

# Binary CDMA 기술을 이용한 무선 배전자동화 시스템 구현방안에 대한 연구

권대길, 조진웅  
전자부품연구원 통신네트워크센터

e-mail: [tgkwon@keti.re.kr](mailto:tgkwon@keti.re.kr), [chojw@keti.re.kr](mailto:chojw@keti.re.kr)

## A Study on the Implementation of Wireless Distribution Automation System 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 배전자동화(Distribution Automation) 시스템에 Binary CDMA 무선 기술을 어떻게 적용할지를 연구하고자 한다. 주요 연구내용은 Binary CDMA 배전자동화 시스템, 배전자동화장치를 원격에서 제어하고 모니터링하기 위한 피코넷 네트워크 구성, 데이터 송수신을 위한 전송 스케줄링을 다루고자 한다. 그리고 배전자동화 시스템은 국가 전력망을 구축하는 아주 중요한 인프라이기 때문에 이를 보호하기 위한 무선 패킷의 암호화 적용방안에 대해서도 연구하고 하고자 한다

### 1. 서론

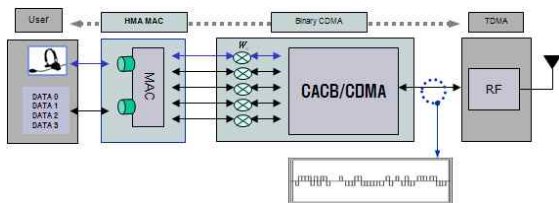
요즘 우리는 스마트 열풍속에서 살고 있다도 해도 과언이 아니다. 스마트폰, 스마트 TV, 스마트 가전에 이르기 까지 스마트한 기계들이 사람들의 생활을 더욱 편리하게 만들 수 있도록 여러분야에서 활발하게 연구가 이루어지고 있는 실정이다. 최근 이러한 “스마트” 라는 열풍에 힘입어 IT기술과 전력 에너지 기술이 결합된 스마트그리드(SmartGrid) 사업이 주목을 받고 있으며 정부와 한전 주도하에 활발한 연구개발 및 투자가 이루어지고 있다. 스마트그리드는 기존 그물망처럼 얽힌 전력시스템(발전-송전-변전-배전-수전)에 통신 IT의 개념을 입힌 것으로, 전자공학의 급속한 발전과 비교해 더디었던 전력·전기공학에 큰 변화를 몰고 올 것으로 기대되고 있다. 그러나 현재 스마트 그리드 전력IT의 활성화에는 통신망이 필수적임에도 불구하고 과거 한전이 보유하고 있던 대부분의 통신망은 통신 자회사 매각에 따라 한전통신망에서 분리됨으로써 현재는 통신망이 비록 배전 전주에 첨가되어 있으나 전력용 전용망이 아닌 광케이블이나 이동통신망 같은 일반 상업용으로 쓰이고 있는 공중통신망으로 바뀌었고, 전력용 통신망도 주로 이러한 공중통신망을 회선사용료를 지불하면서 임대하여 사용하는 형태로 운용되고 있

어 전력망 자체를 운용하는데 드는 비용이 많이 드는 문제점을 가지고 있다. 따라서 전력IT를 위한 통신망 중 배전설비의 감시 제어나[1] 수용가를 대상으로 하는 원격검침[2] 수요관리에 필요한 저렴하고 효율적인 전국 단위의 통신망을 확보하기 위해서는 공중통신망이 아닌 전력설비에 친화적인 전력산업용 무선통신이 혼합된 융합망을 활용함으로써 전국에 분산된 전력기기를 직접 연결할 수 있는 저렴하고 신뢰성 높은 통신망의 확보가 필요하다. 따라서 본 논문에서는 배전자동화 시스템 제어를 위하여 안정적이고 비용절감을 위한 통신방식인 Binary CDMA 무선기술을 기술을 소개하고 이러한 무선기술이 적용된 배전자동화 시스템, 배전자동화 네트워크 구현을 위한 피코넷(Piconet) 네트워크 구성, 효율적인 패킷 송수신을 위한 전송스케줄링을 다루고 있으며 특히 정보 도용과 사용요금 조작은 물론 전력 시스템의 마비와 관련 있는 무선 패킷 보안을 위한 암호화 적용방법을 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 전

력 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 특징이다. 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)를 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.[3][4]

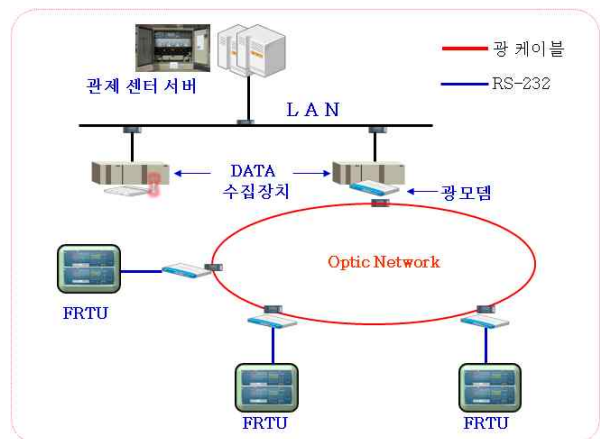


[그림 1] Binary CDMA 개념

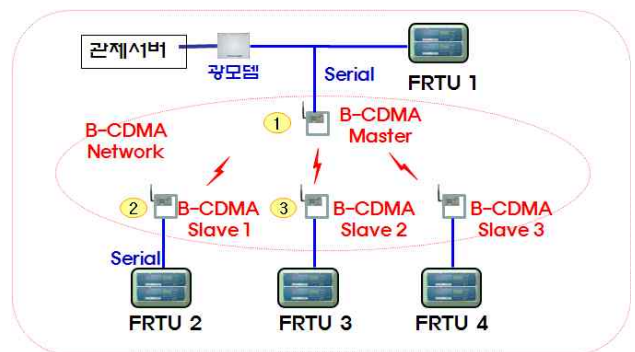
### 3. 배전자동화 시스템

[그림2]는 광케이블 통신망을 이용한 기존 배전자동화 시스템을 나타내며 [그림 3]은 Binary CDMA 기술을 이용한 배전자동화 시스템의 구성도를 각가 보여주고 있다. 배전자동화 시스템의 주요 기능은 배전선로에 설치되어 있는 자동화용 개폐기 제어함 내부에 설치되어 배전선로의 전압, 전류, 전력, 역률, 평균부하전류, 일일 최대부하전류 등을 기록하고, 원격에서 투입, 개방, 점검, 풀림, 축전지 시험 등을 제어 한다. 특히 배전자동화 시스템의 핵심 제어장치인 FRTU는 배전자동화용 25.8kV 가스

절연부하개폐기(가공용)와 함께 가공 배전선로에 설치되어 상시 배전선로에 흐르는 전류, 전압, 전력을 계측하고 배전선로에 부하전류 발생 및 사고 시 그 상태를 감지하여 주장치(한진 지사/지점)로 전송하며 주장치로 부터 제어 명령을 수신, 사고지점의 배전선로를 개방하여 사고를 최소화하는데 그 역할이 있다. 또한 배전선로 상에서 발생하는 모든 이벤트를 저장하여 사고원인의 해석을 제공하며, 원격에서 상태감시 및 부하개폐기 제어를 처리 하는 장치이다.



[그림 2] 기존 배전자동화 시스템



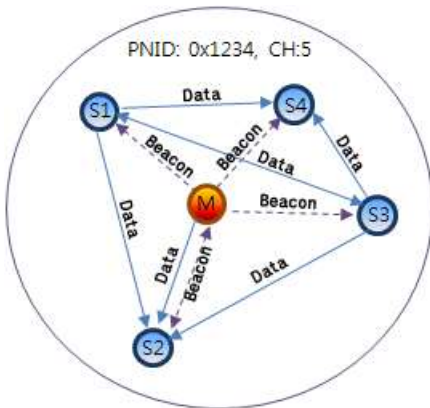
[그림 3] Binary CDMA 배전자동화 시스템

이러한 FRTU의 기능을 활용하기 위하여 과거부터 유선 및 무선망의 통신방식 모두를 적용하여[5] 사용하고 있으나 통신의 안정성을 위하여 유선망 중에서도 안정성이 높은 그림2와 같은 광통신망을 주로 사용하고 있다. 광통신망의 경우 통신성공률이 높은 반면 월간 사용료가 높아 연간 통신비용이 증가하여 유지 비용이 많이 든다. 따라서 본 논문에서는 타 무선기술에 비하여 상대적으로 통신 안전성이 뛰어나고 회선 사용비용이 무료인 Binary CDMA 기술을 이용하여 그림 3과 같이 Binary CDMA 배전자동화

시스템을 구성하였다.

#### 4. 배전자동화 네트워크 구성

배전자동화 무선 네트워크를 구성하는 요소들은 그림 4 처럼 크게 몇 가지로 생각할 수 있다. 가장 기본적인 요소는 스테이션이다. 피코넷(Piconet)은 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 상수 값을 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 슬레이브간의 통신도 가능하다.

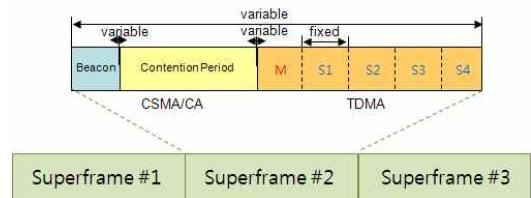


[그림 4] 배전자동화 네트워크 구성

#### 5. 배전자동화 전송 스케줄링

배전자동화제어를 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 의

한 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 슬롯동안 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 5 에서는 FRTU의 마스터의 할당구간이 M이고 FRTU 슬레이브의 전체 개수가 4개라고 가정했을 때 각각 S1~S4(슬레이브)의 할당구간의 전송 스케줄링 방법을 도식화하였다. 마스터와 슬레이브간에 배전자동화 프로토콜을 구현하기 위해서는 양방향 통신이 가능해야한다. 그래서 Binary CDMA MAC 계층에서 배전자동화 프로토콜을 지원하기 위해서 모든 스테이션이 Tx, Rx 가능한 형태로 전송스케줄링을 구성되며 할당구간은 스테이션의 개수에 따라 동적으로 할당되며 할당길이는 1/N 크기로 정해진다. 그리고 이미 피코넷에 합류한 스테이션을 강제로 탈퇴시키면 해당 스테이션의 할당구간을 삭제하여 다시 스케줄링 한다.

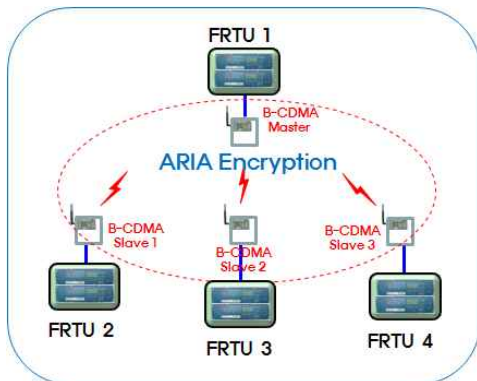


[그림 5] 배전자동화 전송 스케줄링

#### 6. 배전자동화 네트워크 보안

국내 배전자동화 시스템의 경우 한전에서 국가 보안알고리즘인 ARIA 암호화를 표준으로 채택하고 있다. ARIA 는 초고속 네트워크 기반의 전자정부 구현 등으로 다양한 환경에 적합한 암호화 알고리즘의 요구에 따라, 국가보안기술연구소(NSRI)의 주도로 학계, 연구소, 정부 기관(Agency)이 공동으로 개발한 차세대 국가 표준 128비트 블록 암호 알고리즘으로서, 2004년 한국산업규격 KS 표준으로 제정되어 민간 암호화 알고리즘 시드(SEED)와 함께 전자정부의 대국민행정서비스용으로 보급되고 있다.[7]

배전자동화 네트워크의 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 어플리케이션의 경우 필수적으로 데이터 패킷을 보호할 수 있는 네트워크 보안을 요구된다. 따라서 Binary CDMA 네트워크 보안을 위해서 한전에서 요구하는 128bit ARIA 암호화 알고리즘을 사용해야한다. 그러나 128bit ARIA 암호화 알고리즘은 Binary CDMA Soc 내에서 하드웨어적으로 구현되어있지 않아 소프트웨어적으로 암호화 처리를 구현하였다. 그 결과 전송속도에 따라 암호화 데이터 패킷 처리 지연이 발생한다.



[그림 6] 배전자동화 네트워크 보안

배전자동화 시스템에 적용될 ARIA 암호화 패킷이 적용된 데이터 전송을 처리 절차는 다음과 같다. 만약 그림6의 특정 FRTU에서 전송하고자 하는 패킷이 발생할 경우 MAC 계층인 아닌 어플리케이션 계층에서 소프트웨어적으로 ARIA 암호화 알고리즘과 암호화 키를 이용하여 암호화 패킷을 생성한다. 그리고 부호화된 ARIA 암호화 패킷을 Binary CDMA 네트워크를 이용하여 특정 스테이션에 전송하게 된다. 수신부의 MAC 계층에서는 부호화된 암호화 패킷에 대하여 아무처리도 하지 않고 어플리케이션 계층으로 전달한다. 어플리케이션 계층에서는 먼저 암호화 키값이 동일한지를 검사하여 동일하지 않은 경우 수신된 암호화 패킷을 버리지만 동일한 암호화 키값을 갖는 경우는 다시 소프트웨어적으로 복호화 과정을 거쳐 암호화 되기전 원본 데이터로 변환한다. 그 이후 암호화가 해제된 데이터 패킷은 배전자동화 프로토콜에 따라 적절하게 처리가 된다.

### 7. 결론

본 논문에서는 배전자동화 시스템의 배전관리 통신망 기술중에서 가장 보편적으로 사용되는 기존의 광유선망 기술을 대체하기 위해 Binary CDMA 무선망 기술을 이용하여 새로운 배전자동화 시스템을 구축하는 방법을 제안하였다. 이것은 기존에 연구되어 오던 광케이블 유선망을 이용한 배전자동화 시스템보다 구축비용과 시간을 단축할 수 있는 장점이 있다. 또한 타 무선 기술에 비하여 Binary CDMA가 갖는 상대적인 장점들을 기반으로 송,변전 및 배전의 안정된 제어기술을 제공하며 전력분야 전반에 확대 적용에 의해 전력분야 통신 제어기술이 결합된 다양한 신규 사업 창출 및 시장 개척 효과를 가져올 수 있을 거라고 예상되어진다..

### 참고문헌

- [1] 김종부, 최상열 “웹기반 능동 데이터베이스를 이용한 배전자동화 시스템”, 대한전자공학회 논문지-IE, 제41권, 제3호, pp. 103-110, 9월, 2004.
- [2] 정길선, 한상균 “전화망을 이용한 원격검침시스템 실현 기술에 대한 고찰”, 대한전자공학회지, 제13권, 제2호, pp. 54-57, 11월, 1990.
- [3] 조진용, 주민철, 서경학, 류승문, “WPAN용 Binary CDMA 기술,” 한국통신학회지, 제19권 . 제5호, pp. 135-146, 2002
- [4] 안호성, “Retaw-1 저 전력 근거리 무선통신기술”, 한국통신학회지, 제22권, 제10호, 70-82, 2005
- [5] 신창우, 임홍빈 “배전자동화”, 대한전자공학회 학술회의, 제1권, pp. 669-673, 1월, 1988.
- [6] KETI, KOINONIA 표준규격서, 물리 계층과 데이터 링크 계층 규격 버전 1.1 . 2007
- [7] 이종일, “암호 알고리즘 SEED와 ARIA의 비교”, 석사학위논문, 2010