

스마트 하천관리를 위한 요소기술의 현황과 특성 분석

엄태수¹ · 신은택¹ · 송창근^{2*}

¹인천대학교 안전공학과 박사과정, ²인천대학교 안전공학과 부교수

Analysis of Present Status and Characteristics of Elementary Technologies for Smart River Management

Tae Soo Eum¹, Eun Taek Shin¹, and Chang Geun Song^{2*}

¹Ph.D. Student, Dept. of Safety Engineering, Incheon Nat'l University

²Associate Professor, Dept. of Safety Engineering, Incheon Nat'l University

요약

4차 산업혁명에 따라 수자원 관리분야에서도 수문관측 및 해석 등에 4차 산업혁명 핵심 기술을 도입하고 고도화하는데 많은 노력을 기울이고 있으나 하천관리 및 운영 분야는 상대적으로 기술 열세를 보이고 있는 실정이다. 하천에서 발생하는 현상해석과 운영을 위해 다양한 스마트 기술이 개발되고 있지만 이를 실무에 효과적으로 적용하기 위한 기술 개발이 필요하다. 따라서 본 연구에서는 SOC 분야의 스마트 기술 현장화 수준과 하천관리를 위한 요소기술의 현황과 특성을 분석하여 스마트하천관리를 위한 핵심기술을 도출하고 미래기술의 추진 방향을 제시하였다.

핵심용어: 4차 산업혁명, 스마트 기술, 하천관리, 요소 기술, 핵심 기술

ABSTRACT

In accordance with the 4th Industrial Revolution, the water resource management field is also making efforts to introduce and advance the 4th industrial revolution core technologies to hydrological observation and interpretation sectors, but the river management and operation fields are relatively inferior in technology. Although various smart technologies are being developed for the analysis and operation of phenomena occurring in rivers, it is necessary to develop technologies to effectively apply them in practice. Therefore, in this study, core technologies for smart river management were derived by analyzing the level of on-site smart technology in the SOC field and the current status and characteristics of element technologies for river management, and future technologies were suggested.

Keywords: 4th industrial revolution, Smart technology, River management, Elementary technology, Core technology

1. 서론

현대사회는 4차 산업혁명으로 인하여 사회 전반에 많은 변화가 이루어지고 있으며 4차 산업혁명 핵심기술을 활용한 기술 개발과 적용이 활발하게 이루어지고 있다. 한국의 국가 인프라 투자정책도 국토의 물리적 인프라 조성에서 운영 관리 차원의

*Corresponding author: Chang Geun Song, baybreeze119@inu.ac.kr ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-3501-4405>

Received: 28 February 2022, Revised: 4 March 2022, Accepted: 21 March 2022



스마트 인프라 조성으로 변화하고 있으며(Choi et al., 2019) 노후화 된 국가 인프라 시설의 경우 IoT(사물인터넷, Internet of Things), BIM(빌딩정보모델링, Building Information Modeling), AI(인공지능, Artificial Intelligence) 등 스마트 기술 적용을 통해 데이터 기반 유지관리와 더불어 지능화된 인프라를 구축하고 있다. 현재 국가 인프라는 센싱 데이터를 통해 이상징후를 감지한 후, 사람이 직접 개입하여 문제를 해결하는 수동적 단계에 머무르고 있지만, 최근 빠르게 발달하고 있는 IoT기반의 센서 간 연결 및 AI를 통한 자율적 판단을 통해 미래에는 사람이 직접 개입하지 않아도 해결이 가능한 능동적 단계를 달성할 수 있을 것이라 판단된다. 하천 분야의 경우 하천관리시스템에 ICT(정보통신기술, Information & Communications Technology)기술을 접목한 스마트 하천관리시스템을 구축하고 있으나 하천의 설계, 시공, 유지보수 단계별 4차 산업혁명 핵심기술을 적용하여 상용화 단계에 이르기까지의 구체적인 계획이 아직 부족한 실정이다. 기존의 하천관리는 수위관측선과 하도계획을 중심으로 이루어졌으나 하천드론 등 원격관리시스템에 기반을 둔 하천 통로에 대한 3차원 관리로의 패러다임 전환이 필요하다(MOLIT, 2018). 현행 하천조사 시스템으로는 하천관리에 필요한 데이터를 현황 변화에 맞추어 신속하게 취득하기가 어렵기 때문에 하천관리 고도화를 위해 필요한 자료를 적기에 신속하고 효율적으로 구축할 수 있는 기술 개발이 필요하다. 하천관리와 관련된 스마트 센서, 하천드론, BIM 기술, 딥러닝, Digital Twin을 적용하여 많은 연구를 수행 중에 있으나 기술선진국과 비교했을 때 기술격차가 있어 집중적인 지원이 필요하다. KISTEP(2020)에서 발표한 2020년 기술수준평가에 따르면 스마트 하천관리와 관련된 중점과학기술별 기술 선진국과의 기술 수준 격차는 Table 1과 같이 2년~5년으로 나타났다.

Table 1. Domestic Technology Level by Key Science and Technology

Major category	Key science and technology	Technical level (%)		Technology gap (year)		Trend of R&D activities	Basic research capabilities	Application development research capabilities
		2018	2020	2018	2020			
Construction · transportation	Sustainable infrastructure construction technology	80.0	85.0	5.0	3.8	Increase	Excellent	Excellent
	Big data-based national infrastructure preventive maintenance technology	77.0	80.0	4.0	3.5	Increase	Normal	Excellent
Disaster safety	Disaster information and communication system technology	80.0	80.0	2.0	2.0	Increase	Normal	Normal
Environment · Weather	Natural disaster monitoring and forecasting technology	70.0	75.0	5.0	5.0	Increase	Normal	Excellent
	Smart water circulation and water resource security management technology	80.0	85.0	5.0	4.0	Increase	Excellent	Excellent
	Integrated water environment monitoring management technology	77.5	80.0	5.0	5.0	Increase	Excellent	Excellent
ICT · SW	Intelligent big data analysis and utilization technology	70.0	79.0	2.3	2.0	Increase	Normal	Excellent
	High-speed and high-capacity data platform technology	50.0	59.0	4.0	3.5	Increase	Normal	Normal
	Hyperconnected IoT technology	82.0	88.0	1.8	1.3	Increase	Normal	Excellent

하천관리에 있어 스마트 계측분야에서 활용되는 스마트센서의 경우 UAV(무인비행체, Unmanned Aerial Vehicle)와 결합했을 때 고해상도의 지형자료를 생성하고 이를 통한 3차원 지형정보의 획득과 더불어 하천 유지관리 및 보수 측면에서도 활용 가능성이 매우 높다. 국외의 경우 스마트 센서와 UAV를 이용한 하천측량 및 하천드론과 소형 계측 센서를 개발하여 하

천조사를 위해 시범 적용 중이나 우리나라의 경우 연구 시작 단계로 기술 개발의 추진 방향과 목표를 설정할 필요가 있다. 따라서 본 연구에서는 스마트 하천관리를 위한 요소기술의 현황과 특성을 분석하여 핵심기술을 도출하고 스마트 기술에 대한 현재의 여건과 핵심기술을 바탕으로 스마트 하천관리를 위한 시사점과 미래 기술의 추진 방향을 도출하고자 하였다.

2. SOC 분야 스마트기술 현장화 수준 분석

2.1 SOC 분야 현황분석

지구온난화에 따른 태풍, 폭염, 집중호우, 한파 등 이상기후로 재난상황의 신속한 파악과 대응, 피해 복구 의사결정지원체계 구축이 요구되고 있다. 2017년 한국정보화진흥원은 국가 인프라 지능화 추진전략을 통해 4차 산업혁명으로 인한 SOC(사회간접자본, Social Overhead Capital) 시설물별 추진과제를 제안하였다. 경제활동과 일상생활에 필수적인 사회기반시설에 지능정보 기술을 접목하여 국가 인프라를 지능화하는 목표를 설정하였으며 모니터링, 제어, 최적화 및 자율화의 단계를 거쳐 목표를 달성하도록 전략을 수립하였다. 현재의 인프라는 시설 확충과 사후 예산 투입 방식으로 운영되어 파급효과가 단기간 지속되고 그 범위도 제한적이라는 한계가 있다. 또한 주요 인프라가 1960년에서 1970년도에 집중적으로 구축되어 노후화가 급속하게 진행되고 있으며 혁신성장과 사회 현안 해결을 위한 지능화 수준은 미흡한 상태이다. 따라서 지능정보기술을 활용하여 막대한 비용이 드는 물리적 인프라의 확충과 재투자 방식에서 지능정보 소프트웨어를 통해 저비용 고효율의 관리체제로 전환을 유도하고 사전 예측 및 예방정비를 가능하게 하여 인프라의 수명을 연장하고 사고를 미연에 방지하고자 한다.

2.2 SOC 분야의 스마트 기술 현장 적용 및 활용도 조사

2.2.1 도로 분야 스마트 기술 현장 적용

도로 부문 건설비용은 감소 추세에 있으나 유지보수 비용은 지속적으로 증가하고 있으며 도로관리에 충분한 재정적 투자가 어려운 상황 속에 과학적인 의사결정체계 도입방안에 대한 필요성이 증대되고 있다. 4차 산업혁명 기술 도입을 통해 도로 관리 선진기술 격차를 해소하고 스마트 도로관리체계를 구성하여 ICBMS 기반 도로유지관리시스템을 개발하고자 한다(KICT, 2018). ICBMS는 4차 산업혁명을 대표하는 IoT, Cloud(클라우드), Big Data(빅데이터), Mobile(모바일), Security(보안)을 포함하는 용어이다. 또한 스마트센서, IoT 및 Cloud 기반 도로정보를 수집 및 공유 체계 구축기술을 개발하고 GPS를 이용한 도로 및 교통 정보 수집 기술 개발과 더불어 레이저, LiDAR(레이저 다이오드, Light Detection And Ranging), 지자기 센서 등의 스마트 센서를 이용한 도로 및 교통 정보 수집 기술을 개발하고있다.

2.2.2 교통 분야 스마트 기술 현장 적용

교통분야의 경우 클라우드 플랫폼에 기반한 교통 안전 정보 제공 기술, 클라우드형 도로교통 제어 시스템, 교통데이터 수집 클라우드 시스템 등 클라우드를 이용한 도로 및 교통 정보 공유 기술 개발을 비롯하여 LiDAR, IoT 및 AI 사물인식 기반 포트홀, 노면표시, 교통표지, 교통량 조사 기술을 개발하고 있다. 교통 분야유지관리 기술의 경우 과거 적외선 송수신 장치를 이용한 노면상태 조사 기술과 더불어 카메라와 적외선 빔을 이용한 노면표시조사 기술을 개발 중이며 LiDAR 센서를 이용해 도로의 강수를 조사하거나 노면의 구멍과 같은 오목한 부분을 검출하는 등 노면상태 조사 기술관련 연구가 진행 중이다.

2.2.3 건설 분야 스마트 기술 현장 적용

국토교통부는 2018년에 스마트 건설기술 로드맵을 수립하고 이에 따라 스마트 턴키사업, 스마트건설 지원센터 운영 등을 추진 중에 있다. 스마트 건설기술 개발사업에 따라 토공 장비 자동화와 다수 장비 간 협업 시공을 위한 실시간 통합관제, BIM

기반 모듈러 시공, 로봇을 활용한 무인 원격 시공, 스마트 안전관리 및 Digital Twin 기반 가상시공 시뮬레이션 등 건설공정 전반을 획기적으로 혁신할 수 있는 주요 핵심기술들이 연구과제로 포함되어있다.

2.2.4 철도 분야 스마트 기술 현장 적용

국토교통부는 사물인터넷을 통해 열차 상태를 실시간으로 점검하여 열차 고장을 사전에 방지하고, UAV를 활용하여 교량, 송전철탑 등 위험 구간의 시설을 관리하는 등 철도 분야의 안전관리를 첨단화·과학화하는 목표를 수립하였다. 첨단기술을 활용하여 안전관리 방법을 향상시키기 위해 2018년에 스마트 철도안전관리체계 기본계획을 수립하였으며 차량관리, 시설관리, 인적관리, 위험관리 분야에서 사물인터넷(IoT) 센서, 3D 프린팅, 로봇 제어설비, 센싱, AI 기술, UAV와 가상현실(Virtual Reality, VR)과 증강현실(Augmented Reality, AR)등을 활용하여 스마트 기술을 현장에 적용하는 목표를 수립하였다. 특히 인적관리와 위험관리 분야의 경우 AI 센서를 통해 운전자의 졸음·피로 등을 인지하여 위험을 실시간으로 확인·경고하고, 가상현실(VR)과 증강현실(AR)을 활용한 비상대응 훈련을 실시하며 사고 사례, 유지관리 정보 등에 대한 빅데이터 분석을 통해 사고위험을 예측하고, 사고 예방을 위한 최적 솔루션을 제공하는 등 안전 관련 최적의 의사결정을 할 수 있도록 지원하여 철도종사자들의 재난대응 역량을 강화하고자 하였다.

2.2.5 하천관리 분야 스마트 기술 현장 적용

앞서 기술한 각 분야의 스마트 기술 현장 적용을 통하여 각 분야에서 사용되고 있는 스마트 기술과 적용 수준을 확인하였다. 각 분야에서 공통점으로 나타난 스마트 기술의 적용 방향은 IoT기술을 이용한 실시간 데이터 수집과 AI기술을 이용한 의사결정 지원 그리고 VR, AR과 같이 현실 세계의 변화 양상을 전산화하여 가상세계에 투사하는 시각화로 나타났다. 하천관리 분야 스마트 기술 현장 적용 또한 마찬가지로 이와 같은 방향성을 가지고 스마트 기술 현장 적용을 추진하고 있지만 정적 구조물 중심의 타 분야에 비하여 지속적으로 변화하는 하천 특성에 따른 유지관리의 어려움으로 현장 적용에 많은 어려움이 있는 실정이다. 따라서 지속적으로 변화하는 하천 정보를 정확하고 신속하게 전달하기 위한 스마트 기술 적용 기초 연구가 정부부처 주도하에 적용되고 있으며, 현재 진행되고 있는 하천관리 분야 스마트 기술 적용 연구는 다음과 같다. 국토교통부는 국가하천에 있는 수문 등 배수시설과 하천 수위를 실시간으로 모니터링하고 이를 원격 조작할 수 있도록 IoT기술을 적용한 스마트 하천관리시스템 선도사업을 추진 중에 있으며 물관리 일원화 정책에 따라 국토부와 환경부는 하천측량에 UAV를 활용하여 하천기본계획을 수립하거나 수질 모니터링, 수해 지역 촬영, 시설물 안전관리에도 UAV를 적극 활용하고 있다. 제주도의 경우 Digital Twin 방식으로 하천 플랫폼 구축 사업을 수행중에 있으며 수십까지 측정할 수 있는 항공수심레이저측량장비(Airborne Laser Bathymetry, ALB)를 적용해 고정밀 데이터를 취득하고 하천의 실제 모습을 디지털 환경에 맞게 3차원 모델로 구현하고 있다. 이를 바탕으로 고정밀 3차원 공간정보모델링 및 하천관리지리정보시스템과 연계하여 지자체 하천관리시스템에 적용할 예정이다.

3. 하천관리분야 요소기술 분석

4차 산업혁명 이후 정부는 『4차산업혁명 대응 계획』 및 4차 산업혁명위원회 수립 등을 통해 산업기반과 국가 인프라 시설 전 영역의 혁신과 성장을 위한 대응책 제시하였으며 특히 스마트 센서, BIM, UAV, 빅데이터 등 4차 산업혁명 견인기술의 기술력 향상으로 인해 건축, 도로, 교통, 도시, 시설물 분야의 성장이 기대되고 있다. 정부의 『4차 산업혁명 대응 계획』에 따른 국토교통분야에서 활용 가능한 4차 산업혁명 핵심기술은 Fig. 1과 같으며 그 중 하천관리 단계에 활용 가능한 스마트 기술의 핵심기술과 요소기술은 Table 2와 같다.

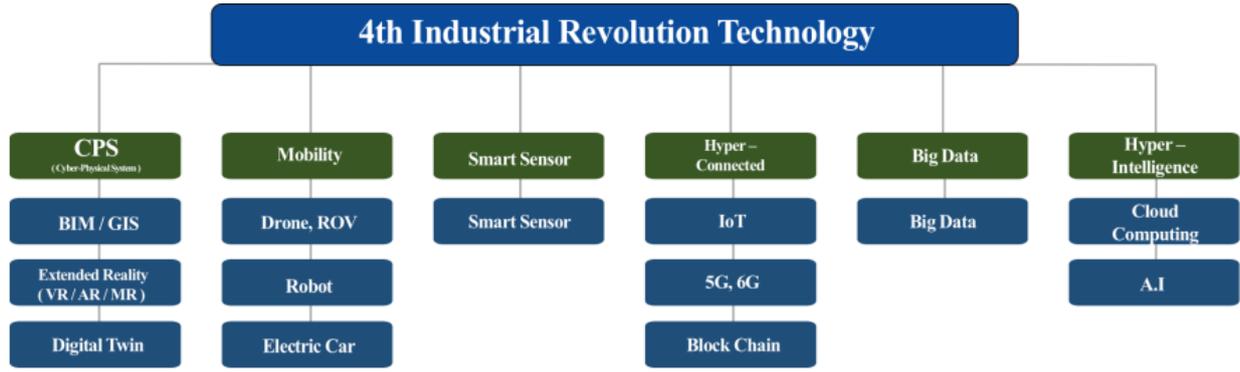


Fig. 1. Core technologies of the 4th industrial revolution that can be used in the field of land, infrastructure and transport

Table 2. Core and elementary technologies that can be used in the field of river management

Core technology	Elementary technology	Feature
Smart measurement	Smart sensors	Development of smart sensor and application to river monitoring
	UAV	Development of UAV for river survey
	Intelligent CCTV	Technology that can be monitored by measuring the water level and velocity based on image analysis technology.
Data collection and management.	Integrated data hub	Technology for storing and managing images and data related to river management.
	Service	Technology that allows managers and researchers to access river management data.
Big data analysis	BIM & Digital twin	Technology for the design, construction and maintenance of river facilities based on 3D spatial information
	Big data analysis technology	Model analysis technology for planning and design of river management
Smart decision making system	IoT-based remote management	Technology that can remotely operate river facilities based on monitoring information using IoT technology.
	River management platform	Development technology of river management platform including information service for remote monitoring and river management based on smart sensor
	Smart process management	Field monitoring-based process management technology that actively utilizes UAV, IoT, and BIM
	Smart river management service	A technology for river management service that can support decision making for river management

3.1 스마트계측

하천관리분야에서 사용되고 있는 스마트계측 기술은 하천수나 수리 시설물 등과 관련하여 각종 계측, 점검, 진단, 관리, 평가 등에 필요한 하천 물리량을 ICT 기술을 활용하여 계측하거나 UAV를 이용하여 하천측량 및 환경조사에 활용되고 있다. 현재 하천 식생의 경우 홍수위 등 치수 안정성과 하천환경에 미치는 영향이 크지만 상당한 비용과 시간이 소요되어 일부 지역을 대상으로 현장 조사가 수행되고 있다. 하천구조물에 대한 모니터링은 홍수기 전후 일부 주요 구조물에 대해서 육안 조사를 실시하여 제한적인 부분이 있으며 유량계측 및 하상재료에 대한 부분도 비용과 인력, 시간의 문제로 원활히 진행되지 못하고 있다. 따라서 ICT 기술 및 UAV, 인공위성, 영상자료 기반, 하천 계측 및 모니터링 기술이 개발되고 있으며 LiDAR와 ALB 같은 비접촉 투과형 센싱 기술이 각광받고 있다. 위성/항공 플랫폼을 기반으로 한 수위 추정에는 LiDAR/광학/초분광/SAR(합성개구레이더, Synthetic Aperture Radar) 센서를 활용하였으며 유속 추정에는 SAR 센서를, 수질 연구

에는 초분광/다분광 센서가 활용되고 있다. 즉각적인 재난 대응이 어려운 인공위성 SAR 영상을 대체할 수 있는 항공기 SAR 영상에 관한 연구(Song et al., 2021)가 수행되었으며 위성 기반의 멀티센서를 이용한 홍수 위험성 분석 연구(Jang et al., 2020)가 진행되었다. 수질 연구 분야에서는 수질 매개변수 추정에 항공 초분광 영상의 가용성 고찰 연구(Kim et al., 2014) 사례 등을 통해 스마트계측기술을 적용한 바 있다. Table 3는 스마트 계측기술별 측정할 수 있는 물리량을 나타냈으며 Table 4는 센서에 따른 계측 대상과 특징을 나타냈다.

Table 3. Smart measurement technology for acquiring physical properties

Measurement Technology	Depth	Velocity	Bed Material	Bed Change	Vegetation	Greenhealth Monitoring	Low Flow Channel	Water Quality
Drone				○	○	○	○	
LiDAR	○	○	○	○	○	○	○	○
Hyperspectral	○	○	○	○	○		○	○
Aviation	○	○		○	○		○	○

Table 4. Measurement object and characteristics by sensor type

Sensor Type	Measurement Object	Feature
Optical Fiber Sensor	Facility Strain and Strain Measurement	Building an Integrated Network with Neighboring Structures by Utilizing Optical Communication Infrastructure
Determination of Waterlevel-Velocity-Discharge	Determination of Water level-Velocity-Discharge	Low-Cost Sensors are Actively Transforming Domestic Technology
Multi Parameter Sensor	pH, ORP, DO, Electrical Conductivity, Temperature, Turbidity, etc.	Enhanced Portability, Digital Measurement
UAV Based Low Altitude Multi Sensor	Real-Time Aerial Monitoring	Digital Camera, Laser Scanner, GPS, IMU, etc., Generate Spatial Information
Buried and Attached Sensors	Scour Inspection, Local Damage Detection	Maintenance of Facilities Through Structural Diagnosis
SAR	Determination of Discharge, Velocity, Water Level	Extraction of river flooding areas and flood-damaged areas, river embankment monitoring, bad weather, and day and night are not affected

3.2 빅데이터 분석

제공된 데이터를 가공하여 최종 의사결정을 지원하기 위한 정보를 생성하는 빅데이터 분석의 경우 이벤트 분석을 포함하여 현재까지 수집·분석된 데이터를 바탕으로 미래 거동을 예측하는 기술, 빅데이터 내 상호 연관성을 한눈에 보여줄 수 있는 가시화 기술 및 매핑 기술로 세분화된다. BIM 기술과 연계한 생애주기 기반의 성능평가로 구조물 손상 및 성능저하에 관한 분석을 진행하는 생애주기 분석과 수리·수문 분석을 위해 다양한 모델 및 프로그램을 사용하는 하천 분야 특성상 스마트 계측을 통해 수집한 자료를 수리·수문 모델과 연계하기 위한 기술 개발이 이루어지고 있다. 딥러닝 오픈 라이브러리를 이용한 하천수위 예측 연구(Jung et al., 2018) 및 빅데이터 분석기법을 이용한 풍수해 복원탄력성 지표 개발과 같은 연구(Kim et al., 2018)가 수행된 바 있다.

3.3 정보 수집 및 관리

정보 수집 및 관리 분야는 스마트 계측 기술을 통해 수집한 자료를 저장·관리하는 기술을 의미한다. CCTV를 비롯한 영상 관측 기반 자료는 큰 저장공간이 필요하며, 수치형 자료로 변환하거나 특정 상황에 대한 이벤트를 추출할 수 있다. CCTV 기반의 상황관리 체계에 도움이 될 수 있는 기술(Choi et al., 2021)과 영상 자료를 분석하기 위한 딥러닝 기술이 개발 중이며 스마트 계측을 기반으로 하천 시설물에 대한 원격 모니터링 체계를 구성하기 위한 연구의 필요성이 제기되면서 모니터링을 통해 획득한 자료를 분석하기 위한 모니터링 플랫폼에 관한 연구(Shin et al., 2021)가 수행되고 있다. 이를 통해 하천기본계획 기반의 하천정보 DB와 하천시설물 등의 정보가 하천드론 운영 플랫폼에 탑재될 예정이다.

3.4 의사결정지원시스템

스마트 의사결정 지원시스템 분야는 빅데이터 분석을 통해 얻어진 정보를 바탕으로 의사결정을 지원하고 신속하게 상황에 맞는 대응을 하며 시설물 유지관리를 위한 계획·설계 단계에 필요한 기술 분야를 의미한다. 도시하천의 홍수 예·경보를 위한 의사결정지원시스템 개발(Yi, 2008) 및 BIM 기술과 연계한 생애주기 기반 구조물 유지관리 대책 수립을 위한 의사결정에 대한 연구가 진행된 바 있다. 사용자의 의사결정 이후 적절한 대응 방안을 수행하기 위한 원격조작과 관련된 연구, 하천 시설물 설치 및 유지보수를 위한 설계 플랫폼에 대한 연구, 하천 관리자 및 관련 연구종사자가 하천분야 통합 데이터허브에 접근하기 위한 서비스 관련 연구가 요소기술에 해당한다.

4. 하천관리 패러다임 변화에 따른 미래 하천관리 정책 추진 방향

4.1 하천관리 정책 동향

현재의 하천관리 관련 법령 체계는 2017년 1월 국토교통부를 중심으로 「하천법」의 개정과 「수자원법」의 개정을 통해 『하천유역수자원관리계획』 및 『지역수자원관리계획』과 『특정하천유역치수계획』을 제도화 하였으며 2018년 6월에 제정된 「물관리기본법」에 따라 『국가물관리기본계획』과 『유역물관리종합계획』이 신설되었다. 하천유지관리체계의 경우 「기반시설관리법」에 근거하여 하천 시설물 관리의 구체적인 계획이 수립되었으며 유지관리 기준 설정, 인력 운영 개선방안, 시설분류체계 검토, 예산계획 수립 등의 구체적인 계획을 바탕으로 시설물의 가치증가와 수명연장을 위한 생산적 지출로 변화하였다. 하천정책은 전체적으로 보전을 전제로 한 하천의 다목적 이용과 과학적 하천관리로 변화 및 발전 해왔으며 기후변화와 물 분쟁에의 대응, 과학적 자료에 기반한 예측과 대응 필요성 등으로 하천관리가 점차 첨단화되는 추세에 있다. 물 관리 정책은 환경과 시대적인 이슈에 따라 적응하고 변화해왔다. Table 5를 통해 확인할 수 있듯이 1970년대에는 급속한 산업화에 따라 수질에 대한 패러다임이 제기되었으며 1980년대에는 지속 가능한 개발이 주안점이 되었다. 계속해서 1990년대에는 기후변화에 따른 물 위기가 패러다임으로 떠올랐으며, 2000년대에는 양질의 물을 안정적으로 공급하고, 물과 관련된 재해에 대응하는 물 안보가 대표적인 이슈로 대두되었다. 현재에 이르러 기후변화 현상이 증가하고 이로 인해 빈번하게 발생하는 수재해 대응을 위해서 선진국에서는 첨단 ICT 기반의 물관리 기술들이 도입되고 있다. 글로벌 물 관리 패러다임은 하천시설물을 비롯한 배수시설, 하수도 등 개별 구조물별로 홍수대책을 수립하는 방식에서 유역의 구조적·비구조적 홍수방어 및 내·외수 연계 홍수방어 개념으로 변화하고 있다. 따라서 글로벌 물 관리 패러다임에 따라 ICT 기술력을 접목한 스마트 하천관리의 필요성이 제기되고 있다. 따라서 글로벌 물 관리 패러다임에 따라 ICT 기술력을 접목한 스마트 하천관리의 필요성이 제기되고 있다.

Table 5. Water management issues and objectives

Classification	1970s	1980s	1990s	2000s
Issue	Water quality	Environment	Water crisis	Water security
Objective	Clean water	Sustainable development	Integrated water management	

4.2 미래 하천관리 정책 추진방향

하천계획, 유지관리, 공간활용, 하천환경 등 하천관리에 있어 관련 세부 분야의 핵심 정책과제를 설정할 필요가 있다. 하천 계획에 있어서는 국가차원의 하천관리의 목표와 방향을 설정하고, 유역에 특화된 관리방침을 구체화하며, 하천의 현장상황에 맞춰 유연하게 대응할 수 있도록 전반적인 하천계획 체계가 재정립 되어야 한다. 하천공간 분야의 경우 도시구간은 지역·도시 활성화 등의 수요에 맞춰 하천공간을 계획·운영하면서 지역활력 증진을 위한 민간투자를 유치하고, 공모사업 발굴, 규제 특례 도입 등의 정부지원이 필요하다. 하천 시설물의 유지·보수분야는 하천의 다양한 기능에 맞춰 유지·보수 개념을 재정립 하고 유지 관리로써의 개념 확대를 통해 생애주기를 고려하여 하천시설의 장수명화 및 안전관리를 강화해야한다. 환경분야는 하천공간 및 주변지역의 난개발과 불법행위를 방지하는데 효과적인 정책수단을 개발하고 무허가 축사, 불법 경작지, 미활용 취수보 등 영향시설에 대한 종합전략이 마련 되어야한다. 성과관리 분야의 경우 기존 하천사업의 투자 효율성을 측정하고 정부재정 지출에 대한 대국민 설득력을 확보할 수 있도록 상시적인 성과 모니터링 기반이 필요하다. 또한 미래 하천관리 정책 수립을 위해 기술과 제도적 보완이 필요한 실정에 따라 현 하천분야의 요소기술의 수요와 공급 현황을 분석하고 타 SOC분야에서 적용되고 있는 스마트 기술의 현장화 수준을 분석하여 하천관리에 적용할 수 있는 스마트 기술을 도출해야 한다.

5. 결론

도로·교통 분야를 비롯한 다양한 SOC 분야에서 스마트 기술을 활발하게 적용하여 지능적이고 혁신적인 패러다임 변화를 맞이하고 있다. 특히 국가 인프라의 경우 경제활동과 일상생활에 필수적인 사회기반 시설로 지능화된 인프라 구축을 통해 혁신성장의 플랫폼으로 활용되고 있다. 현재 다양한 스마트 기술이 개발되고 있으며 사회 전 분야에 적용되고 있으나 하천관리 분야는 수문 관측 및 하천 물리량 해석 등에 4차 산업혁명 핵심기술을 도입하고 고도화하는데 노력을 기울이고 있음에도 불구하고 적용 수준이 상대적으로 열세한 실정이다. 스마트 기술의 구현 수준에 대한 인식 격차와 적용성에 대한 불신이 아직 남아있어 명확한 기술개발의 목표 설정 및 도입시기 등에 대한 세부계획이 부재하다. 따라서 스마트 기술의 도입과 적용성을 검토하고, 통합화 및 현장화하기 위한 방향 정립을 위해 본 연구에서는 하천관리에 활용할 수 있는 스마트 기술을 스마트 계측, 정보 수집 및 관리, 빅데이터 분석, 의사결정지원시스템으로 기술을 분류하고 요소기술의 현황과 특성을 분석하였다. 물관리 일원화 등의 제도적 변화 더불어 기후변화와 수질 문제 등의 이슈로 인해 다양한 하천관리 기술이 개발되고 있으나 하천관리 정책 수립과 하천의 시설, 기능 등을 관리하기 위한 업무 지침에 스마트 하천관리 기술을 활발히 적용하기 위한 제도적 장치가 필요하다. 기존 기술과 대비하여 경제적 효율성 및 생산성이 우수한 스마트 하천관리 기술은 수자원의 조사, 계획 및 관리에 대한 패러다임을 바꿀 수 있는 기술로 스마트 기술 도입을 통한 효율화 방안의 제시가 필요하다고 판단된다.

Acknowledgment

This work is supported by the Korea Agency for Infrastructure Technology Advancement(KAIA) grant funded by the Ministry of Land, Infrastructure and Transport (Grant 22DPIW-C153746-04).

References

- Choi, J. H. and Suh, J. H. (2019). Exploring the 4th Industrial Revolution Technology from The Landscape Industry Perspective. *Journal of the Korean Institute of Landscape Architecture*. 47(2): 59-75.
- Choi, W., Park, S., Choi, Y., Hong, S., Kim N., and Sohn, H. (2021). Creation of Actual CCTV Surveillance Map using Point Cloud Acquired by Mobile Mapping System. *Korean Journal of Remote Sensing*. 37(5-3): 1361-1371
- Jang, B. and Jung, I. T. (2020) Development of Multi-Sensor based River Monitoring Technology for River Flood Risk surveillance. *Journal of Korea Multimedia Society*. 23(11): 1372-1382.
- Jung, S., Lee, D., and Lee, K. (2018). Prediction of River Water Level Using Deep-Learning Open Library. *J. Korean Soc. Hazard Mitig.* 18(1): 1-11.
- KICT (2018). A Planing Study on Smart Road Management Integration System and Elementary Technology. Sejong: MSIT.
- Kim, T. W., Shin, H. S., and Suh, Y.C. (2014). Airborne Hyperspectral Imagery Availability to Estimate Inland Water Quality parameter. *Korean Journal of Remote Sensing*. 30(1): 61-73.
- Kim, Y., Choi, C., Bae, Y., Kim, D., Kim, D., and Kim, H. S. (2018). Indicator Development and Evaluation of Storm and Flood Resilience Using Big Data Analysis: (1) Development of Resilience Indicators. *J. Korean Soc. Hazard Mitig* 18(4) : 97-107.
- KISTEP (2020). Technology Level Evaluation. Sejong: MSIT.
- Ministry of Land, Infrastructure and Transport. (2018). River rone Development Planning for Smart River Management. Sejong: MOLIT.
- Shin, J. H., Seong, H. J., and Rhee, D. S. (2021). Introduction of Platform Development and Related Technology for River Monitoring Drones. *The Magazine of the Korean Society of Civil Engineers*. 69(1): 40-43.
- Song, J., Kim, D., Hwang, J., An, S., and Kim, J. (2021). Assessment of Backprojection-based FMCW-SAR Image Restoration by Multiple Implementation of Kalman Filter. *Korean Journal of Remote Sensing*. 37(5-3): 1349-1359.
- Yi, J (2008). Development of Decision Support System for Flood Forecasting and Warning in Urban Stream. *Journal of the Korean Society of Civil Engineers*. 28(6B):743-750.

Korean References Translated from the English

- 국토교통부 (2018). 스마트하천관리를 위한 하천조사 최적화 드론시스템(River Drone)개발 기획. 세종: 국토교통부.
- 김연수, 최창현, 배영혜, 김동현, 김덕환, 김형수 (2018). 빅 데이터 분석 기법을 이용한 풍수해 복원탄력성 지표 개발 및 평가: (1) 복원탄력성 지표 개발. *한국방재학회논문집*. 18(4): 97-107.
- 김태우, 신한섭, 서용철 (2014). 수질 매개변수 추정에 있어서 항공 초분광영상의 가용성 고찰. *대한원격탐사학회지*. 30(1): 61-73.
- 송주영, 김덕진, 황지환, 안상호, 김준우 (2021). Kalman Filter 복수 적용을 통한 Backprojection 기반 FMCW-SAR의 영상복원 품질평가. *대한원격탐사학회지*. 37(5-3): 1349-1359.
- 신재현, 성호제, 이동섭 (2021). 하천 모니터링 드론을 이용한 플랫폼 개발 및 관련 기술 소개. *대한토목학회지*. 69(1): 40-43.
- 이재응 (2008). 도시하천의 홍수에·경보를 위한 의사결정지원시스템 개발. *대한토목학회논문집B*. 28(6B):743-750.
- 장봉주, 정인택 (2020). 하천 홍수 위험 감시를 위한 다중센서 기반 하천 관측 기술 개발. *한국멀티미디어학회논문지*. 23(11): 1372-1382.
- 정성호, 이대엽, 이경상 (2018). 딥러닝 오픈 라이브러리를 이용한 하천수위 예측. *한국방재학회논문집*. 18(1):1-11.
- 최원준, 박소연, 최윤조, 홍승환, 김남훈, 손홍규 (2021). MMS 점군 데이터를 이용한 CCTV의 실질적 감시영역 추출. *대한원격탐사학회지*. 37(5-3): 1361-1371.
- 최자호, 서주환 (2019). 조경산업 관점에서 4차 산업혁명 기술의 탐색. *한국조경학회지*. 47(2): 59-75.
- 한국건설기술연구원 (2018). 스마트 도로관리 통합 체계 구축 및 요소 기술 개발 기획. 세종: 과학기술정보통신부.
- 한국과학기술기획평가원 (2020). 2020년 기술수준평가. 세종: 과학기술정보통신부.