

다중채널 클러스터 기반의 AMI 네트워크 설계

최석준*, 심병섭°, 채수권*

Design of Advanced Metering Infrastructure Network Based on Multi-Channel Cluster

Seok-Jun Choi*, Byoung-Sup Shim°, Soo-Kwon Chae*

요 약

본 논문은 효율적인 무선 AMI 네트워크를 위한 채널 할당 및 스케줄링 기법에 관한 것이다. AMI 시스템에서, 제안하는 다중채널 클러스터 네트워크는 NC(Network Coordinator)와 CDA(Clustered Data Aggregator) 간의 통신 채널을 네트워크 채널로 정의 하고, CDA와 OMD(Out Meter Display), SMD(Smart Meter Device) 간의 통신채널을 그룹 채널로 정의한다. 네트워크 채널과 그룹채널이 혼합된 다중채널 클러스터 기반의 AMI 네트워크는 물리적/논리적 수용가 채널 클러스터링을 통해서 관리의 효율성을 증대하고, 인접 클러스터간 구별되는 채널 사용을 통한 검침 데이터의 신뢰성을 증대한다. 또한 다중채널 클러스터 기반의 채널할당을 통하여 데이터의 빠른 수집이 가능하며 검침망의 크기를 증가시킨다.

Key Words : AMI, Multi-Channel, Network Channel, Group Channel, Data Aggregation

ABSTRACT

This paper is channel assignment and scheduling techniques for efficient wireless AMI network. In AMI system, the multi-channel cluster network to be proposed defines the communication channel between NC (Network Coordinator) and CDA (Clustered Data Aggregator) as the network channel. CDA and OMD(Out Meter display) and communication channel between SMD(Smart Meter Device) are defined as the group channel. AMI network of the multi-channel cluster based in which the network channel and group channel is mixed increases the administration efficiency through the physical/logical consumer channel clustering. The reliability of inspection data through the channel use distinguished between the adjacent cluster is enhanced. In addition, the fast aggregation of data is possible and the size of a metering network is increased through the channel allocation of the multichannel cluster based.

I. 서 론

최근 수자원 관리의 한계를 극복하기 위해 첨단 정보통신기술(ICT: Information Communication Technology)을 이용하는 고효율의 차세대 인프라 시스템의 요구가 증가하고 있으며 수자원을 효율적

으로 배분, 관리, 운송하여 불균형을 해소하고자 스마트 워터 그리드(Smart Water Grid)의 개발이 진행 중이다^[1]. 이러한 관점에서 원격검침(AMR: Automatic Meter Reading) 시스템은 아파트, 주상 복합 건물, 빌라, 단독 주택 등의 수용가에서 사용하는 각종 유틸리티 계량기의 사용량을 원거리에서

※ 본 연구는 국토해양부 건설기술혁신사업의 연구비지원(12기술혁신C01)에 의해 수행되었습니다.

♦ 주저자 : (주)레오테크, csj@leotrek.co.kr, 정희원

° 교신저자 : (주)레오테크 기술연구소, bshim@leotek.co.kr, 정희원

* 을지대학교 보건환경안전학과, cskwen@eulji.ac.kr

논문번호 : KICS2013-01-068, 접수일자 : 2013년 1월 30일, 최종논문접수일자 : 2013년 3월 6일

검침원이 직접 세대를 방문하지 않고 관리사무소나 특정 검침 시스템이 설치된 곳에서 자동으로 실시간 검침을 하고 검침 데이터를 편리하게 검색, 출력 관리하는 기술이다²⁾. 원격검침기술은 구성되어지는 통신시스템에 따라 유선방식과 무선방식으로 구분되어진다. 먼저 유선방식은 전화망³⁾ 및 전력선망⁴⁾을 이용한 기술이 대표적이다. 무선방식은 소출력무선 검침 네트워크를 구성하여 검침데이터를 모으고 이를 CDMA망 혹은 무선랜망⁵⁾을 통해 원격지로 보내는 것이 일반적인 방식이다. 이러한 유무선 통신 방식을 결정하는데 있어서 중요한 요인은 유틸리티의 특성이다. 전기와 같이 이미 전력망이 구축된 경우는 전력선 통신망을 이용하는 것이 추가적인 비용이 소요되지 않기 때문에 효율적이나 수도와 가스검침같은 유틸리티는 전원공급의 어려움으로 인하여 무선방식을 통한 통신시스템을 구성하고 있으며 최근에는 무선기술의 급속한 발전과 무선 통신기기의 가격하락으로 인하여 다양한 유틸리티에 적용하는 무선 원격검침 시스템이 확대 보급되고 있다. 이러한 무선방식의 원격검침 서비스는 센서 네트워크의 특성을 활용하여 검침 업무의 이외에도 유틸리티의 특성에 따라 독거노인 활동서비스, 사용량 고지 서비스 등 다양한 양방향 서비스를 제공할 수 있는 지능형 검침 인프라(AMI: Advanced Metering Infrastructure)로 진화하고 있다⁶⁾.

이처럼 무선 원격검침을 위해 국내에서는 424MHz 대역 및 2.4GHz 대역의 비면허 ISM 대역을 사용하고 있는데 무료로 이용할 수 있기 때문이다⁷⁾. 현재 무선방식의 소출력무선 검침 네트워크를 구성하기 위하여 앞에서 언급한 주파수 대역에 단 통신채널을 사용하여 무선 원격검침망을 구성하기 때문에 무선 통신의 특성상 수용가의 수가 증가될수록 데이터의 충돌확률이 증가하여 무선통신의 신뢰성이 저하되고, 이러한 충돌 확률을 줄이기 위하여 수용가 노드 수를 제한하기 때문에 수용가 확장성이 제한되며, 스케줄 기반의 단방향 무선 원격검침 시스템에서는 정해진 검침 시간 사이에 있어서는 검침값의 변화를 수집할 수 없고 다양한 서비스로의 확장의 어려움이 있다. 따라서 본 논문에서는 상기와 같은 문제를 해결하고 다양한 서비스를 구현하기 위하여 네트워크 채널과 그룹채널이 혼합된 형태를 가진 다중채널 클러스터 기반의 채널설정을 제안함으로써, 물리적/논리적 수용가 채널 클러스터링을 통한 관리의 효율성을 증대하고, 인접 클러스터간 구별되는 채널 사용을 통한 검침 데이

터의 신뢰성을 증대하고 무선 검침망의 확장성을 해결하고자 한다. 또한 무선 원격검침 시스템에 있어서 4개의 구별되는 디바이스들로 구성된 계층적 망 구조를 통한 설치시간/유지보수 비용을 감소하고 빠른 에러 복구 및 백업 기능을 통하여 다양한 동작 모드 지원을 통한 다양한 서비스 실현하는 다중 채널 클러스터 기반의 무선 원격검침망 구조를 제공하고자 하는 것이다.

II. 국내 원격검침 산업 구조 및 기술

2.1. 국내 원격검침 산업 구조

국내 원격검침 시스템은 일반적으로 산업용과 가정용으로 구분할 수 있으며, ICT 기술과 계측기 기술이 요구되는 기술집약적 융합사업으로써 블루오션 시장으로 인식되고 있다. 이러한 국내 원격검침 산업 내 경쟁 구조는 그림 1에서와 같이 계측 설비 및 미터기 산업 내 경쟁(대기업 vs. 중소기업, 전통기업 vs. 신생기업)이 경쟁의 축을 이루고 있으며, 향후 AMI 시스템을 통한 통합 검침 시장의 확대에 따라 유틸리티 산업(전기 vs 수도 vs 가스)간의 경쟁도 예상된다.

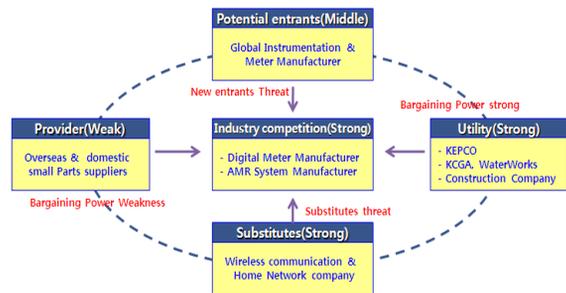


그림 1. 원격검침 시스템의 산업 구조
Fig. 1. The industry structure of the Automatic meter reading system

공급자 시장은 다품종 소량 생산, 업체의 영세성, 전문성 부족 등으로 비용 절감, 품질 및 불량률 관리, 상생적 협력 관계가 주요한 관건이다. 원격검침 시스템 시장은 아파트 통신화, 고급화, 홈 네트워크 등으로 시장 확대가 전망됨에 따라 기존의 통신업체 및 신생 업체가 경쟁하는 등 산업 내 경쟁 강도가 높게 형성 되어 있다. 국내 원격검침 시장은 전기/가스/수도 부분으로 나뉘며, 각각 한국전력, 도시가스협회, 지방자치단체 상하수도 사업소가 담당하고 있고, 정부의 주택 정책, 수요처의 발주 정책, 제품 요구사항 등이 시장 수요의 결정적 변수로 작용하여 원격검침을 도입하는 구매자의 교섭력은 매우

강한 편이다. 전반적으로 원격검침 시스템 시장은 홈 오토, 홈네트워크 업체, 설비 미터 업체, 수입 개방에 의한 외국기업의 진입이 불가피하여 잠재적 진입자의 위협이 매우 높을 것으로 예상된다⁸⁾.

2.2. 원격검침 시스템의 기술적 분류

원격검침의 가장 큰 장점은 유틸리티 소비자가 자신의 사용량에 맞는 정확한 가격을 지불할 수 있게 해준다는 것이다. 유틸리티 공급자 입장에서는 비용 절감 및 시간대별 가격 차등화를 통한 효율적인 자원 배분이 가능해진다. 원격검침이 활성화되기 위해서는 유틸리티 가격이 고가이거나 사용량이 많아서 경제성 확보가 중요한 부분으로, 산업용에서는 유틸리티 사용량이 높아 원격검침 도입에 한 국가가 많지만 일반 가정용으로 도입한 국가는 상대적으로 적다. 국내의 경우, 국외와 달리 공동 주택이 많이 보급되어 있으며, 최근 신축되는 공동 주택의 경우 설계 단계에 전기 배선, 수도, 가스 등 배관등과 더불어 원격 검침용 신호선을 설치하는 경우가 늘어나고 있다. 그러나 기존 주택의 경우, 신규 주택과는 달리 경제성, 미관 등 다양한 요인으로 인해 유선방식의 원격 검침이 설치하기 어려운 경우가 많다. 이런 경우, 무선방식의 원격검침 시스템은 매우 유용한 대안으로써 활용될 수 있으며 실제로 국내에서 적용되는 원격검침 시스템 중 기존 주택 및 빌라 주택에서는 대부분 무선 원격검침을 이용하고 있는 실정이다.

무선 원격검침 시스템은 특정한 대역의 주파수를 이용하여 원격 검침을 수행하는 기술로써, 현재 국내에서는 소출력 무선 대역 중 하나인 424MHz 주파수 대역, 2.4 GHz의 주파수 대역을 사용하고 있다. 이들 주파수는 ISM 밴드로서 전파법에 따라 지정된 소출력 전력 이하에서는 누구나 자유롭게 사용할 수 있는 비면허 대역이며 주파수 사용료는 지불하지 않는다⁷⁾. 그러나 소출력 무선방식으로는 검침데이터를 원격지로 송신할 수 없기 때문에 CDMA망 또는 무선랜 망 등의 상용망을 이용하여 계량기 검침 데이터를 원격지로 보내게 된다. 그런데 이러한 상용망을 이용하는데 있어서는 비용이 소요되기 때문에 대규모의 무선 원격검침을 구축하는데 있어서 상용망 이용은 유지보수 비용이 발생하기 때문에 최대한 많은 수용가의 검침 데이터를 수집하여 전송해야 경제성을 달성하게 된다.

원격검침의 검침방법의 분류는 사용량의 적산값을 이용하는 방법과 이미지 촬상이나 계량기 자체에

검침값을 가지고 있다고 검침요청에 의해 저장된 값을 보내주는 직독방식으로 구분되어진다. 적산값을 이용하는 경우에는 계량기에서 사용량에 따른 펄스 출력을 입력받아 그 값을 적산하는 방식으로 계량기에서 출력되는 펄스를 인식하지 못할 경우 그 정확도 및 데이터 신뢰도에 영향을 미치게 된다. 또한 촬상식을 이용하는 경우는 계량기 표면에 습기나 이물질의 오염으로 인해 정확한 사용량을 인식하지 못하는 경우가 많이 발생하여 수도계량기와 같이 열악한 설치환경에서는 사용이 자제 된다. 최근 전자식 원격 계량기 보급의 증가에 따라서 RS-232 등의 디지털 신호를 통해 검침하는 직독 방식을 채용함으로써 계량기 검침 데이터의 정확성 및 신뢰성이 향상 되고 있다⁹⁾.

2.3. 기존 원격검침 시스템의 네트워크 구성

기존 무선 검침 시스템은 크게 424MHz 대역의 저속 기반의 원격검침 시스템과 2.4GHz의 지그비 기반의 무선 원격검침이 대표적으로 사용되고 있다. 대다수의 현존하는 원격검침은 전력소모를 최소화하기 위하여 전역동기화(Global Synchronization)를 기반으로 각 수집기에서 고정된 시간에 통신을 수행하며, 수차례의 재전송을 통해 최종 검침 데이터를 집중기가 동일채널(Co-Channel)에서 수집하여 서버로 전송된다.

424MHz 및 2.4GHz 기반의 기존의 무선 검침 시스템은 무엇보다 주파수의 특성상 다양한 간섭 등의 환경적인 제약을 극복하기가 어렵다. 더욱이 대다수의 현존하는 원격검침 구조는 수집기에서 집중기로의 단방향 통신에 의존하기 때문에 다양한 검침서비스의 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 미치게 된다. 또한 검침 시간이 조밀한 TDMA 기반의 데이터 수집에 의존하기 때문에 데이터 검침이 실패하였을 시 수집 시간이 상대적으로 길어지며, 전력관리가 효율적으로 수행되지 못한다. 그림 2에서와 같이 집중기에 속한 수용가의 검침을 위하여 동일 채널을 이용하여 계량기 검침 데이터를 수집함에 있어 상당한 양의 수집시간을 요구하기 때문에 많은 수용가를 확보할 수 없다. 또한 집중기에 내장된 CDMA 모뎀을 이용하여 검침 데이터를 서버로 전송하기 때

문에 각 채널에 할당된 집중기 수만큼의 CDMA 모뎀을 필요로 하기 때문에 유지비용이 증가하게 된다.

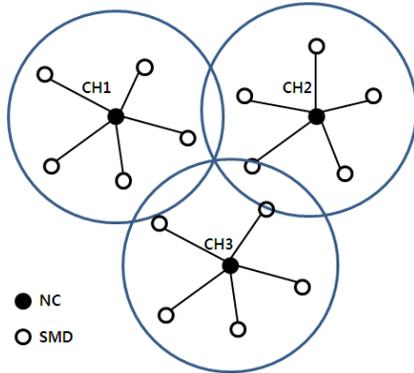


그림 2. 기존 원격검침시스템의 네트워크 구성도
Fig. 2. Network configuration of existing automatic meter reading system

III. 다중채널 클러스터 기반의 AMI 네트워크

3.1. 다중채널 클러스터 기반의 AMI 네트워크 구성
제안된 AMI 검침망은 계량기로부터 사용량을 수집하는 SMD(Smart Meter Device), 사용자가 검침값을 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 1개의 NC, 설치 지역의 환경에 맞춰서 1개에서 최대 10개의 CDA를 설치하고 각 CDA로부터 최대 100개의 수용가로부터 검침데이터를 수집할 수 있기 때문에 1개의 NC는 최대 1000대의 계량기 데이터를 수집할 수 있기 때문에 유지비용을 효과적으로 줄일 수 있다.

그림 3에서와 같이 각 지역을 직접 관리하는 NC는 CDMA 또는 전용선을 통해 TCP/IP망으로 사업자의 서버와 연결된다. 서버는 각 지역의 NC로 스케줄에 의한 검침을 요청하고, 다수의 NC들로부터 개별적인 TCP/IP 연결을 통해 데이터를 수집한다. 또한 모든 수집된 데이터는 서버의 데이터 베이스(DB)로 저장이 되며, 다수의 클라이언트에서는 서버와의 연결을 통해 다양한 서비스를 제공받게 된다. 또한, 모바일 클라이언트를 지원함으로써 타블렛 PC 또는 스마트폰을 위한 전용의 어플리케이션 프로그램을 통해 PC 클라이언트에서와 같은 서비스를 제공받고, 관리자의 계정을 가진 사용자는 검침을 실시간으로 요청하고 데이터를 수집할 수 있다.

다중채널 클러스터 기반에 의한 AMI 네트워크의 채널 할당 및 관리는 다음과 같다. NC와 CDA간의 통신채널을 네트워크 채널로 정의하고 CDA와 SMD 또는 OMD간의 통신 채널을 그룹 채널로 정의한다. 따라서 CDA는 네트워크 채널과 그룹 채널 설정을 갖게 된다. 각 CDA는 NC와 통신 할 때는 네트워크 채널을 이용하고, 보다 하위계층인 OMD와 통신 할 때는 자기 고유의 그룹채널을 이용하게 된다. 이러한 각 CDA의 그룹 채널을 통한 검침 데이터 수집은 어느정도 검침 범위가 겹치거나 거리가 가까워 발생하는 동일 채널간 간섭을 방지할 수 있다. 이러한 다중채널 기반의 원격검침 네트워크의 설정은 각 CDA에서 그룹 채널을 통한 검침과 네트워크 채널을 통한 검침 데이터의 전송을 분리하여 운영할 수 있어서 한정된 주파수 채널 자원을 효율적으로 사용할 수 있다.

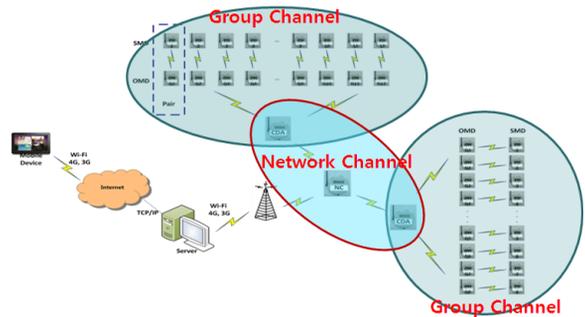


그림 3. 다중채널 클러스터 기반의 AMI 네트워크 구성도
Fig. 3. AMI network configuration based on multi-channel clustered

이러한 다중채널 구조는 물리적/논리적 수용가 채널 클러스터링을 통한 관리의 효율성 증대하여 인접 클러스터간 구별되는 채널 사용을 통해서 검침 데이터의 빠른 수집과 원격검침 망의 확장성을 해결한다. 또한 무선 원격검침 시스템에 있어서 4개의 구별되는 무선 디바이스들로 구성된 계층적 구조를 통해 설치시간 및 유지보수 비용을 감소하고 빠른 에러 복구 및 백업 기능을 통하여 다양한 동작모드 지원을 통한 다양한 서비스를 실현한다.

3.2. 다중채널 클러스터 기반의 AMI 각 기기 동작

다중채널 클러스터 기반의 AMI 네트워크에서 각 기기의 원격검침을 위한 서비스 동작은 크게 4부분으로 나눌 수 있다. 정기 검침은 전체 AMI 네트워크의 모든 수용가에 대하여 검침을 수행하는 서비스이고, 비 정기 검침은 정기검침 이외의 시간에 특정 수용가에 대하여 검침을 수행하는 서비스로 구별된다.

- 서버 -> NC -> CDA 통신 (정기 검침)
- 서버 -> NC -> CDA 통신 (비 정기 검침)
- CDA <-> OMD <-> SMD 통신
- CDA -> NC -> 서버 통신

3.2.1. 서버 -> NC -> CDA 동작 (정기 검침)

검침이 필요한 시간에 서버에서 NC로 정기 검침 명령을 전송한다. NC는 정기검침에 관한 명령을 받았을 경우 서버로 ACK를 전송한 후 네트워크 채널에서 CDA로 검침요청(Request Data)을 전송하여 검침이 시작됨을 알린다. CDA는 NC로부터 검침요청을 받았을 경우 제대로 받았음을 알리기 위해 응답(CDA Reply)를 전송한다. NC는 CDA로부터 응답을 제대로 받은 것을 알리기 위해 응답확인(Reply Confirm)을 전송한다. CDA는 NC로부터 응답확인을 받은 후 고유의 그룹 채널로 변경하고 CDA 하위 계층의 OMD와 통신을 개시한다. 이후 다음 CDA에 일련의 동작을 수행한다.

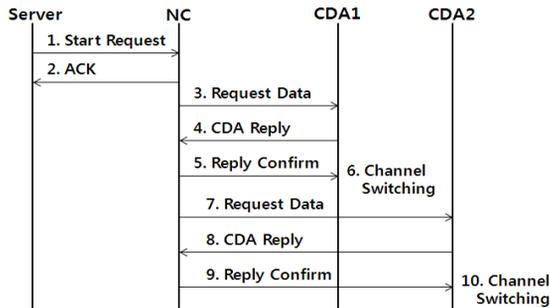


그림 4. 네트워크 채널의 디바이스 동작(정기검침)
Fig. 4. Device operation of Network channel(Regular meter reading)

3.2.2. 서버 -> NC -> CDA 동작 (비 정기 검침)

비 정기 검침의 동작은 서버는 정기 검침 시간이 아닌 임의의 시간에 필요한 특정 수용가의 비 정기 검침을 위한 명령을 NC로 전송한다.

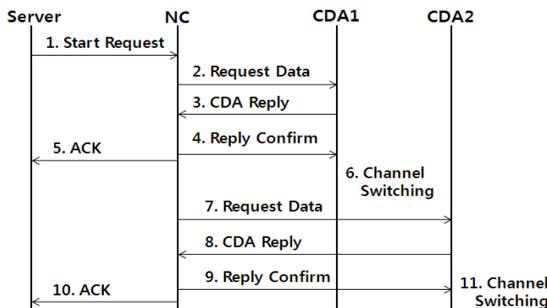


그림 5. 네트워크 채널의 디바이스 동작(비 정기검침)
Fig. 5. Device operation of network channel(non-regular meter reading)

네트워크 채널에서 NC는 비 정기 검침의 경우 검침요청을 먼저 CDA로 전송한다. CDA는 NC로부터 검침요청을 받았을 경우 제대로 받았음을 알리기 위해 응답을 전송한다. NC는 CDA로부터 응답을 제대로 받은 것을 알리기 위해 응답확인을 전송한다. CDA는 NC로부터 응답확인을 받은 후 고유의 그룹 채널을 변경하고 CDA 하위 계층의 OMD와 통신을 개시한다. NC는 이상없이 응답확인을 전송했을 경우 서버로 ACK를 전송한다.

3.2.3. CDA <-> OMD <-> SMD 동작

그룹 채널로 전환된 CDA는 NC로부터 받은 검침요청을 동보(Broad Casting)방식으로 OMD로 전송한다. OMD는 CDA로부터 받은 검침요청을 분석하여 자신이 전송해야 할 시간을 연산한다. 자신이 전송해야 할 시간이 되었을 경우 SMD로 검침요청을 전송한다. SMD는 다른 디바이스의 검침요청을 받았을 경우 자신의 동작시간을 알 수 있으며 자신이 동작 할 시간이 되었을 경우 OMD로부터 검침요청을 기다리고 검침요청을 받은 후 자신이 가지고 있던 검침 데이터를 OMD로 전송한다. OMD는 SMD로부터 검침데이터를 받으면 검침데이터를 저장한 후 CDA로 검침데이터를 전송한다. CDA는 OMD로부터 받은 데이터를 저장한다.

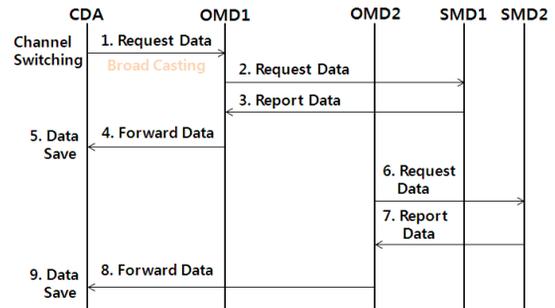


그림 6. 그룹 채널에서의 디바이스 동작
Fig. 6. Device operation of group channel

3.2.4. CDA -> NC-> Server 동작

CDA는 각 OMD들로부터 데이터 수집이 끝난 후 네트워크 채널로 변경하고 다른 CDA와 NC간의 통신이 없는지 확인을 한다. 다른 통신이 없을 경우 CDA는 NC로 RTS를 전송하여 데이터를 보내되 받을 상태가 되었는지 확인을 한다. RTS를 받은 NC는 CTS를 전송하여 검침 데이터를 받을 준비가 되었음을 알린다. CTS를 받은 CDA는 각 OMD들로부터 받은 데이터를 정해진 패킷에 따라 나누어서 NC로 전송한다. CDA로부터 받은 데이터가 문

제가 없을 경우 NC는 CDA로 ACK를 전송한다. NC는 CDA로 받은 데이터를 서버로 전송한다.

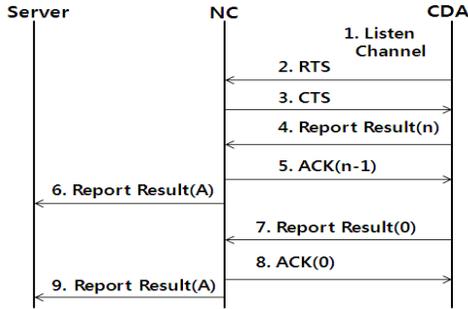


그림 7. 그룹 채널의 디바이스 동작
Fig. 7. Device operation of group channel

3.3. 저전력 스케줄링

AMI 시스템에서는 소비전력을 최소화하기 위하여 각 디바이스는 그림 8에서와 같이 상태전환 특정주기인 TSP(Transition specification periodic)로 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 특정 시간이 지나고 RTC 인터럽트가 발생되면 OMD는 활성 상태로 전환하는 데 전환됨과 동시에 상위 계층의 기기로부터 전송되는 프리앰블(Preamble) 명령 신호를 감지하여 자신에게 요구되는 명령이 있는지를 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 검침요청을 기다린다. 검침요청을 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 전환한다. 이후 모든 다른 동일 계층 기기들의 통신이 끝나야만 다시 특정주기로 휴지상태와 활성상태 간의 전환을 수행하는데 정해진 타임슬롯이 있기 때문에 다른 기기들로부터의 프리앰블 명령 신호를 수신하거나 간섭을 일으켜 통신을 방해하지 않도록 자체적으로 보호한다.

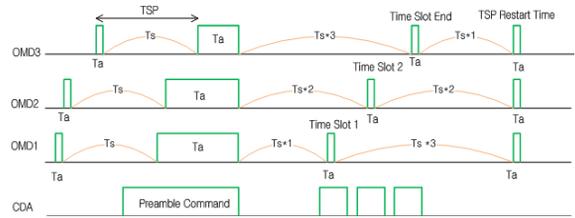


그림 8. 저전력 스케줄링 구조
Fig. 8. Low-power scheduling structure

IV. 성능 평가 및 고찰

4.1. 실험환경

기존의 원격검침 시스템과 제안하는 다중채널 클러스터 기반의 AMI 시스템의 검침 데이터 수집 시간과 배터리 수명을 평가하기 위하여, C언어와 C++를 사용한 자체 시뮬레이터를 개발 하였다. 개발된 시뮬레이터는 표 1과 같이 파라미터를 갖으며, RF 전송속도, 수용가수, 검침데이터 길이, 상태변환 특정주기, 소비전력, 검침주기를 입력으로 받고, NC를 중심으로 하는 하위 디바이스의 통신 네트워크를 구성하는 CC 및 MC 토폴로지를 발생한다. CC모드는 기존 NC 1대로 동일채널에서 수용가 수에 따른 검침데이터 수집 및 관리를 수행하고, MC 모드는 NC 1대로 제안된 다중채널 클러스터 기반에서 CDA를 최대 10대 까지 관리하고, 하나의 CDA는 100개의 수용가 검침데이터를 수집 및 관리하여 데이터의 수집시간 및 각 디바이스의 송수신 시간에 따른 배터리 사용량을 결과로 출력하여 수명을 분석하였다.

표 1. 시뮬레이션 조건
Table 1. Simulation Condition.

Parameter	Value
RF data rate	250Kbps
No. of consumer	100, 200, 300, 400, 500, 600, 700, 800, 900, 1000
Length of inspection data	128byte
TSP(T_a+T_s)	2, 3, 4, 5, 6, 7(sec)
Inspection cycle	1, 2, 3, 4(hour)
NC network configuration	CC : An existing co-channel configuration of the NC network
	MC : The proposed multi-channel configuration of the NC network
Battery capacity	1cell : 3.6V, 19A
Power consumption (Tx/Rx)	35mA

4.2. 검침 시간 분석 및 배터리 수명 분석

그림 9에서와 같이 데이터 검침 수집 시간은 수용가 수와 휴지상태와 활성상태 간의 상태전환 특정주기 길이에 비례한다. 수용가 수가 증가할수록, 상태전환 특정주기의 길이가 클수록 응답시간은 늦어지지만 이는 하나의 CDA 관점에서 보았을 경우이다. 제안된 다중 채널 클러스터 기반의 AMI 시스템의 경우는 각각의 CDA가 고유의 그룹채널을 가지고 각 수용가의 동시다발 적인 데이터 검침이 가능하다. 따라서 그림 9에서와 같이 CDA 하나가 특정주기가 2인 경우 100개의 수용가를 검침할 때와 최대 1,000개의 수용가를 10개의 CDA로 구성하여 검침할 때에 소요된 검침 데이터 수집 시간이 15분대로 비슷하다.

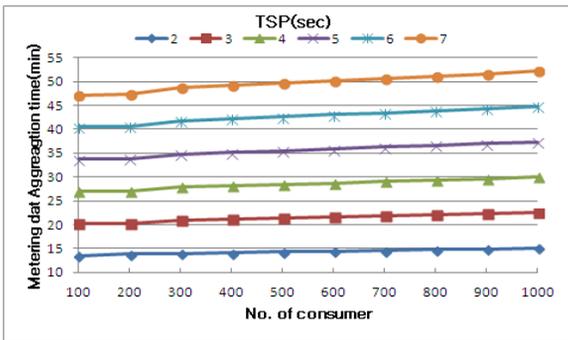


그림 9. 검침데이터 수집 시간
Fig. 9. Metering data aggregation time

또한 그림 10에서 기존 동일채널로 1,000개의 수용가를 검침하는 것에 비하여 검침데이터 수집 시간이 10배가 획기적으로 줄어든다.

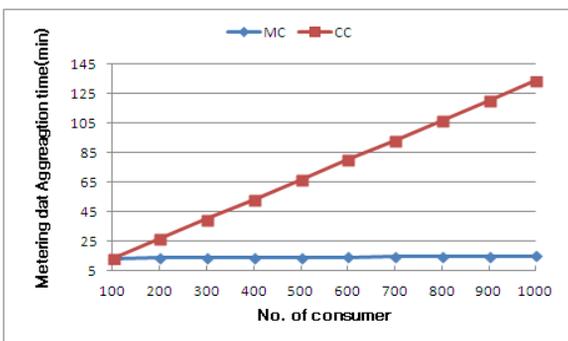


그림 10. 검침데이터 수집 시간(MC Vs CC)
Fig. 10. Metering data aggregation time(MC Vs. CC)

물론 CDA가 NC로 경쟁적으로 검침된 데이터를 전송하고, 대량의 데이터를 분할하여 서버로 전송함으로써 발생하는 소요시간도 고려해야 하지만 이는

그다지 시간적 성능을 평가함에 있어 중대한 문제가 되지 않는다. 또한 휴지상태와 활성상태 간의 상태변환 특정주기 길이를 작게 하면 응답시간이 빨라지는 대신에 각 기기의 활성상태로의 시간이 길어져 전류 소모가 증가한다. 따라서 특정주기의 선택은 성능과 비용문제로 이어지기 때문에 AMI 시스템의 설치 및 초기화과정에서 수용가 수에 따른 적절한 특정주기의 선택이 필요하다.

사용자가 만족하는 수명을 얻기 위해서는 CDA에 소요되는 배터리 셀의 수를 증가하는 방법으로 해결 가능하다. 여기서 만족하는 수명이란 현장에 설치된 AMI 기기가 배터리 교환 없이 계량기 교체 주기(수도계량기 경우 8년)동안 동작하는 것이다. 표 2에서와 같이 수용가 수가 100개에 다다를 때 CDA의 사용되어지는 검침 주기별 배터리 셀 구성에 대한 CDA의 수명 분석을 나타내고 있다.

표 2. CDA의 수명 분석(단위:년)
Table 2. Life time Analysis of CDA(unit:year)

No. of consumer	Inspection cycle[1hour]				Inspection cycle[2hour]			
	Cell 1	Cell 5	Cell 10	Cell 20	Cell 1	Cell 5	Cell 10	Cell 20
10	1	12	24	48	4	22	45	90
20	1	7	14	28	3	13	27	54
30	1	5	10	20	2	10	19	38
40	1	4	8	15	1	7	15	30
50	1	3	6	12	1	6	12	24
60	1	2	5	10	1	5	10	21
70	0	2	5	9	1	4	9	18
80	0	2	4	8	1	4	8	16
90	0	2	4	7	1	4	7	14
100	0	1	3	6	1	3	6	13
No. of consumer	Inspection cycle[3hour]				Inspection cycle[4hour]			
	Cell 1	Cell 5	Cell 10	Cell 20	Cell 1	Cell 5	Cell 10	Cell 20
10	6	32	63	126	8	40	79	158
20	4	19	39	78	5	25	50	100
30	3	14	28	56	4	18	36	73
40	2	11	22	44	3	14	29	57
50	2	9	18	36	2	12	24	47
60	2	8	15	31	2	10	20	40
70	1	7	13	27	2	9	17	35
80	1	6	12	23	2	8	15	31
90	1	5	10	21	1	7	14	28
100	1	5	10	19	1	6	13	25

CDA의 배터리 수명을 10년 동안 보장하기 위하여 2시간 간격의 검침주기에서는 20개의 배터리 셀

이 필요하지만 3시간 혹은 4시간 간격의 검침 주기에서는 10개의 배터리 셀만을 필요로 하고 있다. 따라서 사용자의 요구와 설치환경에 따라 선택적으로 배터리 셀을 사용하는 자료로 사용할 수 있으며 CDA의 수가 증가하더라도 하나의 NC로 관리되어지는 검침 수용가 수가 최대 1,000대 임을 감안한다면 큰 비용상승이 발생하지 않을 것이다.

V. 결 론

본 논문에서 우리는 AMI 시스템에 있어서 검침 네트워크의 망 할당을 위한 채널 설정 및 스케줄링 기법에 관한 것으로 AMI 시스템의 네트워크 망 할당을 위한 채널 설정 방식으로 NC와 CDA간의 네트워크 채널과 CDA, OMD, SMD 간의 그룹채널이 혼합된 형태를 가진 다중채널 클러스터 기반의 채널설정과 능동연결이 가능한 다중채널 클러스터 기반의 무선 원격검침 구조를 제안하였다. 네트워크 채널과 그룹채널이 혼합된 형태를 가진 다중채널 클러스터 기반의 채널설정을 함으로써, 물리적/논리적 수용가 채널 클러스터링을 통한 관리의 효율성 극대화 할 수 있다. 또한 인접 클러스터간 구별되는 채널 사용을 통한 검침 데이터의 빠른 수집과 원격 검침 망의 확장성을 해결한다.

또한 AMI 원격검침 시스템에 있어서 4개의 구별되는 디바이스들로 구성된 계층적 망 구조를 통한 설치시간/유지보수 비용을 감소하고 빠른 에러복구 및 백업 기능을 통하여 다양한 동작 모드 지원을 통한 다양한 서비스를 실현할 수 있으며, 효율적인 전력관리 기법을 통한 배터리 수명연장 및 서버 중심의 서비스 요청을 통한 다양한 서비스를 가능하게 할 것으로 사료된다.

References

[1] Smart Water Grid Reserch Group, Research Target and Contents, Retrieved Jan., 10, 2013 form <http://www.swg.re.kr>

[2] Y.S. You and S.W, Jeon, "IT device and home automatic meter reading," *Weekly Technology Trends*, no. 1333, pp. 19-28, 2008

[3] C. Brasek., "Urban utilities warm up to the idea of wireless automatic meter reading," *COMP CON EN*, vol. 15, Issue 6, pp. 10-14, 2005.

[4] Q. Gao, J.Y. Yu, P.H.J.Chong, P.L. So, and E. Gunawan, "Solutions for the silent node problem in an automatic meter reading system using power-line communications," *IEEE POW D*, vol. 233, no. 2, pp. 150-156, 2008

[5] T. Khalifa, K. Naik, and A. Nayak, "A survey of communication protocols for automatic meter reading applications," *IEEE COMMUN SURV TUT*, vol. 13, no. 2, pp.168-182, 2011

[6] K. I. Hwang, "Data aggregation method guaranteeing minimum traffic in multi-hop automatic meter reading networks," *J-KICS*, vol. 36, no. 7, pp. 848-857, 2011.

[7] Korea Radio Promotion Association, *Study of Radio Frequency for Automatic Meter Reading(AMR)*, Ministry of Information and Communication, 2003.

[8] B.S. Shim, "Automatic meter reading and water flow rate promotion system for efficient water management," *P-KIEES*, vol.22, no.2, pp. 90-95, 2011.

[9] S.J. Kim, J.H. Seo, J.A. Jun, and C.S. Pyo, "The convergence of electric power technology and USN technology: a trend analysis of USN based AMI service and technology," *Electron. Telecommun. Trends*, vol. 23, no. 5, pp. 67-78, 2008.

최 석 준 (Seok-Jun Choi)



1998년 2월 원광대학교 전자공학과 학사
 2000년 2월 원광대학교 전자공학과 석사
 2007년 2월 원과대학교 전자공학과 박사
 2004년 4월~현재 (주)레오테크 대표이사

<관심분야> 통신시스템, ASIC, AMR/AMI, 물관리 시스템, 수운영시스템

심 병 섭 (Byoung-Sup Shim)



1998년 2월 원광대학교 전자
공학과 학사
2000년 2월 원광대학교 전자
공학과 석사
2007년 2월 원광대학교 전자
공학과 박사
2007년 3월~현재 (주)레오테크
기술연구소 연구소장

<관심분야> 통신시스템, ASIC, AMR/AMI, 물관리
시스템

채 수 권 (Soo-Kwon Chae)



1981년 2월 인하대학교 토목
공학과 졸업
1986년 2월 인하대학교 토목
공학과(환경) 석사
1995년 2월 인하대학교 토목
공학과(환경) 박사
1990년 3월~현재 을지대학교
보건환경안전학과 교수

<관심분야> 스마트 워터 그리드, 상하수도