

オートモーティブ分野におけるPLC (Power Line Communication) 技術の応用展開

Application Business Development of PLC (Power Line Communication) Technology for Automotive Field

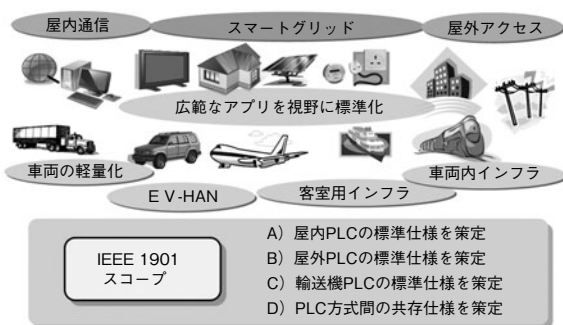
井形 裕司* 権藤 孝雄**
Yuji Igata Takao Gondou

「HD-PLC (High Definition Power Line Communication)」は、当社により、Home Network用途のPLC-Ethernet Bridgeとして商品化されてきたが、IEEE 1901標準として承認(2010年12月規格書発行)されたことにより、グローバル標準通信方式として、その応用範囲は、屋内だけでなく、屋外・輸送機用・Smart Gridへの広がりを見せている。本稿では、IEEE 1901に採用された、「HD-PLC」の技術とPLC方式間共存技術(ISP: Inter System Protocol)を概説する。さらに、移動体への適用事例として車載用HD-PLC/CAN Bus Systemの取り組みと、リアビューカメラへの応用を紹介する。

HD-PLC (High Definition Power Line Communication) has been commercialized as a PLC-Ethernet Bridge for home network use by Panasonic. After it was approved as IEEE 1901 standard ("IEEE Standard for Broadband over Power Line Networks: Medium Access Control and Physical Layer Specifications" was published in December 2010), the range of HD-PLC applications is being extended beyond in-home use to access broadband use, the Transportation system use, and Smart Grid use as a global standard communication method. We outline the "HD-PLC" technology and the defining mechanisms for coexistence between different PLC devices (ISP: Inter System Protocol) which was adopted for IEEE 1901 in this report. Furthermore, we introduce our application case examples such as HD-PLC/CAN Bus System and Rear-view Camera for Vehicles.

1. IEEE 1901標準がもたらす可能性

2010年12月には、IEEE 1901委員会[1]において、PLC標準規格書が発行された。その中には、当社が提唱する「HD-PLC[2]」のフルスペックが含まれる。IEEE 1901では、宅内の電力線通信だけでなく、屋外・輸送機用・PLC方式間の共存と、その範囲が拡張されており(第1図)、IEEE 1901準拠「HD-PLC」は、雑音の多い車載配線上などでの制御用通信にも対応するため、耐雑音性の向上とショートパケットの高速化を図った。国際標準化と高性能化により「HD-PLC」は、いっそうの普及が期待される。



第1図 IEEE 1901規格化の範囲

Fig. 1 IEEE 1901 is targeting variety of applications

2. 「HD-PLC」における物理層技術

「HD-PLC」で採用している物理層(PHY: PHYSical layer)について、第1表にまとめる[3]。「HD-PLC」仕様はIEEE 1901 Wavelet方式を基に策定している。Wavelet OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing)方式は、高効率伝送が可能となし、簡単にノッチ帯域を構成できるため、同じ周波数帯域を使用する既存システム(アマチュア無線や短波放送)と共存できる。IEEE 1901準拠「HD-PLC」では、従来の「HD-PLC」に対して、さらなる通信速度の向上のため、1次変調方式として32PAM (1024QAM (1024 Quadrature Amplitude Modulation)に相当)を、誤り訂正方式としてLDPC-CC (Low Density Parity Check Convolution Codes)を追加した。32PAM (32 Pulse Amplitude Modulation)の実装インパクトはわずかなのであるのに対して、LDPC-CCは回路量増加のインパクト

第1表 主なPHY仕様諸元

Table 1 Main specification

	IEEE 1901準拠 HD-PLC	現行HD-PLC
Base Carrier of OFDM	Wavelet	Wavelet
Carrier space [kHz]	61.035 156 25	61.035 156 25
Symbol Length [μs]	8.192	8.192
Modulation [PAM] (per carrier)	2, 4, 8, 16, 32	2, 4, 8, 16
Frequency Range [MHz]	2 ~ 28	2 ~ 28
Maximum PHY Rate [Mbit/s]	240	210
Forward Error Correction (Encoder only)	Reed-Solomon (RS), Convolution code (CC), RS+CC and LDPC-CC	Reed-Solomon (RS), Convolution code (CC), RS+CC

* パナソニック システムネットワークス (株) PLC事業推進室
PLC Business Development Office, Panasonic System Networks Co., Ltd.

** Panasonic System Networks Development Center of America (PSNDA)

トが大きいことがわかっていて、開発の初期段階では、訂正能力は最大2.8 dBとなるものの、回路量が従来の約2倍になる予定であった。そのため、

- ① 回路量が小さくなるようなLDPC-CC検査多項式
- ② 復号回路のRAM (Random Access Memory) 数を削減する処理アルゴリズム

を開発した。

その結果、従来に比べ、約1.25倍の回路量で、最大2.6 dB訂正能力を実現することができた。

3. 「HD-PLC」におけるMAC技術

「HD-PLC」で採用しているメディアアクセス制御 (MAC: Media Access Control) 仕様について、第2表にまとめる[3]。MACは、さまざまなフレームに対応する必要があるため、現行の「HD-PLC」ではクラシファイとコンカチネーションをμコードで行っておりμコードの packets 処理能力により通信性能が決まってしまう、通信性能向上のボトルネックとなっていた。IEEE 1901 準拠「HD-PLC」では、クラシファイをμコードとハードエンジンで行うハイブリッド仕様とした。処理頻度が少なく、さまざまなパターンのある制御系フレームをμコードで行い、処理頻度の多いデータ系フレームをハードエンジンで行うこととした。これによりクラシファイを高速に行うことが可能となった。加えてハードエンジンでコンカチネーションを行い、最大の連結数を31から60とすることで通信性能を向上させることができた。

第2表 主なMAC通信仕様とパケット長ごとの通信性能

Table 2 Main specification and communication performance for each packet length

		IEEE 1901 準拠 HD-PLC	現行HD-PLC
主な MAC 通信仕様	アクセス制御	CSMA/CA + DVTP	CSMA/CA + DVTP
	最大連結数	60	31
	1 MACフレームへの複数上位フレーム格納数	最大2048 byteまで数量制限なく格納可能	最大2048 byteまで最大4フレーム格納可能
	動的鍵更新	対応	未対応
	異種PLC間共存 (ISP)	対応	未対応
通信性能	UDP (1514 bytes) [Mbit/s]	97.3	97.3
	UDP (512 bytes) [Mbit/s]	89.2	59.8
	UDP (64 bytes) [Mbit/s]	25.4	3.29

UDP: User Datagram Protocol

CSMA/CA: Carrier Sense Multiple Access with Collision Avoidance

DVTP: Dynamic Virtual Token Passing

4. 異種PLC間共存のための制御方式 (ISP)

Wavelet OFDM PLCとFFT (Fast Fourier Transform) OFDM PLCの共存を可能とするISPの基本概念について述べる。

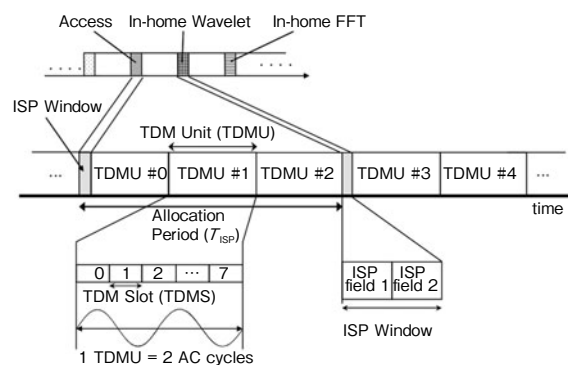
4.1 ISP信号

ISPでは、各PLC方式で共通に定義するISP信号を用いて共存のための制御を行う。この信号は、使用されるすべてのキャリアに同じ情報“1”を割り当てたFFT OFDM信号から構成される。

このとき、位相“0”と位相“π”を用いて各キャリア位相のランダム化を行うが、ISPでは各PLCにおいて、異なるランダムパターン (位相ベクトル) を用いる。理由は、ISP信号に用いられた位相ベクトルを判別して、送信しているPLC方式を特定するためである。

4.2 ISP仕様の概要

ISPでは時分割処理を基本とし、交流電源周波数 (AC) に同期して制御される。ISPは、第2図に示すように、ISP WindowとTDM (Time Division Multiplexing) Unit (TDMU) からなり、各TDMUは8個のTDM Slot (TDMS) から構成される。各TDMSには、各PLC方式が割り当てられる。また、ISP Windowは2つのISP fieldからなり、各PLC方式 (例えばAccess, In-home Wavelet and In-home FFT) が送信するISP Windowは決められている。なお、各スロット間隔は、第3表に示すように、AC周波数 (50 Hz



第2図 ISPを使用した共存方法の一例

Fig. 2 Example of coexistence method with ISP

第3表 ISPに関する主な仕様諸元

Table 3 Main specification of ISP

項目	50 Hz	60 Hz
AC cycle [ms]	20	16.67
T_{ISP} [ms]	120	100
TDMU [ms]	40	33.33
TDMS [ms]	5	4.17
ISP window [μ s]	491.52	491.52
ISP field [μ s]	245.76	245.76

or 60 Hz) に応じて決められている。

4.3 ISPによる共存

PLC端末は、起動後はISP信号の探索を行うモードに移行し、他PLC端末から送信されたISP信号の位相ベクトルを判別して、現在ISPを使って共存しているPLC方式を特定する。その後、自PLC方式にあらかじめ決められたISP WindowにISP信号を送信する。

TDMSの使用方法については、同じ電力線上に存在するPLC方式の種類に応じて、IEEE 1901 仕様書[1]に定義されたスロット割り当て表を使って決定する。

このように、ISPは時分割処理による干渉回避を基本とした異種PLC間共存方式となっている。

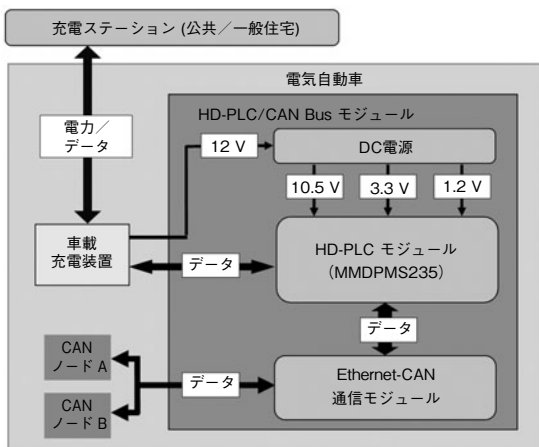
5. アプリケーション事例

以下、PSN米国リエゾンオフィスで検討を進めているアプリケーション事例を紹介する。

5.1 車載用HD-PLC/CAN Bus System

「HD-PLC」は、宅内の電力線だけでなく、IEEE 1901 対応で、制御データ用のショートパケット高速化とLDPC-CCによる耐雑音性の向上により、車載のDC電源線への応用が期待されている。

車載ネットワークで標準的に使用されているCAN (Controller Area Network) と「HD-PLC」モジュール (MMDPM235) をブリッジしたHD-PLC/CAN Bus モジュールを検討した (第3図)。このデバイスを電気自動車に应用する場合、充電中にCANノードから得られるデータを「HD-PLC」を経由して充電ステーションに情報伝送したり、充電ステーション経由で各種コンテン



第3図 HD-PLC/CAN bus system 構成図

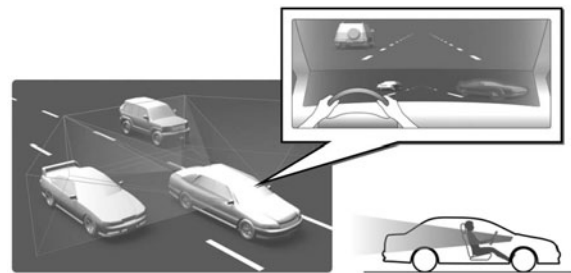
Fig. 3 HD-PLC/CAN bus system configuration diagram

ツをダウンロードしたりできるようになる。走行中も、DC電源線上で信号伝送が可能であり、車内のハーネスやケーブルの省線化/軽量化を図れるメリットは大きく、車内の基幹デバイスになると期待されている。

5.2 リアビューカメラへの応用

NHTSA (米国運輸省国家道路交通安全局) は、後方視認用のリアビューカメラの搭載を2014年9月から米国内で販売されるほぼすべての車両に義務づけるよう提案した。

上述した5.1の車載用HD-PLC/CAN Bus Systemと組み合わせることで、例えばカメラの電源をストップランプに供給されるDC電源に接続するだけで映像情報をHD-PLC/CAN Bus System経由でコックピットディスプレイに情報伝送が可能となる (第4図)。既存の車両においてもカメラを簡単に取り付けることが可能であり、特にトラックなどの大型車両では大きなメリットがある。



第4図 リアビューカメラ (死角カメラ含む) のイメージ

Fig. 4 Image of rear view camera (including Blind Spot Camera)

6. 動向と展望

IEEE 1901標準になった「HD-PLC」は、家庭内だけでなく、ビル構内、工場や屋外、移動体への適用など、より大きなネットワークにも対応できる。さらに、スマートグリッドなど幅広い分野への応用も期待される。通信業界の発展に大きく貢献できるものと期待する。

この技術を使用して現行のHD-PLC採用商品との接続性の確保および異種PLC間での共存を図るとともに、HD-PLCアライアンスなどの団体を通じてIEEE 1901標準対応商品間の相互接続性を確保していく。

参考文献

- [1] <http://grouper.ieee.org/groups/1901/>, 参照 Sep. 5. 2011.
- [2] <http://www.hd-plc.org/>, 参照 Sep. 5. 2011.
- [3] 古賀久雄, “次世代電力線通信と標準化,” パナソニック技報, vol.56, no.1, pp.16-21, 2010.