

첨단 ICT 융·복합 기반의 스마트 도시 물 관리 시스템 (Smart Urban Water Management System)



이 상 호

국민대학교 건설시스템공학부 교수
sanghlee@kookmin.ac.kr



염 경 택

스마트워터그리드연구단 단장
kwiyum@gmail.com



우 달 식

한국계면공학연구소 소장
dswoo7337@hanmail.net

시티(Smart City)가 전세계적으로 각광받고 있다. 해외 스마트시티 프로젝트 수는 4년만에 약 700% 증가('08년 20개 → '12년 143개)하였으며, 스마트시티 시장은 향후 5년간 2배 이상 성장할 것으로 전망되고 있다.

스마트 시티의 핵심적인 요소로는 물, 에너지, 교통, 건축 및 기반시설 등이 포함된다. 특히 이 중에서 도시 물 관리는 스마트 시티의 가장 기본적인 사항이면서 다른 모든 시설이 제 기능을 갖도록 하는데 필수적인 요소이다. 그러나 최근 선진국에서는 노후화된 도시 물 관리 인프라를 유지·관리하거나 대체하는 것이 중요한 문제가 되었으며, 개발도상국에서는 새로운 시스템을 개발하여 도시 확장에 대응하고, 소비자와 각 업체의 늘어나는 수요를 감당하는 것이 시급한 과제가 되었다. 따라서 이러한 문제에 대응하기 위하여, 도시 물 관리는 다양한 정보통신 융·복합 기술을 기반으로 한 데이터중심 산업으로의 변혁을 진행되고 있으며, 첨단 정보통신 기술(Information and Communication Technology, ICT)은 물의 생산에서 분배, 그리고 소비에 이르는 전체 시스템의 작동을 새로운 차원에서 바라볼 수 있게 할 수 있을 것으로 기대되고 있다.

물 관리 분야가 스마트 시티에서 차지하는 중요성은 날로 커질 전망이다. 경제협력개발기구(Organisation for Economic Co-operation and Development, OECD)에 따르면, 전 세계 물 수요

1. 서론

2014년 유엔 인구국의 '세계 도시화 전망' 보고서에 따르면 2014년 기준으로 세계 인구의 54%는 도시에 살고 있으며, 2050년에는 66%가 될 전망이다. MIT의 미디어 랩 도시 과학 연구실에 따르면 향후 도시는 전체 인구 성장의 90%, 부의 창출의 80%를 차지할 것으로 전망하고 있다. 최근 급속하게 성장하는 도시에서 당면한 문제에 대한 해답으로 스마트

는 2000년에서 2050년까지 55% 증가할 것으로 나타나고 있다. 한편 유엔에서는 현재 세계인구의 절반 이상을 차지하는 도시인구가 2050년까지 추가로 25억명 늘어날 것이라는 전망하였다. 즉 앞으로 도시에서의 물 관리 문제가 심각한 현안문제가 될 것이라 예상할 수 있다. 도시화로 인한 문제 중 대부분은 기본 인프라에 대한 투자를 필요로 하지만, 스마트 물 관리 기술은 도시에서의 물 손실을 줄일 수 있으며, 물 소비 관리를 용이하게 하고, 물 분배 및 처리의 효율성을 높여줌으로써 물 문제 해결에 기여할 것으로 기대되고 있다.

본 고에서는 스마트 시티의 구현을 위한 첨단 ICT 기반의 스마트 도시 물 관리 기술의 개발 현황과 전망에 대하여 분석하고자 하였다. 또한 스마트 도시 물 관리를 위한 대표적인 기술인 스마트워터그리드 기술개발 내용과 사례, 미래 발전방향에 대해서 전망해보자 하였다.

2. 스마트 시티와 도시 물 관리

1) 스마트 시티

Navigant Research에서는 스마트 시티를 지속 가능한 개발, 삶의 질 향상 및 경제 개발을 이루기 위한 전략적인 계획에 기술을 적용하는 행위로 정의하고 있다. 이 개념은 거대도시에서 소규모 도심지와 구시가지 및 그린벨트지역에 이르기까지,

다양한 지역 사회 및 행정 모델을 모두 포함하고 있다. 또한 스마트 시티는 기존의 여러 기술시장과 다양한 산업, 기술 및 서비스를 망라하는 신개념 융합기술들을 모두 포함하는 복합체로 정의해야 할 것이다.

스마트 시티 기술은 도시의 진화와 도심자원의 관리 및 서비스 제공이라는 목표들에 대한 해답을 제시하는 데 핵심적인 역할을 한다. 따라서 대부분의 스마트 시티 기술들은 에너지 공급, 관리, 교통 관리

혹은 공공안전 등의 영역에서 특정한 문제점을 해결하기 위하여 개발되는 실정이다. 하지만 이러한 세부적인 혁신 외에도, 무선 통신, 센서망, 데이터 분석, 공간정보분석, 모바일 컴퓨터 및 클라우드 플랫폼 등 범용적인 기술 개발 또한 이루어지고 있다. 스마트 시티 기술은 또한 도시개발에 있어 기술융합적인 접근 방식에 중점을 둠에 따라, 기술 개발과 사용에 있어 기능통합적인 혁신을 강조하고 있다. 추가적으로 스마트폰과 오픈 데이터 플랫폼으로 대표되는 일련의 기술들은 도시 거주민과 기타 사회 구성원이 도시경영에 참여하는 기회를 제공하고 있다.

UN 보고서에 따르면, 전세계 인구 중 도심 지역에 거주하는 인구는 2010년과 2050년 사이에 36억에서 63억으로 증가할 것으로 전망되고 있다. 이는 30억 명 분에 해당하는 전력, 수자원, 상수도, 효율적인 교통수단, 거주, 및 보건, 교육, 공공안전 서비스 수요가 창출되는 것을 의미한다. 또한, 선진국에서의 기존 도시 인프라의 노후화 등의 문제점에 대한 해결책을 찾기 위해서도 도시에서의 새로운 시장수요가 증가하는 것은 필연적이라고 할 수 있다.

2014년에서 2023년까지의 전세계 지역별 스마트 시티 기술 관련시장을 보면 아시아 지역이 가장 큰 비중을 차지하고 있으며, 북미지역과 유럽이 그 다음으로 높은 비중을 차지하고 있다. 특히 아시아 지역에서의 시장성장속도가 상대적으로 높아서 2023년에는 아시아 지역에서의 시장비중이 전체 시장비중의 약 50% 수준까지 증가할 것으로 전망되고 있다 (약 160억 달러).

특히 스마트 시티 시장 중에서 스마트 물 관리는 전체 시장의 10~15%를 차지하고 있으며, 2015년부터 2023년까지 연평균 11%의 성장률을 나타낸 것으로 전망되고 있다 (그림 1). 이는 스마트 시티에서 물 관리가 핵심적인 필수요소이며, 향후 중요성이 증가될 것임을 보여주는 것이라 할 수 있다.

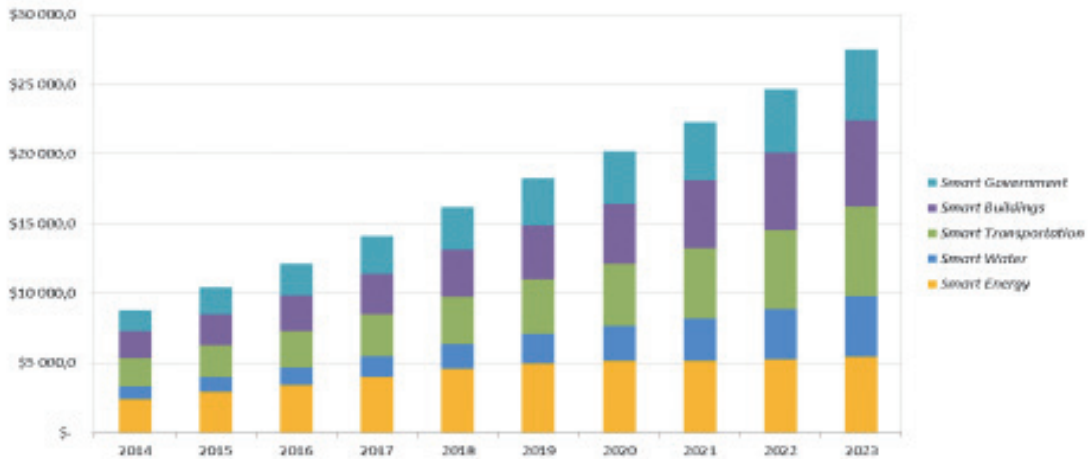


그림 1. 스마트 시티 분야별 시장성장 예측 (자료: Navigant Research)

2) 스마트 도시 물 관리

도시의 스마트 물 관리 기술은 기존의 물 관리가 가지고 있는 한계를 극복하기 위하여 다양한 ICT를 도입하는 것이다. 여기에는 도시에서의 물 생산과 처리 효율향상과 비용 및 에너지 절감, 시설의 체계적이고 예방적인 관리, 수자원의 관리 및 지역간 불균형 해소, 물 안보 확보 등 다양한 내용이 포함되며, 각 가정에서의 양방향 물 사용량 관리부터 국가

수자원 관리까지 다양한 대상과 범위의 기술이 포함될 수 있다. ICT 기반의 물 수요와 물 공급에 대한 실시간 정보 확보는 도시 물 관리의 효율을 크게 향상시킬 수 있으며, 이와 동시에 가뭄과 집중호우 등 극단적인 수자원 환경에 대응할 수 있는 능력을 강화할 수 있다. 그림 2에서는 ICT 기반의 기술이 도시 상하수도 시설에서 적용될 수 있는 분야를 예로서 나타내고 있다.

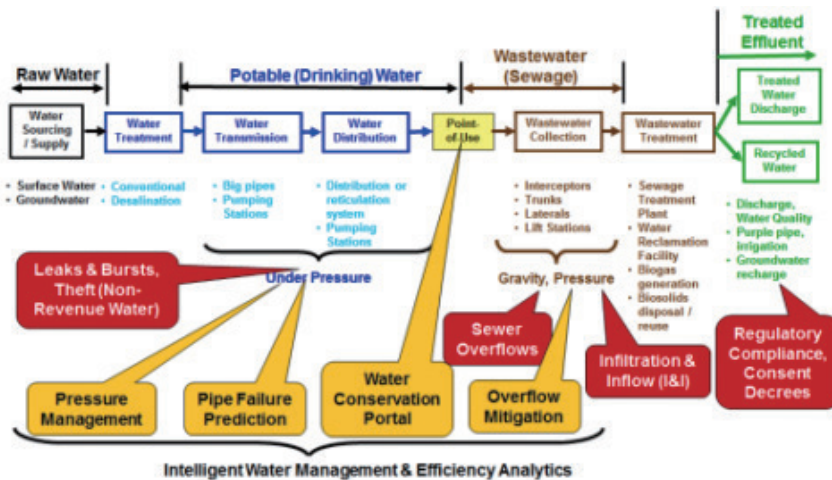


그림 2. 스마트 도시 물 관리의 전과정 관리와 지능화 (자료: IBM)

3. 스마트 워터그리드

1) 스마트 워터그리드의 기본개념

스마트 워터그리드는 도시 물 관리의 지능화를 위한 대표적인 방법이며, 수자원 관리에 정보통신기술(ICT)을 융합하여 물 이용효율을 최적화 하는 새로운 패러다임의 물 관리 기술이다. 스마트 워터그리드에는 다양한 기술이 포함되어 있으며, 그 중 대표적인 것으로는 다중수원 활용과 지능형 물 공급 인프라 관리 등이 있다. 물론 이 외에도 스마트 워터그리드에는 수자원 관리부터 사용자 참여까지 다양한 범위의 기술을 포함하고 있다.

2) 스마트 워터그리드의 핵심기술: 다중수원 활용

기존의 물 공급 시스템은 주로 지표수와 지하수 등의 담수자원을 활용하고 있다. 그러나 최근 도시화로 인한 물 수요의 증가와 기후변화로 인한 수자원 확보의 불확실성 발생으로 인하여 기존 수자원 외에 해수

와 기수, 재이용수, 빗물 등의 대체수자원을 이용하는 다중수원 활용의 필요성이 부각되고 있다.

다중수원 활용기술은 그림 3에 나타난 바와 같이 다양한 종류의 수자원을 활용하기 위한 선택적 취수 기술, 혼합(Blending)에 의한 최적 수처리 기술, 생산수의 목적별 맞춤형 수질조정 기술 등을 포함하고 있다.

3) 스마트 워터그리드의 핵심기술: 가용수자원 예측 및 물 부족 위험도 평가

가용수자원 예측 및 물 부족 위험도 평가는 해당 지역에 설치된 계측기와 센서로부터 실시간 데이터를 수집하고, 기상정보와 물 사용량 정보 등을 활용하여 단기 혹은 중장기적인 수자원 상황을 분석하고 예측하는 기술이다 (그림 4). 이를 통하여 지속가능하게 활용할 수 있는 수자원의 종류와 양을 산정할 수 있으므로 평상시와 비상시에 모두 안정적인 물 확보가 가능하게 한다.

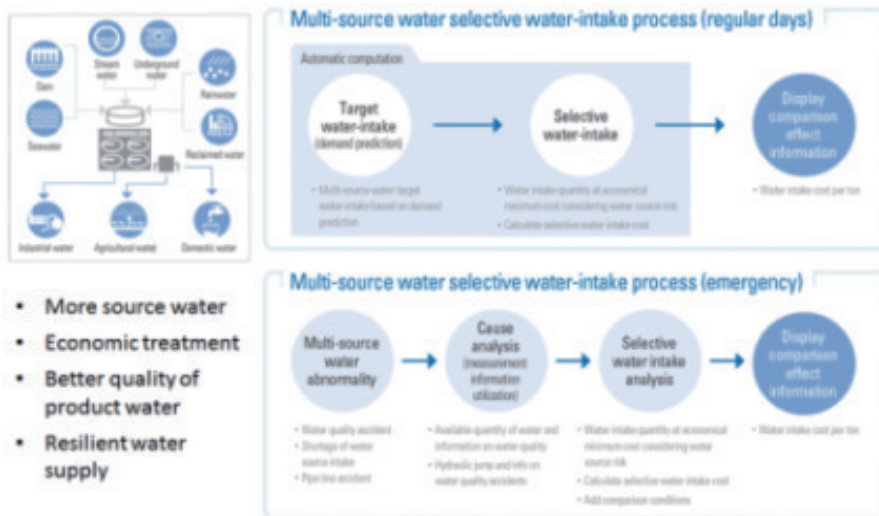


그림 3. 다중수원 활용기술 (자료: SWG 연구단)

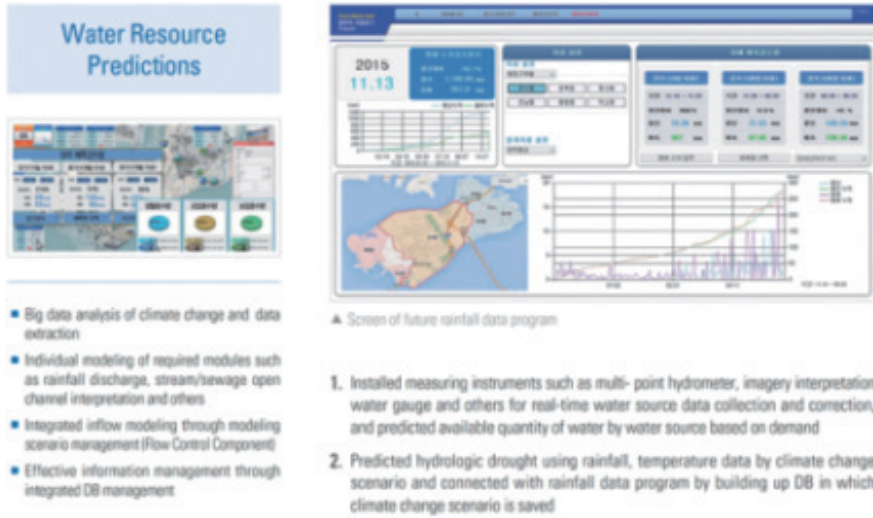


그림 4. 가용수자원 예측기술 (자료: SWG 연구단)

4) 스마트 워터그리드의 핵심기술: 지능형 물 공급 인프라

지능형 물 공급 인프라는 스마트 수도계량기 (Smart water meter)와 센서, 이를 위한 통신 네트워크, 물 정보 종합관리 시스템 등을 포함하는 것이다. 공급되는 물에 관련된 정보는 지능형 검침 인프라

(Advanced metering infrastructure, AMI)라고 하는 통신 시스템에 의하여 수집, 관리된다. AMI는 물 사용량을 시간 단위로 수집하고 전송할 수 있으며, 이를 활용하여 실시간 물 사용량, 물 사용패턴, 수도요금, 누수여부 등에 대한 정보를 얻을 수 있다 (그림 5).

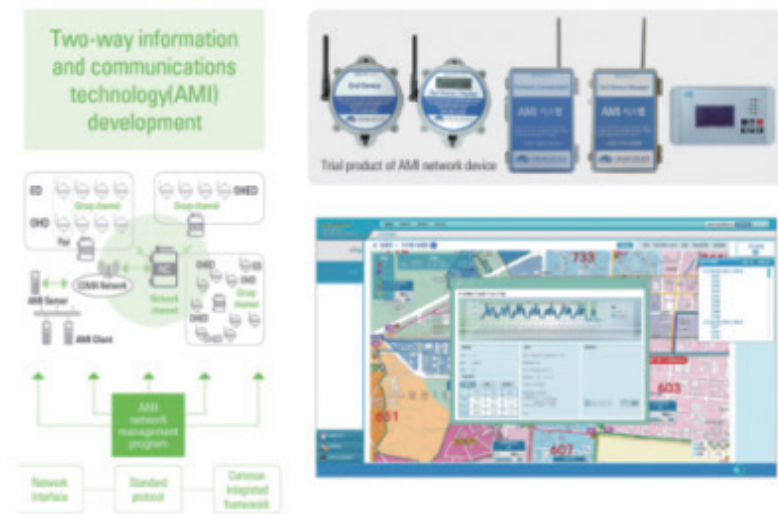


그림 5. 지능형 검침 인프라(AMI) 기술 (자료: SWG 연구단)

5) 기대효과

스마트 워터그리드가 기존의 방식보다 효율적인 물 관리가 가능한 이유는 수자원 확보와 물 수요의 정보를 실시간으로 수집하여 활용함으로써 최적화된 수요반응 (Demand-Response) 운영을 할 수 있기 때문이다. 즉, 수자원 확보량과 물 수요가 불균형을 이루는 경우 물 부족 문제가 발생하게 되는데 스마트 워터그리드에서는 이러한 문제가 발생하기 전에 실시간 정보와 예측자료를 바탕으로 사전대응을 할 수 있으므로, 물 부족의 위험도를 최소화할 수 있다. 또한 극단적인 가뭄발생이나 재난발생으로 인한 외부로부터의 물 공급 차단 등의 비상상황에 대해서도 자체적인 대응능력을 갖출 수 있으므로, 물 자족과 물 안보의 확보에도 높은 효과가 있는 것으로 기대되고 있다.

4. 향후 전망

스마트 도시 물 관리의 적용범위는 앞으로 계속 확대될 전망이다. IBM에서는 스마트 도시 물 관리가 도입되는 경우 ▷ 누수방지 및 사전대응 ▷ 물 관련 시설의 동적 에너지 최적화 ▷ 관련설비의 분산화 ▷ 생태계의 건전성 모니터링 ▷ 하.폐수의 자원화 ▷ 물의 재이용 활성화 ▷ 요금체계의 개선 등의 효과를 거둘 수 있는 것으로 전망하고 있다. 그 외에도 스마트 도시 물 관리는 물 효율 향상, 물 안보 구현, 물 복지의 실현을 통한 지속가능한 도시발전에 기여할 수 있는 핵심기술이다. 따라서 스마트 도시 물 관리는 향후 건설되는 스마트 시티의 필수적인 구성요소가 될 것으로 기대된다.

향후 스마트 도시 물 관리 기술은 다음과 같은 4 가지 방향으로 발전될 것으로 전망된다. ▷ 도시 수자원 관리 분야에서는 수자원 정보의 고도화를 위한 센서 네트워크 구축과 동시에 데이터 수집·분석 기술 및 물 부족 평가·예측모델의 개발이 진행될 것

으로 예상되며, ▷ 도시 물 공급 분야에서는 기존 수원 외에도 대체수자원 활용을 활성화하기 위한 시스템 구축과 물의 거래를 촉진하기 위한 플랫폼 기술이 개발될 것으로 예상된다. 또한 ▷ 도시 물 생산 에너지 절감 분야에서는 스마트 전력그리드와 연동하여 용수관리 시스템의 에너지 효율을 향상하는 기술의 개발이 추진될 것으로 전망되며, ▷ 지능형 검침 인프라 분야에서는 AMI를 통한 물 요금체계 지능화 및 누수방지 등이 사물인터넷(IoT)와 빅데이터 분석기술과 연계되어 추진될 것으로 예상된다.

또한 앞으로 도시 물 관리의 패러다임은 효율적인 물 공급, 도시 물 순환 건전화 및 도시 수재해 저감에 대한 통합적인 솔루션 제공이라고 판단된다. 따라서 기존에는 각자 개별적으로 관리되던 물 공급, 물 순환, 수재해 저감의 인프라를 통합하고 연계하기 위한 새로운 플랫폼의 개발이 요구될 것으로 예상된다. 이러한 도시 물 관리 인프라의 통합은 첨단 ICT의 융·복합과 이를 통한 초연결성(Hyper-connectivity)의 구현에 의하여 가능할 것으로 판단되며, 이를 위한 신개념의 스마트 물 관리 기술 개발이 향후에는 추진되어야 할 것으로 생각된다.

5. 결론

스마트 시티는 지속가능한 도시실현을 위한 필수적인 방안으로서 최근 주목받고 있으며, 전세계적으로 활발하게 사업이 진행되고 있다. 특히 이 중에서 도시 물 관리의 당면과제를 해결하기 위한 첨단 ICT를 기반으로 한 스마트 도시 물 관리 기술의 필요성과 중요성이 높아지고 있다. 스마트 도시 물 관리 기술 중 스마트 워터그리드 기술은 다중수원의 활용과 물 위기 사전대응, 물 공급의 지능화와 효율화에 의하여 도시에서의 물 문제를 해결할 수 있는 기술로서 주목받고 있다. 또한 스마트 워터그리드 기술을 통하여 우리나라가 강점을 가지고 있는 ICT를 물 관리에 성공적으로 적용함으로써 세계시장을 개척하

고 미래 먹거리를 창출할 수 있을 것으로 기대한다.

한편 앞으로는 도시에서의 물 공급뿐 아니라 물 순환의 건전화와 도시 수재해 피해경감을 위한 스마트 물 관리 기술이 필요할 것으로 전망된다. 따라서 도시 수자원 확보와 물 공급, 물 순환 관리, 수재해 예방을 통합적으로 실현할 수 있는 초연결 (Hyper-connected) 수자원 인프라의 구현이 요구된다고 판단된다. 이를 구현하기 위해서는 공학과 인문학, 건축, 예술 등 다양한 분야의 기술을 융·복합하고 현

재까지 개발된 수자원 분야와 ICT 기술을 연계·발전시키는 노력이 필요할 것이다.

감사의 글

본 연구는 국토교통부 물관리 고도화 연구개발사업의 연구비지원(과제번호 code 12-TI-C01)에 의해 수행되었습니다.



참고문헌

1. UN Population Division, World Urbanization Report Revision Highlights, 2014
2. 한상기, 스마트시티 도시별 추진현황, KISA Power Review, 2015,
3. <http://cities.media.mit.edu/about/cities>
4. Navigant Research, Smart Cities, 2014
5. F. Mizuki, K. Mikawa, H. Kurisu, Intelligent Water System for Smart Cities, Hitachi Review Vol. 61 (2012), No. 3 147
6. Sharon L Nunes, Smart Systems for Planetary Water Management, IBM,
7. The President's Council of Advisors on Science and Technology, Technology and the Future of Cities, US White House Report, 2016.
8. ISO/IEC JTC 1, Smart Cities, 2014.
9. 황중성, 차재필, 해외 Smart City 열풍과 시사점, 한국정보화진흥원, 2013.
10. 스마트워터그리드 연구단 4차년도 연차보고서, 2015
11. 이상호, 2010, IT 기반 미래 물 관리 기술, 2010 미래 지능형 물관리 심포지엄, 2010년 10월.
12. 김준하, 2010, 스마트 워터그리드, 2010 미래 지능형 물관리 심포지엄, 2010년 10월.
13. 이상호, 2010, 스마트 워터그리드와 충북산업 연계방안, 충북테크로파크 이슈페이퍼.
14. 김주환, 2012, 해외 SWG 소개 및 국내 적용방향, 2012 춘천 국제 물포럼
15. 한국헌, 2014, SWG에 대하여. 한국관개배수회지 제 54호.
16. 광주과학기술원, "Water Grid 지능화 기술 기획보고서", 국토교통부, 2012.
17. 염경택, 박미형, 이호선, 김아름, 2014, "Smart Water Grid 연구단 소개와 기술확산을 위한 추진전략", 물과 미래
18. 한국헌, 김영화, 2014, "신도시 수자원 연계 활용을 위한 지능형 수자원 확보 기술 개발" 물과 미래
19. 염경택, 이호선, 김아름, 홍은슬, 2014, "수자원관리의 새로운 패러다임, 스마트워터그리드", 정보와 통신.
20. 임정일, 김용운, 김형준, 손승원, 2014, "스마트 워터 그리드 기술개발 및 표준화 동향", 전자통신동향분석