

TCP/IP를 이용한 배전자동화시스템 구현

김명수*, 현덕화†, 조선구†, 김재성††
한전 전력연구원†, 한전 중앙교육원††

The Development of Distribution Automation System Using TCP/IP

MyongSoo Kim, DuckHwa Hyun†, SeonKu Cho†, JaeSung Kim††
Korea Electric Power Research Institute†, KEPCO Central Education Institute††

Abstract - KEPRI, the research institute for KEPCO, has started developing a DAS using wireless communication networks since 1999. The wireless networks adopted Radio Link Protocol (RLP) of Personal Communication Service (PCS) as communication protocol. It is the first time that PCS is applied to data networks for DAS. The communication protocol, RLP, makes the DAS networks simple and economically affordable when they are installed at widely dispersed small cities. But, RLP has problem when it send unsolicited message. This paper describes the implementing method of a wireless network using RLP and TCP/IP Network to cope with unsolicited message problem.

1. 서 론

한국전력공사는 현재 대규모 원격감시제어시스템을 포함하여 약 150개 이상의 사업소에서 자동화 개폐기의 원격제어 및 감시가 가능하게 되었다. 또한, 2001년에 약 30개 지점에 배전자동화시스템을 시설할 예정이다.

전력연구원에서는 1997년 부터 신 배전자동화시스템을 중소규모 도시에 적용가능한 시스템으로 개발하였으며, 통신방식으로는 무선과 유선이 혼재된 방식을 사용하고 있다. 무선방식은 PCS(Personal Communication Service)의 RLP(Radio Link Protocol)만을 탑재하여 사용하고, 유선은 광통신망을 적용하였다. 배전자동화시스템에 PCS 및 광통신망의 적용연구는 이번 연구가 처음으로 신뢰성있는 배전자동화시스템의 구축이 가능해졌다. 이 연구의 후속 연구로 PCS를 이용하여 좀더 신뢰성있는 통신시스템을 구성하는 연구가 시작되어, PCS를 이용하여 생겼던 문제점들을 개선한 통신망 구성 및 운용방법을 설계하였다.

본 논문에서는 중소규모용 배전자동화시스템에 적합한 통신방식인 RLP(Radio Link Protocol)를 이용한 무선통신방식의 구현을 소개하고 또한, TCP/IP를 병행 사용가능한 시스템에 대하여 설명하기로 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 다양한 통신망을 이용하여, 시스템을 구축중에 있으며, 2001년도에는 전사업소에 확대적용을 계획하고 있다. 배전자동화시스템을 도입함으로써, 기존의 정전 복구시간이 약 40분에서 1~2분 정도로 축소되어 배전자동화시스템의 도입효과가 2001년도 소규모 배전선로 자동화시스템 시연회에서도 발표된 적이 있다[1].

2.2 무선통신망

무선데이터망은 경기지사 직할의 FAS 10대, 과부하경보기 10대에 대한 시범운영을 거쳐 현재 계속 확대중에 있다. 무선데이터망은 데이터전용망으로써 신뢰성이 우수하나, 수도권 및 광역시에 집중하여 서비스되고 있어 소도시에는 전파 음영지역이 많이 존재한다. 또한, 채널증설이 용이하지 못한 결점이 있다.

TRS 망은 경기북부지사 구리지점 관내 15개소에 대하여 시범적용 후 계속 확대적용 중에 있다. TRS는 사내통신망으로써 사용료가 없어 경제성측면에서 유리하나, 채널용량이 한정되어있고 속도가 다른 통신망에 비하여 약간 느려 이를 극복하여 사용하여야 할 것이다. 현재 이에대한 대책 연구가 진행 중에 있다.

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

위성통신망은 천재지변에도 통신이 가능한 유일한 통신방식이지만 모뎀 가격 및 통신이용료가 과다하여 당장 적용하기에는 어렵지만, 경제성이 확보되는 시점에서 사용가능 하리라 예상된다.

양방향호출망은 현재 제시된 상용망중에서 가장 경제성이 있는 통신망이지만, 수도권에만 서비스되는 점과 아직 활발히 서비스가 되지 않는 단점이 있다[2].

2.3 유선통신망

페어케이블(Pair Cable)은 배전자동화 초기에 한전 중부지점과 강동지점에 적용하였으나, 접속불량, 케이블의 신뢰성에 문제점이 발생하여 케이블 증설계획이 없고 경제성 및 신뢰성 부족으로 확대 중지 상태이다.

KT 전화회선은 울릉도 지점의 가공개폐기 8대에 대한 시범운영을 거쳐 계속 확대중에 있지만, 유도장애 및 통신운용비의 과다한 지출로 확대적용에 어려움이 따르고 있다.

CATV 망은 영등포지점 지상형 개폐기를 대상으로 시범 운용하였지만, 신뢰성 부족으로 2000년도 전량 철거하고 무선망으로 교체하였다.

광통신망은 오산지점 관내 13개소에 시범적용 후 확대적용 중에 있다. 신뢰성있는 좋은 통신망이지만 통신사용료에 대한 경제성이 광통신망을 이용한 배전자동화사업의 지속 여부를 결정짓는 관건이 되고 있다.

전력선통신망(PLC)은 배전자동화 최초시스템인 경기지사 시스템에 적용하였으나 계통변경으로 인한 통신경로 두절 등으로 사용하기 힘들어, 무선데이터통신으로 전환하고 고장실증시험장으로 이관하여 연구자료로 활용 중에 있다. 하지만, 현재 산업자원부 과제로 전력연구원에서 원격검침시스템에 대한 전력선 통신망 적용 연구를 추진 중에 있다. 현재는 안정된 기술이 아니지만, 향후, 전력설비자동화시스템의 통신망으로 부각되고 있는 통신망이다.

3. 무선통신망을 이용한 배전자동화시스템

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

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 변전소 정보를 취득할 수 있도록 구성하였다[4]. 그림 1에 신 배전자동화 시스템의 구성도를 도시하였다.

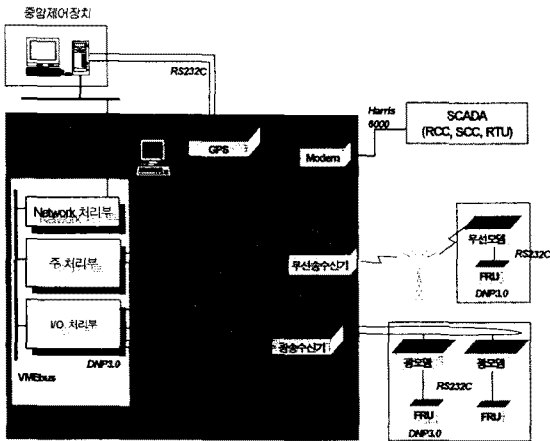


그림 1. 신배전자동화 시스템 구성도

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 계속시 5~7초, 제어시, 약 10~15초 정도 소요된다. 계속시간과 제어시간이 틀린 이유는 제어준비명령과 실제 제어되는 시간이 포함되기 때문이다.

3.2.1 통신망 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[5].

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 최

의 통신망으로 판단된다[6]. 그림 2에 RLP를 이용한 배전자동화통신망의 간략한 그림을 도시하였다.

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 전용이라도, 산업표준에 맞추지 못하였지만 이번에 설치된 모뎀은 산업표준에 맞는 규격으로 설계되어있어서, 열악한 외부환경에 적용할 수 있도록 개발되었다.



그림 2. Mobile to Mobile 통신

3.2.2 Mobile to Mobile 통신망 흐름

Mobile to Mobile 통신방식에서의 통신흐름 절차는 아래와 같다.

- ① DTE Power On과 동시에 DTR를 Enable한다.
- ② DTE에서 AT+CRM=127(M-to-M 서비스로 정의)을 무선모뎀에게 전달한다.
- ③ DTE에서 항목을 Check한 후에 ATDT+해당번호(접속을 시도하려는 번호)를 시도한다.
- ④ 무선모뎀은 DTE에서 ATDT 명령을 받은 후에 발신을 시도한다. 발신이 Fail일 경우에는 무선모뎀에서 "NO CARRIER"를 DTE에게 전달한다. 발신 후 10초 이내에 Setup이 안될 경우에는 "ERROR" 또는 "NO CARRIER"를 DTE에게 전달한다.(timer는 조절 가능함). 발신 후에 setup이 되면 무선모뎀은 DCD signal 또는 "CONNECT"를 DTE에게 전달한다. Normal한 상태에서 Setup 되기 위한 시간은 약 10초 이내에서 이루어진다. 일반적으로 Fail 또는 기타 상황여러에서는 "NO CARRIER"를 DTE에게 전달한다.
- ⑤ DTE에서 모든 절차를 수행한 후에 호출 Release할 경우 무선모뎀에게 DTR signal을 Disable한다. Release와 동시에 DCD signal이 disable된다.

DTR로 OFF 또는 통화 단절후 반드시 DTR을 OFF 해야 한다. 수백msec후 다시 DTR을 ON한다.

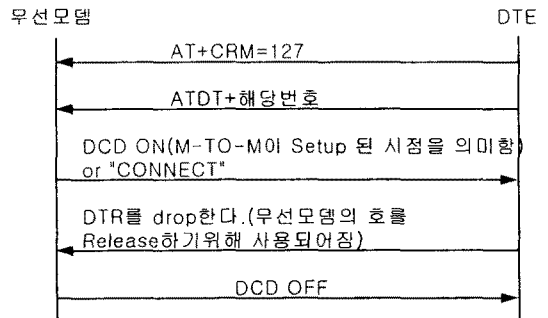


그림 3. Mobile to Mobile 통신흐름 절차

3.3 TCP/IP를 혼합한 RLP 통신

3.3.1 통신망 구성

기존의 RLP 통신 구성에서 Unsolicited Response에 대한 처리시, 문제점이 발견되었다. 선로 고장시, 다중고장

으로 인하여 다수의 단말기가 중앙에 설치된 Modem 통신 접속을 시도할 경우, 중앙에 설치된 모뎀은 한순간에 하나의 단말기하고만 접속이 가능하기 때문에 다른 단말기들은 호접속 실패를 여러번 경험한 후에 접속이 가능한 실정이고, 이러한 호 재접속으로 인하여 전체 선로에 대한 고장구간을 판별하는데 소요되는 시간이 1~2분 정도로 지연시간을 갖게 되었다.

이러한 문제점을 극복하기 위하여 Unsolicited Response 시에는 유선(인터넷)망을 이용하여 응답신호를 처리하고, 제어 및 감시등의 명령은 기존의 RLP 통신을 그대로 유지하는 이중 구조로 운용될 수 있도록 설계하였다. 이렇게 하므로써, 선로고장 및 이상상태 발생시, 다수의 단말기가 재전송이나 지연시간 없이 일시에 중앙장치로 신호를 전송할 수 있게 되었다. 그림 4에 이를 도시하였다.

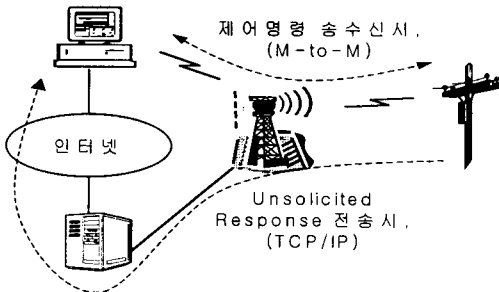


그림 4. TCP/IP를 이용한 통신시스템 구성도

3.3.2 TCP/IP를 이용한 통신호름 절차

TCP/IP를 이용한 통신호름 절차는 아래와 같다.

- ① DTE에서 AT+CRM=130(TCP/IP 서비스로 정의)을 무선모뎀에게 전달한다.
- ② DTE에서 AT+CSQ/AT+CAD를 check한다. CAD의 값에 따라 현재 무선모뎀의 상태를 파악할 수 있다. CAD의 값이 0 이면 발신을 할 수 없는 상태이고, 1 이면 발신이 가능한 상태이다. 4 이면 서비스는 가능하나 발신할 수 없는 상태이고, 5 이면 현재 통신중인 상태로 발신을 할 수 없는 상태이다. 기존의 모뎀은 이러한 신호를 송수신하지 못하여서 현재 모뎀의 상태가 어떤지에 상관없이 무조건 호 설정을 시도하는 단점이 있었지만 이번 개발된 모뎀으로 인하여 이러한 문제점은 해결되었다.
- ③ 무선모뎀은 DTE에서 ATDT 명령을 받은 후에 발신을 시도한다. 발신이 Fail일 경우에는 무선모뎀에서 "NO CARRIER"를 DTE에게 전달한다. 발신이 성공할 경우에는 무선모뎀에서 "CALL"을 DTE에게 전달한다. 발신 후 15초 이내에 TCP가 Setup이 안될 경우에는 "NO CARRIER"를 DTE에게 전달한다. 발신 후에 TCP가 setup이 되면 무선모뎀은 "CONNECT" 또는 DCD signal을 DTE에게 전달한다. 일반적인 상태에서 TCP가 Setup 되기 위한 시간은 약 10초 이내에서 이루어진다. 일반적으로 Fail 또는 기타상황의 예러에서는 "NO CARRIER"를 DTE에게 전달한다.
- ④ DTE에서 모든 절차를 수행한 후에 호를 Release할 경우 무선모뎀에게 DTR를 Disable한다.
- ⑤ 무선모뎀에서 DTR를 감지한 후에 TCP/IP Close 절차를 수행하고, PPP Connection을 Release한다.
- ⑥ PPP접속을 끊은 후에 무선모뎀은 Air Interface를 Release한다. Release와 동시에 DCD signal이 disable된다. DTR signal을 Disable하고 Air Interface를 Release 하는데 까지 소요되는 시간은 약 2~3초 필요하다. DTR로 OFF 또는 통화 단절후 반드시 DTR을 OFF 해야한다. 수백msec후 다시 DTR을 ON한다.

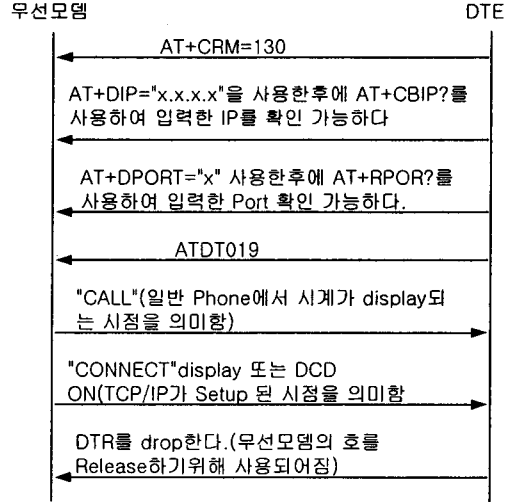


그림 5. TCP/IP를 이용한 통신호름 절차

3.4 향후 과제

현재 개발된 시스템에 대하여 다양한 실증시험을 통하여 개선점을 찾아내어 신뢰성있는 시스템을 구성하는 것이 향후 과제이며, PCS 전파의 실제통 측정 등을 통하여 배전자동화시스템과 전파의 세기 등에 대한 상관관계 등을 밝혀 내는 것 또한 계속하여 추진할 과제이다. 현재의 통신기술은 급속히 변화하고 있어 어느 것이 최적의 통신망이라고 결정할 수는 없다. 그러나, 최선의 통신망은 선택가능하며, 배전자동화의 기능, 규모, 지역, 성능에 따라 여러가지 통신방식이 검토될 수 있고, 시스템 특징에 따라 최선의 통신방식을 선정하는 것이 중요하다.

4. 결 론

본 논문에서는 RLP와 TCP/IP를 혼합한 배전자동화시스템의 개발에 대하여 살펴보았다. 그동안 단말에서 송신하는 Unsolicited Response에 대하여 실시간으로 수신하지 못했던 문제점을 유선과 무선을 혼재하여 사용하므로써 해결할 수 있었다. 배전자동화시스템의 통신망은 자동화통신망의 특징과 배전선로와 병행하여 산재되어 있다는 특징으로 최적의 통신망 선정에 어려움이 따르지만, 주위여건을 면밀히 조사하여 최선의 통신망을 구성할 수 있다. 현재 소규모지역에 적당한 통신망이 없어 배전자동화시스템의 조기 구축에 어려움이 있었지만, RLP 및 TCP/IP를 이용한 무선데이터통신망의 개발로 인하여 신뢰성있는 전력서비스를 가능하게 할 수 있는 배전자동화시스템구축이 가능하리라 예상된다.

(참 고 문 헌)

- [1] 한전KDN, "2001년도 소규모 배전선로 자동화시스템 시연회", 2001. 5
- [2] 김명수, "22.9kV 이하 배전계통의 자동화시스템 및 통신망", 한전 전력연구원 기술간행물, 2000. 8
- [3] 김명수, "배전자동화시스템의 광네트워크 구성 및 운용방안", 대한전기학회 논문지, 47권 9호, pp1520-1526, 1998. 9
- [4] 김명수 외, "신 배전자동화시스템 개발연구", 전력연구원 최종보고서, 2000. 8
- [5] 김명수, "무선통신망을 이용한 배전자동화시스템 개발 연구", 대한전기학회 하계학술대회, 2000. 7
- [6] 김명수, "The Development of a Distribution Automation System with Wireless Network", Thailand/Power-Gen Asia, 2000. 10