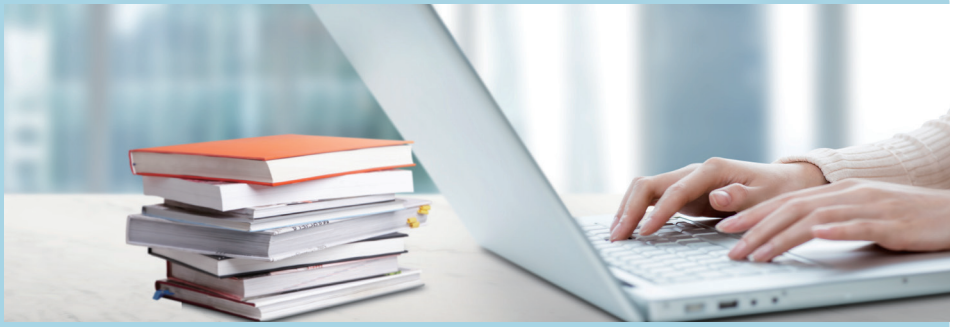
특집

02



물인프라 안전진단 및 유지관리 스마트서비스 플랫폼 구축방안



강 부 식
단국대학교
토목환경공학과 교수
bskang001@gmail.com



이 영 목
K-water 유역관리처
유역관리부장
lym@kwater.or.kr

01 배경 및 목적

수자원시설물뿐아니라 전반적인 기반시설의 노후화는 우리사회가 시급히 해결해야하는 당면한 문제가 되었다. 물인프라 시설물의 유지관리를 통한 안전사고를 예방하기 위해서는, 물인프라 시설물의 노후화를 평가한 후 시설물의 상태를 정확히 계측하고 관리기준(외부변위, 침투수량 등)의 초과여부에 대한 모니터링을 통해 이상여부를 판단하게 된다. 이를 위해서는 외관조사와 함께 댐체 내부 모니터링이 함께 진행되는데, 그 과정에서 시설물 건설시 댐체에 매립되는 다수의 계측기에서 이상계측이 발생하거나, 계기의 고장이나 오작동으로 인하여 계측이 누락되는 등의 현상이 빈번히 발생되고 있다. 이러한 현상이 발생하게 되면 물인프라 시설물에 문제가 발생했음에도 불구하고 각 시설물 안전관리자에 경보를 전파되지 못하거나(missed alarm), 이상 계측으로 인해 경보오류(false alarm)를 발생시켜 안전관리자에게 업무 증가 및 점검/보고 누락을 발생시키는 등 안전관리자의 시스템에 대한 신뢰성을 떨어뜨리고 효율적인 관리를 방해하는 결과를 초래한다. 뿐만 아니라, 댐 안전 위협요소(변형,누수)의 신속탐지를 위한 조기경보는 초기대응에 중요한 요소로 합리적인 계측기별

SPECIAL ISSUE

관리기준과 효율적인 점검 · 조치를 위한 업무매뉴얼 마련 및 경보 시스템 개선이 지속적으로 요구된다.

물인프라 시설물의 점검 및 진단 정보의 취득 및 활용 측면을 살펴보면, 안전진단을 위한 계측자료의 경우 단순 경시변화 제공으로 정보의 직관적 이해가 어렵고, 공학적 의미가 결여되어 정보 해석에 상당한 시간이 소요된다. 댐시설물은 크게 필댐과 큰크리트댐으로 형식이 나뉘게 되는데 형식과 축조재료에 따라 외력에 따른 변형과 열화특성이 매우 다르게 나타나므로 각각의 구분에 따른 반응이력과 상태진단을 위한 한계조건이 센서별로 명확하고 상세하게 마련되어 있어야 한다. 뿐만 아니라 외부 변위계, 침투수량, 수위계, 탁도계 등 기존 계측자료는 점단위의 계측을 실시하고 있기 때문에 계측기 설치 위치를 제외한 공간적인 변형이나 열화 현상을 파악하는 데에 한계가 존재한다. 이러한 점단위의 계측 방식은 계측기기 간의 자료가 연관성이 있음에도 불가하고 다차원적인 해석을 어렵게 하는 요소로 작용할 뿐만 아니라, 구조물 전체에 발생하는 위험요소를 과소산정하게 할 수 있으므로 보다 다차원적 입체적 모니터링을 통한 신속하고 정확한 의사결정체계의 구축이 필요하다.

현재도 관리기관 현업에서는 이러한 물인프라 시설물의 안전/유지관리를 위한 진단 및 점검 시 기존 계측자료의 수집 및 저장, 활용에 한계를 극복하기

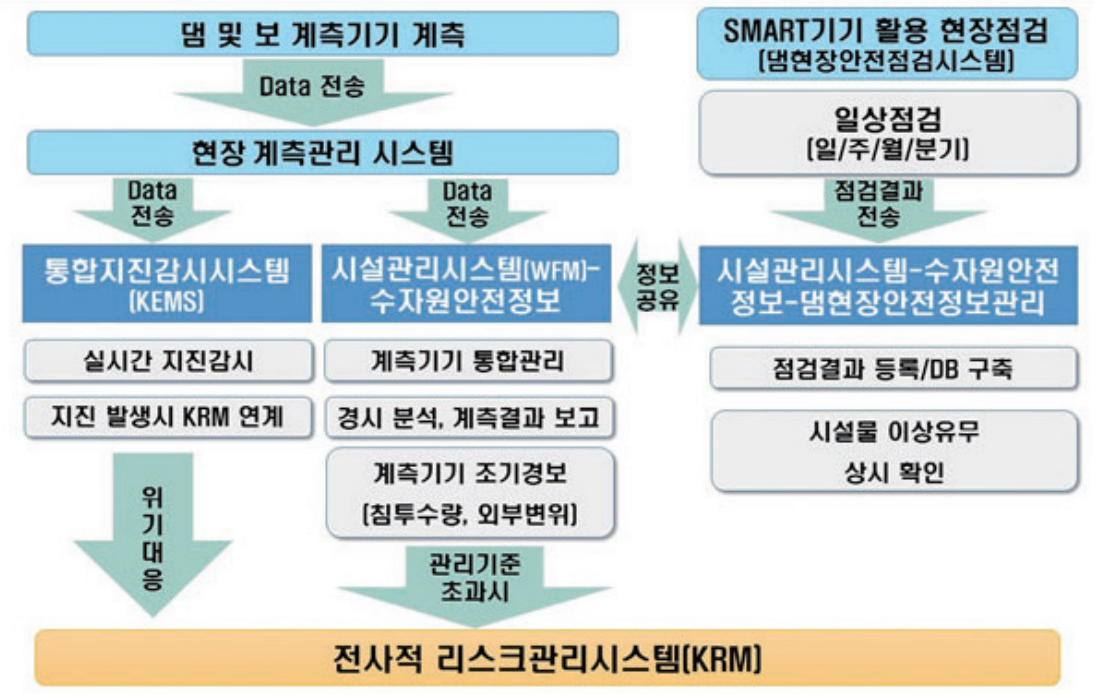


그림 1. 수자원 시설물 계측관리시스템(한국수자원공사, 2019)

위한 노력을 지속하고 있다(〈그림 1〉, 한국수자원공사, 2019). 계측기기를 통해 얻은 정보를 수자원안전정보시스템 및 현장안전점검시스템으로 관리하고 있으며 접근성이 용이한 계측요소는 실시간으로 댐·보의 현황을 확인할 수 있다. 그러나 일부 계측기의 경우 노후화, 통신선로, S/W 문제 등에 따른 결측 및 오류 발생에 따라 정확한 시설물 안전성 분석에 어려움이 따른다.

즉 유선통신방식의 수자원 시설물 유지/안전관리에서 벗어난 새로운 형태의 유지/안전관리 기술 도입을 위해서는 물인프라 시설물에 접근할 수 있는 무인이동체제와 더불어 이러한 무인이동체에 탑재된 계측기기, 계측기기로부터 측정된 정보를 저장 및 관리 할 수 있는 기술에 대한 고도화가 요구되며 현재보다 높은 수준의 기술이 필요한 것으로 판단된다.

SOC시설물의 노후화와 스마트계측 및 분석기술의 활용을 위하여 2020년 1월 1일부로 「지속가능한 기반시설 관리 기본법(약칭: 기반시설관리법)」이 시행되었으며, 동년 4월 27일부로 제1차 기반시설관리 기본계획('20~'25년)이 의결되었다. 기반시설관리법 제정의 의미는 크게 노후 SOC 유지관리를 위한 중장기 종합계획수립 및 유지보수 재원마련, 그리고 노후시설물의 전주기적 관리를 위한 사후 서비스 플랫폼 구축에 있다. 따라서 전주기적 관리를 기술적으로 구현하기 위해서는 이를 실행할 수 있는 점검 항목별 계측센서, 원격이동장비, IoT통신, 빅데이터 수집 및 관리, AI해석, 시설물 3D모델링, 디지털 트위닝 등 스마트 기반기술의 확보가 현 시점에서 매우 긴요한 사안이다. 본 고에서는 물인프라에 대한 스마트기술기반의 안전진단 및 유지관리 서비스 플랫폼 구축을 위한 로드맵(안)을 제시하고자 한다.

02 물인프라의 전주기적 안전진단/유지관리분야의 스마트기술 개념

4차산업혁명은 '초연결성', '초지능성'의 특성을 가지고 있으며 이를 통한 '고도예측'이 가능하여, 모든 것이 상호 연결되고 보다 지능화된 사회로 변화 시킬 것으로 전망된다. 초연결성은 사물인터넷(IoT), 클라우드 등 정보통신기술(ICT)의 급진적 발전과 확산으로 인간과 인간, 인간과 사물, 사물과 사물 간의 연결성을 기하급수적으로 확대시킨다. 예를 들면, 센서, 위성, 드론, CCTV 등을 이용한 수문기상, 수위/유량 등의 하천 수리량 뿐만 아니라, 댐/보, 저수지, 상하수도와 같은 물 인프라와 관련한 정보를 능동적으로 수집하여, 원격지에서 정보를 확인할 수 있는 것이다. IT 및 통신분야 시장분석 보고에 따르면, 2019년 국내 IoT 플랫폼 시장규모는 전년대비 19.5% 증가한 7,540억원에 이르고 있으며, 해당시장은 2023년까지 16.1%의 연평균 성장률을 보이며 1조 3,308억원에 이를 것으로 전망하고 있다.(김경민과

허수진, 2020)

이러한 양상은 IoT와 관련된 각종 인프라와 자산관리, 빅데이터 분석을 통한 고도화 및 분석기능을 물론 머신러닝, 인공지능(AI), 증강현실(AR), 보안 등 다양한 차세대 기술을 플랫폼이 흡수하게 되면서 더욱 확대될 것으로 예상하고 있다.

초지능성은 인공지능과 빅데이터의 연계 및 융합으로 인해 기술 및 산업구조가 초지능화되는 것으로, 빅데이터 및 클라우드 기반의 방대한 양의 자료를 자료분석(인공지능, 딥러닝 등)이 가능한 의사결정체계를 의미하는 것이다. 이미 인간 '이세돌'과 인공지능 컴퓨터 '알파고(Alphago)'와의 바둑 대결과, 2011년 미국 ABC 퀴즈쇼 '제퍼디!(Jeopardy!)'에서 인간과 IBM의 인공지능 컴퓨터 '왓슨(Watson)'의 퀴즈대결을 통해 인간의 지능을 초월할 수 있음이 증명된 바 있으며, 인공지능 시스템 시장은 2015년 2억 달러 수준에서 2024년 111억 달러 수준으로 급성장할 것으로 예측(Tractica, 2015)[1]되고 있으며, 인공지능이 탑재된 스마트 머신의 시장 규모가 2024년 412억 달러 규모로 예측 되는 등(BCG Research, 2014)[2], 향후 4차산업혁명의 초지능성을 활용한 다양한 기술이 도입 될 것으로 사료된다.

4차산업혁명의 고도예측 기술은 '초연결성'과 '초지능성'을 토대로 발생한 분석 결과를, 행동을 결정할 수 있는 주요 지식으로서 활용하여 지식정보기반의 서비스 제공하는 체계를 의미한다. 이러한 기술혁명은 기술 및 산업 간 융합을 통해 산업구조를 변화시키고 새로운 스마트 비즈니스 모델을 창출할 것으로 판단되므로, 선제적인 대응과 인력 및 기술의 투입이 필요할 것으로 사료된다. 따라서 시설물 유지관리에 대한 정부 정책의 방향성과 물인프라 시설물 유지/언전관리 기술의 문제점을 고려하면 4차산업혁명 기술의 도입은 피할 수 없을 것으로 사료된다. 이러한 4차 산업혁명의 '초연결성', '초지능성'의 특성을 바탕으로, 물인프라 시설물의 유지/안전관리를 위한 진단 및 점검에 필요한 방대한 계측자료를 기반으로 현재의 상태와 미래에 발생할 현상을 '고도예측'하여 물인프라 시설물 유관리의 혁신을 이룰 수 있는 기술이 4세대 물인프라 안전진단/유지관리 기술이라 할 수 있다.

CPS(Cyber-Physical System)은 4차산업혁명의 핵심기술이자 4차산업혁명을 포괄하는 개념 중 하나로, 현실정보를 사이버세계 컴퓨팅과

1) Tractica (2015). Artificial intelligence for enterprise applications, https://tractica.omdia.com/wp-content/uploads/2015/04/AIE-15-Brochure.pdf

2) Boston Consulting Group (2014). Rise of the machines: BCG projects $67 billion market for robots by 2025, https://www.bcg.com/d/press/3sep2014-rise-machines-2025-738

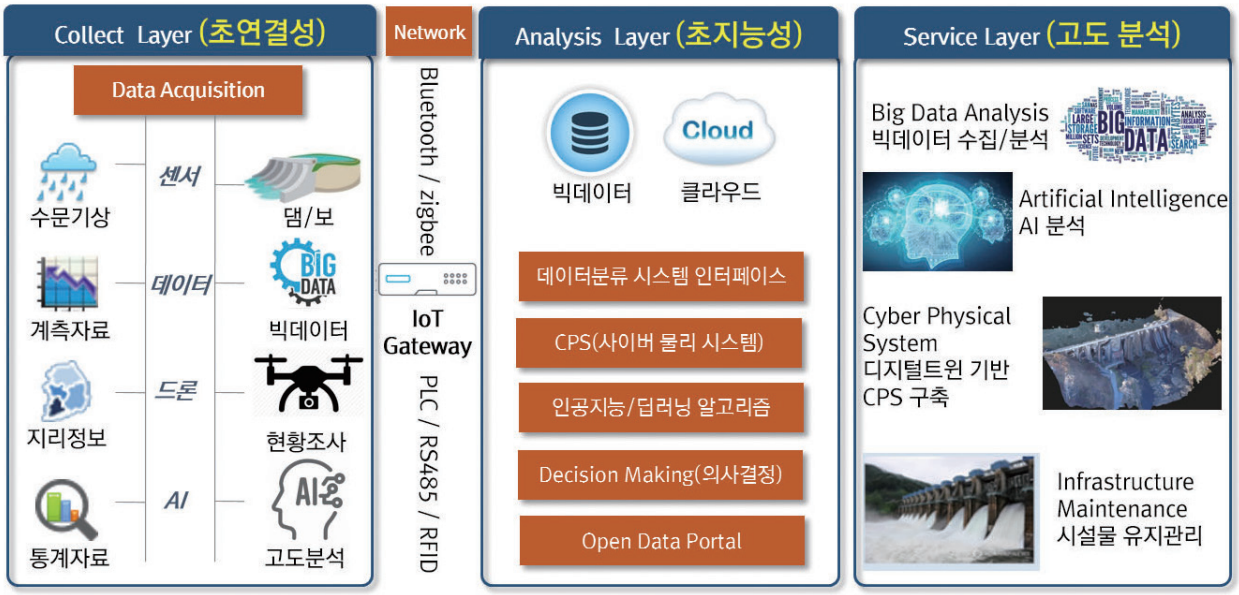


그림 2. 전주기적 물인프라관리에 대한 스마트기술 개념

연계해 효율적이며 스마트한 시스템을 실현함과 동시에 설계 · 개발 등의 데이터를 수집 · 저장 · 분석해 자율적으로 동작하는 지능형 시스템을 구축하거나 기술적으로 가상시스템과 현실시스템을 네트워크로 통합하여 안전하고 신뢰성 있는 분산제어 하는 지능형 시스템을 구축하는 시스템이다(이정아, 2015). CPS의 핵심 기술요소는 현실에서 발생하는 자료를 수집하는 기술과 수집된 자료를 바탕으로 다양한 분석을 통해 정보 제공을 통해 사용자의 의사결정을 지원하거나 능동적인 판단을 내리는 기술과 분석된 정보를 다시 현실시스템으로 피드백(Feedback)하는 기술이다(ETRI, 2016). CPS를 구성하기 위한 주요 4차산업혁명 기술 중 학술적으로 독립적인 분야가 존재하는 자료를 수집하거나 분석하는 기술을 제외하고 현실 및 사이버 공간을 구성하는BIM[1]/GIS, VR[2]/AR[3]/MR[4]을 포함하는 확장현실(Extended Reality), 디지털트윈(Digital Twin) 기술이 대표적인 예라 할 수 있다.

03 중점추진분야 설정

물인프라 유지관리 분야 4차산업 기술도입 로드맵의 분류체계를 구성하기 위해 기존에 제시된 차세대 지능형 댐 안전관리 플랫폼(iDSP)(박동순, 2019)

1) BIM : Building Information Modeling(건설정보시스템)
2) VR : Virtual Reality(가상현실)
3) AR : Augmented Reality(증강현실)
4) MR : Mixed Reality(혼합현실)

등을 참고로 하여 3가지 대안을 검토하였다. 첫 번째는 안전관리 전주기 항목별로 구분하여 진단/유지관리/플랫폼 분야로 구성하는 방안이며, 두 번째는 4차산업혁명 기술분야별로 구분하여 스마트센싱/초연결/초지능/3D-CPS 분야로 구성하는 방안, 세 번째는 유지관리 항목별로 구분하는 방안으로서 필댐과 콘크리트댐(보) 로 구분하고 침투/변위/침하/균열/누수 등 점검항목별 분야로 구분하는 방안을 구상하였다. 이 중 세 번째 유지관리 항목별 구분방안은 항목이 상당히 많고 같은 항목이라도 필댐과 콘크리트댐(보)의 성격이 달라 접근방법이 달라질 수 있기 때문에 케이스별 중점추진분야가 너무 많아질 수 있는점을 고려하여 중점추진분야 분류체계 보다는 세부과제의 항목으로 설정하는 것이 유리하다고 판단하였다. 이에 본 로드맵 수립 에서는 4차산업 혁명 기술 분야로 중점추진분야를 구성하되 플랫폼 분야를 별도로 구성하는 방안을 제시하였으며 스마트센싱/초지능/초융합/통합플랫폼으로 중점추진분야를 설정하였다. 중점 추진분야별 단계는 5개년을 목표기간으로 설정한 후 단·중기 기술개발의 안배를 통해 요소기술의 완성도가 높아 즉시도입이 가능한 단·중기적용기술을 목표기간 안에 도입하고 목표년도

중점추진분야 설정

단계별 목표설정 목표년도 : 2020~2024(5개년)

중점추진분야	단계별 목표		
	단기(S) (상용화된 기술의 현업화)	중기(M) (원천기술개발)	장기 (융합 및 고도화)
1 스마트센싱 기반 물인프라 모니터링 기술 (스마트센서 장비분야)	- 무인이동체*를 활용한 광학영상기반 물인프라 점검기술 도입 * 무인이동체: Drone, Robot, 수중 ROV 등	- 물인프라 안전진단을 위한 진단항목별 센서 및 무인이동체 최적운영기술 개발	- AI기반 물인프라 자율 모니터링 및 진단체계 개발
2 초연결 Big Data 기반 AI 분석기술 (초지능 기술분야)	- 전자/비전자정보(도면, 건설, 물성, 계측) 표준화/DB 구축 - 주요 계측 데이터기반의 경험적 상관모형 개발(침투수량, 수두, 변형 등)	- 초연결 AI/Big data 기반 물인프라 상태평가기술 개발	- 초연결 AI/Big data 기반 물인프라 중장기 거동예측기술 개발
3 초융합 CPS 기반 물인프라 유지관리 통합기술 (초융합 기술분야)	- 물인프라 3차원 맵핑 및 디지털모형 구축기술 도입 - 물인프라 빅데이터 구축을 위한 BIM 프로토콜 개발	- 유지관리분야 개방형 3D DB 구축 및 AR/VR/MR 시각화 정보제공 기술 개발 - 기존 물인프라 구조물의 유지관리 3D BIM & CPS 구축	- 초연결/초지능기반의 물인프라 유지관리 CPS 및 개방형 통합플랫폼 고도화
4 물인프라 안전진단/ 유지관리 통합플랫폼 구축기술 (통합플랫폼 기술분야)	- 구조물 유지관리 통합스마트모니터링 시스템 구축 - 물인프라 시설물 3D 통합 유지/안전 관리 플랫폼 구축	- 재난시 시설물 안전관리 스마트 예경보시스템 구축 - 디지털트윈 기반 물인프라 안전 및 유지관리 스마트 통합플랫폼 구축	- 물인프라 안전/유지관리 AI기반 스마트통합플랫폼 고도화

그림 3. 중점추진분야별 · 단계별 목표

이후에는 원천기술확보를 위한 장기 산학연계기술을 배치하도록 단계별로 목표를 설정하였다 (그림 3).

04 물인프라 안전진단/유지관리 서비스플랫폼 로드맵(안)

(1) <중점분야 #1> 스마트센싱 기반 물인프라 모니터링 기술

중점분야 #1 「스마트센싱 기반 물인프라 모니터링 기술」분야는 4개의 요소기술과 1개의 고도화 기술로 이루어져 있다. 첫번째 요소기술은 「원격센서를 탑재한 무인이동체 기반 물인프라 구조물 모니터링 기술」이다. 이는 시설관리 서비스플랫폼에서 가장 선행되어야 할 기술분야로서 플랫폼의 눈이라고 할 수 있는 분야이다. 간단한 구조에 비해 면적이 매우 큰 댐 시설물 특성상 비용 및 시간 소요가 매우 컸던 외관 안전점검을 위해 드론을 활용한 외관 안전진단이 필요하다. 드론을 활용한 물 인프라 구조물 안전진단이 다양한 방법으로 시도되고 있지만, 물인프라 구조물 안전진단을 위한 항목별 점검 체계가 구축되어 있지 못한 실정이다. 따라서 안전진단 항목별 최적 무인이동체 및 첨단센서 (광학, LiDAR, 열화상, 초분광 등)를 선정하여 항목별 점검 체계 구축이 필요하다. 외관점검을 위한 정밀 데이터 수집을 위해 각 점검 항목 부위별 선정된 첨단 센서의 사용으로 구조물 안전진단에 정확하고 객관적인 모니터링 제공할 수 있게 된다.

두번째 요소기술은 「SAR 시스템을 이용한 댐체 및 주변사면의 지반변형 정밀계측 및 변화추적 기술」이다. 댐체 변위의 안정적이고 고정밀도의 계측을 위한 InSAR (Interferometric Systhetic Aperture Radar; 간섭계방식의 합성개구레이다) 기술이 개발되어 유럽(노르웨이, 스웨덴, 스페인, 이탈리아 등)과 중국 등에서 적용된 후 기술의 효용성이 검증되고 있어, 국내에서도 이를 도입하려는 요구가 높아지고 있다. 특히 인공위성의 단점인 시간해상도와 공간해상도를 보완하기 위해 개발된 Ground based SAR 시스템이, 인공위성 SAR 영상 분석 기술과 더불어 방재분야에서 폭 넓게 활용되고 있다. 위성/항공기 또는 Ground based SAR 자료를 이용하여 자동화된 지반변형 정밀 관측 및 변화 추척 기술을 개발한다. 동시에 지상고정형인 Ground based SAR 자료와 달리 이동성 확보를 위해, 드론을 이용한 InSAR 관측 시스템 및 자료처리/분석 기술을 병행 개발한다.

세번째 요소기술은 「UUV를 활용한 물인프라 수중부 모니터링 기술 개발」이다. 대부분의 물 인프라 구조물의 모니터링은 외관 위주로 실시되고 있는 것에 반해, 물 인프라 구조물의 특성상 수중에 잠긴 영역도 대상이 될 수 밖에 없다. 수중은 육상부와 다르게 물에 의한 광학적, 음향학적 특성이

상이하여 기존의 기술을 접목하기에는 상당한 한계가 있으므로, 기존에 부족한 수중 외관 조사 기술의 개발이 절실한 실정이다. 수중 ROV(Remotely Operated Vehicle)를 이용한 수중구조물 점검이 이루어진다면 정밀 3D스캔 및 디지털 트윈 기술을 이용한 유지관리가 가능해진다. 주기적, 전수 조사가 가능할 뿐만 아니라 디지털화/객관화된 수중 모니터링 정보에 대한 수집도 가능해진다. 또한 모자이킹기술을 바탕으로 수중부 상태에 대한 입체적인 가시화가 가능해진다. ROV 및 AUV(Autonomous Underwater Vehicles)를 활용하게 되면 장대 도수터널에 대한 실시간 모니터링 수행도 가능해진다.

네번째 요소기술은 「능동형 스마트 센싱 기반의 자율 사물 모니터링 및 안전상태 평가기술 개발」이다. IoT기반의 ICT(정보통신)기기를 이용하여 시설물 목적에 적합한 스마트센싱 기술을 개발하고, 물인프라 시설의 위험요인(누수, 집중호우 및 지진 등)에 능동적으로 대처할 수 있는 모니터링 기술을 통해 시설물의 실시간 거동 및 장래 안전예측이 가능한 스마트 시설물 관리기술개발을 목표로 하고 있다. 시설물의 상태에 센싱-통신환경이 따라

중점추진분야 별 핵심요소기술 설정

중점분야 #1 스마트센싱 기반 물인프라 모니터링 기술 (스마트센서 장비분야)

우선순위	요소기술명	도입·개발 기간					
		1차 년도	2차 년도	3차 년도	4차 년도	5차 년도	6차 ~
1	원격 센서를 탑재한 **무인이동체** 기반 물인프라 구조물 모니터링 기술						
2	**SAR 시스템**을 이용한 댐체 및 주변사면의 지반변형 정밀계측 및 변화추적 기술						
3	**UUV**를 활용한 물인프라 수중부 모니터링 기술						
4	**능동형 스마트 센싱** 기반의 자율 사물 모니터링 및 안전상태 평가기술						
5	(고도화) 수중 구조물 점검 및 **보수/보강을 위한 유지관리용 수중 로봇** 기술						

As-Is	To-Be
• (육안조사) 주간,월간,분기 일상점검 및 정기·정밀안전점검 등 현장점검 시 댐마루 중심으로 시설물 점검 • (장기변형) 제한된 변형/변위 센서를 이용한 현장 계측 자료를 통한 점검 • (수중부 조사) 수중조사를 위해 잠수사가 직접 투입되기 때문에 인명사고 위험성이 존재하며, 시간과 비용이 상당히 소모됨 • (계측 분석) 경시변화 등 계측 분석이 시스템에서 직관적으로 이해가 어려움	• (육안조사) 현장점검을 위해 드론을 활용, 신속하게 접근 제약지역을 포함하여 입체적, 포괄적으로 점검을 수행 • (장기변형) SAR 센서를 이용한 댐체 및 주변 사면의상시 변형/변위 모니터링 수행 • (수중부 조사) 주기적, 전수 조사가 가능할 뿐만 아니라 디지털화/객관화된 수중 모니터링 정보를 수집 • (계측 분석) 3차원 디지털 트윈 모델과 계측 data의 직관적 경시변화 분석 결과 제공으로 빠른 의사결정을 지원

그림 4. 요소기술별 개발기간 및 As-Is/To-Be (중점분야 #1)

스스로 판단되는 능동형 사물인터넷 기반의 자율사물 ICT기술을 개발하며, 이와 병행하여 센서 측정결과가 시설물의 안전진단에 즉시 활용되어 시설물의 안전상태 확인이 가능하고, 시설물의 피해발생 이전에 시간을 예측할 수 있는 진단 · 평가기술을 개발한다.

중점분야 #1에 대한 요소기술별 개발기간과 미래상은 〈그림 4〉에 제시되어 있다.

(2) <중점분야 #2> 초연결 Big Data 기반 AI 분석기술

중점분야 #2 「초연결 Big Data 기반 AI 분석기술」분야도 4개의 요소기술과 1개의 고도화 기술로 이루어져 있다. 첫번째 요소기술은 「AI/Big Data 분석기법을 활용한 물 인프라 구조물의 안전관리 및 예측 기술」이다. 물인프라 구조물에 대해 광학센서나 IoT 센서를 통해 수집된 데이터를 AI/Big Data 분석기법을 활용해 수집된 결함정보로부터 시설물의 상태를 평가하는 기술을 확보하는 것이 목적이다. IoT센서와 AI영상분석을 통해 데이터 수집 및 분석을 수행하고 이를 기반으로 공인된 상태평가를 자동으로 하는 기술을 개발한다. AI상관모형을 활용한 물인프라 구조물 상태평가 기술을 확보하고, 비지도 학습을 활용한 물인프라 구조물 손상 인식 및 안전상태 평가 기술을 개발한다.

두번째 요소기술은 「물인프라 구조물의 복합계측 자료를 이용한 노후화 평가」이다. 기존 광학센서와 Lidar, 초분광, 열화상 센서 등을 탑재한 무인기를 이용하여 구조물을 모니터링하고, 빅데이터 및 딥러닝 기술을 활용한 구조물의 노후도 평가 기술을 정립하는 것이 목표이다. 물인프라 구조물과 같은 대형 구조물의 시간이력에 따른 열화 현상을 모니터링하는 기술 개발 및 빅데이터 기반 노후도 평가기술을 개발한다.

세번째 요소기술은 「AI/Big Data 분석기법과 다차원 융합영상을 활용한 구조물 손상탐지 시스템 개발」이다. 드론 영상취득시 결함별 탐지 가능한 센서(광학센서 및 열화상센서 등)를 이용할 수 있는 고해상도 촬영시스템을 개발하는 것이 목표이다. 촬영영상으로부터 균열, 변형 등의 결함을 AI를 활용하여 자동검출하고 검출된 결함의 길이, 면적 등을 자동으로 측정하는 기술을 개발한다.

네번째 요소기술은 「스마트센서 및 다차원 원격영상을 활용한 석괴/필댐의 위험도 평가 모형」이다. 초분광/다분광 카메라, 열화상 카메라 등 다양한 카메라를 이용하여 원격으로 필댐 혹은 석괴댐의 안전성 평가를 목적으로 한다. 초분광 카메라 측정값 기반의 필댐 상태 지수(Index)를 도출하고, 열화상

카메라의 이상대 감지를 위한 최적 촬영 및 분석 기법을 개발한다. 아울러 리모트 센싱을 기반으로 감지해낸 필댐의 이상대의 위치 표기를 위한 3차원 매핑 기술을 개발한다.

중점분야 #2에 대한 요소기술별 개발기간과 미래상은 〈그림 5〉에 제시되어 있다.

(3) <중점분야 #3> 초융합 CPS 기반 물인프라 유지관리 통합기술

중점분야 #3「초융합 CPS 기반 물인프라 유지관리 통합기술」분야는 3개의 요소기술과 2개의 고도화기술로 이루어져 있다. 첫번째 요소기술은「대형 구조물의 디지털트윈 구축을 위한 3D모델링 기술」이다. 균열, 침하, 변형 등의 정보를 획득할 수 있는 고해상도 사진기반 3D 모델링을 구축하고, 이를 활용하여 대형 구조물의 3D 모델링 및 디지털 아카이브를 구축하는 것이 목표이다. 생성된 3D 모델을 유지 및 안전관리에 즉각적으로 활용될 수 있도록 디지털 트윈에서 관련 기능과 정보를 표출/조회/확인하는 유기적 연동을

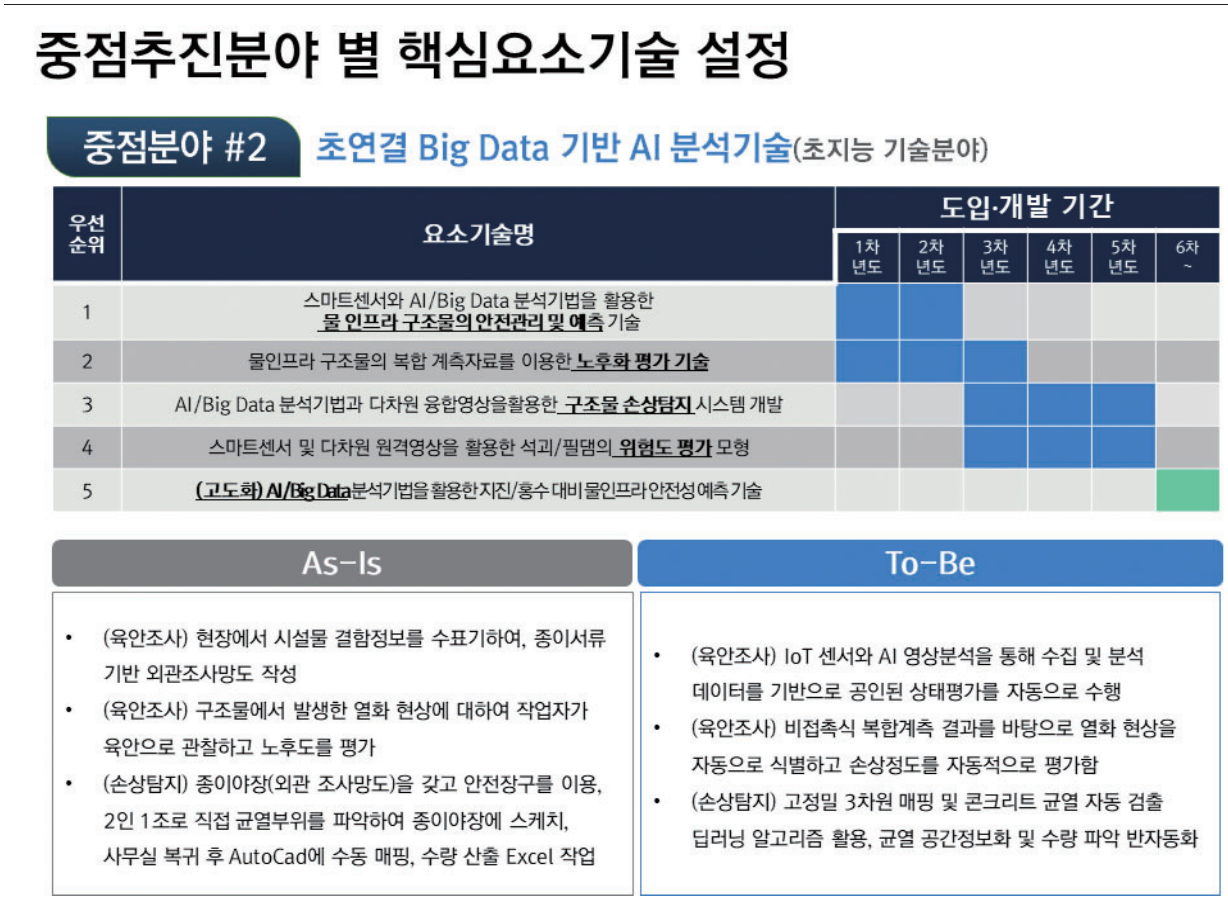


그림 5. 요소기술별 개발기간 및 As-Is/To-Be (중점분야 #2)

구현하고, 아카이브된 3D 모델링 자료를 관리시스템에서 유연하게 작동되도록 안정된 시스템을 구축하는 기술을 개발한다.

두번째 요소기술은 「비전자 정보를 활용한 디지털트윈 기반의 표준 라이브러리 개발」이다. 물인프라 시설물 Digital Twin 정보 표준화를 위하여 시설물 분야별 BIM 표준안을 마련하여 3차원 표준객체 라이브러리를 개발하고 IFC(Industry Foundation Classes) 기반 표준데이터 포멧으로 변환 기술을 개발하고자 하는 것이 목표이다. 물인프라 구조물의 BIM 표준안을 통하여 주요 구조물 외에 지형 모델링, 각종 부대공까지도 CPS를 활용한 디지털 트윈기반의 유지관리 시스템을 구현하게 된다.

세번째 요소기술은 「물인프라 구조물 3D 모델링 기반 디지털트윈 구축기술」이다. 이는 물인프라 구조물의 메타(형상)정보를 관리하고 이를 가시화하여 디지털트윈 기술에 적용하는 것이 목표이다. 생성된 3D 모델요소의 이상 유무 및 사용상 문제점 등을 검증하는 시스템과 디지털 보고(reporting) 체계 수립하고, 정기/정밀 검사에서 기록된 3D 모델링 자료를 효과적으로

중점추진분야 별 핵심요소기술 설정

중점분야 #3 초융합 CPS 기반 물인프라 유지관리 통합기술(초융합 기술분야)

우선순위	요소기술명	도입·개발 기간					
		1차 년도	2차 년도	3차 년도	4차 년도	5차 년도	6차 ~
1	대형 구조물의 디지털트윈 구축을 위한 **3D 모델링** 기술						
2	비전자 정보를 활용한 디지털트윈 기반의 **표준 라이브러리** 개발						
3	물 인프라 구조물 3D 모델링 기반 **디지털트윈구축** 기술						
4	(고도화) 유지관리 분야 3D DB 기반의 개방형 웹서비스를 활용한 **AR/VR/MR** 시각화 기술						
5	**(고도화) 물리적수치모델 연계 CPS** 구축						

As-Is	To-Be
• (댐 시설) 댐 시설 파악을 위해 2차원 도면과 보고서 등을 장시간 학습 • (토목 도면) 도면 정보 파악을 위해 2차원 청사진 종이도면집을 찾아 업무에 활용 • (댐 선형조사) 현재 축조된 댐의 사면 굴곡도, 물갓선 등을 조사하기 위해 종이도면과 실제 측량을 통한 비교	• (댐 시설) 전반적 댐 시설 파악을 위해 디지털 트윈기반 3차원 모델 활용 • (토목 도면) 기술로드맵에 구현된 3차원 공간정보 디지털 도면을 검색하여 업무에 활용 • (댐 선형조사) 디지털 트윈 모델에서 3차원 도면과 현장조사 기반 디지털 모델을 비교하여 선형 분석

그림 6. 요소기술별 개발기간 및 As-Is/To-Be (중점분야 #3)

클라우드 DB 구축하여 긴급 상황시 즉시 활용할 수 있도록 개발한다.

중점분야 #3에 대한 요소기술별 개발기간과 미래상은 〈그림 6〉에 제시되어 있다.

(4) <중점분야 #4> 물인프라 유지/안전관리 통합플랫폼 구축 기술

중점분야 #4 「물인프라 유지/안전관리 통합플랫폼 구축 기술」분야는 2개의 요소기술로 이루어져 있다. 첫번째 요소기술은 「디지털트윈 기반 물인프라 안전 및 유지관리 스마트 통합플랫폼 구축」이다. 이는 효과적인 물인프라 구조물 안전 및 유지관리와 Big Data 및 AI를 활용한 재난재해의 구조물 안전예측 및 예 · 경보 발령 기술 확보하고 디지털 트윈 기반의 통합 플랫폼을 구축하는 것이 목표이다. 단순히 물체의 외관에 대한 디지털 복제 뿐 아니라 IoT, AI와 결합하여 센서들로 수집된 정보를 바탕으로 4D를 구성하며 데이터를 분석하고 인사이트를 제공하는 기술을 개발한다. 물인프라 구조물 가시화를 위한 3D 기반 통합플랫폼 구축에는 물인프라 구조물 관리(추가, 삭제, 갱신) 및 스마트

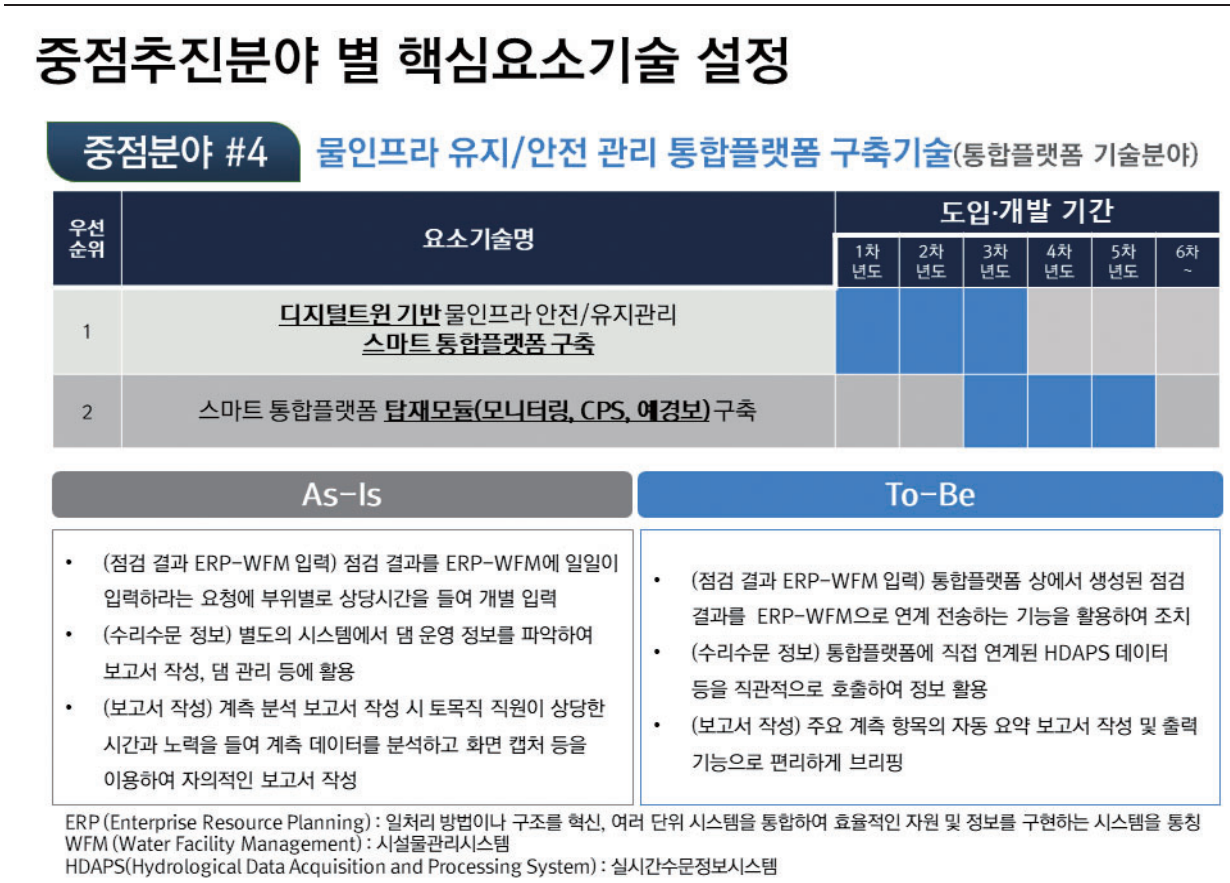


그림 7. 요소기술별 개발기간 및 As-Is/To-Be (중점분야 #4)

센싱 기반 모니터링 기능 개발, 무인이동체 계측 정보 관리 및 가시화 기술 개발, 물인프라 구조물 3차원 렌더링 표준 포맷 개발, 3D 표준 모델(IFC, OBJ, 3DS등)의 3차원 렌더링 포맷 변환 기술 개발, 초대용량/고정밀 물인프라 구조물 초고속 가시화를 위한 경량화 처리 기술 개발, AR/VR/MR 기술을 이용한 구조물 안전정보 가시화 기술 개발 등의 세부요소기술이 포함된다.

두번째 요소기술은 「스마트 통합플랫폼 탑재모듈(모니터링, CPS, 예경보) 구축」이다. 이는 물인프라 구조물의 현황, 보수/보강 등 효율적 유지관리를 중앙에서 모니터링 할 수 있는 통합 모니터링 플랫폼 모듈 개발이 목표이다. 국제 표준화된 시스템과 연동되어야 하며, 3D 뿐만 아니라 시간정보 및 변화정보 등을 기록하는 지속적인 모니터링 기술 발전에 대비한 유연한 플랫폼구축이 필요하다. 정보의 품질은 지속적으로 업데이트이므로 관련정보의 실시간 업데이트가 가능하도록 플랫폼의 자동 업데이트 기능을 함께 구현하게 된다.

중점분야 #4에 대한 요소기술별 개발기간과 미래상은 〈그림 7〉에 제시되어 있다.

05 맺음말

물인프라 안전진단/유지관리 서비스플랫폼구축을 위하여 4개 중점분야에 걸쳐 13개의 요소기술과 4개의 고도화기술이 도출되었다. 제시된 13개의 요소기술들은 이미 타분야에서 혹은 범용적으로 개발이 완료되어 시장에 나와 있는 기술들로서, 원천기술 개발과정 없이 물인프라 안전진단/유지관리 서비스플랫폼구축을 위해 바로 적용할 수 있는 기술들이다. 국내 IT기술, 특히 통신기술은 세계적 수준으로서 이러한 기술들만 잘 활용하더라도 상당한 스펙을 갖춘 시스템 구축이 가능할 것이다. 상대적으로 취약한 부분들이 AI 및 3D모델링 기술이라 할 수 있는데, 최근 전자통신연구원을 비롯한 개발기관에서 완성도 높은 범용의 AI플랫폼이 개발되고 있으므로 이를 활용하면 시제품 제작은 충분히 가능할 것으로 판단하며, 기술개발의 가속화에 맞추어 고도화기술개발을 병행하여, 개발과 현장의견을 반영한 개선이 지속적으로 이루어진다면 국제적으로 내세울 수 있는 안전진단/유지관리 서비스플랫폼 구축이 충분히 가능할 것으로 사료된다.

참고문헌

김경민, 허수진(2020), 국내 IoT 플랫폼 시장전망 보고서, 한국 IDC
박동순 (2019). 차세대 지능형 댐 안전관리 플랫폼(iDSP) 시범 구축 사업
이정아 (2015). 사이버물리시스템(CPS) 기반의 사회시스템 최적화 전략, 한국정보화진흥원.
한국수자원공사 (2019). Kwater 중장기 통합기술전략.
ETRI (2016). 2016 Technology report.