

무선통신망을 이용한 배전자동화시스템 개발 연구

김명수\*, 현덕화  
한국전력공사 전력연구원

The Development of a Distribution Automation System with an Wireless Network

Myong-Soo Kim\*, Duck-Hwa Hyun  
Korea Electric Power Research Institute(KEPRI)

**Abstract** - The KEPRI has been developing the medium/small scale Distribution Automation System(DAS) that adopts wireless transmission media for exchanging information between master and remote terminals. It was concluded that Short Message Service(SMS) of Personal Communication Service(PCS) was the best wireless transmission media for the medium/small scale DAS in the last year. However, we had problem that PCS had long transmission delay. Therefore, SMS phones will be substituted with Radio Link Protocol(RLP) modems having transmission delay less than 5 seconds. This paper describes wireless networks for DAS, practical experience.

<표 1> 배전자동화시스템 운용현황 1999년 9월 현재

설치장소	설치년도	규모 및 기능	통신방식
중부지점	1984년	개폐기 122대 제어, 감시	패어케이블
경기지사	1987년	개폐기 42대 제어, 감시	배전선반송(PLC) → 무선데이터 통신(1998)으로 변경
강동지점	1997년	개폐기 125대 제어, 감시 진압전류 계측 고장검출분리	패어케이블 → 25대를 무선데이터 통신으로 변경(1999)
영등포지점 외 17개 사업소	1998년	개폐기 623대 제어, 감시	·CATV(영등포지점) ·KT일대회선 ·무선데이터통신

1. 서 론

한국전력공사는 1984년 중부지점에 패어케이블을 이용하여 지중개폐기를 제어하는 것을 시작으로 현재 소규모 원격감시제어시스템을 포함하여 약 21개의 사업소에서 400여대의 개폐기를 원격제어 및 감시가 가능하게 되었다.

전력연구원에서 1997년 10월부터 개발하고 있는 배전자동화시스템은 중소규모 도시에 적용가능한 시스템이며, 통신방식으로는 무선과 유선이 혼재된 방식을 사용하고 있다. 무선방식은 PCS(Personal Communication Service)의 RLP(Radio Link Protocol)만을 탑재하여 사용하고, 유선은 광통신망을 적용한다. 배전자동화시스템에 PCS 및 광통신망의 적용연구는 이번이 처음으로 연구종료후, 신뢰성있는 배전자동화시스템의 구축이 가능하리라 본다. 이번 연구가 중요한 점은 각각 전문성을 가진 연구원들이 통신부분과 배전부분으로 나누어 연구를 하였다는 점이다. 연구의 결과물로는 한전의 배전자동화시스템 표준 규격서 작성 및 시스템 최적 구성방안 제시에 있다.

본 논문에서는 중소규모용 배전자동화시스템에 적합한 통신방식인 RLP(Radio Link Protocol)를 이용한 무선통신방식의 구현을 소개하기로 한다.

2. 배전자동화시스템용 통신망 운용현황

2.1 배전자동화시스템 운용현황

배전자동화시스템은 그 필요성이 점차적으로 증가되고 있으며, 고품질의 전력을 수용가에게 공급하기 위하여 전 세계적으로 도입을 서두르고 있는 시스템 중에 하나이다.

한전은 1984년부터 패어케이블, CATV, 무선데이터통신 등 다양한 통신망을 이용하여, 시스템을 운용 및 구축 중에 있으며, 또한, 광통신, TRS, PCS 등 다양한 통신망을 이용한 실증시험을 실시하고 있다. 배전자동화시스템을 도입함으로써, 기존의 정전 복구시간이 약 40분에서 1~2분 정도로 축소되어 배전자동화시스템의 도입효과가 1999년도 사업평가에서도 발표된 적이 있고[1], 2000년도에는 전사업소에 확대적용을 계획하고 있다. 아래 표 1에 한전의 배전자동화시스템 운용현황을 나타낸다.

2.2 배전자동화시스템의 전송망 특징 및 고려사항

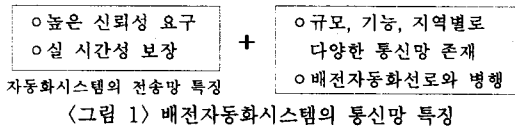
배전자동화시스템의 전송망은 자동화시스템의 전송망 특징인 높은 신뢰성 및 실시간성을 보장하는 동시에 규모별, 기능별, 지역별로 다양한 통신망을 수용하여야 하며, 대부분의 통신망이 배전선로와 병행하고 있다는 특징이 있다.

배전자동화시스템의 통신망 선정을 위하여 우선 고려해야 하는 점은 이용료가 없으며 유지보수가 신속히 이루어지는 한전사내통신망을 우선활용하여야 한다. 만약, 지역 및 기술 특성상 사내망을 활용할 수 없을 경우에는 서비스 신뢰성을 고려하여야 한다. 만약, 서비스 신뢰성이 비스할 경우에는 경제성있는 통신망을 고려하여야 한다.

자동화대상 개폐기가 증가하면 증가할 수록 사외망일 경우, 사용료가 급증하게 되므로 사내망을 사용하는 것이 유리하며, 소량의 개폐기에 대한 원격감시·제어용으로 사용할 경우, 초기 투자비가 필요없는 무선통신망을 사용하는 것이 유리하며, 무선통신망 중 TRS 망을 먼저 고려하고, 경제성을 분석하여 PCS 망이나 무선데이터망을 선택하는 것이 바람직하다. 다양한 기능을 수행하는 종합배전자동화시스템일 경우, 데이터의 량을 고려하여 광케이블이나 CATV 망을 선택하여야 한다. 농촌이나 산악지역에는 케이블을 포설하기에는 막대한 투자비가 소요되므로 무선망을 선정하는 것이 최선이며, 무선망 중에서 전국 서비스가 되고 있는 PCS 망이 유력할 것으로 예상된다.

유럽에서는 PLC(Power Line Carrier)를 활용하여 배전자동화시스템에 적용하고 있으나 우리나라에서는 경기지사서 1988년에 적용하여 사용하였지만, 높은 초기설치비와 느린 데이터 속도 등으로 인하여 무선데이터망으로 전부 교체되어 운용중에 있음. 그러나, 최근 연구개발되고 있는 PLC Modem이 실용화되면 경제적인 통신망으로 부각될 것이다. 미국과 일본 등은 배전자동화시스템에 광케이블을 적용하고 있으며[2], 국내 배전자동화시스템도 오산지점 및 고창실증시험장에서 실증시험을 할 예정이다. 특히, 전력연구원에서 수행하고 있는 고창실증시험장의 광케이블 방식은 1core를 이용하면서도 이중화통신이 가능하며, 고장위치 및 고장원인을 파악할 수 있는 방식이다.

그림 1에 배전자동화시스템에 사용되는 통신망 특징을 도시하였다. 배전자동화시스템의 통신망은 기존의 자동화시스템의 전송망특징에 다양한 변수가 내제되어있어, 통신망 선정시, 충분히 주의여건을 고려해야한다.



## 2.2 무선통신망

무선데이터망은 데이터전용망으로써 신뢰성이 우수하나, 수도권 및 광역시에만 서비스되고 있어 소도시에는 적용이 곤란하다. 또한, 채널증설이 용이하지 않을 뿐만 아니라 전송채널이 보장되어 있지 못한 결점이 있다.

TRS 망은 한전의 11개 지사 권역에 운용 중이며, 의정부지사 구리지점 관내 15개소에 대하여 시범사업중에 있다. TRS는 사내통신망으로써 사용료가 없어 경제성 측면에서 유리하나, 채널용량 및 지역이 한정되어있고 대부분의 기술이 외국 의존제품이라 유지보수가 힘들며, 아날로그통신으로 실증시험결과를 토대로 하여 적용해야 한다.

RLP 기반의 PCS망은 전국적으로 서비스가 가능한 장점이 있으며, 농어촌 또는 산악지역 등 별도의 통신망 구축이 소요되는 경우 유리하다. 현재, RLP 기반의 통신망을 전력연구원 주관으로 실증시험중이며 이의 결과를 토대로 확대 적용 가능하다.

위성통신망은 천재지변에도 통신이 가능한 유일한 통신망이지만 모뎀 가격 및 통신이용료가 과다하여 당장 적용하기에는 어렵지만, 경제성이 확보되는 시점에서 사용가능하리라 예상된다.

양방향호출망은 현재 제시된 상용망중에서 가장 경제성이 있는 통신망이지만, 수도권에만 서비스되는 점과 아직 활발히 서비스가 되지 않는 단점이 있다. 표 1에 현재 사용가능한 무선통신망에 대한 비교분석 표를 제시하였다.

## 2.2 유선통신망

페어케이블(Pair Cable)은 배전자동화 초기에 적용하였으나, 접속불량, 케이블의 신뢰성에 문제점이 발생하여 점차 무선통신이나 CATV망 등으로 대체되고 있다.

KT 전용회선은 현재 소규모 배전자동화시스템에 사용중인 통신망이지만, 유도장에 및 통신운영비의 과다한 지출로 확대적용에 어려움이 따르고 있다.

CATV 망은 한전의 41개 권역에 31,500Km 선로를 보유하고 있고, 영등포지점 관내 35개소에 대하여 시범운용중에 있다. CATV 망은 유선망 중에서 경제성이 우수하나, 주로 대도시에서 제공되고, 트래픽폭주시 데이터의 신뢰성이 떨어지는 단점이 있으므로, CATV 망 보유지점 중 가입자 트래픽이 적은 곳에 적용하면 좋다.

광통신망은 오산지점 관내 13개소, 고창 실증시험관내 13개소에 대하여 실증시험 중에 있으며, 대도시뿐만 아니라 중소도시까지 전력사업 선진화망을 위하여 광케이블을 포설하여 임대사업용 서비스가 제공되고 있으므로 대도시 및 중소도시에 배전자동화시스템 적용이 가능하다. 실증시험이 완료되는 시점에서 실증결과를 비교하여 적용해야 할 것이다.

배전선반송통신망(PLC)은 현재 산업자원부 과제로 전력연구원서 연구 추진 중에 있으며, 2001년에 결과가 나오므로, 현재는 안정된 기술이 아니지만, 향후, 전력설비자동화시스템의 통신망으로 부각되고 있는 통신망이다. 표 2에 현재 사용 가능한 유선통신망에 대하여 기술하였다.

(표 2) 유선통신망식 비교

유선시스템 비교항목	페어케이블 (내화케이블)	KT 임대회선	동축케이블 (CATV 망)	광통신
통신망 보유여부	○	×	○	○
적용사업장	중부지점 강동지점	소규모 사업소	영등포지점	오산지점(2core) 고창실증시험장(1core)
서비스영역	전국	전국	41개 권역	대도시
장점	· 사용료 없음 · 설치간단	· 설치간단	· 사용료 없음	· 사용료 없음 · 신뢰도 우수
단점	· 건설공사로 인 한 소손 문제 · 오점속 문제(유 지관리 어려움)	· 운용비 · 유도장에	· 네트워크 계구성 의 용량성 없음 · 매트릭에 따라 통신품질 좌우됨	· 모뎀 가격 고 가 · 네트워크 계구 의 용량성 없음

현재의 통신기술은 급속히 변화하고 있어 어느 것이 최적의 통신망이라고 결정할 수는 없다. 그러나, 최선의 통신망은 선택가능하며, 배전자동화의 기능, 규모, 지역, 성능에 따라 여러가지 통신망식이 검토될 수 있고, 시스템 특징에 따라 최선의 통신망식을 선정하는 것이 중요하다.

(표 2) 배전자동화시스템에 사용가능한 무선통신망식 비교

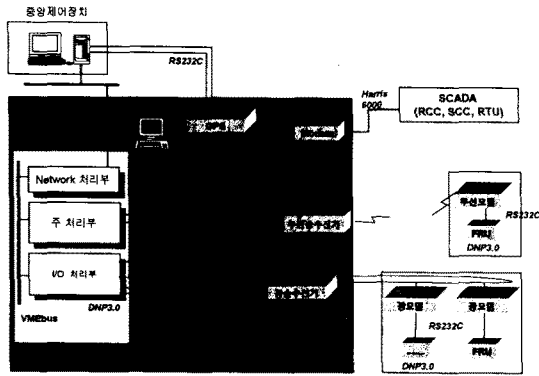
비교항목	무선시스템	PCS	무선데이터전용망	위성통신	TRS(한전망)	양방향호출
사업자		SK 텔레콤(011) 신세기 통신(017) 한국통신(016) 한솔텔레콤(018) LG텔레콤(019)	에어미디어(013) 인텍텔레콤	Orbcomm	한전	서울이동통신(015)
적용사업장		고창실증시험장	경기지사 외	-	구리지점(시범서비스)	-
주파수대역		1.7G~1.8GHz	800M~900MHz	137~148MHz	800MHz	300MHz, 900MHz
속도		14.4Kbps	9.6Kbps	2.4Kbps	7.2Kbps	6.4Kbps
패킷사이즈		제한 없음	512바이트	400바이트	140바이트	480바이트
셀반경		0.5~5Km	1~3Km	수천Km	20~50Km	0.5~4Km
통신방식		Full Duplex	Half Duplex(단말) Full Duplex(기지국)	Full Duplex	Half Duplex	Half duplex
가입과수		2600만(5사 합계)	7만	?	-	-
기지국수		5,430(1.812:LG)	300	28(위성수)	-	-
서비스영역		전국	수도권, 광역시 일부	전국	11개 지사 권역	수도권
유선지원여부		○	×	×	○	×
데이터지원여부		○	○	○	○	○
모뎀가격(단말기+배전자동화 인터페이스)		30만원 이하	53만원(강동지점 기준)	100~200만원(배전자동화 인터페이스 별도)	80~150만원(배전자동화 인터페이스 별도)	10만원(예상가)
장점		· 전국망 · 운용비 : 4,000원 예상	· 데이터의 신뢰성 높음	· 설치 간편 · 운영지역 없음 · 천재지변에 무관	· 자체망으로 운용가능	· 저렴한 가격
단점		· 상용망(TRS 제외하고 모든 무선 통신망에 해당)	· 지역 한정 · 용량증설 어려움	· 이용료 고가 · 모뎀가격 고가	· 채널 한정 · 아날로그시스템 · 외국기술 의존 · 전국망 아님	· 수도권만 사용가능 · '00년 하반기 서비스 예정

### 3. 무선통신망을 이용한 배전자동화시스템

현재 전력연구원에서 개발중인 신 배전자동화시스템은 통신망으로써 무선과 유선을 혼용하고 있다. 무선통신망으로는 1코아를 이용하면서 이중화 알고리즘을 채택한 광통신망을 사용중에 있으며[3], 무선통신망으로는 PCS의 RLP 방식을 이용한 통신방식을 사용하였다.

#### 3.1 시스템 구성

통신전단처리기(FEP:Front End Processor)에서는 다양한 통신망을 수용할 수 있도록 설계하였으며, 변전자동화시스템(SCADA:Supervisory Control And Data Acquisition)과 전용선으로 연계하여 실시간으로 변전소의 정보를 취득할 수 있도록 구성하였다[4]. 아래 그림 2에 신 배전자동화시스템의 구성도를 도시하였다.



〈그림 2〉 신 배전자동화시스템 구성도

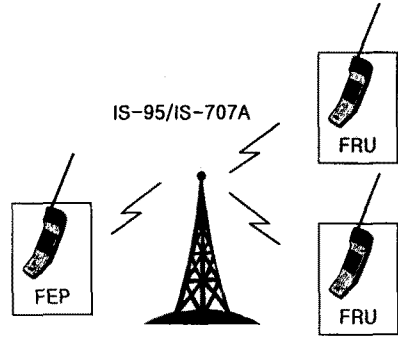
#### 3.2 RLP를 이용한 무선통신

RLP를 이용한 무선통신은 중앙장치와 단말장치가 무선으로 바로 연결되어, 유선구간이 전혀 없는 순수무선 통신으로 구성된다. 중앙장치에는 무선모뎀을 이중화하여 통신신뢰성을 높였고, 통신구간이 모두 무선으로 구성되어있으므로 설치 및 유지보수가 간단하여 소규모 시스템용으로 적합하다. 또한 무선모뎀에서 모든 기능을 수용하므로 기존의 모뎀(유무선 모두에 해당)에 대하여 즉시 대체가 가능하다. 통신지연시간은 계측시 5~7초, 제어시, 약 10~15초 정도 소요된다. 계측시간과 제어시간이 틀린 이유는 제어준비명령과 실제 제어되는 시간이 포함되기 때문이다.

##### 3.2.1 망 구성

FRU의 Modem과 FEP의 Modem간 통신은 RLP를 사용한다. RLP는 CDMA(Code Division Multiple Access) IS-707A에서 제시하는 Air Interface간의 데이터 손실을 줄일 수 있게 설계된 기술이며, 기지국을 거쳐 MSC(교환국)까지 Data를 전달하지 않고 기지국에서 Mobile 과 Mobile 간의 통신을 위해 사용된 Protocol이다. Error Rate 은  $10^{-5}$  BER 이하로 설계되어있다.

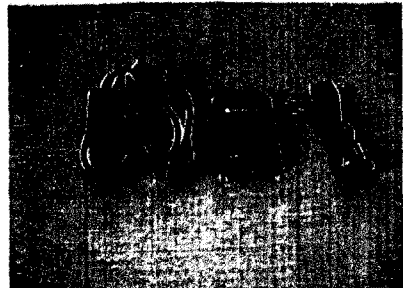
소규모 배전자동화시스템 설치지역에서는 50대 미만의 개폐기를 운용하므로, 중앙장치쪽에 무선모뎀을 설치하고, FRU에 무선모뎀을 설치하면 통신망 개통이 완료되므로 망 구성시간이 매우 짧은 장점이 있다. 또한, 현재 PCS망은 소도시까지 전파가 통달되므로 농촌 및 소도시지역의 통신망으로 적합하다. 실제 고창실증시험장에 2000. 1월부터 현재까지 실증시험한 결과, 통신성공률이 98% 이상으로 매우 양호하며, 에러율은 실제로  $10^{-7}$  BER 이하로 나타났다. 망운용 요금도 매우 저렴하여 소규모 시스템에는 최적의 통신망으로 판단된다. 그림 3에 RLP를 이용한 배전자동화통신망의 간략한 그림을 도시하였다.



〈그림 3〉 RLP를 이용한 배전자동화시스템 개요도

##### 3.2.2 특징

RLP를 이용한 Modem-to-Modem 방식의 데이터통신은 현재까지 제시된 데이터서비스 규격에서 FRU와 FEP간 통신이 여러 경로를 통해 데이터 전달이 이루어진다는 점과 비교할 때 경로가 간단하고, 빠른 속도와 시스템의 신뢰도를 현저히 증가시킨다. 기존의 모뎀은 데이터 전송이라도, 산업표준에 맞추지 못하였지만 이번에 설치된 모뎀은 산업표준에 맞는 규격으로 설계되어있어서, 열악한 외부환경에 적용할 수 있도록 개발되었다. 모뎀 크기는 담배갑 정도의 크기로 90×60×10mm 이다. 아래 그림 4에 모뎀사진을 나타내었다. 왼쪽부터 데이터 케이블, 모뎀본체, 안테나이다. 안테나는 자석식으로 되어있어, 전파가 잘 잡히는 쪽으로 설치가능하게 되어있다.



〈그림 4〉 RLP를 이용한 모뎀(데이터케이블, 본체, 안테나)

### 4. 결론

본 논문에서는 무선통신망을 이용한 배전자동화시스템의 개발 및 실증시험 결과에 대하여 살펴보았다. 배전자동화시스템의 통신망은 자동화통신망의 특징과 배전선로와 병행하여 산재되어있다는 특징으로 최적의 통신망 선정에 어려움이 따르지만, 주위여건을 면밀히 조사하여 최선의 통신망을 구성할 수 있다. 현재 소규모지역에 적당한 통신망이 없어 배전자동화시스템의 조기 구축에 어려움이 있었지만, RLP를 이용한 무선데이터통신망의 개발로 인하여 신뢰성 있는 전력서비스를 가능하게 할 수 있는 배전자동화시스템 구축이 가능하리라 예상된다.

#### 〔참 고 문 헌〕

- [1]한전 배전처, '99 배전선로자동화 사업 평가회, 2000. 2
- [2]Terry Devaney, "Successful Communication Techniques for Distribution Systems", DA/DSM '95 Asia, 1995.
- [3]김명수 외, "배전자동화시스템의 광네트워크 구성 및 운용방안", 대한전기학회 논문지, 47권 9호, pp1520-1526, 1998. 9
- [4]김명수 외, "신 배전자동화시스템 개발연구", 전력연구원 2차년도 중간보고서, 1999. 8