

스마트 워터 그리드(Smart Water Grid) 맞춤형 저전력 원격검침 시스템



주 진 철 |
한국건설기술연구원 수석연구원
jcjoo@kict.re.kr



정 진 홍 |
한국건설기술연구원 전임연구원
jinhong98@kict.re.kr



권 재 형 |
한국건설기술연구원 연구원
jhwon@kict.re.kr



김 지 영 |
한국건설기술연구원 연구원
jyk@kict.re.kr



오 현 제 |
한국건설기술연구원 연구위원
hjoh@kict.re.kr

1. 서론

최근들어 노후화된 용수관리 인프라의 효율적 유지관리 및 비용손실을 최소화하고, 기후변화에 적극 대처할 능동형 수자원의 확보 및 활용을 위해 기존의 용수 생산·공급망에 정보통신기술(Information & Communication Technologies, ICT)을 접목하여 용수관리의 신뢰성, 효율성, 안전성을 향상시키기 위한 다양한 연구와 현장 적용이 전세계적으로 진행되고 있다(Loeff and Fox 2010, IBM 2011).

즉, 기존의 용수관리 인프라 및 시스템의 한계점(예, 수요·공급의 불균형, 인프라의 가동효율 저하, 누수로 인한 손실발생 및 환경오염, 생산·수송 시 에너지의 과다 소모, 용처와 무관한 과다처리로 인한 손실발생, 능동형 수자원 확보의 비용이성 등)을 극복하고 수자원 관리, 용수의 생산·공급·소비, 하·폐수의 처리 및 재이용 등 용수관리 전 분야에 걸쳐 양방향·실시간으로 용수 정보를 감시·대응하여 용수관리와 에너지 효율을 최적화한 스마트 워터 그리드(smart water grid)의 핵심기술(예, ICT, Automation & Control, Sensor & Metering Systems, Simulation & Prediction)이 현재 미국, 호주, 싱가포르, 유럽 등의 국가를 중심으로 연구·개발되고 있다(Loeff and Fox 2010, 김준하 2011, 이상호 2011).

특히 미국의 스마트 워터 그리드는 지능형 검침

인프라(Advanced Metering Infrastructure, AMI), 스마트 그리드를 활용한 용수관리시설의 에너지 사용 최적화, 수자원·수질관리를 위한 센서 네트워크, 국가 단위의 효율적 수자원 관리 시스템 등 크게 4가지 방향으로 진행되고 있으며, 이 중 AMI의 현장 적용을 통해 1조 3천 갤런의 용수 절약과 연간 200만 MWh 전력 절감, 1,400만 톤의 온실가스 배출 저감 효과를 얻은 것으로 보고되고 있다(이강운 2011). 국내에서도 이미 서울시와 수자원공사, 일부 지자체를 중심으로 수도계량 원격 검침(Automatic Meter Reading, AMR)에 대해 시범 운영하거나 최근 건설되고 있는 신축 아파트 단지, 신도시에는 전기, 수도, 가스, 온수 데이터를 동시에 원격적으로 통합검침할 수 있는 원격검침 시스템의 도입이 활발히 검토되고 있다(한국상하수도협회 2009). 따라서 본 고에서는 스마트 워터 그리드 맞춤형 저전력 원격검침 시스템의 국내의 기술 개발 동향과 미래 발전 방향에 대해 간략히 기술하였다.

2. 본 론

원격검침 시스템은 부재 중 수용가의 지속적 증가에 따른 검침업무의 난해함을 해소하고, 검침 누락 예방 및 고지업무의 투명성을 확보할 수 있으며, 용수 사용의 실시간 고지 및 분석을 통해 누수 탐지가 가능하므로 용수 사용 절약을 유도할 수 있으며, 용수 수요정보를 양방향·실시간으로 감시·대응하여 용수관리시스템의 효율적 운영관리를 가능하게 한다.

2.1 상수도 원격검침 시스템 구성

일반적인 원격검침 시스템의 구성은 디지털 수도계량기(water meter), 센서(유량, 수질, 온도 등)를 통해 검출된 데이터를 수집기로 전송해 주는 검



그림 1. 원격검침 시스템의 구성도

침단말기(meter interface unit, MIU), 검침단말기의 데이터를 전송하는 유·무선 통신망, 전송된 데이터를 일정구역 단위로 저장하고 검침서버로 전송해 주는 수집기(data concentration unit, DCU), 정보처리 장치 및 검침된 데이터를 수집하고 관리하는 검침서버(server)로 구성된다(그림 1). 수집된 데이터를 수집기로 전송하는 방식은 유선방식(예, 전력선 통신, 인터넷 네트워크, 전화선, 케이블 TV 망 등), 무선방식(예, RF, Binary CDMA, Zigbee, bluetooth 등), 장거리 무선방식(예, CDMA, SMS paging network, 위성통신 등)으로 구분할 수 있다(한국상하수도협회 2009).

수도계량기는 지시부의 구조에 따라 습식, 건식, 전자식 계량기로 분류할 수 있으며, 습식계량기는 눈금판을 포함한 계량기 전체에 물이 차있어 원격 검침을 적용하는데 부적합한 반면, 건식 및 전자식 계량기는 눈금판 및 기어박스에 물의 유입이 차단되어 유량데이터를 디지털로 전환하거나 이미 디지털로 전환된 유량데이터를 검침단말기에 전송할 수 있다(이영우, 오승엽, 2008).

수도계량기의 검출방식은 리드스위치(reed switch)방식, 자기저항(magneto-resistance)방식, 3개의 자계코일(cyble)을 활용한 방식 등으로 구분할 수 있다. 일반적으로 리드스위치 방식이 비교적 검침데이터의 신뢰성이 낮고 내구성 문제가 발생하는 반면, 자기저항방식과 자계코일 방식은 검침데이터의 신뢰성이 높고 안정적인 검침데이터를 확보할 수 있다(한국상하수도협회 2009).

검침단말기에서 수집기로의 데이터 전송은 유·무선 방식으로 채택할 수 있으며, 현장여건과 통신 환경, 전력공급과 전력소모량 등을 종합 고려하여

경제적으로 타당하고 안정적인 방식을 선정해야 한다(선용주 외 2008).

2.2 국내 원격수도 검침기 개발 현황 및 도입 사례

국내의 원격수도 검침 시설은 2002년부터 서울시와 일부 지자체를 중심으로 도입되었으며, 초기에는 카메라를 활용한 촬상(image reading)방식을 도입 하여 기존의 습식미터의 지침 영상을 숫자로 변환 시 오류가 발생하거나 이미지 전송실패 등을 경험하였다. 이후 많은 디지털 수도계량기 제작사에서 다양한 원격수도 검침시스템을 개발 및 개량하여 현장에 적용하였다. 일반적으로 대부분의

표 1. 디지털 수도계량기 제작사별 수도계량기 및 검침 단말기 특성 (한국상하수도협회 2009)

구분	A사	B사	C사	D사	E사
수도 계량기 종류	건식	건식	전자식	건식	건식
유량센싱 방식	펄스방식 (리드스위치)		자기저항방식 (MR센서)	펄스방식 (리드스위치)	사이클방식 (리드스위치)
계량기와 검침단말기 연결형태	일체형		리드선		
검침단말기 설치위치	계량기 보호통 내부		계량기 보호통 외부 (외벽에 부착)	계량기 보호통 내부	
검침단말기 주파수	424 MHz			2.4 GHz (Zigbee)	

표 2. 디지털 수도계량기 제작사별 통신방식 비교(한국상하수도협회 2009)

구분	통신 경로 및 방식
A사	디지털 계량기-무선단말기-424 MHz (10mW)-리피터-수집기-800 MHz (CDMA 방식)-이동통신사 교환망-인터넷망(TCP/IP)-수신서버
B사	디지털 계량기-무선단말기-424 MHz (10mW)-리피터-수집기-1.8 GHz (CDMA 방식)-이동통신사 교환망-인터넷망(TCP/IP)-수신서버
C사	디지털 계량기-무선단말기-424 MHz (10mW)-리피터-수집기-800 MHz (CDMA 방식)-이동통신사 교환망-인터넷망(TCP/IP)-수신서버
D사	디지털 계량기-무선단말기-2.4 GHz (Zigbee)-리피터-수집기-800 MHz (CDMA 방식)-이동통신사 교환망-인터넷망(TCP/IP)-수신서버
E사	디지털 계량기-무선단말기-2.4 GHz (Zigbee)-리피터-수집기-800 MHz (CDMA 방식)-이동통신사 교환망-인터넷망(TCP/IP)-수신서버

제작사는 리드스위치(reed switch) 방식의 건식 디지털 수도계량기를 활용해 검출한 데이터를 RF(424 MHz, 10 mW)와 Zigbee 무선통신(1.8 GHz, 23 mW) 방식을 활용해 수집기로 전송 후 CDMA 방식 또는 PCS 방식을 통해 검침서버로 전송하는 시스템을 채택하고 있다 (표 1, 표 2).

2.3 해외 원격수도 검침기 개발 현황 및 도입 사례

국외의 원격수도 검침 시설은 상수도 무인운영, 자동화와 함께 객관적이고 정확한 검침과 통계분석을 위해 1970년대부터 수도분야 및 가스, 전력분야에 원격검침 시스템을 도입하였다. 또한, 최근에 시장조사 전문기관인 Scott Report & IMS Research(2010)의 보고서에 따르면, 북미지역 내 원격검침 시스템이 탑재된 디지털 계량기는 1억 6,500만개가 구축되어 있고 이중 원격검침 용 수도계량기는 4,400만개가 구축된 것으로 추정하고 있다.

국외(북미지역 중심)의 주요 디지털 수도계량기 주요 제작사는 Neptune, Badger, Itron, Sensus, Aclara, Master, Datamatic, Elster이며, 시장 점유율은 <그림 2>에 제시되었다. 이중 Neptune사에서는 양방향 통신방식으로 RF통신(450 MHz)을 활용해 시간 동기화(time-

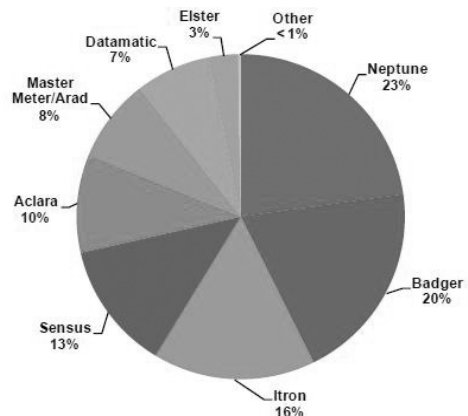


그림 2. AMR/AMI vendor market share at North America (2009) (Loeff and Fox 2010)




		
<p>(a) Badger E-series Model E-25</p>	<p>(b) Badger Recordall® Reclaimed Disc and Turbo Series Meters</p>	<p>(c) Badger Meter's In-Home Water-Consumption Display</p>

그림 3. Water meters from Badger and its in-Home water-consumption display (<http://www.badgermeter.com/Water/Water-Meters>)

synchronized) 방식으로 검침된 데이터를 수집하고 관리할 수 있는 장점을 가지고 있으며 캐나다 Toronto시에 465,000여개의 디지털 수도계량기를 설치해 원격수도 검침시스템을 구축하였다. 또한, Badger사는 가정용 및 상업용 디지털 수도계량기를 생산해 왔으며, 최근에는 중수용 디지털 수도계량기 생산을 통해 하수재이용 및 우수 등의 능

동형 수자원확보 시에도 원격검침 시스템을 적용할 수 있게 되었다(그림 3). 특히 Badger사는 Orion과 Galaxy라는 원격검침 통합관리시스템을 구축하여 단순한 수도계량 원격검침(Automatic Meter Reading, AMR)에서 지능형 검침 인프라(Advanced Metering Infrastructure, AMI)로 진화할 수 있었으며, IBM의 통합자산관리시스템인 maximo와 연동함으로써 수자원 관리, 용수의 생산·공급·소비, 하·폐수의 처리 및 재이용 등 용수관리 전 분야에 걸쳐 양방향·실시간으로 용수관리 정보를 감시·대응할 수 있는 시스템을 구축하였다(그림 4).

IBM은 최근에 미국 Iowa주의 Dubuque시에 클라우드 컴퓨팅을 활용한 지능형 검침 인프라 시스템을 파일럿 규모로 구축하였다. Neptune사의 R900 디지털 수도계량기를 설치하고 용수의 공급·소비 데이터를 900 MHz 무선 통신망을 활용하여 송신 후 이를 클라우드 컴퓨팅 기반으로 저장·분석 후 웹포탈에 용수 소비량과 가격 등을 실시간

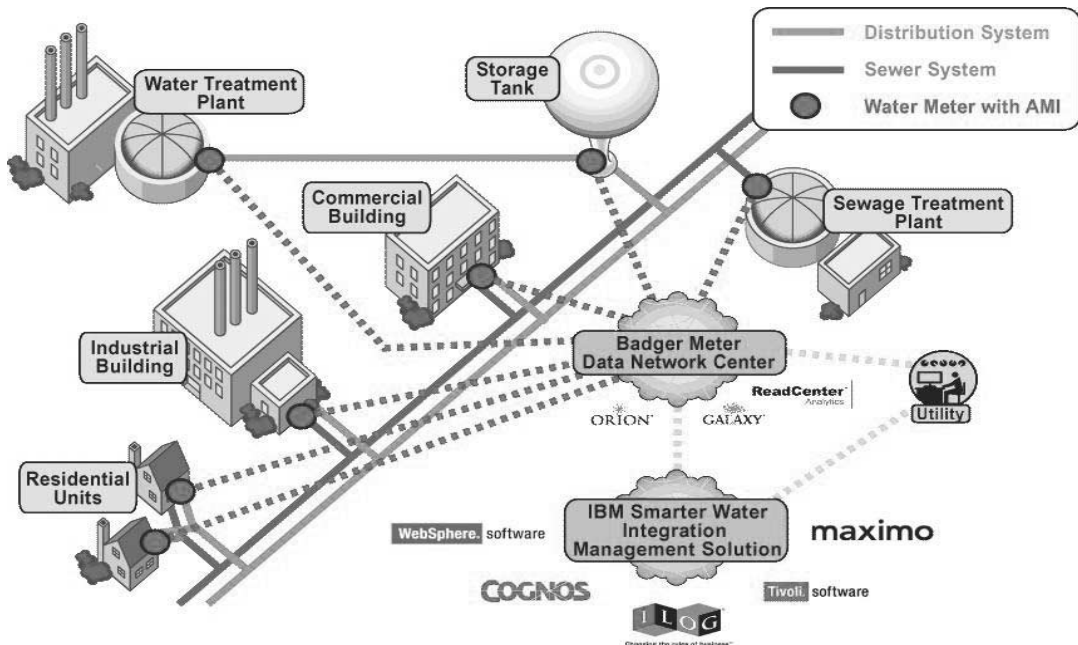


그림 4. Advanced Water Meter Management Solutions with Badger and IBM (<http://www.badgermeter.com/Splash-Pages/IBM-Smarter-Water.aspx>)

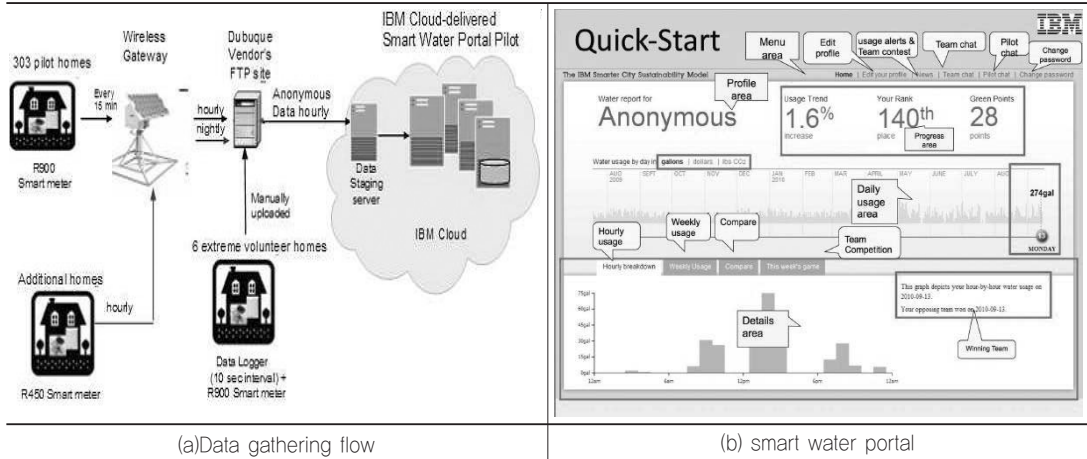


그림 5. Advanced Metering Infrastructure for Dubuque (USA) (IBM 2011)

으로 고지할 수 있었다. 참가가구의 용수 소비량을 분석한 결과, 웹포탈 접속자의 79% 정도의 용수 소비량을 감소시키고 용수 소비 패턴을 변화시켰으며 누수가 발생 및 예측 되는 곳을 감지·대응함으로써 9주 동안 약 89,090 갤런의 용수를 절감할 수 있었다(IBM 2011).

3. 결론 및 미래 발전 방향

초기 원격검침 시스템은 실험실 규모 및 일부 파일럿 규모로 시도되었으며, 최근에도 일부 시범사업 등을 통해서 장·단점 및 경제적 타당성 등을 검토 하였으나, 유비쿼터스 환경에 대한 수요 증대, 시민 생활수준의 향상, 국내 IT기술의 선진화, 전자소자 및 네트워크 시스템의 발전 등으로 전기, 가스, 수도, 온수 등의 통합 원격검침 시스템에 대한 수요가 증가하고 있는 실정이다. 따라서, 신도시 구축 및 도시 재생 사업 시 스마트 워터 그리드 맞춤형 저전력 원격검침 시스템의 도입은 향후 확대될

것으로 예상된다.

향후 저전력 원격검침 시스템의 발전방향은 계절별로 온도차가 큰 우리나라 기후 특성에 맞게 하절기 침수 및 동절기 동파를 예방하여 데이터의 수신율이 저하되지 않도록 디지털 수도계량기 보호통을 개선하고 전자통신 부품의 내구성을 개선해야 할 것이다. 또한, 배터리 소모로 인해 교체 및 유지관리가 발생하지 않도록 저전력 센싱 및 network 방식의 획기적인 개선이 요구된다. 디지털 수도 계량기에 수질센서를 추가하여 수질정보를 제공하여 능동형 수자원을 다양한 용처에 활용할 수 있으리라 판단된다. 마지막으로 상수도 원격검침 시스템은 디지털 계량기, 무선 단말기, 리피터, 수집기, 검침 서버 등이 종합적으로 구성되는 통합관리 시스템이므로 각 구성부 및 통신규격에 대한 표준화작업이 선행되어야 하며, 용수 소비량과 수질 정보, 요금고지 이외에도 다양한 부가서비스(누수경보, 동파·침수경보, 탄소포인트 적용서비스 등)를 병행 시 수자원의 효율적 활용 및 에너지 효율을 최적화한 스마트 도시의 건설이 가능할 것으로 판단된다. ☞

참고문헌

1. 김준하, 호주와 싱가포르의 사례에서 본 국내 스마트워터그리드 발전방향, 물과미래, 44(8), 19-24, 2011
2. 선용주, 이호응, 박수진, 박현주, IEEE 802.15.4 Protocol 기반 원격 수도검침 System, 한국HCI학회 학술대회 1부, 2008
3. 이강윤, 지능형 물관리 '스마트 워터 그리드', 워터저널, 2011년 2월호
4. 이상호, 스마트 워터그리드와 스마트 파워그리드의 비교, 물과미래, 44(8), 25-30, 2011
5. 이영우, 오승엽, 원격검침을 위한 저전력 무선 디지털 수도계량기, 한국해양정보통신학회논문지, 12(5), 963-970, 2008
6. 한국상하수도협회, 수도사용량 원격검침 도입현황 및 타당성 조사 연구보고서, 2009.
7. IBM, IBM Research, Smart Water Pilot Study Report (City of Dubuque, Iowa), 2011
8. Loeff, B. and Fox, J., Smart Water Meters. Advanced Metering Infrastructure for Water Utilities : Market Drivers, Technology Issues, Deployment Case Studies, Key Industry Players, and Market Forecasts. PikeResearch, 2010
9. Scott Report and IMS Research, The World Market for Electricity, Gas and Water Meters, 2010