT응용기술 연구개발				건설기술정보의 단일창구화	
				건설정보화 응용기술 개발	
				첨단 정보통신 기술의 적용 연구	
건설정보화 지원체제 강화				민간부문 건설정보화 추진 및 활성화 지원	
				건설 e-비즈니스 인프라 구축	
	건설정보화 기반확대를 위한 교육				
			건설정보화 촉진을 위한 법제도 기반환경 구축		

그림 5 건설CALS사업의 로드맵

에 있다. 건설CALS사업의 목표는 다음과 같다.

이러한 목표를 달성하기 위해 인허가민원, 입찰계약업무, 건설사업관리 등의 건설사업 수행절차의 개선과 건설CALS표준화, 통합DB구축 등의 정보인프라 확충, 건설CALS 관련조직 및 제도정비 등의 법제도 정비 업무를 수행 중에 있다. 사업의 범위의 경우에는 '05년까지 건설교통부의 대형공사를 위주로 진행하였으며, '07년까지 타 중앙부처 및 지자체의 중소형 공사까지 확대하여 단순한 공공부문의 건설정보화 단계에서 나아가 건설사업 전반의 지식정보화로 발전시킬 계획이다. 다음 그림은 건설CALS 기본계획에 따른 사업추진 로드맵이다.

2) 건설CALS 시스템 현황

건설CALS사업의 시스템은 다음 표에 예산관리시스템을 포함시켜 6종이 개발되었으며, 현재 건설교통부 및 국토지방관리청, 국토유지건설사무소의 업무에 적용되어 운영 중

에 있다. 또한, 6종의 건설CALS단위시스템 간의 정보연계 부족과 동일 혹은 유사기능의 중복을 해결하기 위해 건설CALS포털시스템이 개발되었다.

건설정보 표준으로 전자도면작성표준, 전자문서표준, 건설분야 도면정보교환표준이 작성되어 '04년부터 단체표준으로 공고되어 적용되고 있다. 건설분야 도면정보교환표준(KOSDIC: KOREA Standard of Drawing Information in Construction)은 도로/하천/댐 등 건설분야 220종의 서식을 표준전자문서로 개발한 것으로, 국제표준인 STEP(ISO 10303)기반으로 작성되어 CAD시스템에 상관없이 설계도면을 교환/납품할 수 있는 체계를 구축하였다. 또한, 통합건설정보분류체계로 현재 시설물, 공간, 부위, 공종, 자원, 관리, 속성 등 분야별 파셋 분류를 적용하고 있으며, 향후 공종(WBS: Work Breakdown Structure), 공사비내역체계(CBS: Cost Breakdown Structure)간의 연

표 1 건설CALS/EC 시스템 현황

개발 시스템	주요 기능	확산 현황	연계 현황
건설사업정보교환	사업참여자간 건설사업정보 교환	5개 공사	CT-Net
건설사업관리	발주처의 건설사업관리를 디지털화		
시설물유지관리	시설물 관리업무를 디지털화		HMS, FMS
건설민원처리	On-line 민원신청 및 결과수령		CT-Net
용지보상	용지보상 업무 전과정을 디지털화	한국감정원	

※ CT-Net: 건교부망, HMS:도로관리통합시스템,FMS:시설물정보통합관리시스템(시설안전기술공단)



그림 6. 건설CALS표준의 활용

계로 그 수용범위를 확대시킬 예정이다.

### 3. 유비쿼터스 건설

#### 가. 유비쿼터스 건설의 특징

유비쿼터스는 물리공간과 전자공간이 통합되어 '언제, 어디서나, 어느 기기로나, 미디어에 구애받지 않고' 컴퓨팅이나 네트워크 활용이 가능한 환경이라 정의된다. 이는 정보화가 그 동안 정보기기에 국한되어 적용되던 개념에서 벗어나 우리의 생활공간과 사회일상에 스며드는(Pervasive Computing) 단계로의 진화를 의미한다. 따라서, 이러한 인간중심의 컴퓨팅 환경을 구현하기 위해서는 우리의 생활공간인 인프라와 이를 구현하기 위한 건설기술의 유비쿼터스화가 선행되어야 한다.

유비쿼터스 건설은 센서가 인터넷처럼 연결된 센서웹의 구축으로 시작된다. 센서웹은 도로 및 건물 등 각종 인프라에 유비쿼터스 센서를 내장시켜 상호 통신하며, 환경과 시설물의 상태, 이동, 위치 등을 모니터링할 수 있다. 미래학자들은 머지않은 미래에 이러한 센서웹이 연결되어 전자 센서망(Electronic Skin)으로 발전할 것이라 예상하고 있다.

유비쿼터스 건설을 통해 특정 공간에 센서웹이 구축되고 서비스가 제공되면, 인프라 공간 내 사람들은 연속적으로(Seamless), 현재 개인의 상황을 반영한(Context-Awareness) 맞춤형 서비스를 제공받게 된다.

유비쿼터스 기술은 위의 그림과 같이 Mobile, Broad-

band, Seamless Interface의 특징을 지니며, 모든 기기를 항상 네트워크로 연결시켜 각종 응용서비스를 수행하게 된다. 이러한 유비쿼터스 기술을 건설사업 혹은 인프라의 유지관리에 활용하기 위해서는 정보기기들은 비, 바람 등 외부환경요인에도 견딜 수 있는 ①높은 수준의 내구성과, 도로, 터널, 가로등 등 ②부착될 시설에 대한 고려(크기, 전력지원), 그리고 구조물의 긴 생애주기에 비해 상대적으로 짧은 정보기기의 ③계획/시공/유지관리에 대한 전략 수립이 필요하다.

#### 나. 한국형 u-City의 개요 및 추진사례

기존 건설 사업에서 ICTs를 접목시키려는 시도는 GIS기반의 도시정보시스템과 초고속통신망이 구축된 사이버 아파트 등이 있었다. 최근 ICTs의 비약적인 발전은 유비쿼터스 건설을 가능케 하였으며, 이를 통해 도시를 개발하려는 u-City개념이 제안되었다. 이제 행정중심복합도시, 기업도시, 혁신도시 등의 신도시 개발에서 u-City개념은 필수적인 요소로 자리 잡아가고 있다. u-City는 다음과 같이 정의할 수 있다.

u-City는 도시기능과 관리의 효율화를 위해 기존 정보인프라를 혁신하고 유비쿼터스 기술을 기간시설에 접목시켜, 도시 내에 발생하는 모든 업무를 실시간으로 대처하고 서비스를 제공하여, 주민에게 편리하고 안전하며 안락한 생활을 제공하는 신 개념의 도시이다.

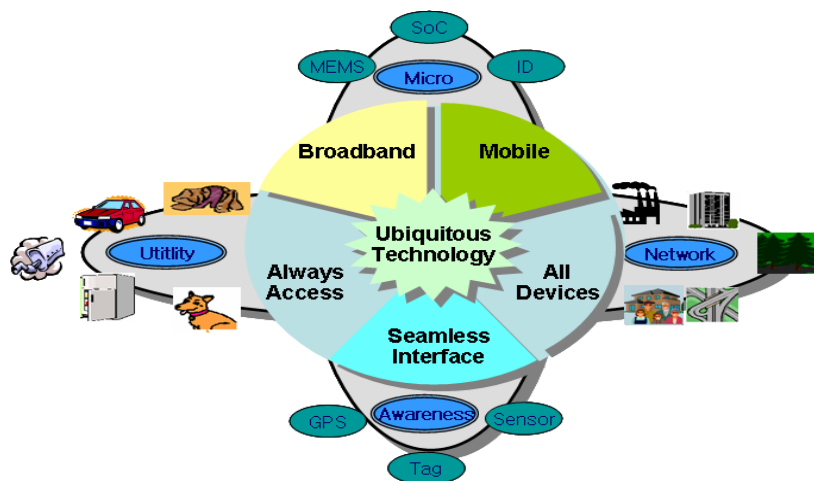


그림 7 유비쿼터스 기술의 특징



그림 8 국내외 u-City 사례

u-City는 유비쿼터스 건설을 통해 구축된 센서웹으로 기간시설에서 발생하는 모든 상황을 모니터링할 뿐만 아니라, 모니터링된 정보를 이용하여 다양한 서비스를 제공할 수 있다.

u-City는 국내에서 최초로 시도된 개념으로 아직까지 국외에서는 u-City라는 용어를 사용하지 않고 있다. 유사한 개념으로 'Digital City'라는 개념이 있으나, 이는 앞서 정의한 u-City의 개념과 완벽하게 일치하지는 않는다. 국외의 Digital City는 단순히 초고속 정보통신 인프라의 구축에 초점이 맞춰져 있으며, 국내 지자체는 다양한 서비스를 통해 기본계획을 수립하고 일부 지역(과주 운정, 용인 흥덕 등)에서 시범구축하고 있는 단계에 머무르고 있다. 다음 그림은 국내외 u-City 사례를 정리한 것이다.

최근 지자체들이 표준화된 모델 없이 추진된 u-City 건설의 어려움을 해소코자, 건교부와 정통부는 u-City개발을 위한 업무협약을 통해 'u-City 지원법(가칭)' 제정을 추진하고 있다. 정부에서는 이를 통해 토지, 건축, IT기술, 서비스, 요금, 관리주체 등 도시개발을 위해 다루어야 할

법제도 통합, 표준모델 및 가이드라인 등 제도적 틀을 마련코자 한다.

다. 건설분야 유비쿼터스 시스템 연구사례

앞에서 언급하였듯이 유비쿼터스 건설은 센서웹을 기반으로 한다. 센서웹 기술은 최신 ICT기술을 적용하더라도 완벽한 구현이 어려우며, 이에 따라 사례로 제시한 시스템도 진행 중인 연구에 해당한다. 사례의 주요한 내용은 센서를 기반으로 건설환경(지반침하와 교량상태) 모니터링과 이에 따른 판단시스템에 관한 것이다.

1) 지반분석 모니터링 시범시스템

본 시범시스템은 '○○국제공항 1단계지구'를 대상으로 지반침하 및 시설물의 계층정보를 실시간으로 취득하여 분석하고, 이를 시간변화에 따라 가시화한다. 센서의 관리를 위해 설정된 경로에 따라 움직이는 정보수집 이동체(차량 등)는 센서가 일정범위에 있을 경우 정보를 수집하게 된다. 현재는 무선통신 인프라가 구축되어 있지는 않아 가상시스템으로 구현되었지만, 수많은 센서와 효율적으로 통신하기

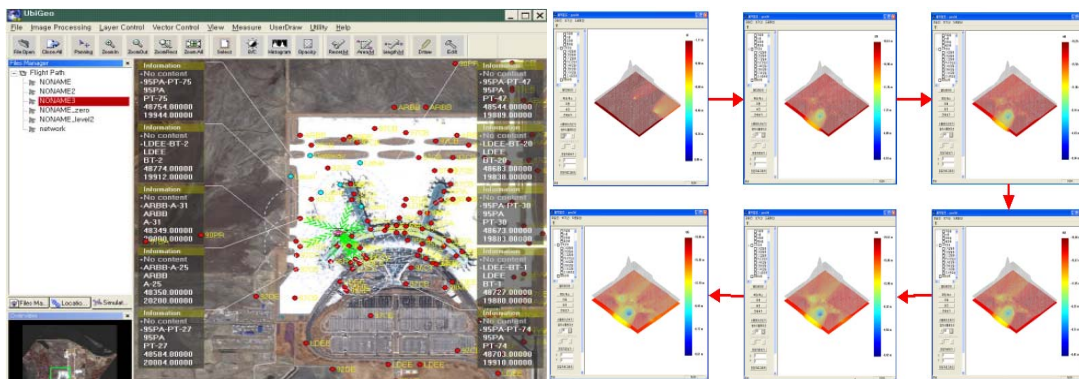


그림 9 지반분석모니터링 시스템 사례

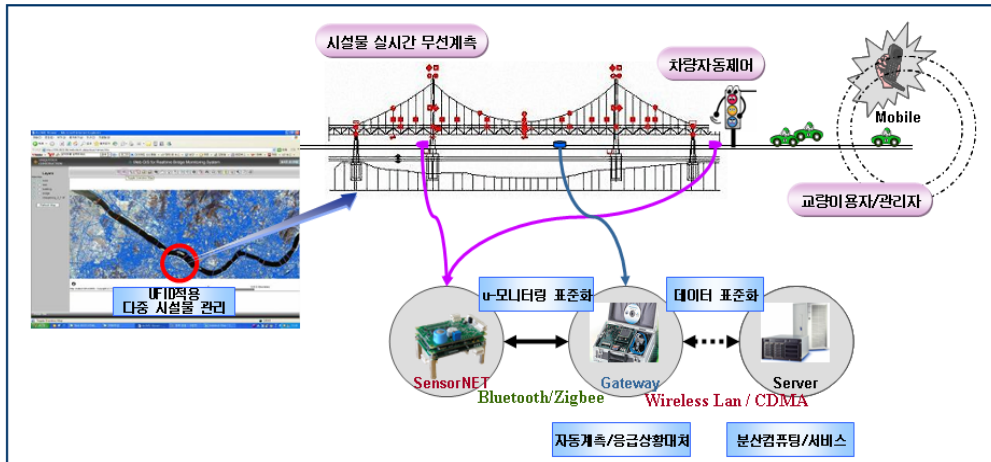


그림 10 지능형 교량상태 모니터링 시스템 사례

위하여 Direct 센싱 뿐만 아니라, 센서간의 Mesh네트워크를 구성하고 Gateway센서를 이용한 통신을 시뮬레이션으로 구현하였다.(그림 9의 왼쪽) 또한, 획득된 정보를 분석하여 시간에 따라 발생하는 침하의 변화정도를 가시화하였다.(그림 9의 오른쪽)

#### 2) 지능형 교량상태 모니터링 시스템

본 시스템은 현재 유선망으로 운영되고 있는 교량 상태 모니터링을 Zigbee와 Bluetooth 센서네트워크와 CDMA 기술을 활용하여 무선화하고, 모니터링하여 얻어진 정보를 통해 위험상황 및 응급상황에 대처할 수 있는 Web GIS 시스템을 구현한 것이다. 현재는 실험실 수준으로 테스트 단계이지만, 외부환경에서 무선통신이 좀 더 안정화되고, Ad-hoc<sup>2)</sup> 등 센서네트워크 기술이 완벽해지면, 완벽한 교량 상태정보 서비스가 구현가능 할 것이다.

#### 4. 맺음말

지금까지 기존 건설정보화 사업인 GIS와 CALS의 현황과 기술전망에 대해 알아보고, 최신 ICTs를 접목시킨 유비쿼터스 건설을 소개하고 이를 도시개발에 적용시킨 u-City와 건설환경을 모니터링하는 연구사례를 살펴보았다.

현재 ICTs는 급속히 발전되고 있으며, 머지않아 언제/어디서나 컴퓨팅할 수 있는 유비쿼터스 환경도 구현될 것

이다. 건설기술도 이러한 정보환경 패러다임 변화에 발맞추어 변화되어야 하며, 역으로 유비쿼터스 환경을 구현하기 위해서는 우리의 생활공간인 인프라와 이를 구현하기 위한 건설기술의 유비쿼터스화가 선행되어야 할 것이다. 미래에는 농촌이건 도시건 건설행위가 이뤄지는 모든 곳에서는 센서웹이 설치되어 관리·운영될 것이다. 이러한 센서웹의 개발은 ICTs분야 단독이 아닌, 설치와 운영·관리에 직접적으로 관련된 건설분야 연구개발이 다학제적으로 진행되어야 할 것이다.

정보화 수준은 국가 경쟁력을 대변하는 척도이며, 현재 정보화 패러다임은 유비쿼터스로 진화하고 있다. 정부에서 추진하고 있는 대표적인 정보화 정책인 u-IT839는 이에 대처하기 위한 한 방안인 것이다. u-IT839가 각종 인프라와 서비스를 묶어 시너지 효과를 발생시키도록 계획되었듯이, 건설기술과 ICTs의 컨버전스는 건설분야의 블루오션을 창출하여 새로운 가치사슬을 생성시킬 것이다.

#### 참 고 문 헌

1. 건설교통부, 2004, 유비쿼터스 기술의 GIS/LBS활용방안 연구
2. 건설교통부, 2003, 제2차 건설CALS/EC 기본계획
3. 한국건설기술연구원, 2005, 유비쿼터스 GIS
4. 건설교통부, 2005, 인간과 도시특성에 대응하는 u-City 개발심포지엄
5. 건설교통부, 2005, 유비쿼터스환경의 지능형 시설물 모니터링 시스템 개발

2) 단말과 기지국의 직접통신이 아니라, 중간에 단말기들이 중계기로 이용하여 무선 통신하는 방식



6. Sang-Hoon Lee, et al., 2005, Design and Application of GIS/LBS Technology for Developing Ubiquitous Environment, ubiCNS2005

7. Businessweek, 1999, [http://www.businessweek.com/1999/99\\_35/b3644024.htm](http://www.businessweek.com/1999/99_35/b3644024.htm)