

Binary CDMA 기반의 AMI 시스템 설계 및 구현

조인휘*, 정종열*

The Design and Implementation of AMI System Using Binary CDMA

Inwhoo Joe*, Jong Yuel Jeong*

요 약

세계 각국에서 에너지 문제를 해결하고 새로운 성장 동력을 발굴하기 위해 스마트 그리드에 대한 관심이 증대되고 있으며 관련 기술 확보에 많은 노력을 기울이고 있다. 그 중 AMI(Advanced Metering Infrastructure)는 가장 먼저 구축되어야 하며 스마트 그리드의 핵심 요소로 주목 받고 있다. 우리나라에서도 제주도 스마트 그리드 실증단지에서 다양한 기술을 접목해 기술개발과 실증을 진행 중에 있으며 한국전력에서는 광대역 전력선 통신 기술을 중심으로 인프라 구축이 활발하게 진행 중에 있다. 전력선 통신 기술을 이용한 AMI 시스템은 별도의 통신회선을 구축하지 않고 전력공급 라인을 이용할 수 있어 전력회사 입장에서 이상적인 방법이나 통신을 위해 고려된 인프라가 아니므로 통신이 불가능한 지역이 발생한다.

본 논문은 Binary CDMA와 전력선통신 기술을 동시에 이용하여 AMI 시스템을 구축하기 위한 요구사항을 분석하고 Binary CDMA를 중심으로 기본 통신 프로토콜을 설계 하고, 네트워크 관리, 중계 기능을 구현하였다. 이를 통해 Ad-hoc 기술인 Binary CDMA 고유 기술을 AMI 시스템에 적용하기 위한 방안을 도출하였으며 유선(전력선통신)/무선(Binary CDMA)을 동시에 활용할 수 있는 시스템을 구축할 수 있었다.

Key Words : Binary CDMA, AMI, 데이터 집중장치, 전력선통신

ABSTRACT

To solve the energy problem and finding new growth engines, interest for the smart grid is increasing and related technologies are making great efforts to secure in the world. AMI (Advanced Metering Infrastructure) Among them is the first to be constructed and getting attention as a key component of smart grid. A fusion of various technologies in technology development and demonstration is underway on Jeju Island Smart Grid Demonstration Complex in Korea, and focusing on broadband power line communication technology infrastructure is actively underway in Korea Electric Power Corporation. AMI system using power line communication technology without building a separate communication lines are available for power supply lines, but communication is impossible in occurs because admission to the power company or the ideal infrastructure for communication is not considered. In this paper, we analyze the requirements to build AMI system using Binary CDMA and powerline communications technology, and design the basic communication protocol based on Binary CDMA, implement network management and relay feature. By doing so, ways to apply Ad-hoc Binary CDMA indigenous technology to the AMI system were derived, and could build a system to make use of Wired (PLC) and wireless (Binary CDMA) simultaneously.

◆ 저자: 한양대학교 컴퓨터공학부 이동네트워크 연구실, iwjoe@hanyang.ac.kr, 정희원

* 한양대학교 컴퓨터공학전공 이동네트워크 연구실, jongyer@kdn.com, 정희원

논문번호: KICS2011-04-186, 접수번호: 2011년 4월 14일, 최종논문접수일자: 2012년 8월 8일

I. 서 론

세계 각국은 지구 온난화 문제와 에너지 위기 해소, 새로운 성장 동력을 발굴하기 위해 많은 노력을 하고 있다. 특히 기존의 전통적인 유틸리티 전력망에 정보 기술(IT)을 접목하여, 전력공급자와 소비자가 양방향으로 실시간 정보를 교환, 에너지효율을 최적화하여 화석 연료의 사용을 줄이고 새로운 부가가치를 창출하는 차세대 전력망인 스마트 그리드에 대한 투자와 연구개발이 활발하게 이루어지고 있다. 국내에서도 마이크로 그리드, 스마트 배전, AMI 등의 다양한 국가 과제와 제주도에 스마트 플레이스, 스마트 리뉴어블 등 5개 분야에 대한 스마트 그리드 실증단지를 구축 중에 있다.

AMI는 스마트 그리드를 구축하기 위해 가장 우선적으로 선행되어야 할 Killer Application 이다. 기존의 AMR은 전력회사에서 단방향으로 에너지를 공급하고 에너지 사용 정보를 수집하는 시스템이나 AMI는 양방향 개념이 추가 되었다. 먼저 정보 교환이 단방향에서 양방향으로 확대 되었다. 양방향 통신이 가능한 다양한 방식을 이용하여 에너지 사용정보를 전력회사와 사용자가 공유한다. 사용자는 IHD, 스마트폰 등을 이용해 언제든지 자신의 에너지 사용정보를 취득할 수 있다. 또한 전력 공급에 있어서도 양방향 개념이 도입 되었다. 전력회사에서 일방적으로 전력을 공급하던 시스템에서 소비자가 태양열, 풍력 등의 신 재생에너지 또는 에너지 가격 정보를 이용해 정해진 양 만큼 에너지를 절약함으로써 에너지를 생산하는 소비자반응(DR) 등에 직접 참여함으로써 에너지 공급이 양방향으로 확대 되었으며 이러한 개념을 구현하기 위한 핵심 인프라가 AMI이다.

국내에서는 주로 고속의 전력선통신 기술을 적용한 시스템 개발 및 구축이 한전을 중심으로 이루어지고 있다. 전력선 통신 기술은 전력회사 입장에서 가장 이상적인 망이다. 전력을 공급하기 위한 망을 그대로 통신을 위한 망으로 사용할 수 있어 별도의 망 구축비용이 발생하지 않는 등 많은 장점이 있다. 그러나 통신을 위해 구축된 망이 아니므로 단점 또한 존재한다. 다양한 분기점이 존재해 많은 신호의 감쇄가 발생할 수 있으며 전력설비, 가정 설비 등에 의한 다양한 노이즈 원이 존재한다. 또한 중성선을 통신의 한쪽 라인으로 사용해 절연상태가 좋지 않으면 통신신호가 유실된다. 많은 기술의 발전으로 이러한 단점들이 많이 극복되고 있으나 여전히 통신이 불가능한 지역이 존재한다. 이러한 통신 음영지역은 AMI를 구축하고 스

마트 그리드를 실현하기 위해서는 반드시 해소되어야 한다.

본 논문에서는 무선 통신 기술인 Binary CDMA 기술과 전력선 통신 기술을 동시에 이용하여 AMI 시스템 개발을 위한 요구 사항을 분석하고 시스템을 설계, 구현, 실증을 통해 전력선 통신 기술 기반 AMI 시스템의 단점인 음영지역을 해소하기 위한 방안을 제시하고자 한다. 또한 Ad-hoc 방식의 무선 통신기술인 Binary CDMA 기술을 AMI에 적용하기 위한 고려사항을 도출하고 시험을 통해 개선사항을 도출하고자 한다.

II. Binary CDMA 기반 AMI 시스템 설계 및 구현

2.1. Binary CDMA 통신 프로토콜

데이터 집중장치 내에서 CPU와 Binary CDMA 마스터는 시리얼 인터페이스로 연결 돼 있으며 데이터를 주고 받기 위한 프로토콜의 구조는 표1과 같다. 패킷은 데이터 집중장치의 CPU에서 마스터 모듈로 전송하고 명령에 따라서 마스터 모듈이 자체적으로 응답하거나 슬레이브 모뎀으로 전송한 후 수신한 내용을 전송한다.

SOP(Start of Packet)는 패킷의 시작을 EOP는 패킷의 종료를 의미한다.

표 1. 프레임 구조
Table 1. Frame Structure

항목	의미 및 기능	길이	비고
SOP	패킷의 시작	1 byte	
DA	목적지 주소	6 bytes	
SA	소스 주소	6 bytes	
LEN	길이	2 bytes	
CMD	명령어	1 byte	
STA	상태정보	1 byte	
DRSSI	수신모뎀 무선수신감도	1 byte	
SRSSI	송신모뎀 무선수신감도	1 byte	
MSG	데이터	N bytes	
CRC	오류검사	2 bytes	
EOP	패킷의 종료	1 byte	

DA(Destination Address)는 패킷을 전송하는 목적지 주소를 나타내고 SA(Source Address)는 패킷을 전송하는 디바이스 주소를 의미하며 각 통신모뎀의 고유한 MAC 주소를 이용하였다. LENGTH는 SOP부터

EOP까지의 패킷길이를 의미한다.

패킷 전송 시 상태 정보와 무선 수신감도를 항상 전달하여 동일 셀 내에서 각각의 슬레이브가 위치한 지역의 무선 환경을 분석할 수 있도록 하였다. 마스터에 등록되지 않은 슬레이브 모뎀들을 찾기 위해 이 정보를 활용한다. 슬레이브 모뎀 중 수신감도가 가장 좋은 모뎀을 릴레이 역할을 수행하는 중계기로 설정하여 우선적으로 등록되진 않은 슬레이브를 찾도록 함으로서 보다 빠른 시간에 등록이 완료 될수 있도록 하였다.

CMD는 데이터를 전송하고, 등록, 삭제 하는 등의 명령어 필드이며 패킷의 오류 검사를 위해 SOP에서 메시지 영역까지 CRC16을 적용하였다.

2.2. 데이터 집중장치 구현

2.2.1. 데이터 집중장치(DCU)

데이터 집중장치는 ATMEL사의 AT91SAM9G20을 메인 마이크로프로세서로 채택하였으며 메모리는 16MBYTE FLASH, 64MBYTE SRAM, 4개의 네트워크 포트, 백본 공유를 위해 전력선 통신 기술을 위한 조가선 모뎀과 Binary CDMA로 구성되었다.

AT91SAMG20은 400MHz 클럭의 ARM코어 기반의 CPU로 MMU, USB2.0, Ethernet MAC 1포트, 시리얼 4개 포트를 구비하고 있으며 L2 스위치 CHIP인 RTL8306을 이용하여 Ethernet 포트를 확장하였으며 VLAN 기능을 구현하였다.

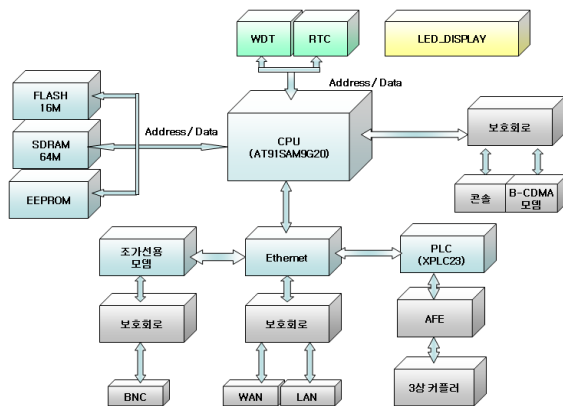


그림 1. 데이터 집중장치 블록도
Fig. 1. Block Diagram of DCU

Binary CDMA는 두 가지 형태로 구성되었는데 먼저 WAN 공유를 위해 어드레스 버스 와 데이터 버스 라인을 이용해 호스트 모드로 연결되어 LAN의 물리 계층으로 동작하며 별도의 독립적인 외부 포트르 동작한다. 두 번째는 검침을 위해 슬레이브 모뎀과 통신

하는 기능으로 시리얼 포트를 이용해 연결 되었다.

WAN 공유를 위한 조가선 모뎀은 스위칭 칩을 이용해 WAN 포트와 허브 개념으로 연결 되었으며 전력선 통신 칩과는 MII 인터페이스를 통해 연결되고 마이크로프로세서가 MAC모드로 PLC 칩이 PHY 모드로 동작은 이더넷 기반으로 구성되었다.

2.2.2. Binary CDMA 네트워크 관리기능

Binary CDMA는 하나의 주파수 채널에는 하나의 무선네트워크를 형성할 수 있으며 이러한 무선 네트워크를 피코넷이라 한다. 다 수의 피코넷을 구별하기 위하여 PNID를 부여하며 이 값은 유일한 상수 값을 갖는다. 피코넷은 마스터와 슬레이브로 이루어지며 마스터는 피코넷당 하나만 존재 할 수 있으며 슬레이브와 동기를 맞추기 위해서 비콘 신호를 주기적으로 송신한다. 슬레이브는 마스터에서 보내는 비콘 신호에 따라 동작하면서 데이터를 서로 송수신할 수 있고 피코넷 내에서 복수개로 존재할 수 있다. 일반적인 Binary CDMA 스테이션의 네트워크를 형성하고 스테이션들이 합류하기 위해서는 그림 2와 같은 과정을 통해 이루어진다.

마스터는 우선 주위의 무선 환경을 파악하기 위해 채널 스캔을 한다. 2단계 가장 환경이 좋은 채널을 선택한 후 슬레이브가 네트워크 합류 요청을 기다린다. 슬레이브는 1단계 무선 환경을 파악하기 위해 채널을 스캔한다. 스캔한 결과를 이용해 가장 좋은 채널의 마스터를 선택한다. 3단계 Sync를 수행하여 접속하고자 하는 마스터와 동기를 맞춘다. 4단계 마스터에 합류를 요청하며 마스터가 합류를 승인하면 네트워크 접속을 완료한다. 자 하는 마스터와 동기를 맞춘다. 4 단계 마스터에 합류를 요청하며 마스터가 합류를 승인하면 네트워크 접속을 완료한다.

위 절차에서도 알 수 있듯이 슬레이브 모뎀은 가장 무선 환경이 좋은 마스터를 선택해 네트워크에 합류한다. 이는 특정 데이터 집중장치에 처리용량 보다 많은 고객이 등록될 수 있다. 따라서 데이터 집중장치에서 슬레이브 모뎀의 등록과 해제를 제어 할 수 있어야 한다. 이를 위해 본 논문에서는 데이터 집중장치와 상위 서버에 슬레이브 모뎀의 등록 여부를 판단하는 기능을 개발하였다. 데이터 집중장치는 자신의 네트워크에 슬레이브 모뎀의 합류 여부를 판단하기 위한 등록 리스트와 등록 요청 리스트를 생성하고 관리한다. 등록 리스트는 상위 서버에서 인증된 리스트만을 관리하며 등록되지 않은 슬레이브는 등록을 허용하지 않는다.

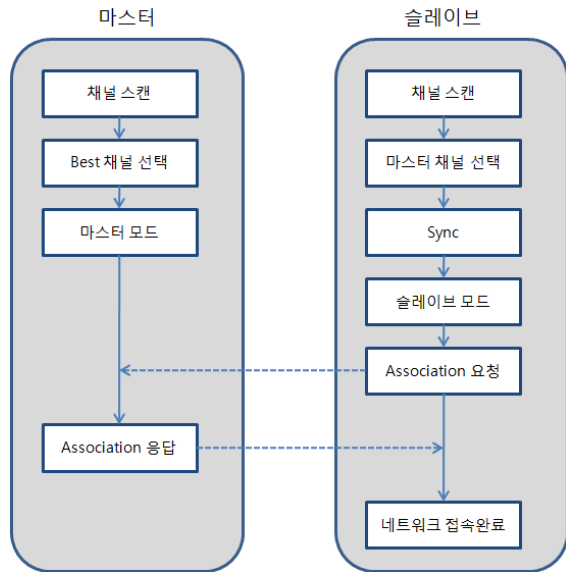


그림 2. Binary CDMA 네트워크 합류 순서도
Fig. 2. Network Association Flow of Binary CDMA

데이터 집중장치가 설치되는 현장은 다양한 종류의 2.4GHz 대역을 사용하는 장비들이 설치 될 수 있으며 인접한 데이터 집중장치 사이에도 주파수 혼선이 일어 날 수 있다. 따라서 슬레이브 모뎀은 무선 AP 등에 의해서 일시적인 통신 장애가 발생할 수 있으며 다수의 마스터 비콘이 수신 될 수 있다. 피코넷의 마스터 비콘이 주기적으로 수신되면 정상적으로 데이터를 전송하나 일정 시간 동안 비콘이 수신되지 않으면 새로운 네트워크에 합류하기 위해 주위를 스캔하고 이를 통해 여러 마스터에 등록을 요청하는 과정을 반복 할 수 있다. 이는 정상적으로 검침기능을 수행 할 수 없으며 검침 인프라를 제공하는 장비로서 동작 할 수 없다. 이를 해결하기 위해 본 논문에서는 고정 셀 개념을 추가하였다. 정상적인 등록 절차를 통해 특정 피코넷에 합류하면 별도의 네트워크 해지 명령을 수신하지 않거나 장시간의 통신 장애가 발생하지 않고 단시간의 통신 장애 발생 시에는 계속해서 기존에 등록됐던 마스터에 네트워크 합류를 요청하도록 하였다.

그러나 그림 3과 같이 장시간(1일이상) 통신 장애 발생 시에는 슬레이브 모뎀에서 자체적으로 초기화 모드로 변경되어 새로운 네트워크에 합류하도록 개발 하였다.

2.2.3. Binary CDMA 네트워크 중계기능

Binary CDMA는 2.4GHz의 ISM 밴드를 사용하므로 전파의 직진성에 의해 전파가 도달하지 않는 음영 지역이 발생 할 수 있으며 이러한 지역을 해소할 수

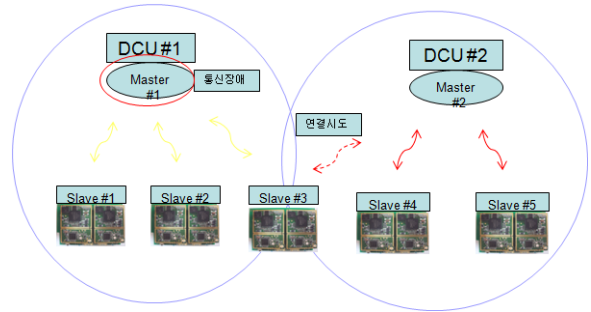


그림 3. 네트워크 재구성
Fig. 3. Network Reconfiguration

있는 솔루션이 필요하다.

Binary CDMA는 한 대의 마스터에 다수의 슬레이브를 연결하여 구성하는 네트워크를 피코넷이라 하며 이러한 피코넷이 여러 개 모이면 계층적인 네트워크 구성이 가능하며 이를 스캐터넷이라고 한다. 스캐터넷은 여러 개의 피코넷을 연결할 수 있으므로 음영 지역 별로 별도의 피코넷을 구성하고 이들을 서로 연결하면 음영지역을 해소할 수 있는 좋은 솔루션이다. 그러나 Binary CDMA에서는 세부적으로 연구가 진행되지 않았으며 이를 제공하기 위해 MAC 구조에 대한 기본적인 연구가 진행되고 있다. 본 논문에서는 하드웨어적으로 두 개의 Binary CDMA 모뎀을 이용하여 중계 기능을 구현하였다. 기존에 제안 되었던 하드웨어를 이용해 중계기를 구현하는 방안과 본 논문에서 제시한 방안과 차이점은 다음과 같다. 본 논문에서 제안한 방식은 데이터 집중장치에 설치된 마스터의 명령에 따라 중계기의 활성화/비활성화를 제어하고 이를 통해 Binary CDMA에서 음영지역을 최소화할 수 있는 중계기를 할당할 수 있다. 마스터 명령을 수신한 슬레이브가 R-Master에 전원을 활성화 시키면 R-Master가 주파수 채널을 설정하여 서버의 마스터 비콘을 송신한다. 이에 응답하는 슬레이브 모뎀이 존재하면 서버 피코넷이 형성된다.

그림 4와 같이 처음 전원이 인가되면 Binary CDMA 모뎀의 슬레이브 부분만 동작 한다. 슬레이브 부분은 앞 절에서 설명한 등록 기능에 따라 데이터 집중장치에 등록 절차를 통해 집중장치의 노드로서 동작한다. 데이터 집중장치는 일정 주기 내에 수집해야 될 고객의 정보와 디바이스 정보를 이용하여 등록이 완료된 노드와 추가적으로 등록 시켜야 할 노드를 알 수 있다. 데이터 집중장치가 등록이 완료되지 않은 노드를 찾기 위해 각 슬레이브에 스캔 명령을 내린다. 스캔 명령을 수신한 슬레이브 모뎀 내의 슬레이브는 R-Master에 전원을 인가하고 일정 시간 동안 대기한

다. 모뎀내의 R-Master는 선택된 채널을 이용해 서브 피코넷을 형성하고 음영지역에 있는 슬레이브 모뎀의 등록 요청을 대기한다. 슬레이브 모뎀이 하나 이상 등록 요청을 하면 등록을 허용하고 피코넷 네트워크를 유지하며 등록 리스트를 마스터에 전달한다. 그러나 등록된 모뎀이 없는 경우에는 슬레이브에서 네트워크 해제 명령을 전송하고 R-Master의 전원을 off 시킨다.

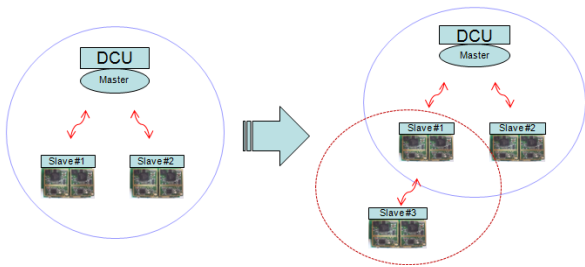


그림 4. 슬레이브 모뎀 중계 개념도
Fig. 4. Slave Modem Relay Function

III. 성능 평가

본 논문에서 제안된 시스템의 성능을 시험하기 위한 기본 성능 지표로는 전력선통신 기반 시스템에서 주로 사용하는 성능지표인 검침 성공률을 이용하였다. 검침 성공률은 시험기간 동안 일정 시간(15분) 간격으로 슬레이브 모뎀을 통해 정상적으로 에너지 사용데이터(현재 사용량 데이터)를 수집한 고객의 수와 대상 고객수의 비율이다.

시스템의 성능을 시험하기 위해 그림 5와 같이 테스트 베드를 구성하였다. 데이터 집중장치 2개를 Binary CDMA를 이용한 WAN 공유 기능을 통해 연결하고 데이터 집중장치 1번에 Binary CDMA 모뎀 7개, 전력선통신 모뎀 17개를 이용해 전자식 전력량계 30대를 설치하였다. 데이터 집중장치 2번에도 동일하게 시스템을 구성하여 총 60개의 전력량계에 대한 성능 시험을 하였다.

데이터 집중장치에 모뎀과 전자식 전력량계를 등록하고 73시간 동안 각 전력량계의 현재 사용 데이터를 15분 간격으로 수집하여 노트북에 저장하였다. 그림 6은 데이터 집중장치 1,2번을 통해 수집한 Binary CDMA를 이용한 검침 데이터 수집 결과이다. 20개 전력량계에 대한 73시간 수집 결과 평균 검침 성공률은 98.7%이며 최대는 99.3%, 최소는 97.9%를 기록했다.

AMI 시스템은 전자식 전력량계에 저장된 계량 데이터를 수집한다. 실제 요금 계산의 기준이 되는 데이

터는 설정된 주기에 따라 자체적으로 메모리에 저장하며 설정된 주기는 대부분 15분이다. 몇 번의 데이터를 정상적으로 수집하지 못해도 다음 주기에 필요한 데이터를 함께 수집해 같이 처리가 가능하므로 평균 검침성공률 98.7%의 성능을 보인 Binary CDMA를 이용한 AMI 시스템을 현장에 적용이 가능할 것으로 판단된다.

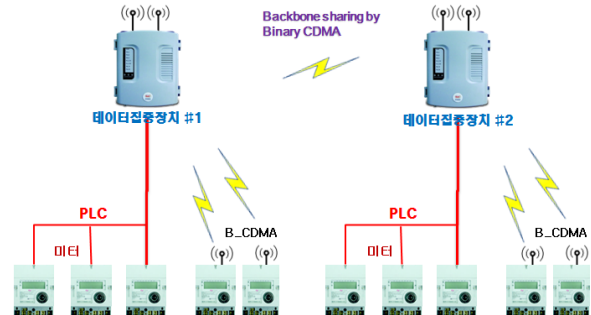


그림 5. 성능 시험을 위한 구성도
Fig. 5. Network Setup for Performance Evaluation

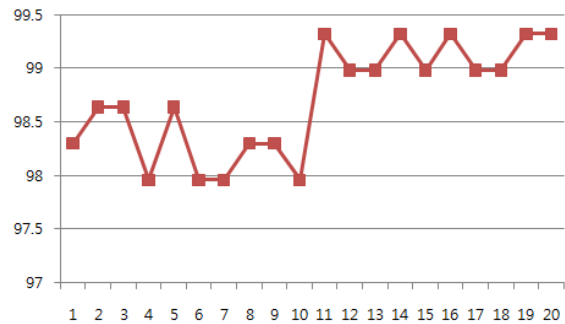


그림 6. Binary CDMA 검침성공률
그림 6. Reading Success Rate of Binary CDMA

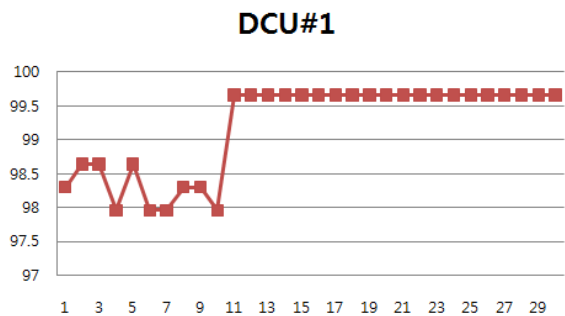


그림 7. 데이터 집중장치 1번 검침 성공률
Fig. 7. Reading Success Rate of DCU1

그림 7은 데이터 집중장치 1번을 통해 수집한 데이터의 검침 성공률이다. 30개 전력량계에 대한 73시간 수집 결과 평균 검침 성공률은 99.19%이며 최대는 99.65%, 최소는 97.95%를 기록했다.

그림 8은 데이터 집중장치 2번을 통해 수집한 데이터의 검침 성공률이다. 30개 전력량계에 대한 73시간 수집 결과 평균 검침 성공률은 99.26%이며 최대는 99.31%, 최소는 98.97%를 기록했다. 전력선통신과 Binary CDMA를 동시에 이용한 검침 성공률도 평균 99%이상으로 현장 적용에 문제가 없을 것으로 판단된다.

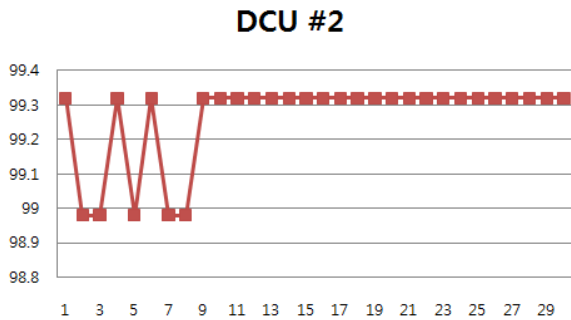


그림 8. 데이터 집중장치 2번 검침 성공률
Fig. 8. Reading Success Rate of DCU2

IV. 결 론

본 논문에서는 Ad-hoc 방식의 Binary CDMA를 이용하여 AMI 시스템을 구현하기 위해 전력회사의 전력공급 체계와 전자식 전력량계 통신 프로토콜, 상위 서버프로그램 구현을 고려하여 Binary CDMA 모델 중에서 마스터 고정, 슬레이브 모델이 특정 셀 내에서 리피팅과 라우팅 수행, 음영지역 해소 등의 주요 요구사항을 도출하였으며 검침을 수행하고 네트워크를 형성 관리하기 위한 기본 통신 프로토콜을 설계하였다. 또한 Binary CDMA 기본 기능을 이용하여 데이터 집중장치에서 슬레이브 모델을 자유로이 등록, 해제 할 수 있도록 하여 피코넷 형성을 제어 할 수 있도록 하였으며 슬레이브 모델이 반복적으로 여러 피코넷에 합류, 해지를 함으로서 발생하는 문제점을 해결하기 위해 고정 셀 개념을 추가하여 짧은 시간 마스터 비콘 신호 수신 실패 시에는 기존에 등록된 셀에 다시 합류를 시도하도록 하였다. 그러나 마스터 모델의 장애 발생 시를 고려하여 1일 이상 통신이 불가능 하면 새로운 네트워크에 합류 할 수 있도록 개발 하였다.

2.4GHz 주파수 대역은 다양한 통신기기들이 공유할 수 있는 대역이므로 주파수 혼선과 고유의 직진성에 의한 음영지역이 발생한다. 이를 해소하는 방안으로 2개의 무선 모델을 이용하여 중계기를 개발 하였

다. 이 시스템을 이용함으로써 기존에 전력선통신 단독으로 구현된 AMI 시스템의 설치 범위를 무선방식도 함께 적용함으로써 확대할 수 있었으며 Binary CDMA만으로도 AMI 시스템 구현이 가능함을 확인 하였다.

참 고 문 헌

- [1] I. Lee, J. Lee, "Smart Grid Information and Communication Technology", Journal of Korea Information and Communications Society, Vol. 27, 2010.
- [2] C. Ji, "Implementation of Wireless Stereo Sound System using Binary CDMA", 2008.
- [3] D. Kwon, J. Cho, K. Seo, "Study on Wireless Relay Networks using Binary CDMA in Multi-Channel Environment", Journal of Korea Information and Communications Society, Vol. 42, 2010.
- [4] Y. Choi, B. Park, Y. Lim, S. Kim, D. Yoo, "Design and Development of Auxiliary Power Service System using PLC", Power Electronics Conference, 2004.
- [5] Y. Won, S. Lim, S. Kim, Y. Kim, J. Cho, "Research about Repeater System for Transmission Line Monitoring using Koinonia V2.0 Wireless Communication", IWUCT, 2008.

조 인 휘 (Inwhee Joe)



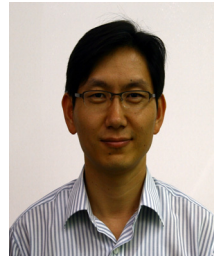
1983년 2월 한양대학교 전자공학과 학사

1994년 12월 미국 University of Arizona, Electrical and Computer Engineering, M.S.

1998년 9월 미국 Georgia Tech, Electrical and Computer Engineering, Ph.D.

1992년 12월 (주) 데이콤 종합연구소 선임연구원
2000년 6월 미국 Oak Ridge 국립연구소 연구원
2002년 8월 미국 Bellcore Lab (Telcordia) 연구원
2002년 9월~현재 한양대학교 컴퓨터공학부 교수
<관심분야> USN/RFID, Smart Grid, Mobile Communications and Internet, Network Security

정 종 열 (Jong Yuel Jeong)



1996년 8월 부경대학교 전자공학과 학사

2011년 2월 한양대학교 컴퓨터공학 석사

1996년 11월 한국전력공사(주)

1996년 12월~현재 한전KDN(주) 차장

<관심분야> Smart Grid, AMI, Smart Utility Network, PLC, Binary CDMA