

# PLC(전력선 통신) 기술개발 및 표준화 동향

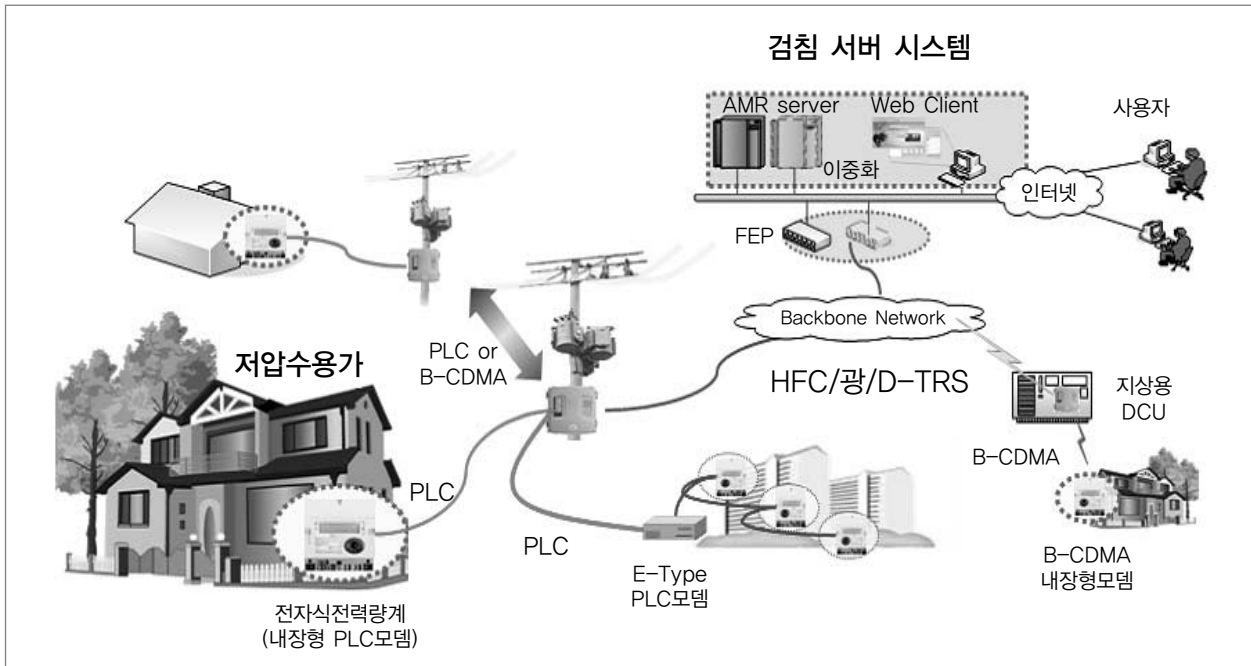


박 병 석  
한전 전력연구원 스마트에너지 선임연구원

## 1. 개요

전력선통신(PLC)기술은 전기선을 통신매체로 이용하여 통신하는 기술로써 다수의 반송파(carrier)를 이용하는

광대역 통신기술의 발달에 따라 2000년대 초반부터 부각되어 기술개발이 본격적으로 추진되었다. 기술개발의 초창기에 ADSL 수준의 전송속도를 서비스할 수 있는 가능성에 따라, Last Mile에서 광대역 인터넷 서비스를



[그림 1] 양방향 원격검침(AMI) 시스템의 구성

제공할 수 있는 기술로 크게 부각되기도 하였지만, 현재는 주로 스마트그리드의 양방향 원격검침(AMI : Advanced Metering Infrastructure) 혹은 홈 네트워크의 분야에 집중되고 있다.

최근 지구온난화에 따른 온실가스 감축의 일환으로 화석에너지 이용절감에 대한 노력이 전 세계적으로 운송 및 에너지 분야에서 매우 적극적으로 이루어지고 있다. 전력분야에서는 IT와 전력기술 융합을 통한 스마트그리드 시스템 구축 등 다양한 신재생 발전원 수용과 함께 양방향 원격검침의 구축이 활발히 이루어지고 있다.

양방향 원격검침은 전력량계를 통신 시스템을 이용하여 검침하고 요금과 같은 실시간 정보를 전력 소비자에게 전달하여 시장가격에 대한 반응을 유도한다. 전력선을 통신매체로 이용하는 전력선통신의 원천적인 특성상 양방향 원격검침과 같이 전력선상에 연결되는 기기 간의 통신에 매우 유리하여 우리나라 및 외국에서도 양방향 원격검침 분야에 활발히 적용되고 있다.

전력선통신 기술의 분류는 크게 이용 주파수 대역과 이용 환경에 따라 나누어질 수 있다. 이용주파수 대역 혹은 전송속도에 따라, 협대역과 광대역으로 분류할 수 있으며, 협대역은 저속의 응용분야인 저속 빌딩자동화,

[표 1] 전력선통신의 분류

구 분	주파수대역	속 도	서 비 스	
협대역 전력선통신	9kHz - 450kHz	1Mbps이하	옥내	제어, 음성
			옥외	원격검침, 배전자동화
광대역 전력선통신	1.7MHz - 30MHz	10Mbps이상	옥내	데이터 네트워크
			옥외	가입자 네트워크

Home Automation 분야에 주로 이용되었다. 최근 유럽에서는 OFDM 기술을 적용하여 성능개선을 도모하고 양방향 원격검침(AMI) 분야에 도입이 활발하다.

• 협대역(Narrowband) 전력선통신

9kHz ~ 450kHz대역을 사용하여 수 kbps급의 통신 속도를 실현하며 제어 신호 및 인터폰(음성) 등의 저속 데이터 서비스를 제공하는 기술로써, 저속 전력선 통신 또는 저주파 전력선통신으로 통칭함.

• 광대역(Broadband) 전력선통신

1.7MHz ~ 30MHz대역을 사용하여 수 Mbps에서 수백 Mbps급의 통신 속도를 가능하게 하며 음성, 데이터, 멀티미디어 신호의 전송 서비스를 제공하는 기술로써, 고속 전력선통신 또는 고주파 전력선통신으로 통칭함.

전력선통신(PLC)의 이용형태에 따라 옥내(In-Home) 전력선통신과 옥외(Access) 전력선통신으로 구분된다.

• 옥내 전력선통신

하나의 건물 내에 부설되어 있는 110V/220V 저압 배전 케이블을 이용하는 전력선 통신으로 Home Network 혹은 BAS(Building Automation System)에 주로 적용됨.

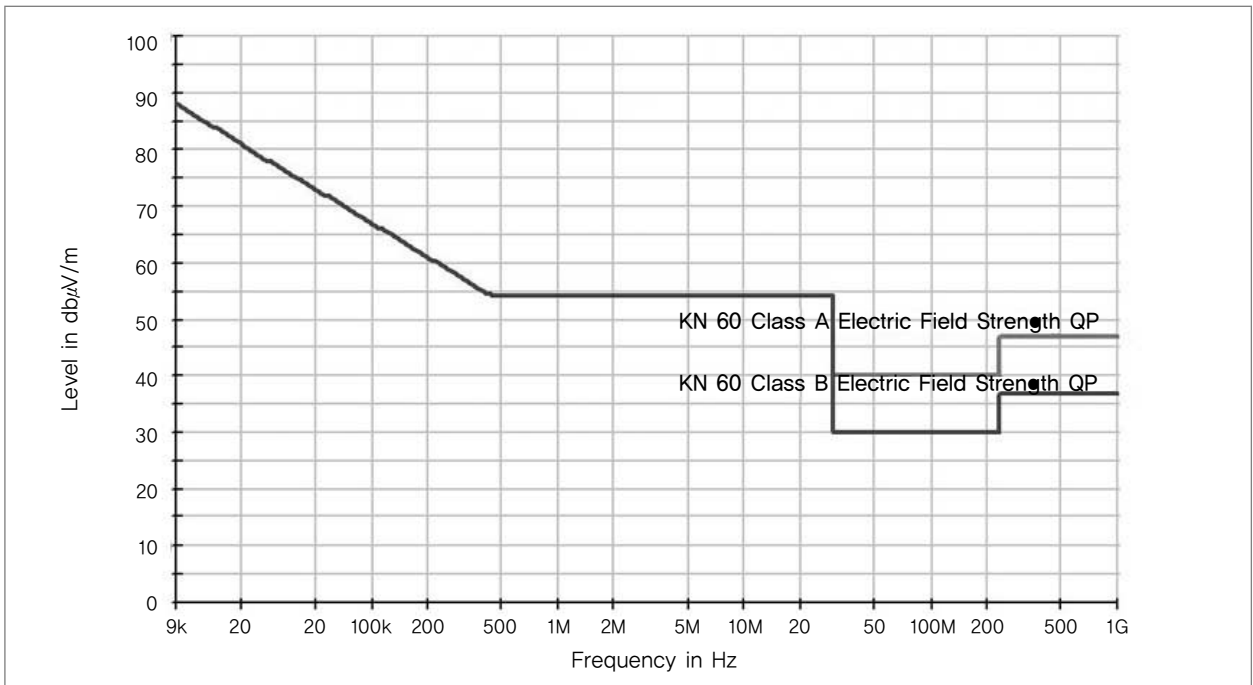
• 옥외 전력선통신

변전소에서 고압(22.9kV)배전선로를 이용하여 통신망을 구성하는 고압 전력선통신과 주상 변압기에서 가정용 전력량계까지의 저압 인입선을 이용하는 옥외 저압 전력선 통신으로 구분됨

## 2. 현황

### 가. 국내 PLC 표준 기술

국내에서는 2000년부터 전력선 통신기술을 적극 육성하여 국책 기술과제로 추진하였으며, 24Mbps급 MCM(multi carrier Modulation) 방식의 전력선통신



[그림 2] 국내 전파법에 따른 전력선통신 송신 출력

기술을 개발하여, 2006년 6월에 국가표준(KS)으로 제정하였다.

이러한 기술개발을 지원하기 위해 광대역 PLC 통신이 사용하는 고주파대역 1 ~ 30MHz에 대한 전파법을 정비, 2004년 12월에 정식 개정하여 관련 시험규정 및 고시안 등을 마련하였다. 2006년부터는 시장의 상용화 제품 및 법제도, 시험 등의 다방면에서 본격적인 상용화가 시작되었다.

제정된 국가표준 KS4600-1은 전송부(PYH.)와 MAC 프로토콜을 정의하고 있으며, 24Mbps급의 Class A와 200Mbps급의 Class B로 구성되어 있다.

Class B의 경우 Draft 기술 수준으로 아직 상용화 되어있지 않으며, KS 4600-1의 Class A부분을 IEC 규격으로 제안하여, 2009년 7월 정식으로 채택, IEC12139-1로 등록되었다.

[표 2] KS 4600-1 물리계층 중요 규격

항 목	값
사용 대역폭	2.15~23.15MHz
톤 간격	97.65625kHz
샘플링 주파수	50MHz
IFFT 간격	512 샘플
순환 접두부 간격	128 샘플
롤 오프 간격	16 샘플
심볼 간격	624 샘플
심볼 속도	80,1282kHz
심볼 길이(CP有)	10.24 $\mu$ s
심볼 길이(CP無)	12.48 $\mu$ s
부채널 변조	DBPSK, DQPSK, D8PSK
※ 국내 전파법 기술기준을 만족해야 한다.	

국내 광대역 PLC 표준은 DMT(Discrete Multitone Modulation)방식을 이용하였다. 주요 대역폭은 2.15 ~ 23.15MHz로 총 256개의 톤 중에서 전파법을 고려했을 때 실내의 경우 183톤이 사용가능하며, 옥외의 경우 152개의 톤이 사용된다.

물리계층은 톤 별로 서로 다른 Bit- Loading을 지원함으로써 주파수 대역에 따른 전송특성에 최적화되어 채널의 전송효율을 높일 수 있도록 되어 있다. 전송모드는 채널의 상태에 따라 Normal Mode외에도 다수의 톤에 중복 전송하는 DV(Diversity) Mode, EDV(Extended Diversity) Mode의 3가지를 지원하여 신뢰성있는 통신이 가능하도록 하였다.

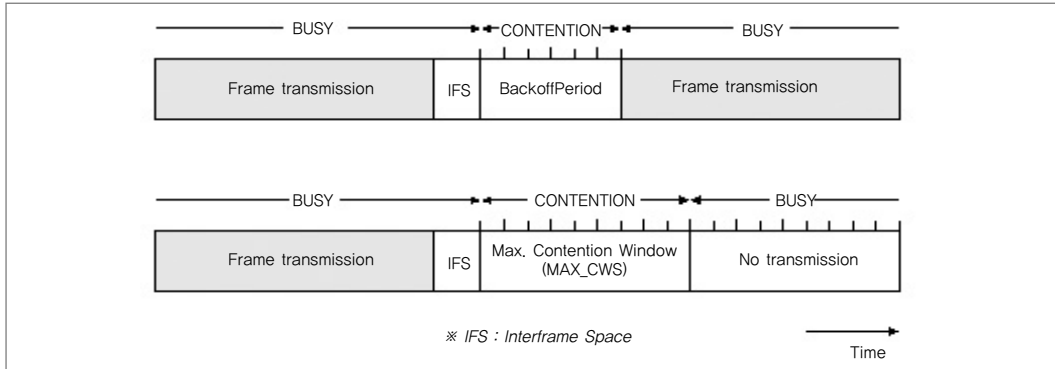
[표 3] KS 4600-1 물리계층 중요 규격

구분자	Tx type	PSDU	전송모드	Frame type
000	unicast data	long	normal, DV, EDV	MSDU
010	MAC관리	short	DV, EDV	MMI
011	broadcast	long	EDV, DV	MSDU
101	Response	short	N/A	N/A

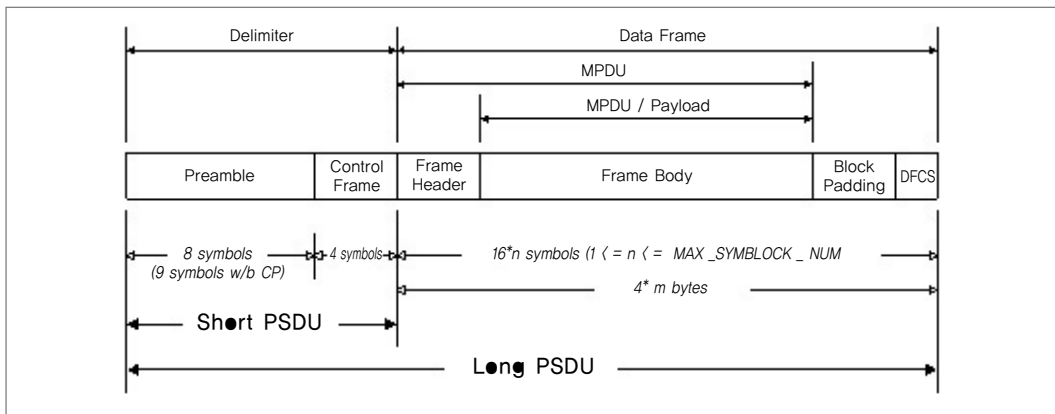
디지털 전송부에서의 부호화부는 FEC와 인터리버 리드-솔로몬 부호화기, 컨볼루션 부호화기, 평्यू어링(Punc- Turing) 및 인터리버로 구성된다. 암호화는 당초 56Bit DES만을 지원하였으나, IEC 표준화과정에서 강화되어 128Bit AES까지 지원하도록 하였다.

MAC은 ISO/IEC 802.11 CSMA/CA의 기반을 참조하여 정의되었으며, 전력선상에서 패킷의 충돌을 줄이기 위해 반송파 감지와 백오프 과정을 이용하고 있다.

반송파 감지는 프리앰블에서 이용되는 물리적 반송파 감지와 페이로드에 대한 가상반송파 감지를 병행한다. 물리적 반송파 감지, 가상 반송파 감지, 그리고 백오프



[그림 3] 전력선통신 프레임 구간



[그림 4] 전력선통신 MAC 프로토콜 PSDU 구조

과정에 의해 결정되는 매체상태에는 아이들(IDLE), 사용 중(BUSY), 그리고 경합(CONTENTION)이 있다.

PSDU의 길이는 채널 상황 및 프레임 본체에 포함된 데이터의 크기에 따라 변한다. 데이터 프레임의 심볼 길이는 심볼 블록 개수로 표현되므로 항상 16심볼의 배수이고, 각 심볼 블록에 포함되는 데이터의 크기는 전송 모드에 관계없이 항상 4 바이트의 배수이다.

Control Frame은 PSDU의 기본적인 정보를 정의하며, 이중 구분자에 의해 MMI 및 일반전송 프레임의 유형을 정의하고 있다. Mac계층 관리를 위한 MMI 프레임은 DV나 EDV모드뿐만 전송되며, 주요기능은 전력선통신 채널의 측정을 통한 채널정보 파악의 역할을 수행한다.

보안을 유지하기 위한 기능으로 그룹 식별자 GID는 동일한 스테이션 간에만 통신이 가능하며, 동일한 셀 내의 스테이션들은 암호화 키(Encryption Key)를 공유함으로써 보안성을 보장한다. 엑세스망에서 각 슬레이브들은 마스터와의 통신만 가능하도록 링크제한(Link Restriction)을 두고 있다.

우리나라의 원천기술을 바탕으로 한 KS4600-1/IEC12139-1은 인증시험부분이 현실적으로 곤란하였으며, 이를 보완하기 위하여 KS4600-1의 시험표준이 한국전기산업진흥회 주관으로 ‘고속전력선통신(KS X 4600-1) 클래스 A 장치시험(KOEMA0914:2009)’ 단체 표준으로 2009년 제정되었다. KOEMA0914는 2011년 한국전력의 원격검침 사업을 지원하기 위하여 개정하였다.

개정된 KOEMA0914 시험표준은 PLC 통신에 대한 보안부분을 강화하여 당초 DES56 암호화 시험에 AES128 암호화 시험 항목을 추가하였으며, 암호화 데이터 처리 단위를 프레임 단위로 강화했다.

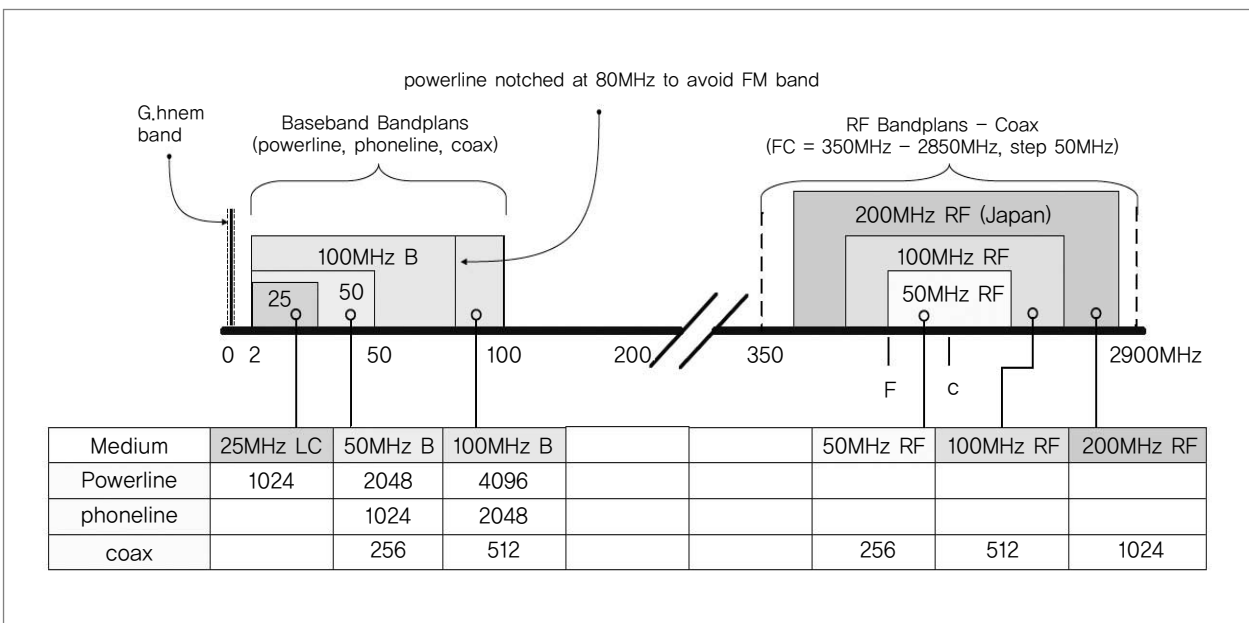
또 DES와 AES 암호화 운용모드는 CTR 모드를 채택했다. 이와 함께 기존 시험시 해석이 명확하지 않았던 부분에 대해 정확한 기준을 제시함으로써 모호한 해석을 방지할 수 있게 되었다.

2011년 11월 KOLAS 시험 144개 전 항목을 충족한 FPGA 형태의 인증을 국내 2개사에서 획득하였으며, 현재 개정된 표준의 인증시험이 종료단계에 와있다. 아울러 KS표준 또한 IEC12139-1과의 부합화 개정작업을 추진하여 올해 내로 완료될 예정이다.

**나. 외국의 고속 PLC 표준 기술**

외국에서는 크게 북미중심의 IEEE1901 표준과 유럽 중심의 ITU-T G.hn 표준이 있다. 유럽에서는 2004년에 시작된 UPA(Universal Powerline Association)를 중심

으로 200Mbps급의 광대역 전력선통신기술이 개발되었으며, 이를 기반으로 2009년 7월에 ITU-T의 G.hn (G.9960/9961) 표준을 제정하였다. G.hn 표준은 가정 내의 전화, 동축케이블, 전력선 일체를 모두 이용하여 디지털 멀티미디어를 전송하기 위한 기술로써 Any Media@Home을 표방하고 있다. 기술의 기원은 현재 Marvell에 인수 합병된 DS2의 UPA 200Mbps 전력선 통신에서부터 시작되었다. G.hn은 물리계층(G.9961) 및 MAC계층(G.9960) 모두를 표준화하였으며, 최대 1Gbps의 물리계층 전송속도를 지원한다. 전력선통신의 경우 400Mbps정도의 응용계층수준(UDP)의 전송속도 제공을 목표로 시제품이 개발되어, 2011년 엔지니어링 샘플 칩이 출시되었다. 올 상반기에는 평가용 제품 (Evaluation Sample)이 나올 예정이며, HomeGrid Forum 주도하에 현재 4개의 주요 칩 제조사간에 상호 호환성 시험이 활발히 진행 중에 있다. 아울러 상호 공존성을 위한 G.cx(G.9972)를 제정하여 전력선통신의 고질적인 문제인 이기종 간 침해에 대응하였다. G.hn은 초고속의 전송속도를 구현하기 위해 기존의 30MHz



[그림 5] G.hn의 주파수 분할 구조

까지의 전송주파수 대역을 확장하여, 최대 100MHz 대역까지 활용한다. 전력선통신에서는 규제에 의해 80MHz대역까지 전송한다. 기본적으로 25/50/100MHz의 3단계로 대역폭을 단계적으로 확장하여 주파수와 전송 속도를 조절할 수 있다.

아울러, 스마트그리드 환경에서 지능형 가전이나, 가정 내의 에너지 관리를 위한 LCP(Low Complexity Profile)라는 단순하고 저가의 기기모델을 지원한다. LCP는 유효속도 4Mbps를 목표로 하여, 물리계층 전송 속도 20Mbps를 갖도록 설계되었으며, 전송대역은 2 ~ 25MHz를 이용하여 신뢰성과 전송거리를 향상시켰다.

특이하게 G.hn 표준에서는 PLC환경에서 MIMO (Multiple Input Multiple Output) 기술을 적용하여 속도를 증가시키는 표준(G.9963)을 추가로 추진 중에 있다. 일반적으로 무선랜 등의 무선통신에서 다중안테나를 이용한 MIMO기술은 상도체, 중성선, 접지선을 포함하는 3구의 옥내 전기선 배선 체계를 활용하여 2채널의 초고속 전송을 구현한다.

북미의 경우, IEEE에서 미국의 단체표준인 Home Plug AV를 기반으로 2005년부터 착수하여 2010년 9월에 최종 승인되었다. 이는 물리계층과 MAC계층을 모두 포함하며, 상호공존성을 위한 기준 또한 포함하고 있다. IEEE1901의 경우, 200Mbps급의 상이한 2개의 물리 계층을 지원하고 있다. 하나는 FFT OFDM기반의 물리 계층(Convolutional Turbo code FEC)을 다른 하나는 일본 파나소닉사의 기술을 기반으로 한 Wavelet OFDM 물리계층(Reed-Solomon&Convolutional code FEC)을 지원함으로써 표준의 일관성이 훼손되었다.

Home Plug 기술 또한 G.hn의 LCP와 유사하게 스마트그리드 환경에서 각종 에너지 관련기기의 홈네트 워크 구축을 위하여 저속·저가의 통신기기 모델인 HP-GP(Green PHY)를 지원한다.

HP-GP는 스마트그리드 홈네트워크를 지원하는 목적에 적합하도록 신뢰성 있는 통신을 제공하면서, 기존의 HP-AV기술에 비하여 75%의 생산 원가와 소비전력을 줄이고자 하였다. 이를 위하여 기존의 고성능 QAM

[표 4] KS 4600-1 물리계층 중요 규격

Parameter	HomePlug AV	HomePlug GP
Spectrum	2 MHz to 30 MHz	2 MHz to 30 MHz
변복조방식	OFDM	OFDM
부반송파 수	1,155	1,155
Subcarrier spacing	24.414 kHz	24.414 kHz
Supported subcarrier modulation formats	BPSK, QPSK, 16/64/256/1024 QAM	QPSK only
Data FEC	Turbo code Rate $\frac{1}{2}$ or Rate 16/21	Turbo code Rate $\frac{1}{2}$ only
Supported data rates	ROBO : 4 - 10 Mbps Adaptive Bit Loading: 20 Mbps to 200 Mbps	ROBO: 3.8/4.9/9.8 Mbps

[표 5] 협대역 PLC를 위한 주파수 규제

Region	관리 기구	Frequency Band
Europe	CENELEC	A : 3~95kHz B : 95~125kHz C : 125~140kHz D : 140~148.5kHz
Japan	ARIB	10~450kHz
USA	FCC	10~490kHz

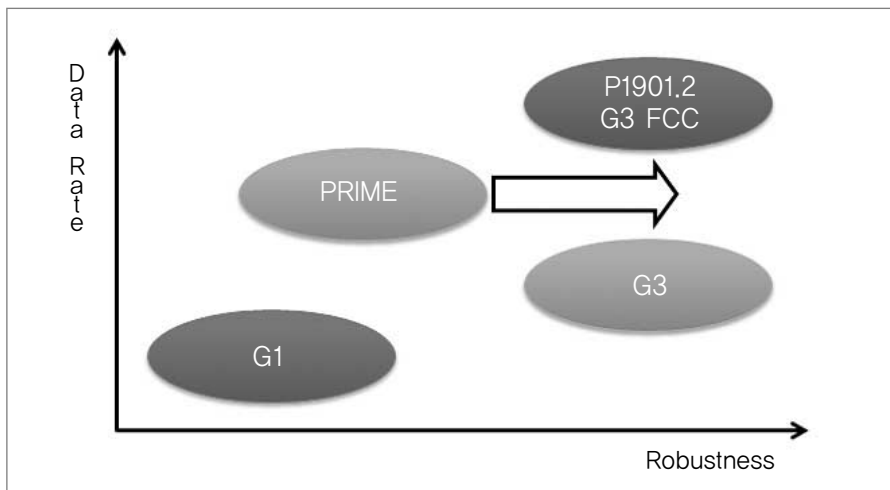
변복조 기술을 포기하고, 저속이지만 단순하고 성능이 높은 ROBO Mode를 기반으로 표준을 경량화하였다. 표준 초기시장 요구사항으로 약 10Mbps의 물리계층 전송 속도를 제공하고, 실제 환경에서는 약 256bps 유효속도를 제공하도록 설계하였다. 아울러 상위 프로토콜계층은 IPv6를 지원하도록 하였으며, 스마트그리드의 수요 반응을 지원하기 위한 응용프로토콜로서 Smart Energy Profile 2.0을 zigbee진영과 협력하여 동일하게 지원한다.

**다. 협대역 PLC 기술 동향**

최근 많은 관심을 받으며 활발한 활동이 이루어지고 있는 협대역 PLC 기술 분야의 가장 밑바탕에는 주파수 규제가 근간이 되고 있다.

먼저, PRIME(PoweRline Interlligent Metering Evolution)은 2007년 스페인의 양대 배전회사 중 하나인 Iberdrola의 자체 PLC 솔루션 확보 노력의 일환으로 시작되었다. 이후, 2009년 5월 Iberdrola와 Texas Instruments, ADD Semiconductor, Current, Itron 등 8개의 Principle Member를 주축으로 PRIME Alliance가 공식 출범하면서 연구·개발 및 표준제정 등 다양한 분야에서 보다 활발하게 활동할 수 있는 기반을 마련하였다. PRIME Alliance에는 세계 각국의 30개가 넘는 업체가 regular member로 속해 있다.

G3-PLC는 PRIME보다 조금 늦은 2008년, 프랑스의 배전회사 ERDF(프랑스 전력청인 EDF Group의 산하 기업)와 Maxim에 의해 첫 규격작업이 이루어졌다.



[그림 6] 협대역 PLC 표준의 상호 특징



G3-PLC Allience 결성 또한 PRIME보다 2년 늦은 2011년 10월 STMicroelectronics, Cisco 등 11개 업체로 구성되었다. PRIME에 비해 후발주자임에도 불구하고 IEEE P1901.2를 비롯한 국제표준 제정활동에 활발하게 참여하는 한편, AMM(Automatic Meter Management), 전기차 충전 등 다양한 Application에 적용 가능하도록 적극적으로 대응하며, 협대역 PLC 기술의 양대산맥으로 입지를 굳히고 있다.

PRIME과 G3-PLC의 기술규격에는 비슷한 점이 매우 많다. 둘 다 동일한 주파수 대역에 대하여 OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing)기술과 DPSK(Differential Phase Shift Keying) 변조방식을 사용한다. OFDM 기술은 좁은 범위의 주파수 대역을 효율적으로 사용하여 최대한의 전송속도를 확보하기

위해 사용되며, DPSK 변조방식은 감쇄와 잡음이 많고 변동이 심한 PLC Channel 환경에서 보다 활발한 전송 성능을 보장하기 위해 사용 된다.”

이렇듯 가장 기본이라 할 수 있는 Carrier 운용법과 변조방식에 있어 많은 유사점을 보이는 두 기술이지만, 전송성능에 있어서는 큰 차이점을 갖는다. 통신 규격을 제정할 때 전송속도와 Robustness간의 Trade Off는 피할 수 없는 문제이다. 이 문제에서 PRIME의 경우엔 Robustness보다는 높은 전송속도의 확보에 주안점을 두었고, G3-PLC는 반대로 Robustness에 주안점을 둔 경우다. 이와 같은 차이가 생긴 이유는 두 기술의 개발 배경으로 설명이 가능하다. Powerline Intelligent Metering Evolution이라는 Full Name에서도 알 수 있듯이 PRIME의 시작은 Metering에 초점이 맞춰져

[표 6] PRIME과 G3-PLC의 기술규격 비교

구분	PRIME	G3-PLC
Frequency Range	42-89kHz	35-91kHz
OFDM 서브채널 대역 / 서브채널 수	488Hz / 97	1.5625kHz / 36
Preamble	2.24 ms (1 symbol)	5.4 ms (9.5 symbols)
Forward Error Correction	Convolutional Code	Reed Solomon Code, Convolutional Code, Repetition Code
Modulation	DBPSK, DQPSK, D8PSK@ Freq.	DBPSK, DQPSK @ time
Maximum Data Rate	128.6 kbps	33.4 kbps
Link Adaptation	Data Rate	Data Rate + Band Plan
Preamble+Control Overhead	about 10%	about 29%

1) PSK(Phase Shift Keying) 변조방식은 Digital Information의 값에 따라 전송신호의 Phase를 변화시키는 방식으로, PSK 파형의 진폭은 모든 구간에 대해서 일정하다. 따라서 감쇄와 잡음, Channel Fluctuation 등에 대한 면역성이 비교적 우수하다.

있었다. 따라서 비교적 Channel과 Coupling 특성이 좋은 LV(Low Voltage) 전력선을 대상으로 설계되었고, Robustness 강화를 위한 기법을 활용하기보다는 보다 높은 전송속도를 확보하는 쪽으로 그 방향이 결정되었다. 반면에 G3-PLC는 스마트그리드 구축에 초점을 두고 시작되어 그 적용범위에 감쇄와 잡음이 심한 MV(Medium Voltage) 전력선과 변압기까지 고려되어야 했다.

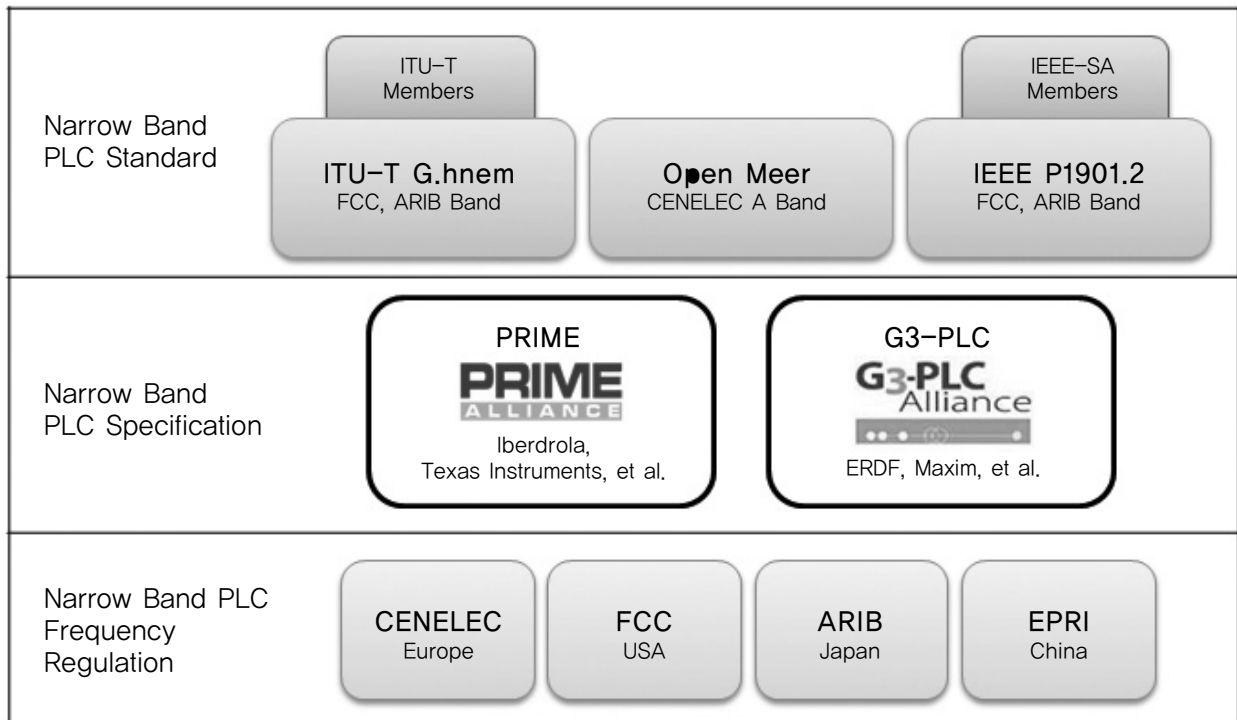
따라서 Robustness를 강화할 수 있는 다양한 기법이 적용되었고, 자연스럽게 전송속도 면에서는 약간의 Trade Off를 감수할 수밖에 없었다.

기본적으로 CENELEC A 대역을 사용하도록 설계된 PRIME과 G3-PLC의 정확한 사용 주파수 대역은 42 ~ 89kHz, 35 ~ 91kHz이다. G3의 경우가 보다 넓은 주파수 대역을 사용하고 있지만 실제로 G3-PLC는 주파수 대역 중 기존 기술인 S-FSK과의 공존성(coexistence)을

위한 Gap을 운용하고 있어 실제로는 비슷한 범위의 주파수대역을 사용하고 있다.

두 가지의 기술 규격 모두 동일하게 OFDM 기법을 사용하지만 해당 대역에 PRIME은 97개의 Subcarrier를, G3-PLC는 36개만의 Subcarrier를 운용한다. 이는 PRIME과 G3-PLC가 각각 보다 높은 전송속도와 보다 나은 Robustness 확보에 주안점을 두었다는 것을 보여주는 가장 큰 특징이다. Preamble의 길이 또한 PRIME은 1symbol인데 반해 G3-PLC는 9.5symbol로 설정되어 각 기술규격의 의도를 확인할 수 있다.

FEC(Forward Error Correction) 기법에서도 큰 차이를 보이는데, PRIME은 보통 Convolutional Code만을 사용하며 아예 FEC 기법을 사용하지 않도록 설정하는 것이 가능하다. 변조방식도 DBPSK, DQPSK 뿐만



[그림 7] 협대역 PLC 기술 표준화 동향

아니라 D8PSK까지 지원함으로써 보다 높은 전송속도 확보에 신경을 썼다는 것을 확인할 수 있다. FEC 기법을 사용하지 않고 D8PSK 변조방식을 사용하는 경우 PRIME의 최대 전송속도는 128.6kbps로 상당히 높은 수준에 이른다. G3-PLC는 Convolutional Code에 RS(Reed-Solomon) Code와 Repetition Coding 기법 (ROBO Mode)까지 제공함으로써 보다 활발한 시스템 구축에 신경을 쓴 모습이다. 변조방식 역시 CENELEC A 대역에서는 DBPSK와 DQPSK까지만 지원하여 G3-PLC의 최대 속도는 33.4kbps로 PRIME의 1/3 수준이다.

기능적인 측면에서도 이와 같은 차이점을 찾아볼 수 있는데, PRIME은 Channel 품질에 따라 전송속도를 변화시키는 형태의 Link Adaptation 기능만을 지원 하는데 반해, G3-PLC는 추가적으로 주파수 활용대역을 변화시키는 Band Plan 역시 지원하고 있다. 이와 같은 특성으로 인해 중간 길이의 패킷을 기준으로 PRIME은 Preamble과 Control Header에 의한 오버헤드가 전체 패킷길이의 10% 정도인 반면 G3-PLC의 경우엔 29%에 달한다.

마지막으로 기술규격에서 다시 한 번 살펴봐야 할 항목은 바로 변조방식이다. 앞에서 두 기술 규격 모두 동일하게 DPSK 변조방식을 사용하고 있다고 언급한 바 있지만, PRIME과 G3-PLC에서 사용하는 변조방식이 완전히 동일한 것은 아니다. 두 규격의 변조방식 간 차이점은 바로 Differential Encoding 방향이다. PRIME은 주파수 축을 기준으로 G3-PLC는 시간 축을 기준으로 Differential Encoding을 수행하는 f-DSPK, t-DPSK 방식을 사용한다. DPSK 변조방식을 위해서는 기준 Symbol이 필요한데 f-DPSK의 경우엔 OFDM Symbol의 첫 Subcarrier에, t-DPSK의 경우엔 각

Subcarrier의 Data Packet 앞부분에 이 기준 Symbol이 존재하게 된다. 따라서 f-DPSK는 Subcarrier의 수가 많고 동일 시간에 대해 OFDM Symbol의 수가 적은 경우에 유리하며, t-DPSK는 반대의 경우에 유리하다. 그리고 t-DPSK는 f-DPSK에 비해 주파수 대역에 Notch를 만드는 것이 f-DPSK에 비해 간편한데, f-DPSK는 주파수 Notch 이후에 기준 Symbol이 다시 생성되어야 하기 때문이다. 반면 t-DPSK는 f-DPSK에 비해 짧은 Channel 장애에 취약하다. 각 Subcarrier의 첫 부분에만 존재하는 기준 Symbol이 단기간의 Channel 장애로도 소실될 수 있기 때문이다.

PLC 기술의 오랜 역사에 비하여 협대역PLC의 표준화 활동이 이루어진 것은 비교적 최근의 일이다. 그 이전에는 CENELEC, FFC, ARIB 등에서 제정한 주파수 사용법에 대한 규제만을 고려하였으나, IEC61334, PRIME과 G3-PLC와 같은 협대역 PLC 기술을 별도의 표준으로 인정하는 한편, Smart Metering에서 스마트그리드까지 모든 Application에 적용 가능한 ITU-T G.hnem, IEEE P1901.2와 같은 표준화 노력이 꾸준히 이루어지고 있다.

앞에서 언급한 바와 같이 Iberdrola와 Texas Instruments 주축의 PRIME과 ERDF, Maxim사 주축의 G3-PLC로 부터 모든 협대역 PLC 기술 표준화가 시작 되었다고 봐도 무관하다. 협대역 PLC 기술표준에는 Open Meter, ITU-T의 G.hnem, 그리고 IEEE의 P1901.2 등이 있다. Open Meter는 유럽에 AMI와 Smart Metering의 대규모 적용을 촉진시키고자 시작된 Project로 PRIME Alliance의 창립멤버인 Iberdrola와 G3-PLC Alliance의 창립멤버인 EDF를 비롯하여 Itron, ADD Semiconductor 등 19개 업체가 Project Partner로 참여하고 있다. CENELEC A밴드만을 사용

하도록 정의되어 있으며, 지난 2011년 6월 Final Conference를 갖고 해당 Project의 모든 결과물 발표를 마친 상태이다.

또 G.hnem과 P1901.2는 미국의 FCC와 일본의 ARIB 주파수 규격에 맞추어 설계된 스마트그리드용 솔루션이다. PRIME과 G3-PLC간의 관계와 마찬가지로 G.hnem과 P1901.2 역시 규격 제정 기관이 ITU-T와 IEEE-SA로 설계관점이 약간 다를 뿐, 스마트그리드용 솔루션 제시를 위해 설계, 제정되었다는 점은 동일하다. 특히, 이 중 P1901.2는 MV 전력선과 LV 전력선, 그리고 이들 사이의 변압기까지를 적용범위로 삼으며 G3-PLC와 상당히 밀접한 관계를 갖고 있다. G.hnem은 ITU-T가 PRIME, G3-PLC Alliance가 협력하여 개발하였으며 지난 2011년 12월 최종 승인되었다.

### 3. 전 망

이상으로 국내·외의 광대역 및 협대역 전력선통신 최근 표준화 동향에 대하여 살펴보았다.

우리나라에서 개발한 KS 4600-1 고속 PLC기술이 국내 원천기술 그대로 국제표준으로 제정된 것으로써 의의가 매우 크다고 볼 수 있다.

우리나라의 KS 4600-1 PLC 표준은 그동안 한전의 원격검침사업을 핵심 응용 서비스로 선정하여 지속적으로 성능을 보완하였다. 그 결과 스마트그리드 및 양방향 원격검침(AMI)에 적합한 기술로 발전되었고 향후 세계 시장에도 진출할 수 있을 것으로 기대되고 있다. KEA