

# ICT 기반 AMI 네트워크 구축 및 물정보 서비스 개발



최 석 준 ▶▶▶

(주)레오테크 대표이사  
csj@leotek.co.kr



윤 근 호 ▶▶▶

스마트워터그리드 사무국 연구원  
topgnho@naver.com

가 땅 속으로 버려지고 있는 실정이다(심병섭, 2011).

최근 들어 미국, 호주, 싱가포르, 유럽 등의 국가를 중심으로 노후화된 용수관리 인프라를 경제적이고 효율적으로 관리하고, 기후변화에 적극 대처하여 지속적이고 안정적인 용수 공급을 위해 기존의 용수 생산·공급망에 정보통신기술을 접목한 지능형 물관리, 즉 '스마트 워터 그리드(Smart Water Grid, SWG)'의 연구·개발·구축에 국가적 역량을 집중하고 있다. 국내에서도 수자원 관리의 한계를 극복하기 위해 첨단 정보통신기술(ICT: Information Communication Technology)을 이용하는 고효율의 차세대 인프라 시스템의 요구가 증가하고 있으며 수자원을 효율적으로 배분, 관리, 운송하여 불균형을 해소하고자 스마트 워터 그리드(Smart Water Grid)의 개발이 진행 중이다(Smart Water Grid Research Group, 2013).

ICT 기술은 융합이라는 기치아래 여러 산업 분야에서 많은 시너지를 나타내고 있다. 특히 물 산업에서의 ICT 기술의 융합은 물의 생산과 처리 효율성 향상, 비용 및 에너지 절감, 시설의 체계적이고 예방적인 관리, 수자원의 관리 및 지역간 불균형 해소 및 물 안보 확보 등 다양한 스마트 워터 그리드에서 요구하는 기술을 실현 할 수 있도록 수자원의 확보와 수송, 활용 등에 대한 모니터링과 분석, 물 관련정보의 관리 및 이를 효율적으로 활용하기 위한 지식기반 시스템, 복잡한 시스템의 효율

## 1. 서론

수자원은 인간 생활의 필수적 기초 자원일 뿐만 아니라 인간의 생존에 있어서 없어서는 안 될 중요한 자원이다. 도시지역의 인구증가는 기반시설의 확충 속도보다 더 크게 증가되고 있으며, 이러한 도시화, 산업화, 기후변화, 도시 내 물 관리 시스템 등의 문제점에 대해 세계인이 함께 대책과 노력을 강구하고 있고 우리나라도 예외는 아니다. 현재의 수도권은 급속한 도시화에 따른 인구 과밀화 및 시설 투자 증가 등으로 인해 수자원 부족이 증가되고 있는 상황이며, 기존 구 도심지 상수도망 및 수용가 배관 노후화로 인한 각종 오염 및 누수 등의 문제가 급격히 발생하고 있다. 수도권의 유수율 평균은 86.58%로써, 전체 수도권 상수도 생산량 중 8.4% (102,597천톤, 56,838백만원 가량)

적인 운영 기술 등의 핵심기술로 연구 개발되고 있다(이상호, 2011).

따라서 본 고에서는 스마트 워터 그리드에 적합한 환경 적응형, 고신뢰성 유·무선 네트워크 기술과 물 정보 전송을 위한 AMI(Advanced Metering Infrastructure) 시스템, 표준화된 모델을 제시하기 위한 ICT 기반 AMI 네트워크 구축 및 물정보 서비스 개발에 대하여 연구 내용 및 핵심성과에 대하여 소개한다.

## 2. 연구내용 및 방법

### 2-1. AMI 네트워크 개발

물정보 서비스의 근간이 되는 데이터 수집을 위한 AMI 네트워크 인프라 개발은 양방향 고속 대용량의 수용가를 수용하는 AMI 시스템으로 정의된다. 본 연구에서는 스마트 워터 그리드에 적합한 환경 적응형, 고신뢰성 유·무선 네트워크 기술과 개별 소비자 및물관리 공공기관의 정보 보호를 위

한 최적 보안 기술 개발을 통해 물 정보 전송을 위한 SWG 전용 AMI 시스템을 목표로 하고 있다.

스마트 워터 그리드에 적합한 환경 적응형 AMI 네트워크의 구성을 위하여 크게 도시형과 농촌형의 모델을 구성할 수 있다. 이러한 도시형과 농촌형의 차이는 AMI 네트워크 설계에 있어서 수용가 수가 도시형의 경우 경제성 있는 네트워크 구성을 위하여 가능한 많은 데이터를 수집 할 수 있는 네트워크를 설계해야 한다. 그러나 농촌형의 AMI 네트워크의 구성은 수용가가 많지 않기 때문에 면적에 비하여 수집되는 데이터의 개수가 작기 때문에 멀티홉을 이용하여 데이터 수집을 해야만 경제성 있는 네트워크를 설계할 수 있다.

도시형의 네트워크는 기존 도시에 구축되어진 ICT 인프라를 활용하여 WiFi 또는 전용선을 활용하여 데이터를 수집할 수 있도록 고려되어야 한다. 그러나 농촌형 네트워크의 경우 그 계속되어지는 센서의 분포가 독립적으로 위치하거나 소규모로 설치되기 때문에 네트워크 구성에 있어서도 ICT 인프라를 활용하기에 어려움이 있기 이동통신망을 활용하여 네트워크 구성을 고려해야 한다.

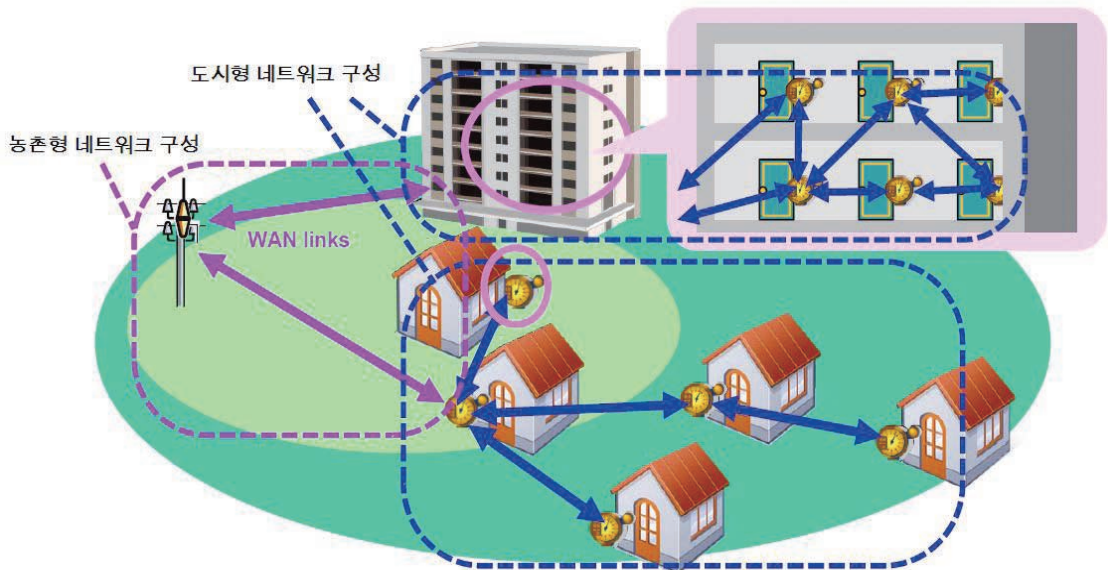


그림 1. 환경 적응형 AMI 네트워크 구성

## 2-2. AMI 네트워크 구성을 위한 무선 시스템 개발

기존 무선 네트워크 구성을 위하여 크게 424MHz 대역 및 2.4GHz의 대역의 주파수를 대표적으로 사용되고 있다. 대다수의 현존하는 AMI 시스템은 전력소모를 최소화하기 위하여 전역동기화(Global Synchronization)를 기반으로 고정된 시간에 통신을 수행하며, 수차례의 재전송을 통해 최종 수집된 데이터를 집중기가 동일채널(Co-Channel)에서 중앙 센터로 전송된다. 이러한 424MHz 및 2.4GHz 기반의 기존의 무선 시스템은 무엇보다 주파수의 특성상 다양한 간섭 등의 환경적인 제약을 극복하기가 어렵다. 더욱이 대다수의 현존하는 네트워크는 단방향 통신에 의존하기 때문에 다양한 서비스의 확장이 불가능하며, 에러 및 장애상황의 빠른 감지 및 대처가 어렵다. 또한, 에너지 효율적인 데이터 수집을 위하여 전역동기화 기반의 고정된 시간에서의 데이터 전송방식은 클럭 드리프트(Clock drift)에 의한 에러 발생이 쉽고 이러한 에러 상황은 다른 노드들에게 영향을 미치기 쉽다. 또한 데이터 수집시간이 조밀한 TDMA 기반에 의존하기 때문에 데이터 수집이 실패

하였을 시 수집 시간이 상대적으로 길어지며, 전력관리가 효율적으로 수행되지 못한다.

이러한 문제를 해결하기 위하여 본 연구에서는 Sub-GHz 대역의 비면허 주파수를 사용하여 열악한 전파환경에서도 높은 링크 마진과 Scalable한 전송속도를 제공하는 무선 전송기술인 IEEE 802.15.4g SUN (Smart Utility Network) 기술을 적용하여 데이터 전송 속도 50-200Kbps를 전송할 수 있고, 1Km정도의 서비스 반경을 제공할 수 있는 스마트 유틸리티 네트워크 전용 무선 전송 시스템을 개발한다(최상성 등, 2011). 또한 스마트 유틸리티 네트워크용 MAC 개발을 통해 고신뢰성, 저지연성, 저전력성의 구현과 더불어 메쉬 네트워크 구성 및 멀티홉 라우팅 기능을 지원할 뿐만 아니라 다양한 서비스를 제공할 수 있다.

## 3. 핵심 연구 성과

### 3-1. 다중 채널 클러스터 기반의 SWG 전용 AMI 시스템 개발

AMI 네트워크는 센서 및 계량기부터 데이터를

표 1. AMI 네트워크 구성을 위한 무선 시스템 개발 방향

구분	기존 시스템		개발시스템	
	한계 및 문제점	현재수준	해결방안	목표
424MHz 기반	낮은 전송율	1200bps	RF (900MHz)을 통한 전송율 향상	200kbps
	효율적인 MAC 및 상위 네트워크 프로토콜의 부재	App에서 직접제어	IEEE802.15.4와 15.4e 프로토콜 개발 및 계층적인 프로토콜 개발을 통한 효율적인 서비스 지원	IEEE802.15.4 표준 기반 프로토콜 탑재
2.4GHz 기반	동 주파수대의 간섭 및 충돌의 문제	예측 불가능한 어려움 증가	회절성이 우수하며, 건물 투과율이 좋아 무선 환경에 강인하면서도 비교적 높은 전송율을 지원하는 900MHz 대역의 무선 시스템의 개발	통신에러율 최소화를 통한 안정적 통신보장
424MHz 및 2.4GHz 기반	낮은 전송율 또는 에러율의 증가로 인한 통신점유시간의 확대	소비전력증가로 인한 배터리수명 단축	저전력 설계를 바탕으로 한 저전력 시스템 개발 및 최적화된 Duty Cycle 보장을 통한 저전력 MAC 및 통신 프로토콜 개발	저전력 시스템 및 저전력 통신 프로토콜을 통한 배터리 수명연장
	단방향 통신 시스템	다양한 서비스 확장의 어려움	사용자의 요구를 수용한 다양한 Feedback 및 부가서비스 지원	양방향 원격검침 시스템 개발

수집하는 SMD(Smart Meter Device), 데이터를 외부에서 확인할 수 있도록 옥외에 설치되는 OMD(Out Meter Display), 각각의 SMD와 OMD를 관리하는 CDA(Clustered Data Aggregator), 이동통신 망을 이용하여 검침된 데이터를 서버로 전송하는 NC(Network Coordinator) 구성된다. AMI 검침 시스템은 1대의 NC, 설치 지역의 환경에 맞춰서 1대에서 최대 10대의 CDA를 설치하여 한 대의 CDA로부터 최대 100개의 센서 및 계량기로부터 데이터를 수집할 수 있기 때문에 1개의 NC는 최대 1000대의 센서 및 계량기 데이터를 수집할 수 있기 때문에 유지비용을 효과적으로 줄일 수 있다.

그림 2에서와 같이 각 지역을 직접 관리하는 NC는 CDMA 또는 전용선을 통해 TCP/IP망으로 사업자의 서버와 연결된다. 서버는 각 지역의 NC로 스케줄에 의한 데이터 수집을 요청하고, 다수의 NC들로부터 개별적인 TCP/IP 연결을 통해 데이터를 수집한다. 또한 모든 수집된 데이터는 서버의 데이터 베이스로 저장되며, 다수의 클라이언트

에서는 서버와의 연결을 통해 다양한 서비스를 제공받게 된다. 또한, 모바일 클라이언트를 지원함으로써 태블릿 PC 또는 스마트폰을 위한 전용의 어플리케이션 프로그램을 통해 PC 클라이언트에서와 같은 서비스를 제공받고, 관리자의 계정을 가진 사용자는 실시간으로 정보를 요청하고 데이터를 수집할 수 있다.

다중채널 클러스터 기반에 의한 AMI 네트워크의 채널 할당 및 관리는 다음과 같다. NC와 CDA 간의 통신채널을 네트워크 채널 이라 정의하고 CDA와 SMD또는 OMD 간의 통신 채널을 그룹 채널로 정의한다. 따라서 CDA는 네트워크 채널과 그룹 채널을 포함하는 다중 채널 설정 구조를 갖게 된다. 따라서 NC와 통신 할 때는 네트워크 채널을 이용하고, 보다 하위계층인 OMD와 통신 할 때는 자기 고유의 데이터 수집 그룹채널을 이용하게 된다. 이러한 각 CDA의 그룹 채널을 통한 데이터 수집은 어느 정도 데이터 수집 범위가 겹치거나 거리가 가까워 발생하는 동일 채널간 간섭을 방지할 수 있다. 이러한 다중채널 기반의 AMI 네트워크의 설

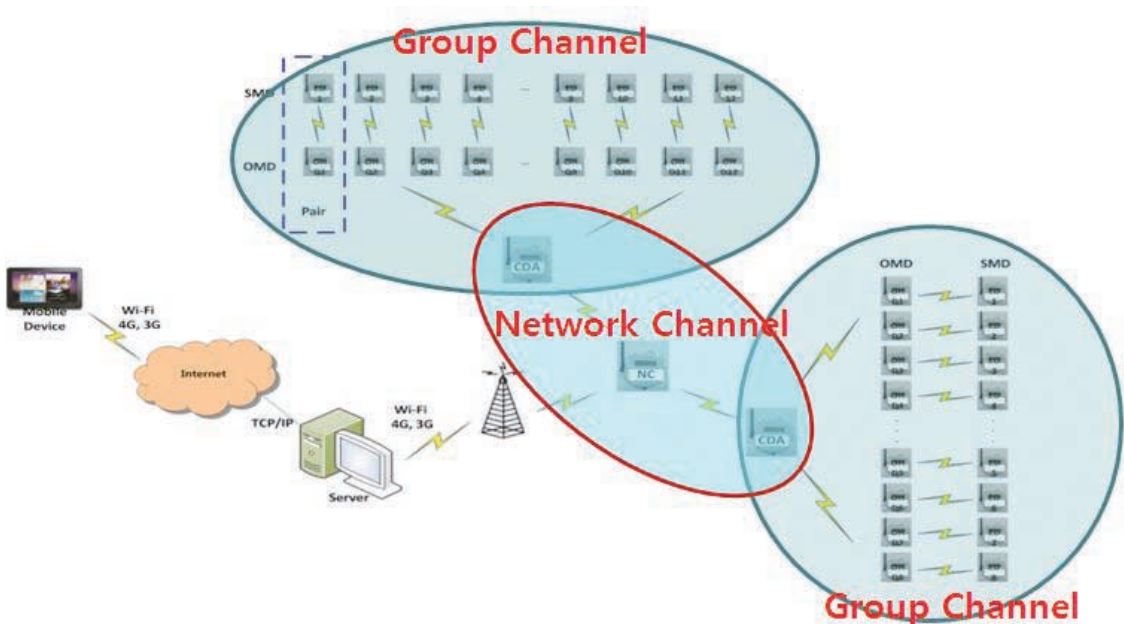


그림 2. 다중채널 클러스터 기반의 AMI 네트워크 구성

정은 각 CDA에서 그룹 채널을 통한 데이터 수집과 네트워크 채널을 통한 수집 데이터의 전송을 분리하여 운영할 수 있어서 한정된 주파수 채널 자원을 효율적으로 사용할 수 있다.

이러한 다중채널 설정 구조는 물리적/논리적 센서 및 계측기의 채널 클러스터링을 통한 관리의 효율성 증대하여 인접 클러스터간 구별되는 채널 사용을 통해서 데이터의 빠른 수집과 네트워크의 확장성을 해결 할 수 있다. 또한 AMI 시스템에 있어서 4개의 구별되는 무선 디바이스들로 구성된 계층적 구조를 통해 설치시간 및 유지보수 비용을 감소하고 빠른 에러 복서 및 백업 기능을 통하여 다양한 동작모드 지원을 통한 다양한 서비스를 실현한다.

### 3-2. 저전력 스케줄링 및 전역 동기화 기법 개발

AMI 시스템에서는 소비전력을 최소화하기 위하여 각 디바이스는 그림 3에서와 같이 상태전환 특정주기로 휴지(Sleep)상태( $T_s$ )와 활성(Active)상태( $T_a$ ) 간의 전환을 반복한다. 휴지상태로 전환되기 전에 RTC 타이머를 제외하고 모든 리소스를 해제시켜 전류 소비를 극소화 시킨다. 이내 특정시간이 지나고 RTC 인터럽트가 발생되면 OMD는

활성 상태로 전환하는 데 전환됨과 동시에 상위 계층의 기기로부터 전송되는 프리앰블(Preamble) 명령 신호를 감지하여 자신에게 요구되는 명령의 유무를 판단한다.

프리앰블 명령 신호는 사전에 예약되어 있는 특정 ID로 구성되어 있어서 특정 ID 일 경우 활성상태를 유지하고 그렇지 않을 경우 다시 휴지상태로 전환 된다. 프리앰블 명령 신호를 판단하는 데는 매우 짧은 시간이 소요된다. 이는 저전력 스케줄링의 소비전력을 최소화하는 핵심 알고리즘이다. 상위 기기인 CDA로부터 프리앰블 명령 신호를 통해 명령을 판단한 하위 계층 기기는 활성상태를 유지하며 요청을 기다린다. 상위의 요청을 인지한 하위 계층 기기들은 현 상태를 다시 휴지상태로 전환하고, 각 하위 계층 기기의 사전에 정해진 타임슬롯(Time Slot)에 잠깐 깨어나 요구된 명령에 의한 결과 데이터만 상위 계층 기기로 전송하고 다시 휴지상태로 전환함으로써 전역 동기화를 수행한다. 이후 모든 다른 동일 계층 기기들의 통신이 끝나야만 다시 특정주기로 휴지상태와 활성상태 간의 전환을 수행하는데 정해진 하위 기기 마다 전역 동기화로 인한 타임슬롯이 정해지기 때문에 다른 기기들로 부터의 프리앰블 명령 신호를 수신하거나 간섭에 방해받지 않고 통신이 이루어지게 된다.

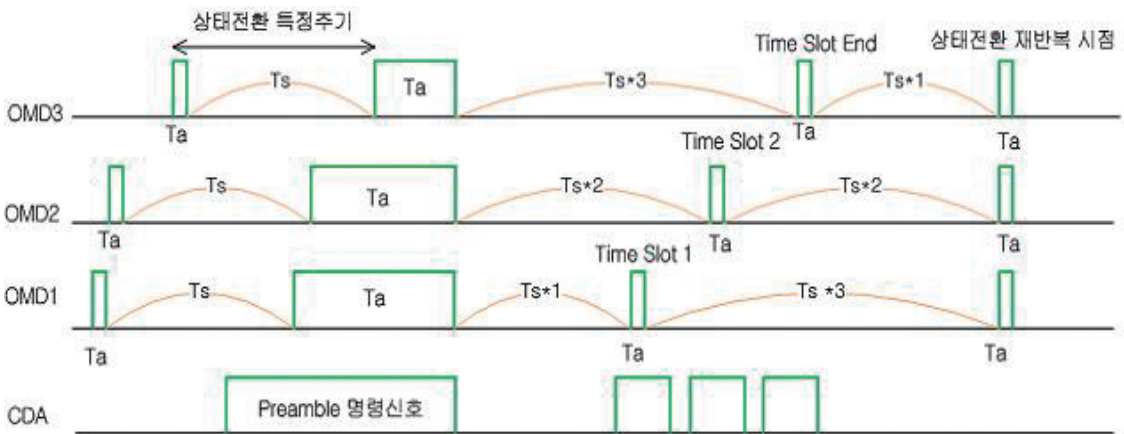



그림 3. 저전력 스케줄링 및 전역 동기화 구조

#### 4. 결론

스마트 워터 그리드(Smart Water Grid)는 기존 수자원 관리 시스템에 ICT 기술을 융합하여 기존 한계를 극복하는 차세대 물관리 시스템으로 다양한 수원을 효율적으로 배분·관리·운송함으로써 지역간의 수자원 불균형을 해소할 수 있는 미래형 물관리 기술이다. ICT 기술과의 융합은 수자원 관리 기술 분야에서 급격한 패러다임의 변화를 가져오고 있다. 본 연구에서 우리는 AMI 시스템에 있어서 네트워크의 채널 할당을 위한 채널 설정 및 스케줄링 기법에 있어서 AMI 시스템의 네트워크 채널 설정 방식으로 NC와 CDA간의 네트워크 채널과 CDA, OMD, SMD 간의 그룹채널이 혼합된 형태를 가진 다중채널 클러스터 기반의 채널설정

과 능동연결이 가능한 다중채널 클러스터 기반의 AMI 네트워크 구조를 제안하였다. 네트워크 채널과 그룹채널이 혼합된 형태를 가진 다중채널 클러스터 기반의 채널설정을 함으로써, 물리적/논리적 채널 클러스터링을 통한 관리의 효율성 극대화할 수 있다. 또한 인접 클러스터간 구별되는 채널 사용을 통한 검침 데이터의 빠른 수집과 네트워크 확장성을 해결한다.

#### 감사의 글

본 연구는 국토교통부 물관리연구사업의 연구비 지원(12기술혁신C01)에 의해 수행되었습니다. 

#### 참고문헌

1. 심병섭 (2011), 효율적인 물 관리를 위한 원격검침 시스템 및 우수율 제고 시스템, 한국전자과학회지, 한국전자과학회, 제22권 제2호, No. 2, pp. 90-95.
2. 이상호 (2011), 스마트 워터그리드와 스마트 파워그리드의 비교, 물과미래, 한국수자원학회, 제44권, 제8호, pp. 25-30.
3. 최상성, 신철호, 오미경 (2011), 스마트 유틸리티 네트워크를 위한 무선 전송기술 표준화 동향, TTA 저널, 한국정보통신기술협회, 제133권, pp. 122-131.
4. Smart Water Grid Research Group (2013), Research Target and Contents, Retrieved Jan., 10, 2013 (<http://www.swg.re.kr>)