NRF 한국연구재단 서울시립대학교 UNIVERSITY OF SEOUL

국제도시 및 인프라 연구센터
Global Urban & Infrastructure Research Center

한-아세안(신남방)
스마트도시수출 거점HUB

스마트도시 기술
Report

No.5(제 5 호)
2021. 02. 15
발행일 : 수시

서울특별시 동대문구 서울시립대로 163 서울시립대 도시과학연구원 [국제도시 및 인프라 연구센터]

담당자 E-mail : kkim019@uos.ac.kr

본 Report 는 한국연구재단의 인문사회연구소 지원을 받아 최근 한-아세안(신남방) &스마트도시에 대한 정책, 사회, 경제, 도시, 기술 등 국내외 다양한 이슈를 정리한 리포트임.

스마트 관망관리

Smart Water Management

박지훈 J.H. Park — 서울시립대학교 국제도시과학대학원 글로벌건설학과
손근빈 K.B. Son — 서울시립대학교 국제도시과학대학원 글로벌건설학과

서울시립대학교 UNIVERSITY OF SEOUL 도시과학연구원 Institute of Urban Sciences

스마트 관망관리

Smart Water Management

박지훈 J.H. Park | 서울시립대학교 국제도시과학대학원 글로벌건설학과
손근빈 K.B. Son | 서울시립대학교 국제도시과학대학원 글로벌건설학과

ABSTRACT: Although the industrial revolution has brought rapid urbanization and the biggest population growth in human history, the impacts of such excessive growth of the population and climate change have catalyzed the global water crisis. As the studies show that more and more countries will face severe problems in terms of both quality and quantity of water due to the ongoing urbanization and the population growth, it is crucial to adopt an efficient and effective water management system to overcome such water crisis. To propose a potential solution for the current water problems, this study aims to introduce the Smart Water Management (SWM), the next generation water management system with ICT technology. In this report, we will first identify the current water problems, second, address the background and the purpose of this study, third, introduce major technology and components (real-time water pressure meter, smart pipeline recognition system, small-scale water flow/pressure monitoring system, smart metering, automatic water quality monitoring system, automatic drain, chlorination system, and pipe washing) of the SWM system, fourth, introduce three successful cases in Korea of adopting the SWM system and finally end with a conclusion.

Keywords
Smart Water Management, SWG, SWM, bidirectional data sharing, big data, real-time water pressure meter, smart pipeline recognition system, small-scale water flow/pressure monitoring system, smart metering, automatic water quality monitoring system, automatic drain, chlorination system, and pipe washing

1. 서론

1.1. 논문개요

산업혁명은 인류역사의 눈부신 기술과 산업 발전에 기여했을 뿐 아니라 문명 발생 후 몇천 년간 유지되어 오던 연간 0.05%의 인구성장률을 단숨에 기하학적으로 끌어올리는데 중추 역할을 하였으며, 1차 산업혁명 시기인 1800년 세계 인구 약 10억명에서 현재 약 78억명으로 200여년 만에 약 68억명의 인구가 급증하였다. 한편 유례없는 세계인구의 급성장과 기술 발전은 물 부족과 물 기근의 심각한 부작용을 초래하였는데, 지구온난화의 여파로 수자원 불균형이 심화되고 있으며, 지구촌은 지속적 발전에 따른 거대 도시화로 인해 물 사용량이 매년 늘고 있는 반면 이미 물 부족으로 인한 스트레스를 겪고 있는 개발도상국의 강수량은 더욱 줄어들고 있는 상황이다. 국내 역시 2000년 이후로 기수변화에 의한 빈번한 가뭄과 도시화·산업화에 따른 물 수요량 급증으로 물 부족이 심화되고 있으며 최근 인천시 수돗물의 적수사태와 깔따구 유충 발견 등의 수질 문제 등 수돗물의 안정성과 안전성에 위협을 받고 있는 실정이며, 이와 같은 물 문제를 해소하기 위해, 세계는 기존 보다 효율적이고 스마트한 수질 및 수량 관리 시스템의 도입이 시급한 상황이다.

본 논문에서는 상기 물 문제의 대응 방안으로 정보통신기술(Information and Communication Technology)을 접목한 차세대 물 관리 시스템인 스마트 관망관리 (Smart Water Management)를 소개하고자 하며, 먼저 2장에서 본 논문의 연구배경 및 목적을 다루고, 3장에서 스마트 관망관리의 방법과 대표기술을 설명하고, 4장에서 스마트 관망관리 도입현황을 다루고, 끝으로 5장에서 결론을 맺는다.

2. 연구배경 및 목적

2.1. 연구 배경

2.1.1. 물 부족(Water Stress) 및 물 기근 (Water Scarcity)

UN 경제사회국에 따르면 연간 인당 물공급량이 1,700㎥ 이하일 경우, 이를 물 부족으로 구분하며, 인당 물 공급량이 1,000㎥ 이하일 경우, 이를 물 기근으로 구분하고 있다. 더 나아가 물 기근은 수자원이 부족하여 초래되는 물리적 물 기근(Physical Water Scarcity)과 물 공급 인프라의 부족으로 초래되는 경제적 물기근(Economic Water Scarcity)으로 세부 분류하며, 2012년에 발간된 UN 물 보고서 (World Water Development Report)에 따르면 열대지역 (Tropical Line) 주변으로 수많은 개발도상국이 물리적 물 기근을 겪고 있으며, 아프리카 대륙 적도 주변으로 수많은 국가가 경제적 물 기근을 겪는 상황을 다음 (Fig. 1)를 통해 보여주고 있으며, 이를 해소하기 위한 대책 마련이 시급한 실정이다.

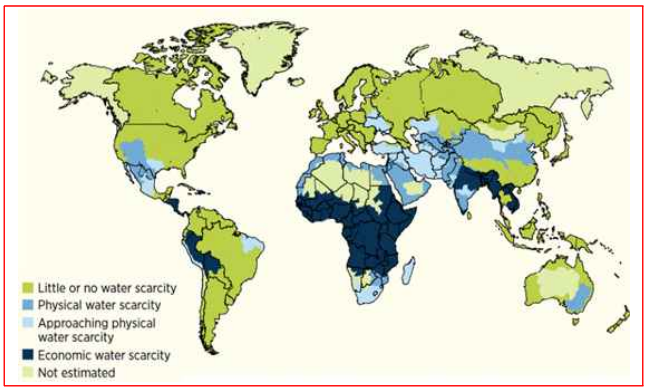

Fig.1 Global Physical and Economic Water Scarcity

2.1.2. 현재 물 관리 시스템의 문제점

현재 물 관리 시스템은 아래 (Fig 2)과 같이 거대한 중앙집중식 시스템(Large Centralized System)을 기반으로 설치 및 운영되며 정수장에서 정수처리 후 주거/공업시설에 공급된 물이 사용 후 하수처리시설로 연결되는 단방향 흐름(one-directional flow)의 특징을 가지고 있다.

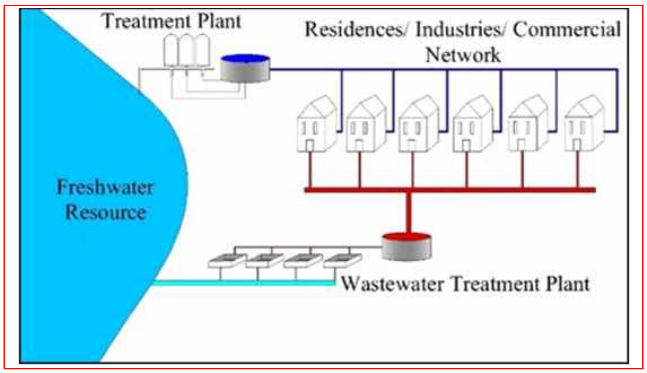

Fig.2 Centralized Water Distribution Network

이러한 물 관리 시스템은 크게 두 가지의 문제점이 있는데 첫째, 실시간 계측장치의 부재로 물의 수량 부족 또는 과다공급의 여부를 확인하는 데 매우 제한적이고 그로 인해 물의 공급과 수요의 불균형을 야기하는 것은 물론 에너지관리 및 운영 방식에 있어 매우 비효율적이며, 특히 배관 누수사고가 발생할 경우 누수 위치를 파악할 수 있는 장치가 없으므로 물 관망 전체를 셧다운을 해야 하는 사태

가 발생한다.

둘째, 실시간 수질 측정 장치의 부재로 소비자로 하여금 물의 오염에 대한 불안감을 야기시키며, 한국수자원공사에 따르면, 대한민국은 세계에서 인정받는 고품질의 수돗물을 공급함에도 공급과정에서의 오염에 대한 불안감으로 인해 수돗물 직접 음용률이 5%로 56%인 미국과 52%인 일본에 비해 터무니없이 낮은 실정이다.

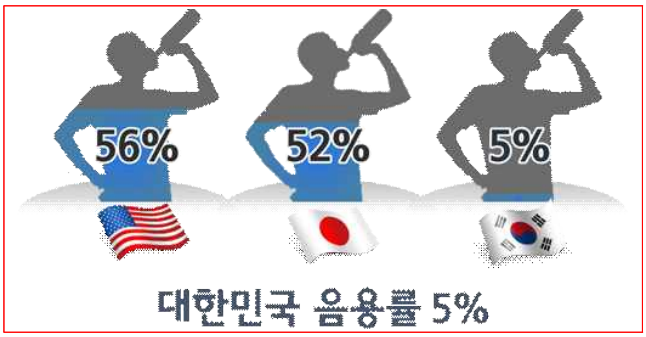

Fig.3 Tap Water Drinking Rate

2.1.3. 국내 수돗물 적수사태 및 깔따구 유충 발견

수돗물 오염에 대한 한 예로 2019년 5월 30일 인천시 공촌정수장에 원수를 공급하는 풍납취수장과 성산가압장이 전기점검으로 가동 중지함에 따라 인근 수산정수장 정수를 수계전환(정수장간 급수구역을 변경하는 것)하여 대체 공급하는 과정에서, 인천 서구지역에서 붉은색 수돗물 발생하는 사고가 발생하였다.

또한, 2020년 7월 13일 인천시 서구 수돗물에서 깔따구 유충이 발견된 이후 입상활성탄을 사용하는 전국 49개 정수장에 대한 전수조사 결과 7월 21일 까지 인천 공천정수장 외 전국 6개 정수장에서 유충이 발견되었다.

Fig.4 Chironomus Larva

깔따구 유충은 수생 생태계 중 가장 풍부한 파리목 중 하나로 무척추동물 내 병원성 미생물이 인체에 직접적으로 유해하다는 보고는 없으나 심미적 불쾌감을 유발하고 지역 주민들에게 수돗물 안전성에 대한 불신을 초래하게 된다.

2.2. 연구 목적

위에서 다룬 바와 같이 기존 물 관리 시스템은 기후변화에 따른 빈번한 가뭄, 도시화·산업화에 따른 물 수요 증가, 수돗물 내 적수사태, 깔따구 유충 발견 등 지금 직면한 물의 수량적 안정성과 수질적 안전성 문제를 해결하기 어려우므로 스마트 관망관리 도입을 통해 이러한 문제에 대처하는데 목적이 있다.

3. 스마트 관망관리 (Smart Water Management)

3.1 정의

스마트 관망관리(SWM)란 기존 물 관리 know-how와 다양한 스마트 디바이스 및 정보통신기술(ICT)을 결합하여 물의 안정성, 안전성, 효율성을 확보하는 물 순환 전 영역 통합관리 모델이다.

Fig.5 Smart Water Management

3.2 스마트 관망관리 방법

스마트 관망관리 방법으로는 상수관로 내 실시간 수질(5개 항목) 측정 및 수압관리기술과 ICT를 접목하여 통합적인 수질 관리 및 감시체계를 구축하고, 위기대응 및 재발방지를 위한 인프라를 구축하는 것이며, 운영기간 동안 축적된 Big-Data를 바탕으로 유량계, 수압계, 수질계, 스마트 미터 등 스마트 디바이스를 통해 실시간 수질 및 수량을 측정하여 수도사고를 사전에 감시하며 수질 이상 시 경보를 발령하고 오염된 물을 자동으로 배출하는 등 신속대응이 가능해 진다. 또한 쌍방향 데이터 공유를 통해 소비자의 Needs를 반영하여 만족도를 향상시킬 수 있다.

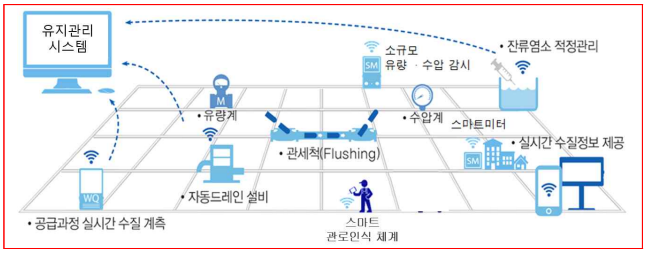

Fig.6 Smart Water Management System

스마트인식체계도입으로 관로시설을 신속히 찾아 복구할 수 있고 이동식 실시간 수압감시, 소블록을 더욱 세분화하여 관리가능토록 소규모 유량, 수압감시 및 수돗물 수질정보 제공하여 주요 배수관로를 실시간 감시 가능하게 하는 등의 인프라를 구축하여 안전한 수돗물을 안정적으로 공급할 수 있게 된다.

3.3 스마트 관망관리 대표기술

스마트 관망관리를 구성하는 주요 설비 및 대표기술은 실시간 수압계, 스마트 관로인식체계, 소규모 유량·수압 감시시스템, 스마트미터링, 자동수질측정장치, 자동드레인, 재염소 설비, 관세척이 있다.

3.3.1. 실시간 수압계

먼저 실시간 수압계는 압력센서 및 무선통신기술을 활용하여 PC 또는 태블릿PC 등의 IT기기를 통해 실시간 수압 데이터 감시를 통해 누수 민원 등에 즉각 대응할 수 있어 관망 운영관리 측면에서 유용하고 여러 지점의 실시간 수압 데이터를 측정 및 비교 가능하여 데이터 활용성이 높아 관로 교체 또는 개량시 주변 수압 감시로 활용가능하다.

3.3.2. 스마트 관로인식체계

둘째 스마트 관로인식체계는 타 공사에 의한 관로사고 발생을 예방하고 현장조사 및 사고 출동 시 지하매설물 확인의 어려움을 줄이기 위해 주요 제수밸브 및 관로에 센서 등을 설치하여 전산화를 통해 시설관리의 정확성 및 효율성을 높이고자 관로 및 맨홀 상단부에 센서를 설치한 후, 지상에서 탐지기를 활용하여 관로(맨홀) 위치를 정확히 찾아내고 관로시설 정보를 전산화하는 기술이다. (센서, 리더기, 탭북 등)

3.3.3. 소규모 유량·수압 감시시스템

셋째 소규모 유량·수압 감시시스템은 기존 급수구역보다 세밀하고 정밀하게 급수구역을 분할하고 유량을 감시하여 수질사고 발생 시 누수사고 사전 예방 및 신속 대응 등을 통해 단수구역을 최소화함으로써 관망관리 효율성을 증대한다.

3.3.4. 스마트미터링(원격감시)

넷째 스마트미터링은 디지털계량기와 무선통신기술을 통해 수용가의 시간대별 수돗물 사용량을 파악하여 일단위 유수율을 산정하고 누수사고 취약지점 집중감시하며 시간대별 물 사용량 파악으로 수도사고 발생 시 초기대응 가능하다. 또한, 검침곤란 지역 해소, 취약계층 보호, 대수용가 수량감시 등이 가능하다.

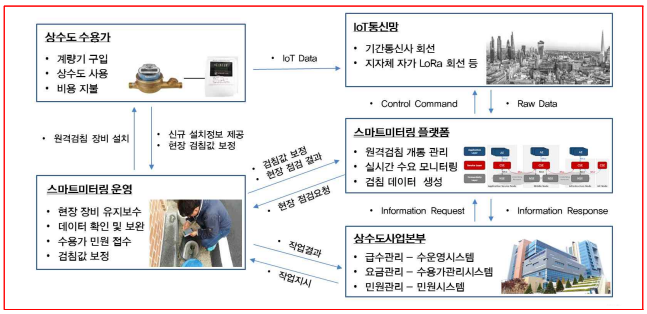

Fig.6 Smart Metering

3.3.5. 자동수질측정장치

다섯째 자동수질측정장치는 급수구역 내 수질을 대표할 수 있는 지점을 선정하여 공급 전 과정의 수질을 실시간으로 감시하고 수질 정보를 제공함으로써 수질변화에 적극 대응하고 수돗물 신뢰 제고를 위해 설치한다.

3.3.6. 자동드레인

여섯째 자동드레인은 관망내 수질변화를 감지하고, 이상수질 발생시 오염물질을 외부로 배출하여 수질오염 사고에 대비하고 체류시간 과다에 따른 잔류염소 감소를 방지하고자 설치한다.

3.3.7. 재염소설비

일곱째 재염소설비는 관말까지 수질기준을 만족할 수 있는 잔류염소 농도를 확보하고 배수구역 전반에 걸쳐 농도를 낮고 균등하게 유지하기 위해 관망해석 결과, 잔류염소 취약예상지점(0.1mg/L미만), 시·공간적 균등화가 필요한 배

수구역을 대상으로 설치한다. 배수지에 설치를 원칙으로 하며 필요시 관로에 계획할 수 있다.

Fig.7 Chlorination Systems

3.3.8. 관세척

마지막으로 관세척은 관내 퇴적물 및 도장재 등이 수도꼭지로 유출되는 사고를 방지하고 사고 발생 후에도 신속히 대응하기 위해 설치한다. 세척효과 극대화를 위해 배수본관 세척 후 배수지관의 구역을 분할하여 면단위로 세척계획을 수립한다..

Fig.8 Pipe Cleaning

3.4 스마트 관망관리 기대효과

스마트 관망관리를 통해 관로 사고에 신속히 대응토록 하며, 상수관망 유지관리 시 발생이 불가피한 적수사고의 위험을 최소화하고 국가 상수도 통합지원센터 설치·운영으로 국민이 체감하는 물 관리 일원화 성과 창출과 국가 상수도 운영·관리 수준의 향상시킬 수 있다.
또한, 지자체 수도시설 실시간 정보획득 및 운영지원으로 수도사고 위기대응, 운영관리 능력 향상 등 국가 상수도 관리수준 및 대국민 서비스 향상을 기대할 수 있다.

4. 스마트 관망관리 도입현황

한국수자원공사는 위에서 소개한 스마트 관망관리 기술을 활용하여 국내 몇몇 도시를 선정하여 시범사업을 선보였는데, 본 논문에서는 파주시, 세종시, 부산시의 스마트 관망관리 도입사례를 소개한다.

4.1 파주시 선도사업

한국수자원공사는 2014년 4월 9일 파주시와 MOU를 체결하여, 교하 및 적성 지역 아파트 5개단지 (85개동/3,486세대/12,293명)를 시범대상지역으로 선정하여 재염소 시설(2개소), 자동드레인(4개소), 관로 플러싱(5개소), 무단수 용수공급 비상연계시설(1개소) 구축 등의 스마트워터시티 시범사업을 추진하였으며, 2016년에는 파주시 전 지역으로 확대되었다. 총사업비 66억원이 투입된 당 사업은 ICT기술을 활용한 SNS 및 스마트폰 어플리케이션은 물론 수질전광판을 설치하여 파주 시민들에게 정확한 수질정보를 제공하였으며, 당초 수돗물에 대한 불신으로 1%에 불과하였던, 수돗물의 직접 음용률이 36.3%로 크게 증가하였고 만족도 또한 93.8%로 증가하여 스마트 관망관리 기술의 전국 확대의 기반을 마련하였다.

4.2 세종시 스마트워터시티 구축사업

세종시는 수돗물의 불신 해소와 물 복지 향상 및 건강한 물 공급체계 구현을 위해 세종시 전역을 대상으로 환경부와 한국수자원공사가 함께 2017년부터 2020년까지 4년간 스마트워터시티 구축사업을 수행하였으며, 총 120억원 (국고 60억원, 지방비 60억원)의 사업비가 투입되었다. 세종시 스마트워터시티는 총 5단계로 조성되었으며, 1단계는 수량관리 인프라(유량계, 수압계, 설치 및 원격누수 감시시스템 도입)를 구축하여 스마트 미터링을 이용한 과학적 수량 관리를 가능케 하고, 2단계 수질관리 인프라(염소주입설비, 관로상 자동드레인, 관세척 설비, 실시간 수질 측정기)를 설치하고, 3단계 공공청사, 학교, 주택, 공원 등에 음수대, 수질계측기 및 수질전광판을 설치하여 수돗물 음용환경을 조성하고, 4단계 통합관제시스템을 구축하여 유량, 수압, 수질감시 및 관망관리 등 전체 상수도 시설에 대한 전반적 통합관리를 실시하고, 마지막 5단계 워터코디의 방문을 통한 탁도, 잔류염소, pH, 철, 구리, 아연 등의 수질검사를 무료로 실시, 워터닥터를 통한 옥내배관 진단 및 세척 등의 서비스를 제공한다.

4.3 부산 에코델타 스마트시티 (EDC) 국책사업

부산 에코델타 스마트시티 국책사업은 2012년 처음 기획되었으며, 부산시 강서구 일원 (세물머리지구)을 대상으로 21.9㎢ 규모의 총 사업비 2조2천억원에 달하는 사업이다.

스마트워터시티는 부산 EDC가 추진하는 3대 특화 전략중 하나로서, 취수원에서부터 가정 물 공급 전 과정에 ICT를 접목하여 블록시스템 구축(7개), 수질계측기(4개소), 누수감시센서(300개소), 수질전광판(3개소)을 설치 및 운영하여 실시간으로 수질, 수량을 관리하고 소비자에게 실시간 수질정보를 제공하는 것을 목적으로 하고 있다. 더 나아가 부산 스마트워터시티는 고정밀 소형 강우레이더를 설치하여 비의 양을 실시간으로 분석, 증강도시 플랫폼(디지털 트윈)을 활용하여 빗물 배수시설의 수위를 실시간 모니텅링하는 센서(70개소), CCTV (10개소)를 설치하여 하천 수위, 수문, 배수시설 등의 물 관리 인프라를 상시 감시하여 홍수, 가뭄, 수질사고 등의 도시 물 재해를 사전에 예측하고 대응을 가능케 한다.

스마트워터시티 사업은 2019년에 자체R&D 및 실시설계를 시작으로 2020년부터 2년간 스마트 관망관리 요소기술 구축하고 2022년에는 운영 및 관리를 목표로 하고 있다.

5. 결론

1차 산업혁명에 따른 기하학적 인구증가 및 지구온난화로 인한 수자원 불균형이 심화되고 있으며, 기존 물 관리 시스템은 기후변화에 따른 빈번한 가뭄, 도시화·산업화에 따른 물 수요 증가, 수돗물 내 적수사태, 깔따구 유충 발견 등 지금 직면한 물의 수량적 안정성과 수질적 안전성 문제를 해결하기 어려우므로 이를 극복하기 위해 스마트 관망관리 도입이 필요하다.

본 논문에서는 스마트 관망관리 방법과 대표기술을 소개하고, 국내 스마트 관망관리 도입사례를 소개하였다. 그러나 스마트 관망관리는 이제 막 신설 및 도입되는 기술이므로 대한민국 내에서도 부분적으로만 시범사업이 진행되고 있는바, 당 기술이 현재 물 문제를 필히 해결할 것이라고 단정하기에는 아직 이른 것이 사실이다. 다만 현재 진행되고 있는 스마트 관망관리 시범사업들을 통해 해당 지역 시민들의 수돗물 직접 음용률이 크게 증가하고 만족도 역시 높았다는 점에서 분명 성과가 있음을 확인하였고, ICT 기술의 접목을 통해 기존 물 관리 시스템으로는 제한적이었던 수질/수량 관리를 가능케 하고, 각종 수질사고 및 물 재해를 예측하고 대응할 수 있는 등 4차 산업혁명 기술과 관련된 스마트 기술을 소개했다는 점에서 의의를 가진다. 향후 스마트 관망관리 기술을 전국으로 확대하고 또 대한민국을 넘어 세계로 기술을 전파하는데 있어서 본 논문이 조금이나마 도움이 되기를 바란다.

REFERENCES

Current World Population. Worldometer. Available at: https://www.worldometers.info/world-population/ (Accessed: December 12, 2020)

Yim J.J. and Kim Y.W. (2014). Trend of Smart Water Grid Technology Developments and Standardization, Vol. 29. Electronics and Telecommunications Trends ETRI.

K water Yangju (2014). Do you know K-water's first and only business in Korea,'Smart Water City'?, Naver Blog, Available at: https://blog.naver.com/ulsujulsu/220125554364 (Accessed: December 12, 2020).

Expansion of Smart Water City (SWM), Smart Water City (SWC) Business Overview and Status, K Water, Available at: https://www.kwater.or.kr/busi/water02/smartWater01Page.do?s_mid=1864 (Accessed) : December 12, 2020)

J.Y.Han, (2020), Enhancing Smart City, Seoul Economic Daily, Available at: https://news.naver.com/main/read.nhn?oid=011 (Accessed: December 12, 2020) .

Ministry of Land, Infrastructure and Transport (2018). Busan Eco Delta Smart City Implementation Plan

Sejong City Water and Sewerage Division (2020). Introduction of the Smart Water City (swc) business. Available at: https://www.sejong.go.kr/bbs/R0071/view.do?nttId=B0000000016722Te9eU7z (Accessed: December 12, 2020).

Sarp, Sarper & Lee, Seung & Jeon, Dong Jin & Kim, Joon Ha. (2014). Smart water grid: the future water management platform. Desalination and water treatment. 55. 10.1080/19443994.2014.917887.

Healthy water supply. Kwater. Avaiable at: https://www.kwater.or.kr/gov3/sub02/intro0202Page.do?s_mid=1469 (Accessed: December 12, 2020)

Smart Water Management. Kwater. Avaiable at: http://www.kwater.or.kr/swm/eng.do (Accessed: December 12, 2020)