

Binary CDMA 기술을 이용한 무선 원격검침 시스템 구현

권대길* · 조진웅* · 홍대기†

*전자부품연구원 실감정보플랫폼연구센터

†상명대학교 정보통신공학과

Implementation of Wireless AMR System using Binary CDMA

Tai-Gil Kwon*, Jin-Woong Cho* and Dae-Ki Hong†

*Realistic Media Platform Research Center, KETI

†Department of Information and Telecommunication Eng., SangMyung University

Abstract

This paper presents the AMR (Automatic Meter Reading) system using the binary CDMA (Code Division Multiple Access) radio technology. The binary CDMA is the new radio technology in domestic research. Main implementation topics includes the binary CDMA remote meter reading system, the wireless piconet configuration for the wireless automatic meter reading, and the transmission scheduling for sending and receiving data. Also, the wireless packet data encryption is very important topics for the wireless automatic meter reading. The proposed AMR system is implemented as a pilot project in Jeju and Gangwon. It can be seen that the wireless remote reading using the binary CDMA wireless technology can be applied to the AMR system.

Key Words : AMR, Binary CDMA, Piconet, Scheduling

1. 서 론

최근 Green IT(Information Technology)가 주목 받으면서 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 방안에도 대해서도 과거부터 현재까지 꾸준히 연구되어 왔다. 이러한 전력 IT 분야에서 현재 어느 정도 상용화에 근접되게 진행되고 있는 분야가 바로 원격검침(AMR: Automatic Meter Reading)이다.

원격검침이란 전기, 수도, 가스 공급자(Utility)가 이를 사용하는 고객에게 공급한 사용량에 따라 요금을 부과하고 징수하기 위해 사용량을 검침하는 작업을 원격에서 자동으로 수행하는 검침 자동화 시스템을 의미

한다. 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(Public Switched Telephone Network)[1] 방식, 원거리 시리얼 통신인 RS(Recommended Standard)-485 방식, 기존 전력망 통신을 이용하는 PLC(Power Line Communication)[2] 방식이 있다. PSTN 방식은 기존전화선을 이용하므로 비교적 사용이 간편하나 전화망을 이용하기 때문에 비용이 발생하는 단점이 있으며 RS-485 방식은 통신에 대한 비용은 없으나 새로운 유선망을 구축하는데 비용이 발생하는 단점이 있다. 그리고 PLC 방식은 이미 구축된 전력망을 사용하면서 사업자인 경우 전력망에 대한 통신비용도 무료인 장점

†E-mail : hongdk@smu.ac.kr

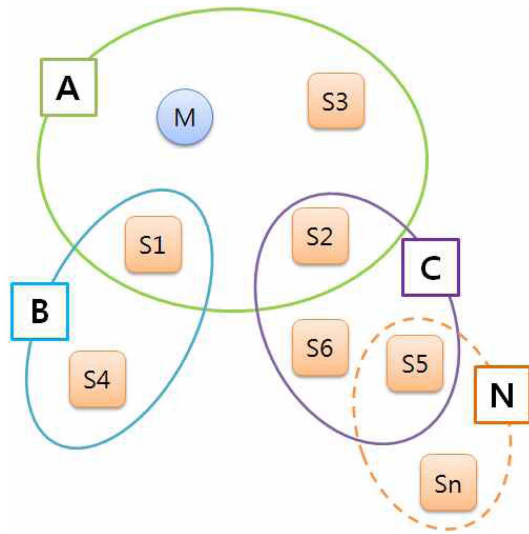


Fig. 3. Configuration of AMR network.

구성이 Fig. 3에 나타나 있다. 그림에서 A, B, C, N은 피코넷이며 동일한 영역에 여러 개가 구성될 수 있다. 피코넷은 가까운 영역 내에서 동일한 무선 주파수 채널상에서 동작하고 있는 두 개 이상의 스테이션이 존재할 때 구성된다. 하나의 주파수 채널에는 하나의 피코넷을 형성할 수 있고 여러 개의 피코넷을 구별하기 위하여 PNID(Pico-Net IDentification)를 부여할 수 있으며 이 값은 유일한 상수 값을 갖는다.

피코넷 내부의 스테이션들은 그 역할에 따라 마스터(Master)와 슬레이브(Slave)로 구별된다. 마스터는 피코넷 내에서 오직 하나만 존재하며 피코넷 전체를 관리한다. 마스터는 비콘을 브로드캐스팅함으로써 슬레이브를 제어한다. 슬레이브는 마스터에서 보내는 비콘 신호에 따라 마스터와 유기적으로 동작하면서 데이터를 서로 송수신할 수 있다. 또한 슬레이브는 피코넷 내에서 복수 개로 존재할 수 있다. 이때 마스터와 슬레이브는 슈퍼프레임의 스케줄링 방법에 따라 양방향 송수신 및 단 방향 송수신이 가능하며 슬레이브간의 통신도 가능하다[7].

원격검침 네트워크의 경우 DCU(Data Concentrator Unit)는 마스터(M) 역할을 하고 수용가의 전력량계들이 슬레이브(S) 역할을 담당하게 된다. A 피코넷의 범위보다 멀리 떨어져 있는 S4, S5, S6 스테이션의 경우 S4는 M과 통신하기 위해서 S1과 B 피코넷을 형성하고 S5, S6는 M과 통신하기 위해서 S2와 C 피코넷을 형성한다. 이때 A 피코넷 입장에서는 M이 마스터가 되고 S1, S2, S3 슬레이브의 역할을 하지만 B 피코넷

입장에서는 S1은 마스터가 되고 S4가 슬레이브 된다. 또한 C 피코넷 입장에서는 S2는 마스터가 되고 S5, S6가 슬레이브가 된다. 이런 식으로 S1, S2, S5 스테이션은 슬레이브이면서 마스터 역할을 동시 담당하는 중계기 역할을 함으로서 릴레이 송수신이 가능하다.

그 결과 이론상으로 아무리 멀리 떨어져 있는 스테이션도 트리 구조 형태의 네트워크로 형성되어 M(마스터)과 통신이 가능하다. 그리고 릴레이 전송은 현장 설치 시 거리확장 기능보다는 음영지역을 해결하기 위한 방법으로 주로 마스터 기준으로 2홉 정도의 릴레이 전송이 사용된다. 또한 하나의 DCU 기준으로 중계기 역할을 하는 스테이션의 사용 개수도 전체 슬레이브 개수 대비 많지 않은 편이다.

5. 원격검침 전송 스케줄링

원격검침 전송스케줄링을 위한 슈퍼프레임 구조는 크게 3부분으로 구성되며, 각 구간의 길이는 가변적이다[7]. 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.

경쟁구간 동안은 마스터에 의한 시간의 배타적 할당을 통한 매체에 대한 독점적 접근이 보장되지 않으므로, 각 스테이션들은 경쟁방식의 CSMA/CA를 사용하여 매체에 접근한다. 할당 구간 동안은 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 개입 없이 데이터를 주고받거나 하는 스테이션과 1:1로 데이터를 주고 받을 수 있다.

Fig. 4에서 마스터 역할의 DCU는 M이고 슬레이브 역할의 수용가를 $S_1 \sim S_n$ 이라고 가정 했을 때 할당구간의 전송 스케줄링 방법을 도식화하였다. 여기서 모든 스테이션이 송신(Tx), 수신(Rx) 가능한 형태로 전송스케줄링을 구성되며 할당구간은 스테이션의 개수에 따라 동적으로 할당된다. 그리고 슈퍼프레임 1개 기준으로 할당구간 내에 할당되는 수용가의 할당길이는 할당구간에 부여되는 수용가의 개수가 N일 경우 $1/N$ 크기로 정해진다.

그리고 Fig. 4와 같이 만약 전체 수용가의 개수가 n 개이고 1개의 슈퍼프레임의 할당구간에 5개의 스테이

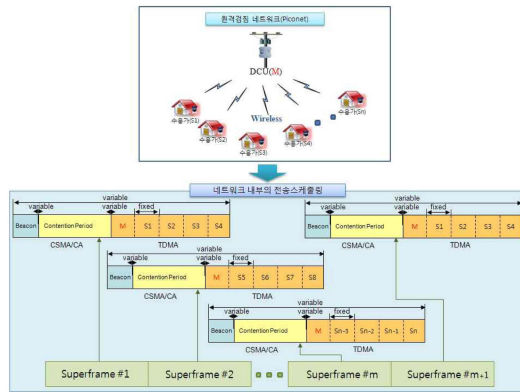


Fig. 4. Transmission scheduling for AMR system.

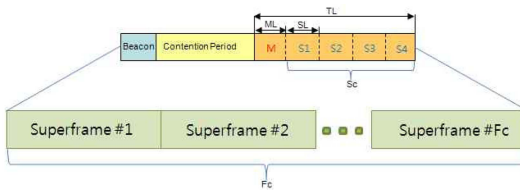


Fig. 5. Frame format for AMR transmission scheduling.

선이 할당된다고 가정하면 1개의 DCU와 4개의 수용가에 대하여 1개의 수퍼프레임내 5개의 할당구간을 부여 받아 총 M 개의 수퍼프레임마다 주기적으로 반복되면서 할당된다. 그리고 이미 피코넷에 합류한 스테이션을 강제로 탈퇴시키면 해당 스테이션의 할당구간을 삭제하여 다시 스케줄링 한다.

Fig. 4와 같이 원격검침에 네트워크에 적합한 전송스케줄링을 구성하기 위해서는 Fig. 5에서의 주어진 스케줄링 팩터(Factor)들을 이용하여 슈퍼프레임 하나에 할당될 수 있는 수용가의 개수(S_c)와 원격검침 네트워크의 스케줄링에 필요한 슈퍼프레임 개수(F_c)를 새롭게 계산해 주어야 한다. SL , ML , TL , S_n 은 주어진 조건 팩터이며 이렇게 주어진 조건 팩터 값을 이용하여 S_c 를 구하고, 그 이후 F_c 를 구할 수가 있다. SL , ML , TL 을 이용하여 S_c 를 구할 수가 있으며 S_n 과 S_c 를 이용하여 Fig. 6의 절차를 통하여 F_c 를 구할 수가 있다.

- SL : 수용가 한 개의 할당구간 크기
- ML : DCU 한 개의 할당구간 크기
- TL : 할당구간 전체 크기
- S_n : 원격검침 네트워크에서 수용가 전체 개수
- S_c : 할당구간에 할당될 수용가 개수
- F_c : 스케줄링에 필요한 슈퍼프레임 개수

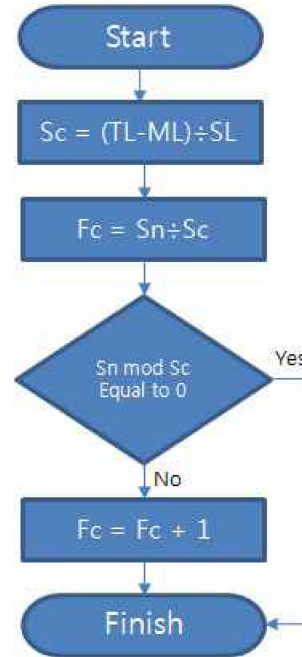


Fig. 6. Calculation procedure for S_c , F_c .

$S_c = (TL - ML) / SL$ 라는 수식으로 할당구간에 할당될 수 있는 수용가 개수를 구할 수가 있다. 또한 F_c 의 계산절차는 $F_c = S_n / S_c$ 라는 수식으로 계산했을 때 정수 값이 되며 만약 계산된 F_c 가 나머지 값이 존재할 경우 F_c 의 정수 값에다 1을 추가적으로 더해줌으로써 원격검침 스케줄링에 필요한 슈퍼프레임의 개수를 구할 수가 있다.

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 조작 가능하다. 그래서 보안을 필요로 하는 국가사업인 원격검침 네트워크에는 Fig. 5와 같이 필수적으로 데이터 패킷을 보호할 수 있는 네트워크 보안이 요구된다. Binary CDMA는 네트워크 보안을 위해서 128 bit AES(Advanced Encryption Standard) 암호화 알고리즘을 사용한다. 128bit AES 암호화 알고리즘은 SoC(System-on-Chip) 내에서 하드웨어적으로 구현되어 암호화에 따른 데이터 패킷 처리 지연이 거의 없다.

암호화는 일반적으로 원래의 자료와 그것을 암호화



Fig. 7. Network security.

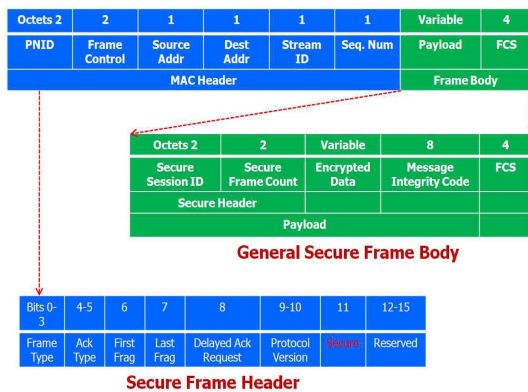


Fig. 8. Encrypted frame format.

하는 키와 암호화된 자료 그리고 그 암호화된 자료를 원래의 자료로 복원시키는 키 등으로 구성된다. 암호화 키 관리 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 공유해야 한다. 비 대칭형 암호화 방식은 암호화하는 키는 누구나 알 수 있는 공개키로 사용하며 복호화 할 때는 비밀 키를 사용하는 방식으로 암호화 키와 복호화 키가 서로 다르다. 원격검침 네트워크에서는 대칭형 키를 사용하며 마스터와 슬레이브간에 서로 동일한 키를 공유하여 네트워크 보안을 유지할 수 있다. 원격검침 네트워크에서 통신 패킷을 암호화 하기 위하여 Fig. 7과 같이 프레임 종류에 따라 암호화 키를 개별적으로 관리할 수 있다. 피코넷 내부의 동기를 맞추기 위한 비콘 프레임은 그룹-데이터 키 (Group-data key)를 사용하고 네트워크 접속, 해제와 같은 네트워크 제어를 위한 명령 프레임은 매니지먼트 키(Management key)를 사용하며 마지막으로 스테이션간의 데이터 통신을 위한 데이터 프레임은 데이터 키(Data Key)를 사용할 수 있다.



Fig. 9. DCU and electricity-meter for AMR.

일반적으로 암호화되지 않은 Binary CDMA 프레임의 형식은 MAC 헤더, 페이로드, 프레임 검사 수열 (FCS: Frame Check Sequence)로 구성된다. Fig. 8은 암호화가 적용된 프레임 형식이다. 암호화된 프레임 형식이 일반 프레임 형식과 다른 점은 MAC 헤더의 Secure 필드가 추가되었으며 페이로드 앞 부분에 Secure 헤더와 페이로드 뒷부분에 암호화 데이터의 무결성 검사코드(Message Integrity Code)가 더 추가 되었다[7].

7. 실험결과

현재 Binary CDMA 기술을 이용한 무선 원격 검침은 아래 Fig. 9와 같이 제주도 구좌읍 지역을 중심으로 약 1500가구, 강원도 원주, 춘천 지역에 약 120가구를 대상으로 시범사업을 진행 중 에 있다.

원격검침서버에서는 DCU에서 관리할 수 있는 수용가의 전력량계를 미리 정해놓고 관리하도록 정책적으로 정해져 있다. 그래서 원격검침 서버에서는 초기단계에 DCU마다 등록 가능한 무선모뎀의 MAC 주소를 미리 입력해 놓고 DCU에 접속하는 수용가 모뎀의 MAC 주소와 비교하여 무선모뎀이 특정 DCU에 등록될 수 있는지를 판단하여 DCU가 미리 정해진 수용가와 원격검침을 할 수 있도록 등록을 허가한다. Table 1은 특정 DCU에서 관리하는 수용가의 모뎀의 정보를 나타내며 MAC 주소 정보를 기준으로 수용가의 모뎀을 구별한다. 그 이후 무선모뎀의 등록이 결정되면 DLMS (Device Language Message Specification) / COSEM (Companion Specification for Energy Meters) [8] 원격검침 프로토콜에 의해서 DCU가 수용가의 전력량계로

Table 1. Management information for consumer modem

MAC 주소	등록 상태	전송 여부	모뎀타입	모뎀상태
E05B70A62AD7	등록	TRUE	BCDMA 내장형 모뎀	정상 동작중 (Active)
E05B70A607CD	등록	TRUE	BCDMA 내장형 모뎀	정상 동작중 (Active)
E05B70A601E3	등록	TRUE	BCDMA 내장형 모뎀	정상 동작중 (Active)

Table 2. Hit ratio for AMR

설치지역	현재검침성공률(%)	정기검침성공률(%)
제주도	86~87	97~98
강원도	97~98	97~98

부터 검침 값을 읽어오게 된다.

원격검침은 크게 현재검침과 정기검침으로 나눌 수 있다. 현재검침은 매 15분마다 수용가에서 검침을 하는 것이고 정기검침은 한달에 한번 검침을 실시하는 것을 말한다. Table 2는 Binary CDMA 기술을 적용한 지역별 원격검침 평균 성공률을 나타내주고 있다.

지역에 상관없이 정기검침 성공률은 97% ~ 98%로 우수한 결과를 나타내지만 현재검침 성공률은 지역에 따라서 다소 차이를 보이고 있다. 이러한 결과에 대한 원인을 분석해 보면 크게 통신환경과 운영정책의 원인으로 나눌 수 있다.

첫째, 통신 환경의 원인의 경우 제주도는 강원도에 비해 수용가의 수가 많아 상대적으로 서로 다른 주파수를 사용하는 DCU의 수도 많다. 따라서 여러대의 DCU들이 가까운 거리에서 2.4 GHz 주파수 전체 대역을 점유하고 있어 인접 채널 간 간섭이 일어나 상대적으로 통신에러가 많이 발생한다. 또한 1차로 제주도 지역에 원격검침 테스트베드를 구축하고 이런 경험을 토대로 2차로 강원도지역에 원격검침 테스트 베드를 구축하였다. 제주도의 경우 현장 설치경험의 부족으로 통신상의 LOS 미확보로 인하여 강원도에 비해 상대적으로 통신 성능 저하가 많이 발생한다.

둘째, 운영정책의 원인의 경우 앞절에서 언급했듯이 수용가의 개수가 많은 제주도의 경우 LOS 미확보 문제와 주파수 간섭 문제로 인해 통신환경이 좋지 않을 확률이 높다. 이를 완화하기 위해서는 상대적으로 통신환경이 우수한 다른 DCU의 네트워크로 접속하여 통신함으로써 이를 개선할 수 있으나 앞절에서 언급했듯이 수용가와 네트워크를 형성 하고자 하는 DCU가 미리 정해져 있어 상대적으로 통신환경이 우수한 다른

DCU가 인접해 있는데 불구하고 그 DCU와 통신을 할 수 없는 운영 정책상의 문제점이 있다. 현재 제주도에서는 현재검침 성공률을 높이기 위해 LOS 확보 및 통신환경 개선을 위한 보완 작업을 진행 중에 있다.

8. 결 론

본 논문에서는 Binary CDMA 무선망 기술을 이용하는 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 시간 내에 적용이 가능하리라 예상된다.

앞으로는 Binary CDMA 근거리 무선통신 기술이 원격검침 뿐만 아니라 한국전력의 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 판단된다.

감사의 글

본 논문은 2013년도 상명대학교 교내연구비 지원에 의한 결과입니다.

참고문헌

1. K. S. Jeong and S. K. Hang, "A Study On the Implementation Technologies the Remote Automatic Meter Reading System Using the PSTN," Journal of the Institute of Electronics Engineers of Korea, Vol. 13, No. 2, pp. 54-57, Nov., 1990.
2. K. S. Jeong and S. K. Hang, "A Study On the Implementation Technologies the Remote Automatic Meter Reading System Using the PSTN," Journal of the Institute of Electronics Engineers of Korea, Vol. 13, No. 2, pp. 54-57, Nov., 1990.
3. S. H. Ju, M. S. Choi, Y. H. Lim and J. H. Choi, "Efficient Authentication and Management System for PLC-based AMR," Conference of the Institute of Electronics Engineers of Korea, pp. 353-354, June, 2008.
4. Y. Kim, J. Kim, Y. Kim and H. Woo, "The Development of Standard Metering Protocol Based Auto Meter Reading and Service Using Sensor Network,"

- Conference of the Institute of Electronics Engineers of Korea, pp. 1055-1056, July, 2007.
5. C. S. Kang, S. J. Kim, and E. Y. Ko, "Design and Implementation of An Automatic Telemetry/Rate Notification System Using CDMA Mobile Communication Modules," *Journal of Korea Multimedia Society*, Vol. 11, No. 7, pp. 977-985, Apr., 2008.
 6. J. W. Cho, M. C. Ju, K. H. Seo and S. M. Ryu, "Binary CDMA Technology for WPAN," *Journal of the Korea Institute of Communications and Information Sciences*, Vol. 19, No. 5, pp. 135-146, 2002.
 7. H. S. An, "Retaw-1 Low Power, Short Distance Wireless Communication Technology," *Journal of the Korea Institute of Communications and Information Sciences*, Vol. 22, No. 10, 70-82, 2005.
 8. "Information technology-Telecommunications and information exchange between systems-MAC/PHY standard for ad hoc wireless network to support QoS in an industrial work environment," ISO/IEC JTC 1 24771, 2009.
 9. J. H. Oh, Y. J. Lee, J. S. Park, B. S. Kim, S. K. Cho and J. Lee, "Modeling of Power Information based on DLMS/COSEM for Electronic Energy Meter," *Conference of the Korean Institute of Electrical Engineers*, pp. 114-116, Nov., 2006.

접수일: 2013년 10월 21일, 심사일: 2013년 11월 20일,
게재확정일: 2013년 11월 30일