

지능형교통시스템의 전력선 통신(PLC) 적용방안에 관한 연구

홍인기 이봉규 류승기
한국건설기술연구원 연세대학교 한국건설기술연구원

A Study on Application of Power Line Communication(PLC) in Intelligent Transport System

Hong Ingi Lee Bong-Gyou Ryu Seung-Ki
KICT Yonsei University KICT

Abstract - 본 논문은 건설교통부의 국도 ITS에 도로변의 현장설비와 센터간 교통정보 수집체계에 전력선통신(Power Line Communication, PLC)망 적용에 관한 연구이다. 지능형교통시스템(Intelligent Transport System, ITS)에서 사용하고 있는 기존의 유·무선 통신망과 PLC 망과의 통신 용량 및 속도, 구축 및 운영비용, 데이터 신뢰성 등을 비교하여 적용 가능성을 분석하였다.

1. 서 론

지능형 교통시스템(Intelligent Transport System, ITS)은 제한된 도로자원을 이용하는 차량이용자의 증가로 인해 혼잡한 도로교통상황을 정보통신시스템을 이용하여 보다 더 효율적이고 안전하게 도로교통을 관리하려는데 그 목적이 있다. 국내의 지속적인 자동차 보급률의 증가는 도로교통상황을 악화 시켜왔고, 각 도로의 운영관리 주체들은 ITS 구축을 지속적으로 하고 있는 상황이다.

ITS는 통신의 의존도가 매우 높은 시스템인데 현재 건설교통부(한국건설기술연구원)에서 운영하고 있는 국도교통관리시스템(National Highway Transport Management System, NHTMS)의 경우, 노변장치와 센터간 통신망이 자가망이 아닌 임대망을 활용함으로 인해 그 구축범위가 넓어질수록 통신비용의 부담이 가중되고 있다.

이런 문제를 근본적으로 해결하는 방법은 자가망 구축이지만 자가망 구축이 경제적, 제도적 여건상 쉽지 않아 그 대안으로 한국건설기술연구원에서는 무선 LAN과 위성통신을 이용한 수집 시스템을 시범적으로 운영하였다. 무선 LAN의 경우 운영비용은 상당부분 줄일 수 있었으나, 일부 무선 LAN 장비에서 데이터 손실에 대한 문제점이 있었다. 위성통신의 경우 데이터 손실은 없으나, 노변장치들이 일정수준의 수량이 있어서 그 경제성이 확보되는 상황이어서 그 도입이 용이하지 않은 현실이다.

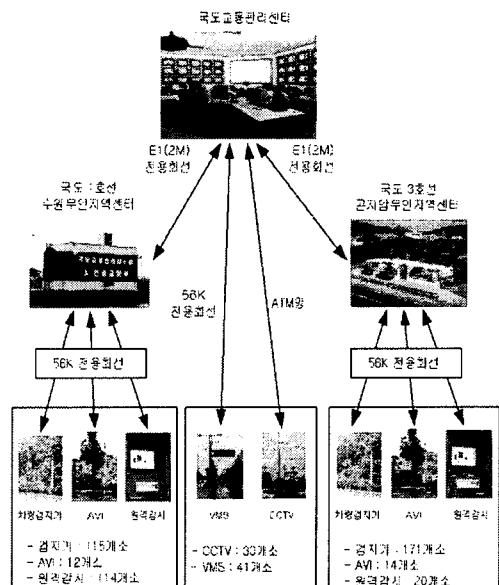
전력선 통신(Power Line Communication, PLC)은 기존에 구축된 상용 전력 공급선을 이용하여 데이터통신을 수행하고자 하는 것이다. PLC는 구축비용이 저렴하고, 확장이 용이하며, 특히 고속 PLC의 경우 설치의 용이성, 접근성, 속도 및 비용 부분 등에서 경쟁기술에 비해 여러 장점을 가지고 있다. 이러한 PLC의 장점 특히 통신비용이나 구축에 소요되는 비용이 저렴하다는 점은 국도 ITS(NHTMS)에서 충분히 도입을 고려할 만한 가치가 있다고 판단된다.

본 논문은 NHTMS의 수집 부분 통신 시스템에 PLC를 적용할 수 있는지 여부를 파악하고자 2장에서는 국도교통관리시스템의 통신시스템 고찰, 3장에서는 PLC의 특성을 분석하고, 4장에서는 기존의 무선 LAN을 수집 부분 통신에 적용한 연구와 비교 분석하였으며, 5장에서는 결론을 맺기로 한다.

2. 국도 교통관리시스템의 통신시스템

NHTMS는 현재 일반국도 수도권 남부 1, 3, 38, 42, 43, 45호선의 상·하행 속도, 교통량, 접유율 등의 교통정보를 수집하는 비 매설형 차량 검지기, 운전자에게 교통정보를 제공해주는 LED 전광판, 교통상황의 실시간 영상정보를 수집하는 CCTV, 국도 1, 43호선에는 차량 통과시각 자료를 수집하는 차량번호 인식 시스템(AVI)이 운영되고 있다.

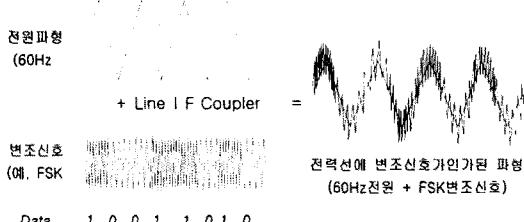
<그림 1>에서와 같이 NHTMS의 통신망은 임대 통신망을 활용하여 노면장치들과 지역 센터간을 1:1로 구성하여 64kbps급 전용선을, CCTV와 국도교통관리센터 간은 ATM망을 활용하고 있다. 무인 지역 센터와 국도 교통관리센터 간은 E1 전용선을 사용하여 데이터를 수집하고 있다.[1]



<그림 1> 국도교통관리시스템 통신망 구성도

3. 전력선 통신(PLC)

PLC는 전력선에 흐르고 있는 50/60Hz의 저주파 전력 신호에 수백 KHz의 고주파 신호를 전송하는 통신기술이다.



<그림 2> 전력선 통신의 원리[2]

3.1 전력선 통신 개요

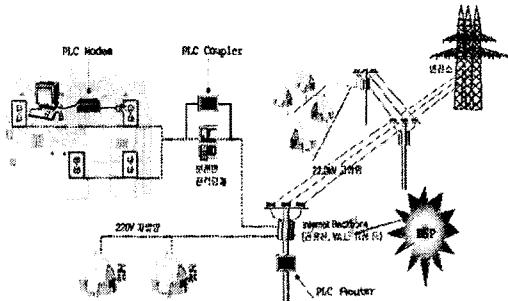
PLC망 구성 개념도를 살펴보면 22.9kV급 고압 송전선에서 주상 변압기(Transformer SubSystem)로 전달되고 해당 주상 변압기에 PLC 라우터 모듈(PLC Router Module)과 데이터 라우터(Data Router)가 설치되며, PLC 라우터 모듈에서 각 수용기로 저압 전력 인입선을 통하여 데이터와 음성신호가 전달되게 된다. 각 수용가에서는 분전반과 회로 차단기가 하나의 분배반의 역할을 하게 되고 홈 커플러(Home Coupler)와 PLC 모뎀(PLC Modem)을 통하여 데이터와 전력을 분리하여 데이터를 단말 장치가 인식할 수 있는 신호로 전달해준다. 전력선 채널의 데이터 전송용량은 반송주파수대역이 10MHz일 때, S/N비가 약 40dB 채널 환경을 가지고 있으므로 이론적으로 약 100Mbps/s의 전송용량을 확보할 수 있다. 최근 예고된 전파법 개정안에 따라 30MHz 범위까지 주파수 대역을 확장하여 DMT(Discrete Multi Tone), OFDM(Orthogonal Frequency Division Multiplexing) 등의 디지털 신호처리 기술을 이용하면, 200Mbps급 이상의 초고속 PLC의 전송용량을 확보할 수 있다.[3]

PLC의 핵심기술에는 Front End Skill, 채널 코딩 기술, Modem, 그리고 MAC 기술이 있다. Front End Skill은 전력선에 신호를 실거나 전송 신호만을 분리하는 기술로써 크게 대역통과 필터링과 임피던스 정합 부분으로 나눌 수 있다. 대역통과 필터링이란 원하는 신호는 받아들이고 전력이나 각종 잡음 신호는 제거하는 기술을 말하며, 임피던스 정합이란 선로의 임피던스와 관련하여 최대의 신호전력이 상대측에 전달되도록 하는 기술이다. 채널 코딩 기술은 전력선을 통해 전송할 신호를 어떻게 부호화 혹은 복호화 하는가와 관련된 기술로 전력선의 열악한 잡음 특성과 감쇄 특성을 감안할 때 이 부분의 기술 또한 PLC에 있어서 중요한 기술 분야이다. 특히 고속 전력선통신의 경우 저속 PLC 보다 잡음에 민감하기 때문에 많은 연구가 요구되는 기술이다. Modem은 변복조 기술로서 열악한 전력선 채널 특성을 극복하고, 전송 속도의 향상을 도모하기 위한 통신방식이다. MAC은 신호패킷의 충돌로 인해 낭비되는 시간과 데이터의 트래픽을 줄여 신호를 안정적이며, 빠르게 보내기 위한 기술이다.

3.2 전력선 통신망 응용

PLC가 활용되고 있는 분야는 오래전부터 사용되어 오던 전력회사의 감시 제어나 음성 전화 분야다. 그러나 최근의 디지털 PLC방식에 의해 안정성과 전송속도가 향상됨에 따라 경제적이고 효율적인 새로운 응용분야인 인터넷접속 서비스를 겨냥한 가입자망(Access Network), 옥내의 홈네트워킹, 그리고 전력설비의 네트워크를 이용한 양방향 배전제어 및 자동화, 원격검침(Auto Meter Reading, AMR) 등으로 활용되고 있다.

음성 통신방식은 VoIP, Phone Adapter를 사용하여 전력선이 포설되어 있는 통신대상에 음성 전화를 지원할 수 있고, 기존의 공장 자동화, 지능형 빌딩구현 등에도 하이브리드 네트워크 형태로 사용될 수 있다.



<그림 3> PLC 통신망 구성도[4]

4. 통신비 절감을 위한 NHTMS 통신 시스템

4.1 무선 LAN을 이용한 NHTMS

일반국도 38호선 안중~평택 19Km 구간에 기존에 운영되던 전용선을 활용한 수집 시스템에 무선 LAN 시스템을 적용하여 기존 통신시스템과의 통신신뢰도 분석을 하였다.

센터 시스템은 기존의 유선 수집서버와 현장의 무선통신 장비로부터 데이터를 수집하기 위한 무선통신 수집서버가 있으며, 통신장비로는 멀티포트와 DSU가 사용된다. 또한 유선데이터의 실시간 모니터링을 위해 유선 DSU에 시리얼 케이블(Serialcable)을 직접 연결하였다. 시스템 구성도는 <그림 4>와 같다.

센터의 무선통신 수집서버는 통계처리 및 데이터 신뢰성 비교를 하기 위하여 유/무선 데이터를 통합 관리하며, 데이터 수집 방법으로 유선데이터는 기존 Unix-System으로부터 FTP를 이용하여 데이터를 수집 통계처리하고 무선데이터는 실시간 수집 관리한다.

수도권 남부 국도 38호선에 설치된 차량검지기 12개소에서 2003년 8월부터 2004년 5월 동안 수집한 데이터를 월별로 유선 통신시스템과 비교한 결과 99.2%의 통계결과가 도출되었으나, 일부 기기간은 통신 에러율이 상당 했었다.

<표 1> 경제성 분석표

(단위 : 백만원)

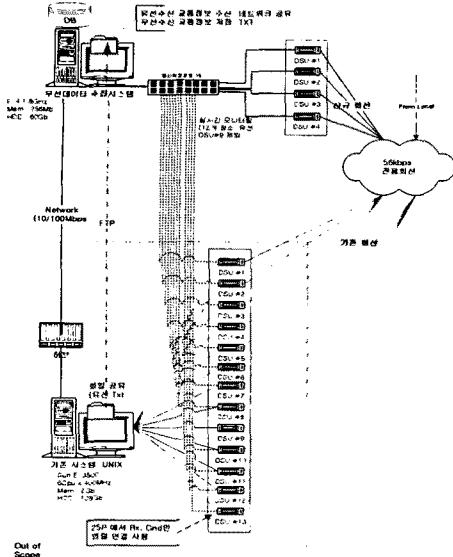
항 목	초기 년도	2차 년도	3차 년도	4차 년도	5차 년도	비교
유선 장비비용	62.4	62.4	62.4	62.4	62.4	38호선 13개 장소 기준
소 계	9.1	-	-	-	-	
무선 장비비용	71.5	133.9	196.3	258.7	321.1	
소 계	19.2	19.2	19.2	19.2	19.2	38호선 13개 장소 기준
비용 유선	90.0	-	-	-	-	
분석 무선	109.2	128.4	147.6	166.8	205.2	
증 감	71.5	133.9	196.3	258.7	321.1	
비용 분석	109.2	128.4	147.6	166.8	205.2	
증 감	37.7	55	48.7	91.9	135.0	

비용 분석 결과 해당 구간에 차량검지기 13개소를 운영하는 교통정보 시스템에 본 무선통신 시스템을 적용할 경우 <표 1>과 같이 연차적으로 통신비용 절감효과를 볼 수 있다.[5]

4.3 PLC를 이용한 NHTMS

지역센터와 수집 장치간 통신을 위해서는 중전압(Medium Voltage, MV(22.9kV)) 전력선을 활용해야하는데 이를 위해서는 커플러와 MV용 PLC 모뎀과 중계기가 필요하다. 이를 이용해 2004년에 중국에서 5.5Km 구간에서 2차례 성공하였고, 2003년 10월에는 경기도에서 2Km 구간에 11가구를 대상으로 실험 중에 있다.

5. 결론 및 향후 과제



<그림 4> 무선LAN을 활용한 교통정보 수집 구성도

통신신뢰도 부분에 있어서는 2004년 7월 대전지역에서 AMR 시스템을 구축하여 AMR 서버로부터의 통신품질 테스트 결과 100~99.7%의 성공률을 보여 통신품질에 대해 우려할 상황은 아니다.

흥 네트워크용 PLC 분야는 국내에서도 상용화가 많이 이뤄져 요즘 주택시장의 새로운 경향으로 자리리를 잡아가고 있지만, 고속 PLC 분야는 아직도 많은 문제점을 안고 있다. 중·고압선은 매우 중요한 전력 공급선인데다 구성이 복잡해서 전력회사의 기술혁신에 대한 보수성 등으로 인해 기술개발이 늦어지고 있다.[6]

NHTMS의 노면장비들은 평균 1Km마다 장비하나가 구성되어 운영되고 있으며, 지역 센터를 기준으로 반경 30Km정도의 공간적 영역을 관리하고 있다. 따라서 고속 PLC의 적용은 위의 상황을 만족시켜야 한다.

전력선은 고속 PLC의 경우 전송거리가 1Km 내외여서 다수의 중계기가 소요되어 추후 개발 추이를 지켜봐야 할 것이다. NHTMS의 지역 센터의 공간적 영역은 반경 25~30Km 수준인데 전력회사 변전소의 공간적 영역과 다르면 현재의 기술로는 통신이 어렵다는 점도 NHTMS에 도입하기엔 아직 어려울 것으로 판단된다. PLC에 대한 제도적 여건이 미비되어 정확한 비용 산출이 어려워 기존의 임대 전용선을 이용한 통신시스템과의 비교가 당장은 어렵지만 여러 보고서를 분석한 결과 통신비용이 저렴하다는 의견이 보편적이다.[7][8] 고속 PLC를 이용한 액세스망 솔루션이 없다는 점도 비용 산출의 어려운 원인이다.

<표 2> ITS에 적용 가능한 유·무선 통신 시스템 비교

	무선 LAN	위성통신	TRS	무선테이터통신	DSRC	PCS	WiBro	광 케이블	전력선 통신
커버리지	구축지역	전국	전국	전국	구축지역	전국	전국예정	전국	전국(포괄적)
이동성	정지	고속이동성	준이동성	이동성	정지	고속이동성	60Km/h이하	정지	정지
전송률	54Mbps	100kbps~8Mbps	7.2Kbps	9.6Kbps	1Mbps	14.4Kbps	1Mbps	10Mbps~10Gbps	60bps~200Mbps
QoS 보장	낮음	가능	가능	가능	낮음	가능	가능	가능	가능
서비스요금	자기구축	저가	저가15원/10S	저가 5원/페킷	자기구축	고가 30원/페킷	중저가	고가	저가(미정)
주파수대역	2.4GHz	12~18GHz	800MHz	938~940MHz	5.8GHz	1.8GHz	2.3GHz		9kHz~30MHz
대역폭	20MHz	36MHz	10MHz	12.5KHz	20MHz	1.25MHz	10MHz		
양방향통신	지원	지원	지원	지원	지원	지원	지원	지원	지원

초고속 PLC를 위한 주파수 30MHz이하 대역은 경제적으로 장거리 통신을 할 수 있는 대역이어서 현재도 중요한 무선통신서비스가 이루어지고 있다. 특히, 전파방사 문제로 인해 아마추어 무선통신 이용자들의 불만이 고조 되어왔으나 2003년 7월에 제주와 창원 지역에서 고속 PLC 구축 시험사업 결과 주파수 간섭·전송속도 저하 등에 있어 문제점이 발생하지 않아서 금년 7월부터 30MHz 대역 주파수 할당이 결정되었다.[9]

현재 PLC 기능이 일부만 검증되어 PLC를 전격적으로 ITS 시스템에 도입하기엔 어려움이 있지만 지속적으로 관련 부서, 기관 그리고 업체에서 시범 및 연구를 지속적으로 하고 있어 본격적인 PLC의 시장 도입은 그리 멀지 않아 보인다. 이미 국내 PLC 관련업체들의 기술력을 선진국 수준에 도달했다. 아직 고속 PLC 기술이 시범 운영중이지만 관련 기관, 업체와 연계하여 제한적이지만 NHTMS 일부 구간에 적용해보고 가능성을 판단한 후 서비스가 안정화가 이뤄지면 본격적 도입을 준비해야 한다.

전력선은 국내에서 기존의 통신선보다 가장 많은 곳에 시설되어 있다. 도심부 도로보다 상대적으로 통신 시설 공급이 열악한 일반국도에서 ITS 시설은 도로를 따라 설치되어 있는 전력선을 이용하여 전력과 통신 환경을 제공받아 초기 통신시스템 구축을 위한 비용을 절감하면서 기존의 통신시스템과 비슷하거나 더 나은 품질 및 비용을 보장 받을 수 있다면 그 도입은 지속적으로 이뤄질 것이다. 또한 PLC를 이용하면 텔레메트릭스 및 유비쿼터스 환경 조성을 앞당길 수 있을 것이다.

[참 고 문 헌]

- [1] 홍인기, “국도교통관리시스템에 적용 가능한 무선 통신시스템에 관한 연구”, 한성대학교 석사학위논문, 2005.02
- [2] (주)파워콤 연구개발팀, 「전력선 통신(PLC) 기술」, 2000.10
- [3] 김관호, 「전력선통신」, 「TTA저널 제95호」, pp 105-114, 2004.10
- [4] http://www.pcline.co.kr/old_magazine/power_up/2001/2001_03/curiosity/curiosity_1.htm
- [5] 류승기, 문학룡, 박근형, 박상규 “RF 데이터 통신에 의한 교통정보 수집 방법 제안 및 현장 실험”, 「2004년도 대한전기학회 하계학술대회 논문집 2004.7.14-16 B권」, pp. 1435-1438
- [6] 한국전기연구원, 「고속 전력선 통신기술 Workshop」, 2005.03
- [7] 김상진, 「인터넷 시장의 다크호스, PLC의 미래」, 「LG주간경제」, 2005. 4.13, pp.21~25
- [8] 산업자원부 보도자료, “꿈의 통신망”고속 전력선 통신망 기술” 국내기술로 인터넷 시범마을 구축”, 2001.3.15
- [9] 신소영, “전력선통신 가치평가를 통한 통신 하부구조망 진화전략에 관한 연구”, 서울대학교 석사학위논문, 2004. 2.