



Ubiquitous Sensing Network 기반 저수지(댐) 붕괴예경보 서비스 구축



한국농어촌공사 농어촌연구원
공학박사 **최병한**



한국농어촌공사 농어촌연구원
공학박사 **이백**

전 세계적으로 급격한 기후변동성의 증대와 관련기반시설물의 노후화로 인해 재해 발생빈도와 강도가 증대해질 것으로 예상됨에 따라, 국가 차원에서의 수자원 전망 및 수자원 관리의 전략수립의 중요성이 대두되고 있는 실정이며, 특히 국내의 경우 경제, 사회적 여건의 빠른 변화로 인해 수원공 인근 생태계, 인간 주거환경, 인간보건 등에 관한 자연재해영향이 커질것으로 전망하고 있다.

이에, 국내 자연재해 예측 및 예방기술 개발 분야는 ICT 인프라를 활용한 적극적인 연구개발 및 사업화로 관련분야의 국제적 기술선도를 이끌고 있다. 그러나, 예산의 한정에 따른 도심, 인명중심의 방재사업의 추진으로 인해 오래동안 하천중심의 방재 연구와 사업에 집중되어 왔다. 이 또한, 사후 복구 중심의 토목사업 위주이며, 현 재해예방계획사업 또한 개보수 사업으로 연계되어 결국 토목사업으로 귀결되고 있다. 구조물 건전성 모니터링을 위한 상시관리의 필요성은 공감을 하고 있으나 이를 위한 전문가 부족과, 단순 모니터링에 그치는 문제는 여전히 풀어야 할 숙제이다.

따라서 이제 국내의 자연재해 예측 및 예방기술 개발 분야에서 기존 사업의 문제점 개선과 기술고도화 및 적용성 확대를 위하여, 과거 하천재해 관리 중심에서 벗어나 도심침수, 급경사지 붕괴, 저수지(댐) 붕괴 등 재해양상의 다양화에 적극적으로 대응하고, 사후 복구 중심의 토목사업에서 예방 및 선제적 대비 체계로 관련사업의 전환이 필요하다. 또한, ICT 인프라를 활용한 단순모니터링을 확대하여 관제 시스템화해서 실질적 피해최소화로 이끌어 내야 한다.

본 기고에서는 최근에 잦은 붕괴 및 기능상실로 인해 결코 간과할 수 없는 인명과 재산 피해를 유발하는 저수지(댐)에 관한 u-IT 기술을 고려한 자연재해 예측 및 예방기술 개발의 필요성과 중요성을 조명하고, 기존 관련 기술에 개선과 보완점을 기술하며, 차세대 관련사업의 기술 개발의 방향을 사례를 통해 재고의 기회를 갖고자 한다.

1. USN 기반 저수지(댐) 붕괴 예경보 서비스 구축의 필요성

저수지(댐)으로 대표되는 수공구조물 뿐만아니라, 기반시설물 모두에 관한 정기 점검(진단)외, 붕괴 및 기능상실에 관한 상시관리의 필요성은 관련 민관기관이 동감하고 있다. 그러나 관리 예산 부족과 관리 인력의 전문성 부족 문제는 여전히 상존하고 있으며, 최근의 현 정부의 재해예방3.0 노력에 따라 ICT 기술을 활용한 사회기반시설에 대한 관리 업무 효율향상 노력에도 불구하고 인명중시 최우선 정책에 따른 재해예방사업은 도심에서 떨어진 수원공의 경우 아직까지도 재해예방 사업에 있어 사각지대에 있다. 더불어, 최근의 기후변동성 및 시설노후화 급증과 귀농 및 녹색산업의 붐에 따른 수원공 인근의 도심화에 따른 저수지(댐)의 재해위험은 나날이 커져가고 있다.

저수지(댐)의 기존 재해예방예측을 위한 사업으로 시행되고 있는 재해예방계측사업은 단순 모니터링 위주의 상시관리와 이를 통한 정기적 개보수로 이어지고 있어, 실질적인 재해예방 및 예측으로 피해최소화를 이끌어내기에는 그 실효성이 매우 떨어지는 실정이다. 이에 붕괴 및 기능상실 전조 징후를 감지하고, 적정대응을 위한 관제시스템과 피해 최소화를 위한 예경보 서비스로 구성된 Ubiquitous Sensing Network 기반의 통합 재해예방예측 및 예경보 서비스 사업이 필요하다.

관련사업의 개선안과 USN 저수지(댐) 붕괴 예경보 서비스 구축사업의 필요성을 요약하면 다음과 같다.

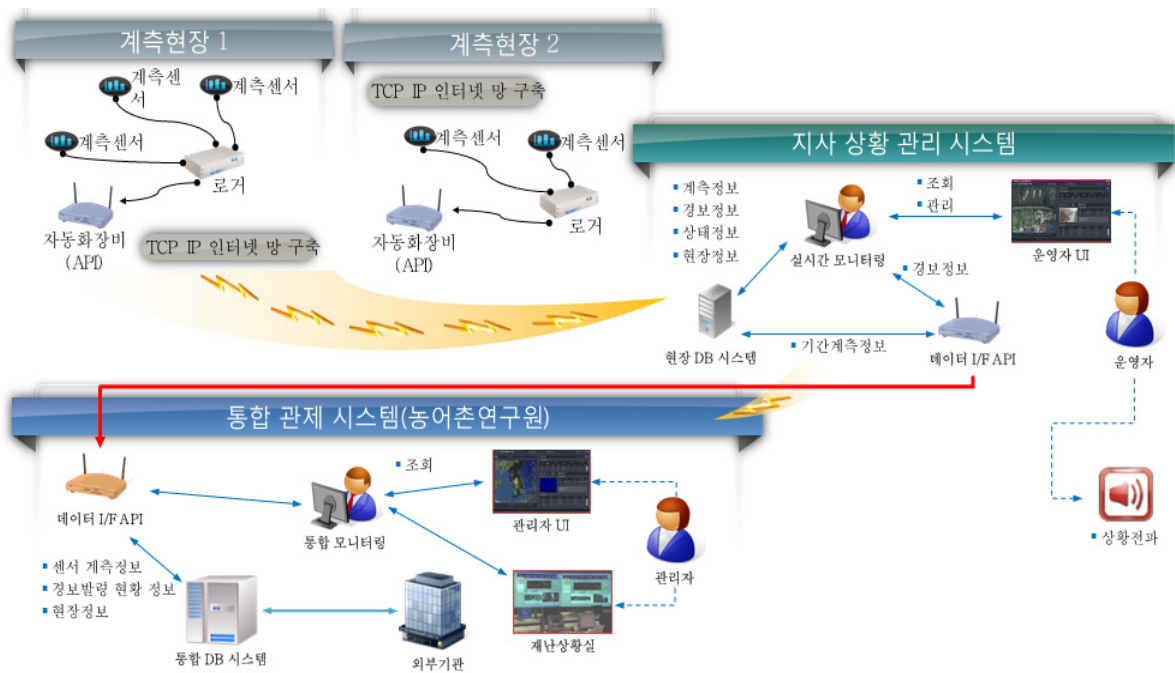
- 현장 붕괴 전조와 직결된 첨단 센싱 기술개발과 활용, 센서간 복합위험도 평가를 통한 의사결정 지원 관제 시스템 개발 및 최종 예경보 서비스화로 피해최소화 연계 필요
- 계측사업의 전형적인 문제점인 유용기간내 잦은 망실, 예산의 한도에 따른 계측 밀도의 효용성, 유지관리 비용의 증대 등 해결을 위한 첨단센싱기술 개발, 유용기간내 안정적 관리를 위한 시스템의 단순화 및 확장성 개선 필요
- 전국 위험 저수지(댐) 확대적용을 위한 전문기관(한국농어촌공사+한국수자원공사+농림축산식품부+국토교통부+국민안전처)간 관련 시스템을 연계할 수 있는 Hot-Line 보완
- 향후 국가 재해망 구축에 따른 첨단 센싱기술의 국산화 절실

2. USN 기반 저수지(댐) 붕괴 예경보 서비스 구축 사업 내용

2.1. 시스템 구성

각 계측현장별 센서, 로거 및 자동화 장비를 통한 자료의 전달과 이를 해당지사(지자체)에서 실시간 상황관리 시스템으로 연계하고, 각 상황관리시스템들은 다시 농어촌연구원(국민안전처) 통합관제시스템으로 연계되어 관제 된다.

〈그림 1〉 시스템 구축













2.2. 상황관리 시스템

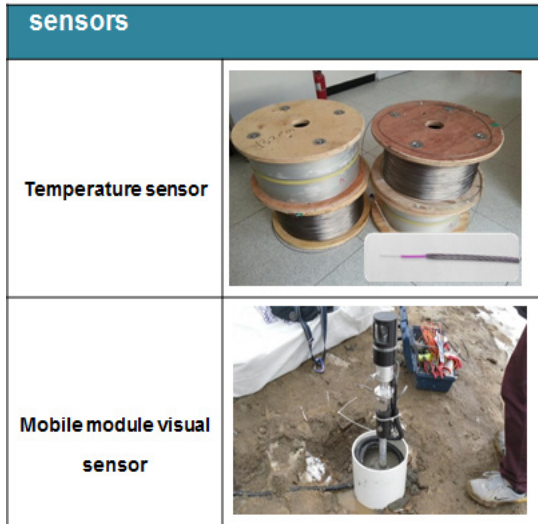
각 지사(지자체)에 설치된 상황관리 시스템은 현장에 설치된 센서를 통한 계측자료를 수집하고, 센서별 개별위험도 및 센서간 복합위험도 평가를 통해 위험 단계별(관심, 주의, 경계, 심각) 상황관리를 수행하게 된다.

〈그림 2〉 상황관리 시스템



설치된 센서 종류는 다음과 같다.

Sensor	Photo	Sensor	Photo	Sensor	Photo
Rain gauge		Inclinometer		Leak gauge	
WL meter		V.W Piezometer		WL gauge	
Creep meter		Moisture content gauge		CCTV	
Crack gauge				Warning Post	



저수지(댐) 제체의 거동과 수위 및 제체 내부 포화도, 누수위치, 누수량을 계측할 뿐만 아니라, 시각화된 자료의 전달을 위한 스마트 CCTV, 이동설치가 가능한 비주얼 센서를 설치하여 임의 이벤트 발생 시 계측데이터와 영상을 통한 정확한 판단이 가능토록 하였다. 또한, 필댐의 경우 누수 여부가 제체의 안정과 밀접한 관계이므로, 누수위치 파악을 위하여 하류부 전역이 탐지 가능한 온도센싱(Fiber Optic Cable)을 채택하였다.

2.3. 상황관리 및 통합관제

각 지사(지자체)에 설치된 상황관리 시스템은 다시 농어촌연구원(국민안전처)의 관제시스템과 통합 연계되어 자료분석과 시 도별 예경보 현황 등 총괄적인 상황보고와 관제가 가능토록 구성되어 있다.

〈그림 3〉 통합관제 시스템



3. 누수 집중 관리 활용 사례

활용사례 일례로, 필댐의 주요 붕괴 요인인 제체의 누수에 관한 본 서비스 구축 활용 예를 간략히 살펴 보면, 다음과 같다.

〈그림 4〉 사례지구 전경 및 센서 설치 현황



사례지구는 저수량 28만톤급 소규모 필댐으로서, 제체 중심엔 슬러리 월(Slurry Wall)이 보강되어 있다. 센서로는 지하수위계, 강우량계, 누수계, 온도센서(FOC), 스마트CCTV, 지표변위계, 자동수위계, 비주얼 센서가 설치되어 있다.

3.1. 분포형 광섬유 온도센싱을 통한 누수영역 파악

〈그림 5〉 (좌) 온도센서 매설 전경 (우) 온도 센싱을 통한 누수영역 탐지



제체 하류사면에 침윤선을 고려한 온도센서 2열 매설 후, 온도 차이 탐지를 통한 누수 영역 파악을 실시한다. 분포형 광섬유(FOC)를 사용함으로써, 대표적 기존 계측사업의 계측 밀도에 관한 신뢰성 문제를 보완하였다.

3.2. 취약부 집중관리

누수영역 탐지 결과 취약부에 정밀한 누수량 측정을 위한 누수계를 설치하고 또한 상시 모니터링과 빠른 대응을 위한 게릴라 센서를 설치하여, 붕괴예경보 시스템을 구축하여 이벤트 발생시 피해최소화를 도모하였다.

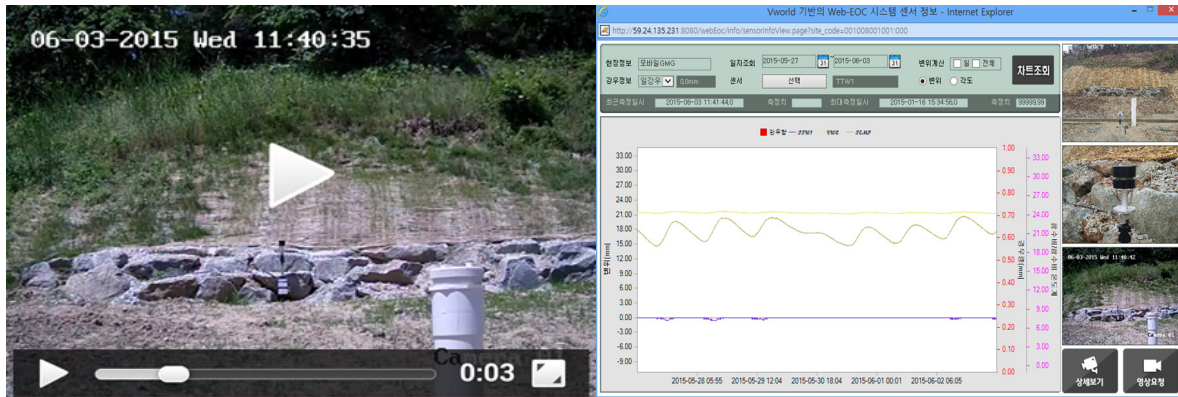
〈그림 6〉 (좌) 누수영역에 누수계 설치 (우) 비주얼 센서를 통한 실시간 모니터링



3.3. 통합관제 시스템과 WEB 기반 정보 확인

이상에서 언급된 센싱 자료들은 관측 자료는 물론, 이미지나 실시간 영상까지도 지사(지자체) 상황관리 및 농어촌연구원(국민안전처)에서 통합 관제시스템에서 확인이 가능하며, 또한 스마트 폰 등 모바일 디바이스에서의 정보 확인도 가능하도록 연계 되어 있어 시설관리자가 장소와 시간에 구애받지 않고 상시 확인이 가능하도록 구성되었다.

〈그림 7〉 실시간 센싱 및 통합관제



4. 기대효과 및 향후 계획

본 서비스 구축사업 체계 및 관련 요소기술을 바탕으로, 현행 관리 사각지구인 중소규모 노후저수지(댐)을 대상으로 선제적 재해예방 및 피해최소화를 위한 재해예방예측 사업을 선도하고자 한다. 기존 개보수 토목사업으로만 연계 되었던 재해예방예측사업의 다변화를 피하여 ICT 기반 토목사업, 재해 예방토목사업 등 차세대 토목사업의 장을 선도하고자 한다.

구체적으로 17,000 여개에 이르는 국내 저수지(댐)을 대상으로 선별적 위험 지구 선정 후 u-IT 기술 기반, 상시관리 체계마련과 붕괴 예경보 서비스 체계를 구축함으로써 관련 한정된 예산의 효율적 집행을 유도 하고자 한다.

또한, 관련 요소기술의 국산화 및 관제기술의 고도화로 중남아시아 및 동남아시아등 수재해가 빈번한 국가에 기술수출을 통한 유지관리사업수출을 모색하고자 한다.