

사물인터넷(IoT) 기술을 활용한 저수지(Fill Dam) 재난안전관리



최병한 ●●●
한국농어촌연구원 책임연구원
han1020@ekr.or.kr



장대원 ●●●
(주)LIG시스템 수석연구원
hydrojdw@naver.com

또 다른 기회의 도약이 될 수 있다는 기대감이 교차하는 시기이다. “4차 산업혁명은 정보화를 통한 3차 산업혁명을 기반으로 하는 디지털과 바이오 산업, 물리학 등의 경계를 융합하는 기술혁명(다보스포럼, 2016)”이라는 정의는 우리에게 익숙한 인터넷의 시대가 정보융합의 시대로 변화함을 의미한다고 할 수 있다.

첨단산업분야에서 4차 산업혁명이 눈앞에 놓인 현실인 것과 비교하면 재난분야에서는 3차 산업혁명, 즉 인터넷 기술의 접목을 실제 체감하기 어려운 것이 현실이다. 4차 산업혁명은 DB로부터 출발해서, 이를 분석하고 예측하고 융합서비스로 제공하는 전반적인 과정을 의미하며, 이를 가속화하는데 있어 인공지능, IoT, 3D 프린팅, 가상/증강현실(VR/AR) 등의 기술이 이용되고 융합되는 것이다. 이러한 기술은 사람과 사물 또는 사물과 사물이 통신망을 통해 연결되어 있을 때 가능한 것으로 4차 산업혁명은 3차 산업혁명의 주요 기술인 정보통신기술(ICT)의 발달이 전제되어야 한다. 재난분야에서 이러한 요소기술은 실질적으로 당장 현실화되기 어렵다. 그 이유는 재난과 관련된 정형화된 DB의 축적이 충분히 이루어지지 않았고, 재난발생 위험이 있는 현장 또는 재난이 발생한 현장에서의 계측(Sensor) 데이터 등이 사람과 연결되어 있지 않고, 일부 되어 있더라도 그 수준이 미비하기 때문이다. 즉 재난분야에서 4차 산

1. 서론

’16년 다보스포럼의 주제가 “제4차 산업혁명의 이해(Mastering the 4th Industrial Revolution)”로 개최되었을 때만해도 일반인 중 4차 산업혁명이 이렇게 빠르게 우리 생활공간에서 이슈가 될 것으로 판단한 사람은 많지 않을 것이다. 작년 인공지능(AI) 알파고가 우리에게 강한 충격을 준 이후, 미래에는 인공지능이 탑재된 기계가 우리의 일자리를 대신하게 되고, 인간이 할 수 있는 영역이 한정되어진다는 예측 기사는 더 이상 낯설지 않게 여기고 있다. 지금은 4차 산업혁명에 대비하지 않으면 국가적으로나 개인적으로 기술의 큰 흐름(Mega Trend)에서 낙오될 수 있다는 위기감과

업혁명은 3차 산업혁명의 주요 기술인 정보통신 기술의 접목수준이 타 첨단산업과 비교하여 낮고, 이로 인해 단기간에 성과를 보기 어렵다는 특징이 있다.

그럼에도 불구하고 재난분야에서 물(water)과 관련된 부분은 상대적으로 정보통신기술의 적용 수준이 높다. 이는 우리나라 자연재해의 대부분이 풍수해로 특히 수해로 인한 피해가 많았기 때문이며, 기상조건과 물의 사용은 과거 우리 산업의 주를 이루었던 농업과 밀접한 관계가 있기 때문이다. 대표적으로 국토교통부 홍수통제소의 강우, 수위 계측, 이를 활용한 홍수 예·경보 업무와, 한국농어촌공사의 저수지 계측 업무는 센서 기반의 DB 확보 및 모니터링 등 사물정보를 기반한 분석·예측 프레임워크를 잘 따르고 있다. 물론 기상청의 강우모니터링, 분석, 예측 기술은 실시간 모니터링 및 RS(Remote Sensing) 기술을 잘 활용하고 있어 충분하고 신뢰할만한 DB와 이를 분석하고 예측하는 기술의 측면에서 4차 산업혁명에 재난부분의 기본 자료로 활용될 가능성이 높다. 본 기고는 저수지의 이용 및 위험관리에 있어 가장 많은 경험과 기술을 보유하고 있는 한국농어촌공사에서 추진하는 소물인터넷(sIoT)기술을 활용한 저수지(Fill Dam) 계측사업을 소개하고 앞으로 4차 산업혁명을 고려한 발전전략을 제시하고자 한다.

2. 한국농어촌공사 저수지 계측 현황

가. 저수지 재해예방계측사업

한국농어촌공사에서 추진하는 재해예방 계측시스템 설치사업은 주요시설물(저수지, 방조제)에 침투수 및 지진가속도 계측을 실시하여 누수, 체변위 및 가속도 계측값에 따른 진도 등 위험요소의 조기발견을 목적으로 구축되는 시스템이다. 계측은 저수지 안전관리를 위한 침투수 계측과, 지진재해대책법에 근거한 지진가속도 계측으로 구분된다. 사업 대상지는 총464개 저수지로 지진가속도 계측보다 침투수 계측 저수지 개소가 83% 수준으로 대부분을 차지하고 있다. 저수지 침투수 계측과 지진가속도 계측은 장기계측과 상시계측이라는 계측 주기의 측면과 축척된 계측정보의 활용 측면에서 차이점이 있다.

나. USN 저수지 예·경보 시스템

한국농어촌공사에서 안전행정부 예산을 통해 “U-서비스 지원사업”으로 수행된 USN 저수지 예·경보 시스템은 첨단 ICT기술을 이용하여 현장 계측 기반의 붕괴 사전예측 및 붕괴위험 대민 서비스를 통해 인명피해 및 재산피해를 감소시킬 목적으로 추진된 사업이다. 사업 대상지는 최근 옥천저수지(2013), 대연저수지(2013), 괴산저수지(2014) 내덕저수지(2014) 등은 소규모 노후저수지

표 1. 침투수 및 지진가속도 계측의 차이점

특성	침투수 계측	지진 가속도 계측
생산 주기	장기 계측	상시 계측
목 적	제체 누수 조기 발견	계측 기준에 따른 경보 발령 및 대응
정보 제공처	농림부 및 지사	지사 및 유관기관(국민안전처, 기상청)
부가 효과	- 계측시스템 설치지구에 대한 정밀 안전진단시 계측자료의 제공으로 진단비용 절감 - 장기계측으로 계측자료의 신뢰도 향상	- 기상청 : 지진경보 조기발령을 위한 기초자료로 활용 - 국민안전처 : 지진위험도 제작 및 신속한 상황 확인을 위한 기초자료로 활용

붕괴사례가 증가하고 있고, 시트법 1종 시설물 외에는 관리의 사각지대에 있어 중소 저수지를 대상으로 시범 구축하였다. 대상 저수지는 안전등급, 저수지 형태, 총저수량, 붕괴시 피해정도, 유역면

적, 제고와 제장, 준공연도, 위치, 전문가 의견 등을 종합적으로 고려하여 어은저수지(양평), 매주저수지(천안), 농촌저수지(안성)를 선정하여 구축하였다.

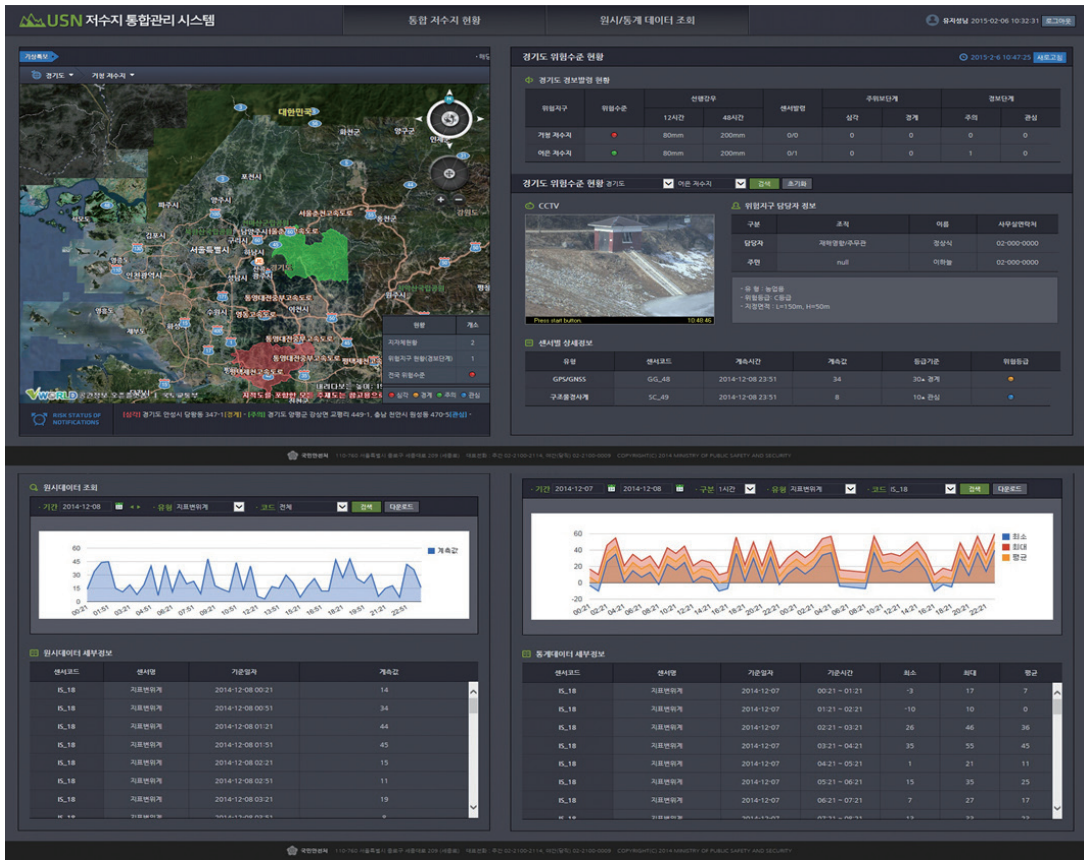


그림 1. USN 저수지 예·경보 시스템 화면 예시

해당 시스템은 현장정보를 실시간 모니터링하기 위하여 수위계, 지표변위계, 강우량계, 신축계, 이통모듈(신축계+이동식 CCTV), 지하수위계, 누수계, 온도센서(광섬유) 등을 설치하였고, 현장 확인을 위해 고해상도 CCTV, 예·경보 방송을 위한 경보방송장치를 설치하여 운영하고 있다. 실시간 센싱자료를 이용하여 위험관리수준을 설정하기 위해 DB를 분석하는 기능을 구현하여 지속적으로

저수지 붕괴예비기준을 마련하기 위한 기능도 구현되어 있다.

다. 자동수위계측기 신기술 통신망 시범사업

한국농어촌공사는 수리시설물의 노후화에 따른 관리의 어려움을 해소하고자 정보통신기술(ICT) 기술을 적용한 시범사업을 추진하고 있다. 주 내용은 공사가 관리하는 자동수위계측기의 통신방식

을 현행 2G에서 IoT 기반의 신기술 통신망으로 전환하는 것이다. 현재 운영중인 자동수위계 3,092¹⁾ 개에 대해서 소물인터넷(sIoT) 통신망을 적용하여 계측 목적에 맞는 실시간 DB 수집 및 모니터링 체계로 전환하기 위한 시범사업이다. 이를 위해 SK텔레콤에서 추진중인 소물인터넷(sIoT) 통신망인 LoRa와 LTE-m 하이브리드형을 도입하였다. '16년 시범사업대상지는 경북 경주와 전남 해남완도로 계측기 수량이 각각 53개, 68개이며 수로부

비율이 70% 이상, 통신모뎀의 내구연한이 도래하여 교체 대상 비율이 79%, 76% 등 사업의 편익 등과 효과가 높게 나타난 지역이다.

자동수위계측기 신기술 통신망 시범사업은 저전력, 저비용, 다수의 기기 연결, 보안, 적정 커버리지라는 요소를 고려해야 하며 이를 고려하여 선정된 하이브리드형²⁾ IoT 통신망 시범사업의 특징은 다음과 같다.

표 2. IoT 기반 신기술통신망의 특징

구분	내용
개요	-저전력광역망(LPWAN, Low Power Wide Area Network) -LoRa WAN(Long Range Wide-Area) & LTE-M 하이브리드망 -현장 DB 취득 및 소용량 DB 서비스 목적 -실시간 다양한 위치에서의 정소취득목적의 전용망
비용	-소비전력이 낮아 유지비용 저렴 -저용량, 저속도로 통신요금 저렴 -LoRa 망은 SK텔레콤 전용망으로 별도 망구축 비용 불필요 -기설치 단자함 미교체 및 통신모뎀 전환비용(2G · 3G) 절감
보안	-VPN 암호화, SKT 서버실 무상제공을 통한 공공 서비스 보안성 강화
커버리지	-남한면적 대비 90%, 인구대비 99% 충족 -게이트웨이 기지국 12,000여개소 설치완료
장비	-모뎀 5종, 기지국 3종, N/W서버 2종 등 장비 국산화 완료 -국내 10여개 업체에서 제품 생산 중
현장검측	-통신방경 약 10km로 저수지 현장 검측 대응 가능

자동수위계측기 신기술 통신망 시범사업은 첨단 ICT 분야의 최근 기술트렌드를 반영하며, 농어촌공사의 계측업무의 첨단화를 지향하는 측면에서 매우 긍정적인 사업이다. 이렇게 축적된 DB는 향후 저수지 재난관리 Big Data 분석 및 계측에 따른 농어촌공사 관리시설의 위험관리 기준 설정에 활용 될 수 있다.

3. 사물인터넷(IoT) 기술을 이용한 저수지 재난관리 방향

가. 기존 저수지 계측사업의 한계점

한국농어촌공사에서 추진하고 있는 저수지 계측사업 및 시스템의 자료생성부터 활용, 확대에 따른 한계점을 정리하면 다음과 같다. 한계점의 대

1) 유효저수량 100,000m³ 이상 저수지, 15년 기준

2) 하이브리드(Hybrid)형 : 특정 목적 달성을 위해 필요한 요소를 2개 이상 결합한 것을 의미하며 통상 2개 이상의 요소들이 갖고 있는 각각의 장점을 결합 또는 융합한 것을 의미함. 농어촌공사의 시범사업에서는 비면허 대역을 기본으로 하는 LoRa 망에 커버리지 제외 공간은 면허대역을 사용하는 LTE-M을 결합해서 사용한다는 의미

부분은 초기 사업예산과 관리 및 유지비용에 따라 결정되는 부분이 많지만, 습득된 자료의 활용 측면에서는 전체적으로 미비한 것으로 나타났다.

나. IoT 기술을 활용한 저수지 재난관리 방향

한국농어촌공사에서는 기존의 계측 시스템을 차세대 통신망으로 전환하기 위한 시범사업을 추진하고 있으며, 정보화사업 일환으로 U-서비스 지원사업을 통한 다양한 현장 센서기반의 저수지 붕괴 예·경보 시스템을 시범 구축하였다. 이 사업들의 중요한 공통점은 센서와 통신을 통한 현장과 관리시스템의 연결, 또는 현장과 모바일 기기를 통한 사람과의 연결이라는 특징이 있다는 것이다. 통신 Infra와 사물인터넷(IoT) 기술의 접목

은 4차 산업혁명에서 융합을 위한 첫 단계로 미래형 사업으로의 전환점에 있다고 할 수 있다. 즉 4차 산업혁명에서 빠지지 않는 ICBMS(IoT, Cloud computing, Big data, Mobile, Security)기술에서 인터넷과 모바일을 통한 자료취득기술 부분에 해당된다고 할 수 있다. 하지만 수집된 자료의 활용체계는 개선할 여지가 있으며 이를 위해 저수지의 재난관리방안을 “SMART” 재난관리 체계로 변경하여 접근이 필요하다. 이와 함께 융복합 서비스를 통한 저수지 안전관리 확대전략을 구축하고 이를 기반으로 현장에서 점검으로 이루어지는 off-line 방식과 모니터링 및 분석을 통해 이루어지는 on-line 방식을 통합하여 안전관리 프레임워크를 구축해야 한다.

표 3. 저수지 위험계측 사업의 문제점

특성	재해예방계측사업	USN 저수지 예·경보 시스템	자동수위계측기 신기술 통신망 시범사업
자료생성 주기	비정기(침투수), 상시(지진)	정기(10분) CCTV는 상시 구동	정기(1시간 등 시간 세팅)
자료취득 방식	수동(침투수) 자동(지진)	자동(Data 로거▶관할지사▶농어촌연구원)	자동(LoRa, LTE-m 이용)
문제점1 (자료 취득)	자료취득 방식이 자동화되어 있지 않고, 침투수와 지진이 이원화 되어 있음	자료 취득 주기 및 취득방식은 적정하나, 유선형태로 전기 및 통신 인입이 어려운 지역에 확대 적용 어려움	자료 취득이 저용량, 저속도, 일정주기 형태로 사업 목적에는 맞으나, Multimedia 등 고용량 DB 취득에 한계
문제점2 (자료 활용)	침투수가 체제 붕괴에 중요도가 있음에도 모니터링을 통한 대응에 활용되지 못함	저수지 계측센서에 따른 위험관리수준 설정의 근거가 미비하여 실제 예·경보에 활용 어려움	자료의 활용은 기존 재해예방계측사업과 차이점이 없음
문제점3 (확대 방안)	-IoT 기술을 적용한 센서 DB 취득 기술적용 어려움 -침투수는 지속적인 모니터링 형태로 이를 지원하기 위해서 시스템 전체 프레임 개선 필요	-CCTV, 예·경보 시스템 구축 등 사업비 과다 소요 -IoT 기술 적용시, 필요 센서 목록의 간략화 및 CCTV와 단순 센서 DB의 망분리 또는 전용망 설치 필요	-상용망 사용에 따른 보안문제 해결 -국가재난안전통신망과 별도로 구축되는 통신망 -수위계에 한정된 계측센서 종류 확대 필요

표 4. SMART 재난관리, 장대원(2015)

특성	LoRa	필요 기술
Smart Monitoring	기존 계측 시스템 Monitoring 자료(Sensor) 활용	IoT Cloud
	Drone, SNS, 민간 기업정보 등 새로운 모니터링 기술 및 대상 발굴	
Analysis	중앙정부, 지자체, 유관기관 등 Whole Government 측면의 DB 분석	Big Data Cloud
	Whole Government DB + 민간, 기업 DB, 참여형 DB(영상, 문자, 이미지) 통합 분석	
Response	정부의 재난안전 통합 대응, 신속한 전파, 구호 체계 수립 등	Mobile 국가재난망
Technology	SM, A, R을 지원하기 위한 기술(ICBMS)	

표 5. 농어촌공사 저수지 계측 시스템의 IoT 활용 가능성

분류	저수지 재해예방계측 사업	USN 저수지 붕괴 예·경보
계측센서 (영상장비 포함)	수위계, 유량계, 유속계 염분, 누수, 지진 등	수위계, 지하수위계, 누수계 신축계, 강우량계, 함수비계 광섬유, CCTV
전송주기	현재 1시간	10분 주기
통신망	現 2G ▶ LoRa	現 유선망
특이점		자동 경보기 설치
IoT 사업대상 계측기	수위계	수위계, 지하수위계, 누수계, 강우량계
적용 여부	현 시범사용 적용 중	-자료 전송주기를 1시간 단위로 조정하여 활용 -Data 전송 용량 및 속도는 LoRa 망 적용 가능 -CCTV 영상 처리 및 운영은 LoRa 적용 불가능 -CCTV는 국가재난안전망 적용
비고	-현재의 수위계 외에 확대 대상을 농어촌연구원의 USN 저수지 붕괴 예·경보 시스템과 재해예방계측사업 대상까지 확대하도록 내부 협의 필요	-향후 사업대상지는 선로공사비 등이 절감되어 설치비 감소 예상 -전용망 커버리지 확인 후 별도 수립 -CCTV의 고용량 데이터 전송의 어려움을 고려, FHD 급 카메라로 대체하여 현장 영상 확보 방안 필요

IoT 기술의 시장은 지속적으로 성장하고, 실제 폭발적인 잠재력을 지니고 있다. 통신사 중심의 IoT 기술부터, 의료 및 서비스 측면에서의 IoT 기술, 특히 최근 이슈가 되는 “Smart Home”,

“Smart City”까지 IoT 기술은 더 이상 새로운 기술이 아니라 체감할 수 있는 기술로 다가오고 있다. 따라서 공사도 현재 추진중인 신기술 통신망 사업의 적용범위를 확대하고 해당 기술을 응용하

기 위한 중장기적인 전략 수립이 필요하다.

통신망 부분은 저용량의 주기적인 모니터링이 필요한 계측기는 신기술 통신인 LoRa 망을 이용하고, 실시간 제어가 필요한(양방향 정보 송·수신) 계측기는 LTE-M 망을 이용하고, CCTV 등 Multimedia 정보와 같은 대용량 정보 송수신에는 LTE망 또는 국가재난안전통신망(국민안전처에서 구축 사업 추진 중)을 활용하는 방안을 고려해야 한다. 즉 계측 목적과 주기에 따른 최적망을 구현하도록 수립해야 한다.

분석기술 부분은 「저수지 붕괴 예·경보 시스템 구축」이라는 상위의 저수지 재난관리 체계에서 자동수위계측기 신기술통신망 활용 시범사업과 USN 저수지 붕괴 예·경보 시스템을 융합할 수 있는 체계로 구축해야 한다. 센서 DB의 실시간 모니터링 및 분석 기술, 위험관리 수준을 이용한 과학적인 저수지 예·경보 기술, DB 분석을 통한 저수지 위험도 평가기술, 영상정보 처리를 통한 위험예측/평가 기술 개발 등을 고려해야 한

다. 이러한 기술의 구현은 차세대 IoT 기반, Data Analysis 기술을 적용한 저수지 재난안전관리의 표준 플랫폼이 될 수 있으며 저수지 형식, 노후도, 수문-기상 조건 등을 고려하여 미세측 저수지의 위험관리에도 활용될 수 있을 것이다.

4차 산업혁명은 우리 미래의 많은 부분을 변화시킬 것이다. 미래는 식량, 깨끗한 물과 공기, 그리고 기후변화로 인한 질환 및 재난 등 우리가 겪어보지 못한 많은 것을 요구하는 시대가 될 것이다. 물의 단순한 이용이라는 측면에서 “이수”를 바라보았다면, 폭염, 가뭄, 생태-환경유지, 식량이라는 측면에서 미래를 대비해야 하며, 저수지 붕괴로 인해서 저수지 자체가 재해원인이 될 수 있다는 측면에서 “치수”를 바라보아야 할 것이다. 어쩌면 “이수”와 “치수”는 「저수지 재난 및 안전관리」라는 용어로 하나로 보고 운영되어야 하며, 이를 위해 IoT 기반의 저수지 재난관리 인프라 구축에 더욱 힘을 써야 할 것이다.