

# u-IT 기반의 지능형 수자원시설관리 기술 개발 현황



**황 의 호**  
한국수자원공사 K-water연구원 수자원연구소  
선임연구원

## 1. 서언

IT 기술의 발달과 함께 최근 유비쿼터스 패러다임이 등장함에 따라 공공부문의 정보화환경도 변화해야 한다는 논의가 활발하다. 공공부문의 정보화 경쟁력을 제고하고, 높아지는 사용자의 서비스 요구 수준을 충족시키기 위해서는 새로운 기술의 적극적인 도입과 개발이 필수적이다. 또한, 지속적인 공공부문의 경쟁력 강화와 수자원 관리 및 활용 고도화를 위해서도 이를 적극적으로 고려할 필요가 있다.

수자원공사에서는 수자원의 효율적 관리와 기술 선진화를 위하여 '06년 「u-Kwater 구현을 위한 유비쿼터스 전략계획」을 수립하였으며, 그 일환으로 '07년 시범 연구계획을 수립하여 실질적인 수자원분야 도입을 통한 업무의 효율성 및 경제적 효과 등을 검토할 수 있는 연구를 진행하였다. 시범 연구 수행을 통해 현재 공사에는 수자원관리를 위하여 운영되고 있는 센서 및 통신, 그리고 센서정보의 해석에 관한 분석 방법을 도출하고, 실시간 수자원 및 시설물 관리를 위한 센서기술의 정의와 구체적인

설계가 필요한 것으로 나타났다. 또한, RFID, USN, BcN, GIS, LBS, 융복합 기술 등 유비쿼터스 기반의 IT 핵심 기술을 접목하여 수자원정보는 물론 시설물의 안전과 기능적 정상유무 등을 파악할 수 있는 차세대 수자원 관리기술 개발이 절실하게 요구되고 있는 것을 알 수 있었다. 이에 따라, K-water연구원에서는 유비쿼터스 기반의 하천 및 수도정보의 실시간 모니터링, 수자원시설물관리체계 구축 등 u-IT 기술의 시범적용을 통하여 수자원 분야에 적용할 수 있는 지능화된 수자원시설관리 방법을 개발하였다. 본 고에서는 현재까지 개발된 유비쿼터스 기반의 지능형 수자원시설 관리 기술에 대해 소개하고자 한다.

## 2. 적용대상 및 범위

본 기술은 수자원 및 수도분야에 u-IT 기술 적용을 통한 차세대 수자원관리기술을 개발하고 있으며, 시범적용을 통하여 실용화를 위한 방법론을 제시하는 것이다. 시범적용 대상은 수자원분야의 경우 댐 저수지 유입량 산정방법개선을 위한 수위관측 방법 개발, 이·치수 관리를 위한 유하량별 평균 도달시간 관측 기술 개발, 센서기술을 이용한 하천 제방 안전성 평가 기술 개발 등이며, 수도분야는 RFID를 이용한 시설물 유지관리 기술개발, USN

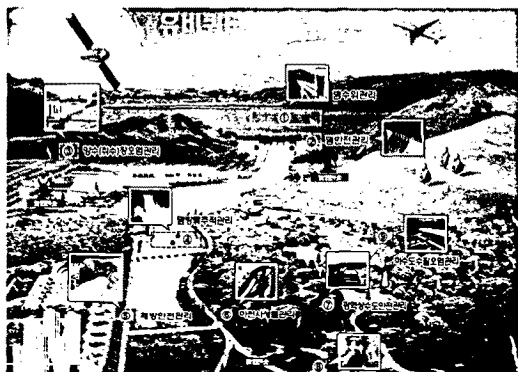


그림 1. 수자원분야 유비쿼터스 구축 대상

을 이용한 수도시설 안전성 확보 기술 개발, u-GIS 기반 관제시스템 구축 기술 개발 등이다.

시범연구를 통해 개발된 기술을 이용하여 수자원 분야, 수도분야 등에 접목할 수 있는 기술지침을 수립하고, 이를 통하여 전분야에 적용을 확대해 나갈 것으로서 차세대 수자원관리 기술 선진화에 기여하고자 한다.

### 3. 기술동향 분석

국내의 유비쿼터스 관련 기술은 유비쿼터스 기술인 RFID/USN을 이용한 IT 기술과 이를 접목하여 물류비 절감 및 안정성 확보 등을 통해 효율성과 편리성을 증대하기 위한 기술 등이다. RFID/USN 기술은 다양한 센서들로부터 수집되는 정보는 USN을 통해 자동으로 실시간 저장·전송하여 유통·물류 분야 및 안전·예방과 같은 공공분야 적용시 효과가 극대화 될 수 있다.

최근 방송통신 인프라를 활용한 환경자원관리 및 환경오염 대응 시스템 구축에 대한 관심이 증가하고 있으며, 특히 '4대강 살리기' 사업이 시작되면서 수자원 관리 분야에 방송통신 기술 및 인프라의 적용에 대한 관심이 커지고 있다. 4대강에 건설되는 보와 댐 및 하수처리시설 등 사회간접자본(SOC)에 첨단 방송 통신 기반의 IT 기술을 융합한 지능형 SOC 구축이 추진되고 있으며, 이는 수량 및 수질

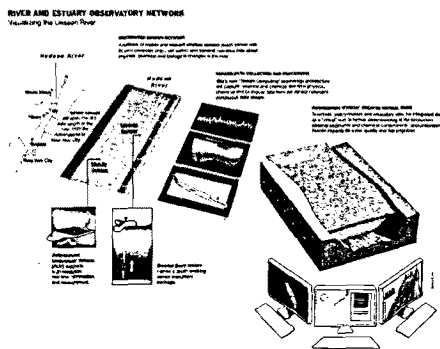


그림 2. 미국 REON 프로젝트 개요

의 실시간 모니터링과 진단, 홍수·가뭄 및 수질오염에 대한 선제적 대응을 통한 재난 피해를 최소화시키고, 4대강 생태계 정보 수집용 센서 네트워크 구축을 통한 생태계 보전 및 관리를 강화하기 위해 추진 중에 있다. '09.6월 발표된 '4대강 살리기 마스터플랜'을 살펴보면 IT, 방송통신기술을 활용한 재해 및 수질관리 계획 등이 대거 포함되어 있다.

해외에도 수자원 관리에 센서 등 통신, IT 기술을 적용한 사례를 많이 찾아볼 수 있다. 미국은 현재 허드슨 강 유역에 'The River and Estuary Observatory Network(REON)' 프로젝트를 진행 중에 있다. 마케도니아는 2000년대 초부터 'River Monitoring System in Macedonia (RIMSYS)' 프로젝트를 추진하고 있으며, 1차에 이어 이를 확장하는 2차 프로젝트를 진행 중에 있다. EU는 유럽 각국 연구소 등이 협력하여 유럽 전역에 대한 수질 관리 시스템 구축을 위하여 'Project Warmer'를 진행 중에 있다.

수자원 관리 및 환경관리에 방송통신 기술을 적용한 해외 프로젝트는 목적이 뚜렷이 구분되는 경향을 보이며, RIMSYS 프로젝트는 수자원이 부족한 마케도니아의 상황을 반영하여, 수질 등 물의 화학적 특성보다 유량 등 물리적 특성을 모니터링하는 기능을 강화하고 있으며, 향후 구축될 수자원 관리 시스템의 사전 기반 성격을 가지고 있다. EU의 Project Warmer는 다수의 국가 및 연구소가 공조해 유럽 전역의 수질을 모니터링 하려는 목적으로

추진하고 있으며, 미국의 REON 프로젝트도 허드슨 강의 수질모니터링 기능이 부각되는 양상이다.

현재 RFID/USN 등을 이용한 u-IT 기반의 수자원시설관리를 위한 기술개발은 우리나라가 외국에 비하여 기술적 우위에 있는 것으로 분석되며, “4대강 살리기 사업 마스터플랜”에 하천관리와 홍수관리, 수질관리, 관광 등을 위한 정보시스템과 정보관리센터 그리고 USN을 포함한 센서 개발 등이 포함되었으나 실행을 위한 구체적인 방안 제시가 부족한 실정이다.

#### 4. 기술개발 현황

##### 4.1 센서기술을 이용한 하천제방 안전관리방법 개발

본 기술은 치수효과가 높은 하천제방의 안전도 향상을 위한 관리 고도화 기술의 개발을 위하여 수위, 유량이 제방의 안전에 미치는 영향을 규명하고 센서 기술을 적용하여 실시간 제방 안전관리 모니터링 기술을 확보하는데 있다. 이를 위해, 국내외 기술동향 및 사례를 분석하고, 변위발생 및 안전성 모니터링을 위한 센서 기술 적용 방안, 센서 적용시 문제점 및 개선방안, 분석방법 등에 대해 정리하였다. 대형 토조를 이용하여 집중강우 등에 의한 수위 및 유속 증가에 따른 하천제방의 영향을 실험적으로 규명하고, 이를 센서 기술을 적용하여 실시간 모니터링하여 제방에 대한 안전성 평가 방법을 제시하는 목적이 있다.

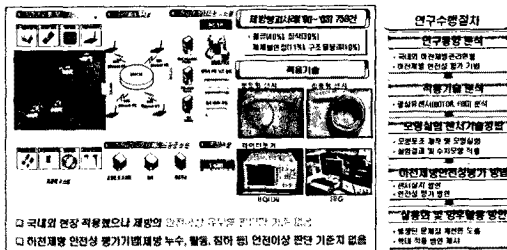


그림 3. 센서기반 하천제방 안전관리 기술 개요

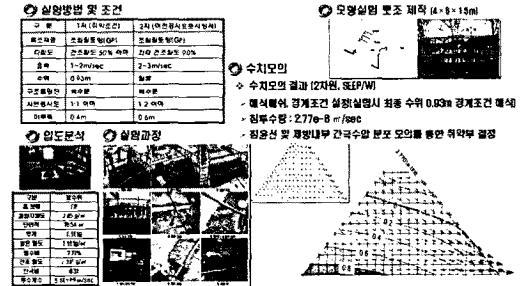


그림 4. 하천제방 모형실험 과정

본 기술에서는 센서 기반 하천제방 안전성 평가 기술 적용을 위하여 모형실험을 통한 방법론을 정립하였으며, 실험을 위하여 실험방법 및 조건 정의, 모형실험 토조 제작, 입도분석, 수치모의, 실시간 모니터링 결과 분석 등을 수행하였다. 또한 실험 분석결과를 토대로 4대강 살리기사업 및 하천기본계획시 적용 가능하도록 센서 설치 기준 및 하천제방의 안전성 평가를 위한 방법론을 제시하였다.

센서기술 적용 실험결과 집중형 센서의 경우 중요 지점에서 간극수압의 변화에 의한 제방 붕괴 양상을 정밀하게 모니터링 할 수 있었으며, 분포형 센서의 경우 광섬유 센서의 온도 변화와 변형에 따라 누수량 및 침식 정도를 정성적으로 계측하는 방식으로, 장구간에서 분포적인 특성 모니터링에는 적합하나 제방의 붕괴 기작 예측에는 다소 어려움이 있는 것으로 나타났다.

하천제방은 중방향으로 긴 구조적 특성을 갖고 있으며, 이러한 특성상 모든 구간에 정밀한 계측 장비를 설치하여 운영·관리함에 있어 경제적이고 효율적인 측면에 있어서 문제가 있는 것으로 나타났

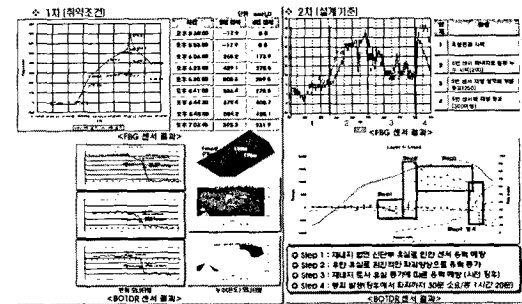


그림 5. 센서 기반 하천제방안전 모형실험 결과

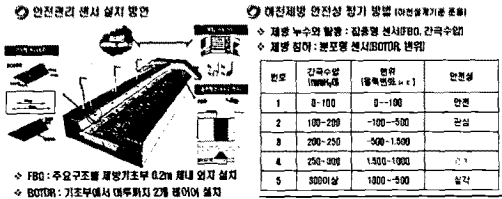


그림 6. 하천제방의 안전성 평가 방법

다. 따라서 주요 하천시설물 중 구조물이 하천제방을 횡단할 경우 주요 구조물에는 집중형 센서인 FBG 타입을 도입하고, 제방 연동실험 등을 통해 조사 분석된 취약 구간에 대해서는 분포형 센서인 BOTDR 타입의 광섬유 센서를 적용하여 종합적인 관리가 가능하도록 시스템을 구성한 것이 타당한 것으로 나타났다.

또한 분포형센서와 집중형센서를 통합 운영할 수 있는 광섬유 센서를 설치하여 평상시에는 지능화된 하천수문모니터링이 가능하도록 자료 송수신 매개체로 역할을 수행하도록 하여 스마트 하천 구축의 프레임워크로 활용할 수 있도록 하여야 한다. 나아가 계측장비로부터 취득한 데이터를 분석하고 안전성 평가를 실시간 예보할 수 있는 통합 관제 센터 구축이 필요하며, 이를 통해 치수관리에 있어 지능화된 하천관리 체계의 한축으로 역할이 가능할 것으로 판단된다.

#### 4.2 RFID를 이용한 수자원시설 점검 및 관리기술

수자원시설을 관리함에 있어 발생되고 있는 문제점으로는 수기에 의한 장비 수리 사항 관리로, 일부 관리항목 누락, 시설물 관리 대상 여부의 실시간 확인, 점검 후 보고서 작성, 장비 이력 관리의 체계화·시스템화, 현장 시설물과 대장에 수록된 위치 정보가 일치하지 않아 노후시설 및 교체대상물 등 시설물 관리에 어려움, 시설물 관리 작업 여부의 실시간 확인 필요, 관리 누락 및 중복업무 발생 등 많은 문제점이 제기되고 있는 실정이다. 이에 따라, 본 기술에서는 이러한 문제점을 즉시 해결하고 현

장작업자의 수자원시설 관리에 있어 유비쿼터스 기술을 이용하여 체계적인 관리기법을 개발하고 업무의 효율성을 향상시킬 수 있는 방안을 제시하고자 하였다.

또한, 수도시설을 관리함에 있어 발생되고 있는 밸브실 이상 가스 발생 및 산소부족으로 인한 작업자의 안전문제 및 이로 인한 점검 기피현상 발생으로 인한 시설관리 소홀 등이 악순환되고 있다. 따라서, 밸브실 진입시 밸브실 내의 산소 농도를 확인할 수 있는 체계적인 시스템 구축을 통한 안전성 확보는 매우 시급한 문제이다. 본 기술에서는 이러한 문제점을 즉시 해결하고 수도시설관리에 있어 안전성을 확보하여 수도시설 관리 부실로 인한 안전사고 발생이 발생하지 않도록 하고자 한다.

이를 위해 본 기술에서는 RFID/USN을 적용하여 체계적이고 안전한 관리 기술을 개발하고자 하였다. RFID 적용 기술 등 크게 4가지이다. RFID Uplink 기술, RFID Downlink, RFID 태그(메탈 태그) 기술, RFID Reader 기술로 분류된다. 수자원시설은 지상, 지하에 존재하는 시설로 시설물에 부착하여 활용할 수 있도록 메탈태그를 적용하였다. 또한 RFID 인식거리는 작업자의 편리성을 도모하면서 점검 관리시 누락되지 않도록 하기 위해 2~5m 정도가 될 수 있도록 설계 하였다. USN 적용 기술은 크게 4가지로 USN 환경센서(온도, Co, Co2, 산소농도)기술, USN Gateway 및 CDMA 통신기술, Ad-hoc 네트워크 기술, 모바일 및 모니터링 기술 등 이다.

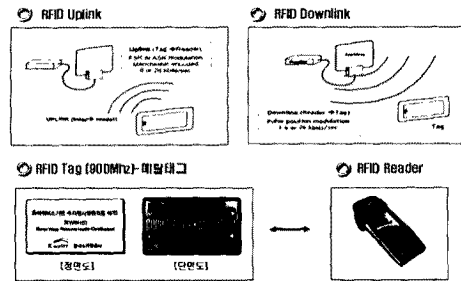


그림 7. RFID 기반 수자원시설 점검관리 적용 기술

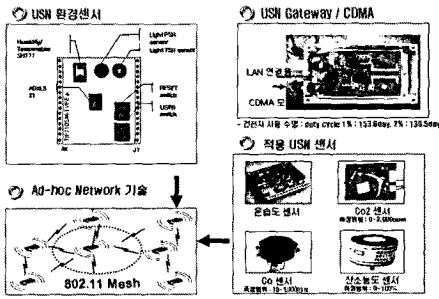


그림 8. 수도시설 안전관리용 USN 기술

본 과업에서는 수자원시설의 체계적인 관리 기법 적용을 위하여 RFID/USN을 전북지역본부에서 관리 운영 중에 있는 수도시설에 시범 적용하였다. 수도시설 점검정비를 위해 적용된 RFID의 경우 태그 인식률이 기상여건에는 지장 없이 잘 인식됨을 확인할 수 있었으나, 주변 환경에 따라 다소 인식률이 차이가 나타남을 확인할 수 있었다. 주변 시설 중 철이나 자석 등 전도체 특성을 갖는 물질이 존재할 경우 인식률이 낮아져 약 30cm 이내 근접하여 태그를 인식해야 하는 번거로움으로 인하여 본 시스템의 도입목적 중 하나인 자동화 지원에 어려움이 발생하여 작업자의 관리 업무 수행에 다소 차질이 발생 할여지가 있었다. 다만 작업자가 점검정비 항목을 정확하게 인지하고 있을 경우 근거리에서 접근하여 바코드와 같은 인식 방법으로 인식할 경우 문제는 발생하지 않았음을 확인할 수 있었다. RFID를 이용한 수자원시설 점검관리 체계 구축을 위해서는 정형화된 태그 타입을 일괄적으로 적용하는 방법보다는 적용시설물의 특징과 관리업무의 효

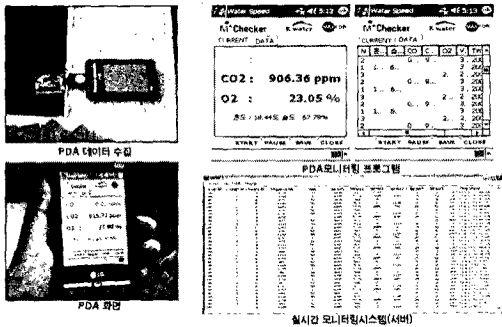


그림 9. 안전성 모니터링 모바일시스템 개선

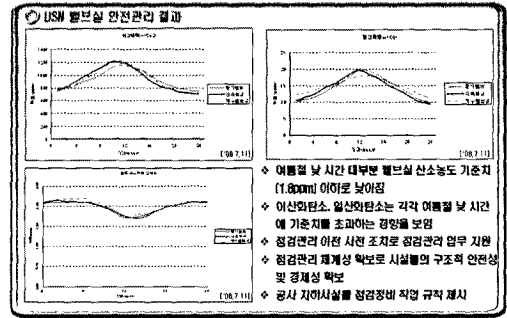


그림 10. USN 밸브실 안전관리 모니터링 결과

율성 등을 전반적으로 검토하여 유연하게 적용을 확대해 나갈 필요가 있을 것으로 사료된다.

USN을 이용한 수도시설 안전성 확보 기술 운영 결과, 공기질 측정항목인 CO, CO2, O2의 경우 작업자가 밸브실 점검관리를 위해 현장 도착시 맨홀 뚜껑을 개방하고 통합단말기를 이용하여 밸브실 내의 공기질을 측정하여 이상 가스로부터 안전성을 확보할 수 있도록 하였다. O2의 경우 시범 운영 중 여름철을 제외한 대부분 계절에서 이상 상황이 발생하지 않았으나, 4월말에서 9월 중순까지 공사 안전관리 기준치로 활용하고 있는 18.5% 보다 낮은 평균 16.2%를 나타 냈으며, 날씨가 더운 낮에는 평균 14%로 나타남을 확인할 수 있었다. 따라서 점검관리 수행시 작업계획을 효율적이고 안전하게 수립하여 점검과정에서 위험시간을 피하고 점검관리 시 위해가스를 피할 수 있는 충분한 환기 등을 실시 후 수행할 수 있는 업무 지침 마련이 필요할 것으로 판단된다.

### 4.3 u-GIS 기반 관제시스템 시범 구축

u-IT 기술을 이용하여 수자원 및 시설 관리를 위한 센서기술을 개발하고, 개발된 센서기술을 현장에 적용하여 실시간 취득된 센서 정보를 모니터링하고 분석함으로써 관리업무의 과학적인 기반을 구축하고자 하였다. 이를 위해 대상별로 도입된 센서로부터 취득된 정보를 효율적으로 관리하고 운영할 수 있는 관제시스템이 필요하며, 본 과업에서는

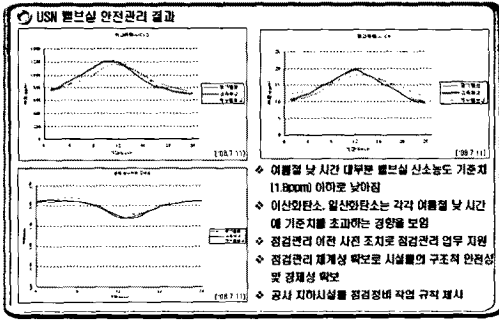


그림 10. USN 밸브실 안전관리 모니터링 결과

USN, RFID, CDMA, 3D GIS 등 유비쿼터스 기반 기술을 융합하고 관리할 수 있는 관제시스템을 설계하고 시범 구축함으로써 향후 확대하기 위한 방안을 제시하고자 하였다.

본 과업에서 구축하고자 하는 u-GIS 기반 수자원 통합관제시스템은 관리자계층, BcN 통신계층, 현장사용자계층 등 크게 3계층으로 구분되며, 각 계층에 따라 H/W, S/W, 네트워크 등이 설치 및 구현되어 원활한 관리 기반이 구성될 수 있는 체계 구축을 목표로 한다. [그림 11]은 수자원 통합관제시스템의 개념도를 나타내고 있다.

u-GIS 기반 관제시스템 구축을 위해 수자원관측 정보에 대한 실시간 모니터링 및 분석체계 구축을 위한 3D GIS 기반 관제시스템의 설계 및 시범 구축과, 유비쿼터스 기반 수자원시설의 체계적인 관리 방법 제시를 위해 3D 가시화 도구를 이용한 차세대 관리 기법을 모델링하는 것이다. 또한, 3D

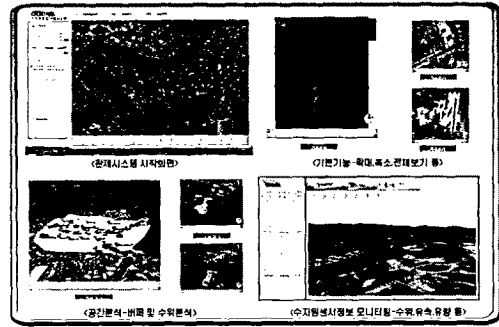


그림 12. u-GIS 관제시스템 구현 기능

GIS 기반 관제시스템 구축을 위한 고해상도 위성영상 수집 및 편집, 3D 시설물 모델링, 하천지형 편집, 센서 모니터링 결과 및 수리·수문분석과 연계한 가시화 기법 개발, 현장작업자의 변설 작업 수행 이전 PDA를 이용한 상황정보 모니터링 및 안전성 확보 후 점검관리를 수행할 수 있는 시스템 및 운영 방법을 제공하고자 하였다.

지능화된 수자원시설물 관리기술 도입을 위하여 3D GIS 기술을 이용한 웹기반 모니터링 및 관리 가능한 기능을 구현하였다. 시설물 모니터링 대상은 댐, 조정지댐, 하천제방, 수도시설, 배수통문, 보 등이며, 향후 확대 적용할 경우 체계적인 지원이 가능하도록 기반을 구축하기 위하여 현재 적용하여 운영 중에 있는 시설에 대해서 실시간 자료가 저장될 수 있도록 기능을 구축하였다.

5. 결론

지금까지 u-IT 기술을 이용하여 유비쿼터스 기반의 지능형 수자원 시설관리 기술 개발 추진현황에 대해 소개하였다.

수자원관리에 있어서 최신 u-IT 기반의 수자원관리 기술을 접목하여 4대강살리 기사업 및 하천기본계획 등

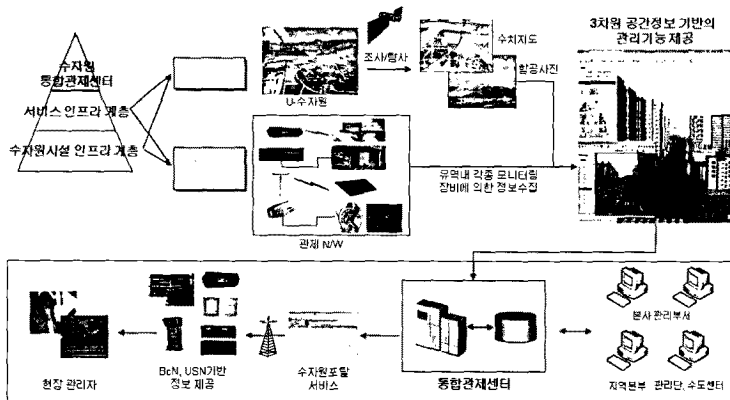


그림 11. 수자원 통합관제시스템 개념도

에 적용할 수 있는 하천제방 안전관리 기술을 확보하여 홍수대응 능력을 향상시킬 수 있는 기술개발을 추진하였다. 아울러, RFID/USN기반의 수자원 시설물 관리기술 개발을 통해서도 효율성과 안전성을 확보하여 과학화된 기술접목이 가능하도록 하였다. 또한, 수자원 및 수자원시설의 관리체계 선진화를 위한 운영기틀을 마련하여 이를 활용할 수 있는 방안을 제시하였다.

유비쿼터스 기반의 수자원관리체계 구축을 통하여 하천 및 수도시설로부터 전송되는 정보 및 상황을 실시간으로 통합 관리함으로써 관리업무 수행에

소요되는 시간과 노력을 최소화할 수 있으며, u-IT, 센서 기술, BcN 등 최신 IT기술 적용을 통한 광대역 실시간 수자원시설 관리가 가능하다. 또한, 주요 수자원시설에서 발생할 수 있는 안전사고를 사전에 예방하고, 대처할 수 있을 것으로 사료된다. 나아가, u-IT 기반 신기술 적용을 통하여 수자원분야의 신규사업 창출 및 해외사업 진출을 위한 기술력을 선도하고, 실시간 수자원관리 및 재난관리체제로 대국민 서비스 질 향상에 크게 기여할 수 있을 것으로 기대된다. ☺

## 참고문헌

1. 건설교통부, “국가하천 배수통문 안전관리시스템 개발 및 운영연구”, 2007.
2. 건설교통부, “하천제방 관련 선진기술 개발”, 한국건설교통기술평가원, 2004.
3. 박승창, 남상엽, 류영달, 이기혁, 김완석, “유비쿼터스 센서네트워크 기술”, pp. 42-210, 2005.
4. 윤창욱, 윤태수, 이동훈, “영상 기반 모델링 기법을 이용한 대화식 3차원 입체 영상 저작 시스템”, KSIAM IT series Vol.10, No.2, pp. 53-66, 2006
5. 전자신문사, “2005 유비쿼터스 백서”, pp. 42-648, 2005.
6. 한국수자원공사, “수도시설 유지관리업무 매뉴얼”, 2005.
7. 한국수자원공사, “유비쿼터스 전략계획(USP) 수립”, 2007.
8. 한국시설안전기술공단, “U-Safety for Infrastructures”, 제5회 국제사회기반시설안전세미나, 2007.
9. 황의호, 이근상, “USN 기반의 수도시설시범시스템 구축”, 대한토목학회학술발표집, 2007.
10. Brett Sheppard, CEO & Founder, Absolutely Inc. "Leading ZigBee Applications in 2005-2006 and Beyond", ZIGBEE OPEN HOUSE, 2005.
11. Kang Lee, "Introduction to IEEE 1451 - Family of Standards", Wireless Sensor Standard Workshop/Meeting Sensors Expo/Conference, 2004.