Binary CDMA 기술을 이용한 무선 원격검침 네트워크 구현방안에 대한 연구

권대길*, 조진웅*
*전자부품연구원 통신네트워크센터

e-mail:tgkwon@keti.re.kr, chojw@keti.re.kr

A Study on the Implementation of Wireless AMR Network using Binary CDMA

Tai-Gil Kwon*, Jin-Woong Cho*
*Wireless Network Research Center, Korea Electronics Technology Institute

요 약

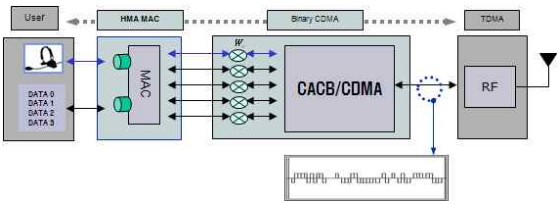
본 논문은 국내원천 기술인 Binary CDMA 기술을 소개하고 AMR(Automatic Meter Reading) 시스템에 Binary CDMA 무선 기술을 어떻게 적용할지를 연구하고자 한다. 주요 연구내용은 Binary CDMA 원격검침 시스템, 무선 원격검침을 구현하기 위한 피코넷 네트워크 구성, 데이터 송수신을 위한 전송 스케줄링을 다루고자 한다. 그리고 원격검침의 데이터는 공공의 성격을 띄는 아주 중요한 데이터이기 때문에 무선 패킷의 암호화 적용방안에 대해서도 연구하고 하고자 한다.

1. 서론

최근 Green IT가 주목받으면서 공해를 발생시키는 화석연료를 대체할 새로운 에너지원에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다. 또한 이미 개발된 화석연료 대체에너지인 전기 에너지에 대한 관심이 증폭되고 있으며 이를 IT와 접목하여 활용성을 극대화 하는 전력IT에 대한 방안에 대해서도 과거부터 현재까지 꾸준히 연구되어 왔다. 이러한 전력IT 분야에서 현재 어느 정도 상용화에 근접되게 진행되고 있는 분야가 원격검침이라고 생각되어진다. 원격검침(Automatic meter reading system)이란, 전기, 수도, 가스 공급자(utility)가 이를 사용하는 고객에게 공급한 사용량에 따라 요금을 부과하고 징수하기 위해 사용량을 검침하는 작업을 원격에서 자동으로 수행하는 검침 자동화시스템이다. 검침원이 직접 방문하여 수작업으로 하던 일을 컴퓨터와 통신기술을 이용하여 중앙검침센터에서 개별 수용가의 사용량을 자동으로 검침함으로써 오검침으로 인한 민원이 획기적으로 개선되고 전력의 효율적인 관리가 가능한 기술이다. 원격검침은 통신방식에 따라 크게 유선 검침 시스템과 무선 검침시스템으로 나눌 수 있다. 유선 검침시스템은 기존의 유선전화망을 이용하는 PSTN[1] 방식, 원거리 시리얼 통신인 RS-485 방식, 기존 전력망 통신을 이용하는 PLC[2] 방식이 있다. PSTN 방식은 기존전화선을 이용하므로 비교적 사용이 간편하나 전화망을 이용하기 때문에 비용이 드는 단점이 있으며 RS-485 방식은 통신에 대한 비용은 없으나 새로운 유선망을 구축하는데 비용이드는 단점이 있다. 그리고 PLC 방식은 이미 구축된 전력망을 사용하면서 사업자인 경우 전력망에 대한 통신비용도 무료인 장점이 있으나 아직 기술의 완성도가 미흡한 편이다. 무선 검침시스템은 Zigbee[3], Wifi, Binary CDMA와 같은 무선통신기술을 이용하여 검침을 한다. 무선 검침 시스템이 최근 관심 받는 이유는 기존 유선망에 비해 배선 작업이 필요 없는 사용의 편리함과 무료라는 장점 때문이다. 따라서 본 논문에서는 무선 검침 시스템 구축에 필요한 무선망 기술인 국내원천 기술인 Binary CDMA 기술을 소개하고 원격검침시스템, 무선검침 네트워크 구현을 위한 피코넷(Piconet) 네트워크 구성, 전송스케줄링, 이미 무선 네트워크가 형성된 상태에서 패킷 보안을 위한 암호화 적용 방법을 다루고자 한다.

2. Binary CDMA

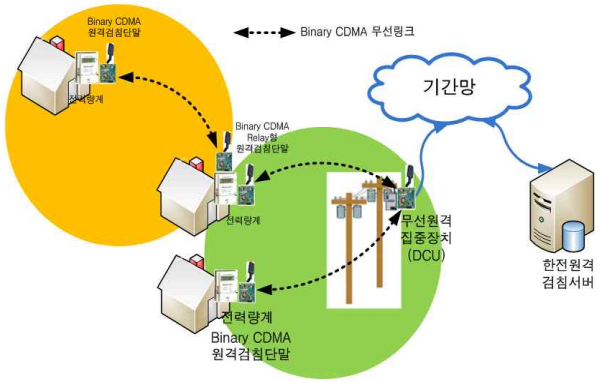
Binary CDMA 기술은 CSMA/CA 와 TDMA 기술을 접목한 진화된 MAC 기술을 도입한 2.4GHz 무선 통신 규격이다. 기존의 무선통신 기술들은 전력 소모가 심해 홈 네트워크에 다양하게 활용하기 어렵거나 대용량 데이터 전송시 전파간섭의 영향으로 송수신이 원활하지 못한 문제가 있었다. 이에 반해 Binary CDMA 기술은 CDMA와 TDMA 기술의 장점이 결합돼 무선랜이나 블루투스와 비교해 잡음에 강한 특성을 지니며, 낮은 전력을 소비하면서도 초고속으로 데이터를 전송할 수 있는 것이 특징 이다. 또, 여타 근거리 무선통신과 비교해 원거리 무선 송수신 능력이 크게 앞선다는 점이 눈길을 끈다. 이로 인해 바이너리CDMA 기술은 LOS가 보장될 경우 기지국이 없이도 최대 500미터까지 데이터(영상·음성)을 송수신할 수 있으며, 100미터 이내의 근거리 환경에서는 이동중(시속 60km)에도 영상과 음성을 자유롭게 주고받을 수 있다. 여기에 고화질 영상의 무선 송수신이 훨씬 자유로워지고, 기존 무선통신기술과 신호 간섭없이 함께 사용할 수 있으며, 멀티미디어 서비스의 품질보장(QoS) 및 데이터 암호화 기능을 제공한다. 특히 액세스포인트(AP) 없이도 단말기 사이에 독립적인 애드혹(Ad-hoc) 네트워크가 만들어지고, 피코넷(piconet:두개 이상의 기기가 같은 채널을 공유하는 네트워크) 당 40개의 단말기 동시 사용 및 250개 단말기 접속이 가능해 개인과 개인, 개인과 다수 사이에 직접 멀티미디어 데이터를 주고받을 수 있다.[4][5]



[그림 1] Binary CDMA 개념

3. Binary CDMA 원격검침 시스템

[그림2]는 Binary CDMA 망을 이용한 전체 원격검침 시스템의 구성도를 보여주고 있다. 수용가의 전력량계마다 Binary CDMA 통신 모듈이 장착되어 있어 무선으로 통신이 가능하다. 따라서 각 수용가의 전력량계의 검침데이터를 무선원격 집중장치에 전달하기 위해서는 Binary CDMA 무선망을 이용한다. 여기서 전력량계가 무선원격 집중 장치와 너무 멀리 떨어져 있어 무선원격 집중장치와 직접 통신이 불가능 할 경우 주변의 다른 Binary CDMA 네트워크에 릴레이 전송을 함으로서 무선원격 집중장치까지 통신이 가능하다. Binary CDMA 무선망을 이용하여 주변의 전력량계에서 데이터를 수집한 무선원격 집중장치는 광케이블과 같은 이미 구축된 기간망을 통해서 한전원격검침서버로 전력량계의 검침데이터를 전송한다. 이렇게 전달받은 수용가의 원격검침 데이터를 근거로 한전에서 손쉽게 검침업무를 수행할 수 있다.

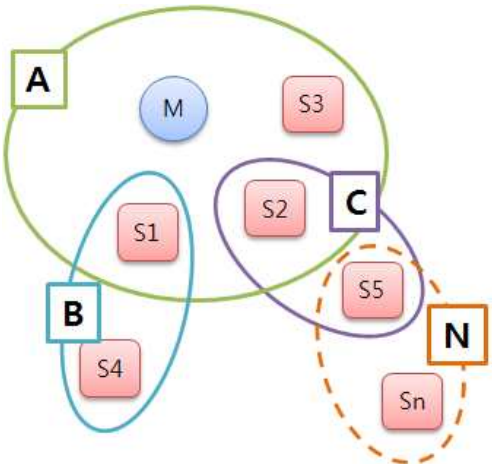


[그림 2] Binary CDMA 원격검침 시스템

4. 원격검침 피코넷 네트워크

Binary CDMA의 무선 네트워크의 구성은 [그림 3]의 A, B, C, D 네트워크이며 이를 각각 피코넷(Piconet)이라 한다. 피코넷은 개인 활동 영역 내에서 동일한 무선 주파수 채널상에서 동작하고 있는 두 개 이상의 스테이션이 존재할 때 구성된다. 하나의 주파수 채널에는 하나의 피코넷을 형성할 수 있으며 여러 개의 피코넷을 구별하기 위하여 PNID를 부여하며 이 값은 유일한 상수값을 갖는다. 피코넷 내부에는 스테이션의 그 역할에 따라 마스터(Master)와 슬레이브(Slave)로 구별된다. 마스터는 피코넷 전체를 관리하고 피코넷 내에서 오직 하나만 존재할 수 있다. 마스터는 비콘을 브로드캐스팅 함으로 해서 슬레이브를 제어한다. 슬레이브는 마스터에서 보내는 비콘 신호에 따라 마스터와 유기적으로 동작하면서 데이터를 서로 송수신할 수 있고 피코넷 내에서 복수개로 존재할 수 있다. 이때 마스터와 슬레이브는 슈퍼프레임의 스케줄링 방법에 따라 양방향 송수신 및 단방향 송수신이 가능하며 슬레이브간

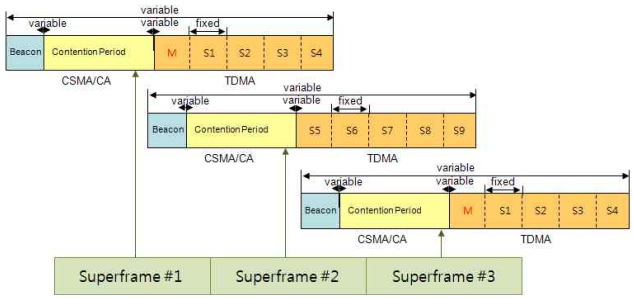
의 통신도 가능하다[6]. 원격검침 네트워크의 경우 A 피코넷의 범위보다 멀리 떨어져 있는 S4, S5 스테이션의 경우 S4는 M과 통신하기 위해서 S1과 B 피코넷을 형성하고 S5는 M과 통신하기 위해서 S2와 C 피코넷을 형성한다. 이때 A 피코넷 입장에서는 M이 마스터가 되고 S1, S2, S3 슬레이브의 역할을 하지만 B 피코넷 입장에서는 S1는 마스터가 되고 S4가 슬레이브 된다. 또한 C 피코넷 입장에서는 S2는 마스터가 되고 S5가 슬레이브 된다. 이런식으로 모든 S1...Sn 스테이션은 슬레이브이면서 마스터 역활을 동시 담당함으로서 릴레이 송수신이 가능하다. 그 결과 아무리 멀리 떨어져 있는 스테이션도 트리구조 형태의 네트워크로 형성되어 M(마스터)과 통신이 가능하다.



[그림 3] 원격검침 네트워크 구성

5. 원격검침 전송 스케줄링

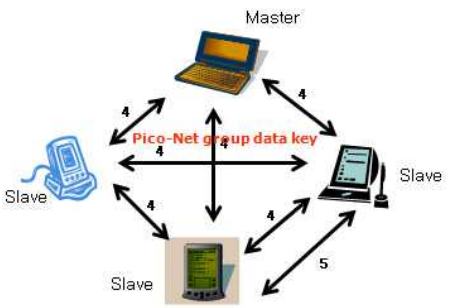
원격검침을 위한 전송스케줄링의 슈퍼프레임 구조는 크게 3부분으로 구성되며, 각 구간의 길이는 가변적이다.[6] 비콘 구간에서는 마스터가 슬레이브들에게 네트워크 기준 정보를 가지고 있는 비콘 패킷을 전송한다. 경쟁구간에서는 슬레이브와 마스터가 네트워크 합류요청/분리요청/허용, 자원할당 요청/허용, 연결 요청/허용 등의 명령 패킷을 임의 접근 방식으로 전송한다. 경쟁구간동안은 마스터에 의한 시간의 배타적 할당을 통한 매체에 대한 독점적 접근이 보장되지 않으므로, 각 스테이션들은 경쟁방식의 CSMA/CA를 사용하여 매체에 접근한다. 할당 구간동안은 각 스테이션이 자신에게 배분된 시간 슬롯 동안 매체에 대해 독점적으로 접근하게 된다. 마스터는 TDMA 방식을 사용하여 할당구간의 시간 슬롯을 각 스테이션에게 분배한다. 분배된 시간 슬롯 동안은 각 스테이션은 매체에 독점적으로 접근할 수 있으며, 할당된 슬롯 동안은 스테이션은 마스터의 개입없이 데이터를 주고받고자 하는 스테이션과 1:1로 데이터를 주고 받을 수 있다. [그림 4]에서 마스터 역할의 전력량계가 M이고 슬레이브 역할의 전력량계를 S1~S9 라고 가정 했을 때 할당구간의 전송스케줄링 방법을 도식화하였다. 여기서 모든 스테이션이 Tx, Rx 가능한 형태로 전송스케줄링을 구성되며 할당구간은 스테이션의 개수에 따라 동적으로 할당되며 할당길이는 1/N 크기로 정해진다. 그리고 전체 스테이션의 개수가 10개이고 1개의 슈퍼프레임의 할당구간에 5개의 스테이션이 할당된다고 가정하면 10개의 스테이션이 할당구간을 부여받으려면 총 2개의 수퍼프레임이 주기적으로 반복되면서 할당된다. 그리고 이미 피코넷에 합류한 스테이션을 강제로 탈퇴시키면 해당 스테이션의 할당구간을 삭제하여 다시 스케줄링 한다.



[그림 4] 원격검침 전송스케줄링

6. 원격검침 네트워크 보안

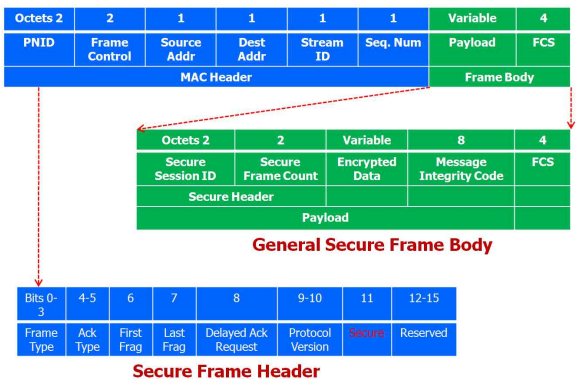
특정 피코넷의 마스터와 합류한 어떠한 슬레이브라도 피코넷내의 모든 스테이션과 데이터 통신이 가능하다. 이것은 악의적인 목적을 가진 스테이션이 데이터 패킷을 언제라도 고의로 손쉽게 조작가능하다. 그래서 보안을 필요로 하는 국가사업인 원격검침 네트워크에는 [그림 5]와 같이 필수적으로 데이터 패킷을 보호할 수 있는 네트워크 보안이 요구된다. Binary CDMA는 네트워크 보안을 위해서 128bit AES 암복호화 알고리즘을 사용한다. 128bit AES 암호화 알고리즘은 Soc 내에서 H/W 적으로 구현되어 암복호화에 따른 데이터 패킷 처리지연이 거의 없다.



[그림 5] 네트워크 보안

암호화는 일반적으로 원래의 자료와 그것을 암호화하는 키와 암호화된 자료 그리고 그 암호화된 자료를 원래의 자료로 복원시키는 키등으로 구성된다. 암호화 키관리 방식에 따라 대칭형 암호화 방법과 비대칭형 암호화 방법으로 나눌 수 있다. 대칭형 암호화 방식은 많이 알려져 있는 방식으로 암호화하는 키와 복호화하는 키가 동일 하며 상대방과 같은 키를 공유해야한다. 비 대칭형 암호화 방식은 암호화하는 키는 누구나 알수 있는 공개키로 사용하며 복호화 할 때는 비밀키를 사용하는 방식으로 암호와 키와 복호와 키가 서로 다르다. 원격검침 네크워크에서는 대칭형 키를 사용하며 마스터와 슬레이브간에 서로 동일한 키를 공유하여 네트워크 보안을 유지할 수 있다. 일반적으로 암호화되지 않은 Bianry CDMA 프레임의 형식은 MAC Header + Payload + FCS 구성된다.

[그림 6]은 암호화가 적용된 프레임 형식이다. 암호화된 프레임형식이 일반 프레임 형식과 다른 점은 MAC Header의 Secure 필드가 추가되었으며 Payload 앞부분에 Secure Header와 Payload 뒷부분에 암호화 데이터의 무결성 검사코드인 Message Integrity Code 더 추가되었다.[6]



[그림 6] 암호화된 프레임 형식

7. 결론

본 논문에서는 기존의 유선망을 사용하지 않고 Binary CDMA 무선망 기술을 이용하여 새로운 원격검침 네트워크를 구축하는 방법을 제안하였다. 이것은 기존에 연구되어 오던 유선망을 이용한 원격검침 시스템보다 구축비용과 시간을 단축할 수 있는 장점이 있다. 또한 전력량계에 대한 원격검침뿐만 아니라 수도, 가스와 같은 다른 공공요금에 대한 검침에도 빠른 시간내에 적용이 가능하리라 예상된다. 앞으로는 Binary CDMA 근거리 무선통신 기술이 원격검침 뿐만 아니라 한전의 타 사업에 적용이 된다면 기존의 유선망의 제한으로 인한 기술 개발의 한계를 뛰어넘어 비약적인 전력 IT 기술의 발전이 예상되며 고비용의 유선망 시스템의 구축으로 인한 비용을 무선기술로 대체할 경우 국가사업인 전력관련 예산을 절감하는 파급효과가 있을 거라 생각되어진다.

참고문헌

[1] 정길선, 한상균 “전화망을 이용한 원격검침시스템 실현 기술에 대한 고찰”, 대한전자공학회지, 제13권, 제2호, pp. 54-57, 11월, 1990.

[2] 임용훈, 최종협, 최문석, 주성호 “전력선통신기반 원격검침시스템을 위한 효율적인 기기인증 및 관리체계”, 대한전자공학회 학술대회, pp. 353-354, 6월, 2008.

[3] 우희곤, 김연수, 김진철, 김영억 “센서네트워크를 이용한 표준형 전력량계 원격검침 및 부가서비스에 관한 연구”, 대한전자공학회 학술대회, pp. 1055-1056, 7월, 2007.

[4] 조진웅, 주민철, 서경학, 류승문, “WPAN용 Binary CDMA 기술,” 한국통신학회지, 제19권 . 제5호, pp. 135-146, 2002

[5] 안호성, "Retaw-1 저 전력 근거리 무선통신기술 ", 한국통신학회지, 제22권, 제10호, 70-82, 2005

[6] KETI, KOINONIA 표준규격서, 물리 계층과 데이터 링크 계층 규격 버전 1.1 . 2007