

미래 수자원 전망을 고려한 스마트 워터 그리드 도입 방안

Methodologies for Incorporating Smart Water Grid into Water Resources Management Considering the Outlook for Future Water Resources

강민구*, 박성제**
Min Goo Kang, Sung Je Park

요 지

스마트 워터 그리드는 클라우드 컴퓨팅 기술을 자산 및 자원관리에 도입하여 정보 공유와 업무 효율을 향상시키면서 등장하기 시작하였으며, 기후변화의 영향으로 인해 심화되고 있는 물부족 문제를 해결하기 위해 수자원 관리의 지능화와 물이용의 효율성을 향상시키기 위해 필요한 기술이다. 본 연구에서는 스마트 워터 그리드를 효과적으로 국내 수자원관리에 도입하기 위한 방안을 미래 수자원 전망을 고려하여 제시하였다. 향후 사회-경제시스템 변화, 기후변화 영향, 수자원관리의 패러다임변화, 수요관리에 대한 이해관계자들의 참여 등을 고려할 경우 국내에서는 지능형 지역수자원관리, 지능형 지역수자원 확보, 물정보 서비스 제공, 지능형 농업수자원관리 등의 형태로 스마트 워터 그리드 기술이 도입될 수 있을 것으로 사료된다.

핵심용어: 스마트 워터 그리드, 미래 전망, 수요관리, 패러다임

1. 서 론

최근 국내 상수도 사용현황을 살펴보면, 전국적으로 상수도 보급률이 증가하고 있고, 절수기기의 보급, 중수도 및 우수의 재이용, 노후관 교체 등과 같은 수요관리로 인하여 1일 1인당 급수량이 감소하는 추세를 나타내고 있다. 보다 높은 유수율을 달성하기 위해서는 인력 및 장비의 효과적인 운영과 물절약을 통한 물관리 효율을 향상시켜야 하며, 물관리 및 물절약 정책에 주민들의 참여를 유도할 수 있는 유용한 물관리 정보들이 제공되어야 한다. 따라서, 첨단 정보통신기술을 이용한 모니터링기술, 수집된 정보의 분석 및 제공을 위한 웹기반의 전산화 물관리 기술, 정보수집 및 양방향 정보교환을 위한 네트워크 기술 등의 첨단기술들을 융합하고 이들을 통합운영할 수 있는 시스템이 필요하다. 특히, 상수도 이용자들의 절수의식을 고취시키고, SMS나 Email을 통하여 누수 정보를 전파하면 물절약량을 증가시킬 수 있으므로 시스템 개발시 이를 고려해야 한다.

위와 같은 방법으로 지능화된 수자원관리는 수자원이용의 효율성과 물자급을 향상시킬 수 있으며, 수자원의 공간적, 시간적 상태를 정확하게 파악할 수 있어 지역들 사이의 합리적인 수자원 배분을 도모할 수 있다. 이와 같은 효과들로 인하여 최근 ICT기술을 수자원관리에 융합시켜서 수자원망을 관리하는 스마트 워터 그리드에 대한 관심이 높아지고 있다. 본 연구의 목적은 스마트 워터 그리드를 효과적으로 국내 수자원관리에 도입하기 위한 방법을 제시하는 것이다. 이를 달성하기 위하여 스마트 워터 그리드의 등장배경과 도입사례를 고찰하였으며, 국내 수자원의 미래를 전망하여 국내 수자원 여건에 적합한 스마트 워터 그리드의 도입방안을 제시하였다.

* 정회원 · 미래자원연구원 연구위원 · E-mail : kmg1218@gmail.com

** 정회원 · 미래자원연구원 원장 · E-mail : psungje@gmail.com

2. 스마트 워터 그리드

2.1 개념

스마트 워터 그리드는 효율성이 낮고 자원의 재이용과 다양한 수원을 이용하기 어려운 기존 수자원망에 최신 ICT기술을 도입하여 수자원관리, 물공급, 물사용의 정보화와 지능화를 이루기 위한 기술이다(이강윤, 2011). 스마트 워터 그리드는 과거의 대규모 및 집중형 시설물에 의존하던 물공급 시스템의 지능화를 통하여 물부족을 해결하고 효율적인 수자원 배분을 달성하기 위하여 개발되고 있다. 특히, 물부족을 해결하기 위하여 도시 물관리에 저수지, 하천, 지하수, 빗물, 하수처리수, 해수 등과 같은 다양한 수원들의 활용이 필요하며, 분산된 수자원들을 효율적으로 통합관리하기 위하여 첨단 ICT 기술과 하수처리 및 해수담수화 기술이 필요하다(홍승관, 2011). 스마트 워터 그리드에서는 센서 네트워크를 이용하여 실시간으로 수자원 및 인프라의 상태를 모니터링하고 수집 및 가공된 정보를 관리자 및 이용자들에게 실시간으로 제공하며, 이를 통해 관리자는 양질의 용수를 효율적으로 공급할 수 있으며, 이용자들은 수집된 정보를 바탕으로 수요관리를 하여 물을 절약할 수 있다. 또한, 양방향 네트워크가 구축되면 산재되어 있는 수자원을 공급 및 수요의 관점에서 통합관리할 수 있으며, 수자원이 부족한 지역으로 용수를 공급하여 지역들 사이의 수자원 불균형을 해결할 수 있다.

2.2 등장 배경

가. 클라우드 컴퓨팅(Cloud Computing) 확산

클라우드 컴퓨팅이란 IT와 관련된 다양한 자원을 웹이라는 거대한 구름속에 넣어두고 인터넷에 연결되는 단말기로 사용자가 원하는 정보를 신속하게 제공할 수 있으며, 인터넷을 이용하여 작업을 수행하고 저장할 수 있게 하는 서비스이다. 클라우드 컴퓨팅을 이용하면 수집된 정보를 기반으로 하여 자동적으로 문제를 해결할 수 있는 시스템을 만들 수 있으며, 자산 및 자원관리에 공급자와 수요자가 양방향 네트워크를 형성하여 정보를 공유할 수 있어 보다 효율적으로 업무를 수행할 수 있다.

나. 지능형 검침 인프라(Advanced Metering Infrastructure, AMI) 보급

최근 RFID와 USN기술을 이용하여 도시생활을 편리하게 관리하는 U-City 개발이 활성화되고 있으며, 원격모니터링 응용 기술을 이용한 자동검침기술이 가스, 전력, 수도 등과 같은 에너지관리에 도입되고 있다. 특히, AMI를 이용하면 사용량에 대한 정보를 실시간으로 얻을 수 있으므로, 수도사업자는 수도요금산정과 누수탐지를 쉽게 할 수 있으며, 사용자는 물사용량을 절감할 수 있다.

다. 기후변화의 영향

전지구적인 기후변화의 영향으로 세계 곳곳에서는 극심하게 더운 날과 추운 날의 발생 빈도가 증가하고 있다. 또한, 가뭄과 홍수 피해가 빈번하게 발생하고 있으며 피해규모도 커지고 있다. 특히, 수자원 분야에서는 기후변화로 인하여 토양수분 손실량 증가 및 농업용수 부족, 하천유량 변동에 따른 수자원 개발 및 운영의 불확실성 증대, 가뭄 및 홍수 피해의 규모 증가 등이 예상된다. 특히, 빙하와 적설로 저장된 물의 양이 감소하고, 가뭄영향권이 확대됨에 따라 수 억 명이 물 스트레스에 노출될 것으로 예상되고 있다.

라. 글로벌 물산업 시장동향

인구증가와 중진국들의 산업화에 따라 물수요가 지속적으로 증가하고 있으며, 이에 따라 안정적

인 용수공급에 대한 관심이 높아지고 있다. 특히, 대도시에서 수자원은 기후변화로 인해 더욱 중요한 문제로 대두되고 있으며, 이를 해결하기 위하여 물재이용에 대한 관심이 높아지고 관련 산업들이 빠르게 성장할 것으로 전망되고 있다. 또한, SOC 분야의 정보를 디지털화하고 상호 연결하여 실시간으로 시스템의 상태를 평가하고 예측하여 최적으로 대응하는 스마트 SOC 사업에 대한 관심이 높아짐에 따라 물산업도 스마트화될 것으로 전망되고 있다.

2.3 도입 사례

호주는 가뭄으로 인한 피해를 만성적으로 겪고 있으며, 해안지역과 내륙지역의 수자원양적 차이가 크다. 이와 같은 문제들을 해결하기 위하여 수자원 그리드 개념을 도입하였다. 이 시스템은 수자원이 풍부한 지역과 수자원이 부족한 지역을 연결하기 위해 구축되었으며, 지역별로 산재한 시설들을 연결하여 수자원을 확보하고 지역특성에 맞는 수자원을 공급하고 있다. 싱가포르의 지형적인 특성 때문에 물부족이 발생하고 있으며, 물자급률이 낮다. 따라서, PUB(Public Utilities Board)에서 수자원을 통합관리하며, 다중수원을 최적으로 관리하기 위해 시스템을 구축하여 안정적인 수자원 확보를 도모하고 있다. 최근에는 IT기술을 도입한 상하수도 인프라와 양방향 네트워크 구축을 포함한 스마트 워터 그리드 사업을 추진하고 있다.

IBM은 철도, 가스, 상하수도, 전력, 건물 등과 같은 인프라를 통합관리하기 위하여 Smarter Planet Initiative를 수립하였다. 이 계획을 실현하기 위하여 정보시스템, 센서, 데이터 통합 및 분석 등과 관련된 기술들이 개발되고 있다. IBM은 2009년 미국의 아이오아주의 Dubuque시와 Smarter Sustainable City Partnership을 발표하였으며, 사업의 목표는 스마트 워터 미터를 이용하여 측정된 자료를 사용하여 물소비의 기준을 수립하고 시민들에게 물보존을 교육시켜 전체 물사용량을 저감하는 것이다. 이 사업에서 IBM은 웹기반 포털 솔루션을 구축하였으며, 클라우드 컴퓨팅 서비스를 통하여 실시간 모니터링과 자료간의 상호 연동이 가능하며, 센서를 통하여 수집된 자료를 통합관리하고 관리자와 수용가에 관련정보를 제공한다.

3. 국내 수자원 관련 전망

3.1 사회-경제시스템의 변화

국내 인구의 연령분포 변화는 출산율의 하락과 평균 수명의 증가에 따라 고령인구의 비율이 증가하는 형태로 변하고 있으며 고령화도 빠르게 진행되고 있다. 2050년에는 고령인구비율이 50%를 사회하여 초고령사회가 될 것으로 전망되고 있다. 또한, 미래에는 고학력 중심의 사회가 될 것으로 전망되고 있으며, 도시로의 인구유입이 계속적으로 증가할 것으로 예측되고 있다. 따라서, 이들을 고려한 도시관리가 중요한 문제로 대두될 것으로 예상된다. 따라서, 양극화 문제를 해결하고 균형발전을 이루기 위한 정책들이 수립되어 추진되고, 소득의 재분배와 효율적인 사회 안전망 구축이 필요하며, 국민 주거복지와 삶의 질의 향상에 대한 노력이 필요하다.

3.2 한반도의 기후변화

전지구적인 기후변화의 영향과 국지적인 기후변화에 의해 국내 농업분야에서는 수확량 감소가 예상되며, 수자원 및 환경 분야에서는 강우량 및 수문순환의 불확실성이 증가하여 수자원 개발과 운영에 많은 문제들이 발생할 것으로 예상된다. 자연재해가 빈번히 발생하고 피해규모가 커질 것이며, 하천 수질 및 생태계의 훼손 및 관리의 어려움이 발생할 것으로 예측되고 있다. 물산업 분야에서는 기후변화로 인한 하천의 유량변동이 커짐에 따라 생활 및 농업용수의 공급에 대한 불확실성이 증가할 것으로 전망되었다. 에너지 분야에서는 온난화에 따라 에너지의 침투수요가 증가하며, 건축 및 기반

설의 운영 및 관리 측면에서 많은 문제가 발생할 것으로 전망되고 있다.

3.3 수요관리에 대한 이해관계자들의 참여

과거에 개발된 수자원시설물의 용량은 미래의 수요량을 정확하게 예측하여 결정된 것이 아니므로, 도시화와 산업화로 인해 수요량이 증가하면 수요를 만족시키는 양을 공급할 수 없게 된다. 이를 해결하기 위한 비구조적인 방법들 중의 하나가 수요관리이다. 용수수요의 절감을 위해서 도입되고 있는 수요관리 방법으로는 수도요금 현실화, 절수기기의 보급, 노후관 교체, 중수도 보급, 빗물 이용시설과 하수 재이용시설 확충 등이 있다. 특히, 상수도 이용자들에게 상수도 사용 관련 정보를 인터넷을 통하여 제공하고 이를 직접 확인할 수 있도록 하여 이들의 절수의식을 고취시키는 정책들이 추진되고 있기 때문에 수요관리에 이해관계자들의 참여가 확대될 것으로 전망된다.

3.4 수자원 개발과 관리의 패러다임 변화

수자원장기종합계획에서는 지역적인 강우 편차와 수자원시설의 일부 지역 편중으로 인해 향후 수자원의 지역적 편차가 증가할 것으로 전망하고 있다. 수자원의 지역적 편중을 해결하기 위하여 최근까지 광역상수도를 건설하여 수자원이 부족한 지역에 용수를 공급하고 있다. 그러나 주민들과 지자체들은 수자원으로 부터 발생하는 편익을 다른 지역보다 많이, 저렴하게 누리기를 원하고 있다. 따라서, 하천의 상류와 하류, 지자체들 사이에 수자원 이용에 대한 사회적 갈등이 발생하고 있으며, 이의 해결을 위하여 체계적인 수자원 정책의 지속적인 추진, 여건변화를 반영한 수자원의 효율적인 운영, 친환경적인 중·소규모 댐 개발, 수자원의 효율적인 배분과 효과적인 관리 등이 필요하다.

4. 스마트 워터 그리드 국내 도입 방안

4.1 지능형 지역수자원관리

최근 들어 발생하는 이상기후로 인해 수문학적인 조건들이 변화하고 있으며 국내에서 주기적인 물부족이 발생하고 있다. 이에 효율적이고 합리적으로 대처하기 위해서는 해당 지역별로 수자원이 용 상태를 정확하게 조사하고 평가해야 하며, 용수수요와 공급이 합리적이고 체계적으로 이뤄져야 하고, 환경적인 변화에 시기적절하게 대처해야 한다. 또한, 물부족에 효과적으로 대응하기 위해서는 자원을 적재적소에 활용해야 하며, 이를 위해서는 실시간으로 시설물들을 제어하며, 가용한 자원을 관리할 수 있는 시스템이 필요하다. 따라서, 지역 수자원관리 실무자가 수자원 상태를 상시적으로 파악하여 물부족을 사전에 감지하고 진파하여 피해를 예방하고, 다중수원을 최적활용하여 물부족 피해를 저감하며, 대상 지역을 물부족 피해로부터 신속히 회복시킬 수 있는 대책을 효과적으로 실행시킬 수 있는 시스템을 구축하는 방향으로 스마트 워터 그리드가 도입될 수 있을 것으로 사료된다.

4.2 지능형 지역수자원 확보

기후변화와 이상기후로 인해 수자원확보의 불확실성이 높아짐에 따라 하수재이용 및 해수담수화에 대한 관심이 높아지고 있으며, 에너지 비용이 적게 소요되는 관련 기술들이 계속해서 개발되고 있다. 최근 각광을 받고 있는 하수재이용기술은 막생물반응조(MBR)공정이며, MBR 공정에 소요되는 에너지는 $0.8\sim 1.0\text{kW}/\text{m}^3$ 정도로 계속 저감되고 있다. 최근 역삼투(RO) 기술이 하수재이용공정에 도입되어 있으며, 이 기술로 높은 처리수 기준을 요구하는 생공용수로 하수를 처리할 수 있을 것으로 기대하고 있다(홍승관, 2011). 이들 기술들을 이용한 플랜트 시장 규모는 계속 증가하는 추세를 보이고 있다. 따라서, 지역에서 발생하는 하수, 지하수, 우수 등을 최적 조합하여 생

공용수로 활용하여 물부족을 해결할 필요가 있기때문에 스마트 워터 그리드를 도입하면 지역의 안정적인 수자원 확보와 수자원 이용의 효율성 향상에 기여할 수 있을 것으로 사료된다.

4.3 물정보 서비스 제공

국내에서는 유량계 자동검침 중계기를 이용한 상수도 관리시스템이나 상수도 원격검침 RF 단말기 등이 보급되고 있다. 이와 같은 기술은 도시의 모든 유량계를 원격지에서 자동검침하고 이를 통합관리하는 것이며, 상수도 관리자의 업무 편의를 도모하기 위한 것이다. 스마트 워터 그리드를 구현하기 위해서는 수용가의 수도설비에 첨단 ICT 기술을 접목한 센서를 설치하고 실시간으로 상수도 상태에 관련된 정보를 수집하여 수용가에 제공하는 시스템이 필요하다. 이 시스템에서는 다양한 센서를 통해서 수집된 정보를 인터넷과 모바일폰을 통하여 수용가에 전달한다(홍요훈 등, 2010). 특히, 용수사용량 정보와 누수발생정보는 사용자들의 용수절약 의식 고취와 수요관리에 참여를 유도할 수 있다.

4.4 지능형 농업수자원관리

전국의 농업용수로는 노후화가 심한 상태이며, 이로 인해 누수 및 관리 손실량이 과다하게 발생하고 있다. 또한, 농촌의 인력 부족과 농업용수 사용 및 관리에 대한 농민들의 인식 부족은 농업수자원의 효율적 이용을 저해하고 있다. 이와 같은 문제들을 해결하기 위해서는 인력 및 장비의 효과적인 운영과 물절약을 통한 물관리 효율의 향상이 필요하며, 농민들의 관개지구 물관리에 참여를 유도할 수 있는 유용한 물관리 정보들이 제공되어야 한다. 이를 위해서는 첨단 정보통신기술(PDA, GPS, RFID/USN 등)을 이용한 모니터링기술, 수집된 정보의 분석, 예측, 제공을 위한 웹기반의 전산화 물관리 기술, 정보수집 및 양방향 정보교환을 위한 네트워크 기술 등을 융합하고 이들을 통합운영할 수 있는 시스템이 필요하다. 따라서, 스마트 워터 그리드 기술은 국내 농업수리시설물 관리에 활용이 가능하며, 농업수자원 절약과 재해예방, 농업인과 지역민에게 양질의 용수 정보를 제공하는 방향으로 도입될 것으로 사료된다.

5. 요약 및 결론

수자원 이용의 효율성 향상과 합리적인 물분배를 위해서는 지능형 수자원 관리가 필요하며, 이를 위해서는 국내 수자원 관리에 스마트 워터 그리드의 효과적인 도입이 필요하다. 이를 위하여 본 연구에서는 스마트 워터 그리드의 개념 및 등장 배경, 적용사례 등을 고찰하였으며, 국내 수자원 관련 여건들의 변화를 전망하였다. 국내에서는 향후 사회-경제시스템 변화, 기후변화 영향, 수자원관리의 패러다임변화, 수요관리에 대한 이해관계자들의 참여 등을 고려할 경우 지능형 지역수자원관리, 지능형 지역수자원 확보, 물정보 서비스 제공, 지능형 농업수자원관리 등의 형태로 스마트 워터 그리드 기술이 도입될 수 있을 것으로 판단된다. 향후 기후변화로 인한 물부족 피해를 저감하기 위해서는 대상 시스템의 문제를 정확하게 진단하고 향후 전망을 고려하여 대상 시스템에 적합한 스마트 워터 그리드의 도입이 필요할 것으로 사료된다.

참 고 문 헌

1. 이강운 (2011). 미래 지능형 물관리 시스템 ‘스마트 워터 그리드’, 워터저널 제79호.
2. 홍승관 (2011). 미래 능동형 수자원 확보 기술, 한국수자원학회지, 제44권, 제8호, pp. 14-18.
3. 홍요훈, 송승준, 고경록 (2010). 지능형 홈 스마트 워터 그리드 서비스 기술, 한국수자원학회지, 제43권, 제12호, pp. 79-91.