

電力線通信

松本 哲明, 渡辺 崇文

Yoshiaki MATSUMOTO, Takafumi WATANABE

1 はじめに

2001 年より, 既存の電力線を利用する電力線通信技術が注目され始めた。しかし, 電波法により利用周波数帯域が制限されていたため, 実用化は困難であった。その後, 通信方式の開発が進み電波干渉問題が緩和されたため, 2006 年 10 月, 広い周波数帯域を利用する高速な電力線通信が家庭内で利用可能となった。その後, 家庭向けに電力線通信モデムが販売され, 電力線通信によるホームネットワーク構築の容易さに注目が集まっている。

本稿では, 電力線通信技術について述べ, 現状および今後の動向を紹介する。

2 電力線通信

2.1 電力線通信とは

電力線通信とは, 家庭に電力を送るための低圧電力線や, 家庭内の電灯線を利用して通信する技術である。電力に情報信号を重畳し, 最大 2MHz~30MHz の周波数帯域を利用して変調した情報信号を電灯線に流し, 通信を実現する。電源ケーブルをコンセントに挿すだけでネットワークに接続でき, 容易かつ低コストでネットワークを構築することができる。

2.2 通信原理

電力線通信では, PLC モデムで変調した情報信号を送信し, 受信側は, その信号をフィルタを使用して電気と情報信号に分解, PLC モデムで情報信号に復調し, デジタル通信を実現している。概念図を Fig. 1 に示す。

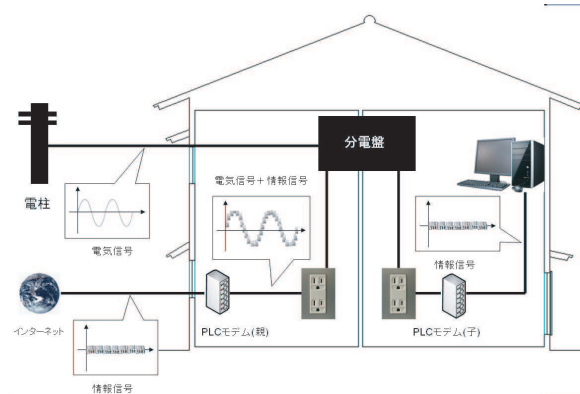


Fig.1 通信原理 (出典: 自作)

2.3 変調方式

電力線通信の変調方式は, 通信路特性の似ている無線通信の変調方式を転用するのが一般的である。代表的なものに直交周波数分割多重 (Orthogonal Frequency

Division Multiplexing : OFDM) 変調方式, スペクトル拡散方式がある。変調方式は, 要求される速度やノイズ耐性, 周波数利用効率, 省電力性の観点から, 最適なものが選択される。現在, 家庭用電力線通信では 3 つの代表的な規格が普及しており, それぞれの規格が異なる周波数帯域, 変調方式を利用している。3 つの規格の特徴を Table. 1 に示す。日本の事実上標準規格である HD-PLC は Wavelet OFDM 変調方式を採用している。次節では, Wavelet OFDM 変調方式の基礎である OFDM 変調方式について述べる。

Table. 1 PLC の代表的な規格

規格	利用周波数帯域	変調方式	最大通信速度
HomePlug1.0	4.3MHz~20.9MHz	OFDM	13.75Mbps
HD-PLC	4MHz~28MHz	Wavelet OFDM	55Mbps
UPA	4.3MHz~20.9MHz	OFDM	13.75Mbps

2.3.1 OFDM 変調方式とは

OFDM 変調方式とは, 複数のキャリア周波数を同時に使って並列的に通信する方式である。複数のキャリア周波数で同時通信するためには, 周波数同士の干渉を避けなければならない。干渉が小さい周波数, スペクトラムの直交する周波数に他のキャリア周波数を設定し, 複数のキャリア周波数を重ねて使用する方式を直交周波数分割多重方式と呼ぶ。この方式は, スペクトラムの隙間を利用するため, 狭い周波数大域を有効に活用し通信速度を向上させることができる。OFDM 変調方式の概念図を Fig. 2 に示す。

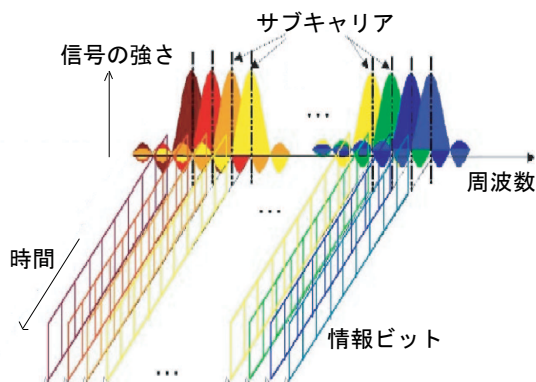


Fig.2 OFDM 変調方式の概念図 (出典: 自作)

2.3.2 Wavelet OFDM 変調方式とは

Wavelet OFDM は, OFDM 変調方式が時系列変化するノイズに影響を受けやすい性質を改善したものである。

キャリアの直交化に Wavelet 変換を適用し、時間的変化をする通信路上のノイズへの耐性を向上するものである。Wavelet 変換を適用することで、ノイズ量の変化に対応して、各キャリア周波数に割り当てる bit 数を変化させ、確実に情報を送ることができる。ノイズが大きい場合は割り当てる bit 数を少なくし、ノイズが小さい場合は bit 数を増やす。

3 電力線通信の現状

3.1 電力線通信の実用化

2006 年 11 月松下電器産業株式会社から HD-PLC 方式 (Wavelet OFDM 変調方式) を採用した家庭用 PLC アダプターが発売された。物理層での最大通信速度 190Mbps, TCP 通信の実行速度は約 55Mbps である。電波法改正以来、利用可能な周波数帯域が広がり通信速度の高速化が進んでいる。

3.2 電力線通信の抱える課題

PLC 関連機器の発売当初は電力線通信のメリットばかりが強調されていたが、実利用に伴い電力線通信の抱える課題が浮き彫りとなった。屋内利用における電力線通信の課題を以下に記す。

- 線路内のノイズの影響
使用する高周波帯域では、家電機器から発生するノイズが電力線に重畳しモデムに混入する。屋内利用では、主に AC アダプタ、ドライヤー等モータを使用した製品、リピータハブがノイズ源となる。これらの製品をノイズフィルタの付いたテーブルタップに指すことで、影響を抑えることができる。
- 信号減衰の影響
電線路長や配線路分岐の影響があるため、信号減衰量が非常に大きくなる。テーブルタップも信号を減衰させる一因である。
- 電波漏洩
電力線に高周波電流を流すと電力線から電磁波が漏洩する。PLC の利用周波数は、既存の無線機器や、医療機器に干渉するため問題視されている。屋内では、ラジオや携帯電話、無線 LAN と干渉する。
- 屋内配線の現状
家庭の電力線引き込みは単相三線式で引き込まれている。単相三線式は 3 本の線を引き込み、3 本のうち 1 本はアースで、残り 2 本の 100V ラインいずれかに信号をのせるのであるが同じ線 (同相) に繋がった機器同士の通信と、違う線 (異相) に繋がった場合とでは信号の伝わり方が異なる。同相に比べ、異相の場合は信号の減衰が大きくなり、この屋内配線の構造自体が信号減衰の原因となっている。
- 分電盤
屋内の配線を集約する分電盤は、家庭内には通常ひとつである。しかし、電力消費の大きな部屋に別系統の電灯線を引く場合があり、このようなケースは系統ごとに分電盤が分かれている。異なる系統どうしは隔離されているため、分電盤をまたいだ通信は

できない。

3.3 現状の解決策

現在の電力線通信は家庭内で使用する場合、日常的に上記の問題が発生し、特に線路内ノイズと信号減衰の問題は同時に解決しなければ通信が確立できない。家庭用モデムが販売された 2006 年頃は、PLC 対応ノイズフィルタ付きテーブルタップが販売されていなかったこと、正しい実利用の知識が普及していなかったことから、モデムを買ったが接続できないというユーザーが多数見受けられた。

現在は、ノイズを発生するものは必ず PLC 対応ノイズフィルタ付きテーブルタップに繋ぎ、同時にモデムはテーブルタップを介さずコンセントに直接挿すことで実行速度 10Mbps 程度の通信が家庭内で利用可能である。

ただし、ノイズフィルタ付きテーブルタップは価格が高く、Ethernet に比べると導入コストが大きいため普及に至っていないのが現状である。また、無線 LAN との共存は未だ不可能であり、これも普及を妨げている。

4 今後の動向

ホームネットワーク環境が整えられつつあることや、ネット対応テレビなどの登場から、今後ネットワーク家電がますます普及することが考えられる。ホームネットワークは、プロトコルやデータサイズの違いから、高速な通信が求められる AV ネットワークと、機器制御のみを目的とした低速な制御系ネットワークに分かれるものと考えられる。その中で PLC は、無線 LAN や Bluetooth といった無線通信と共存するために周波数帯域を限定した低速なものが、家庭内の制御系ネットワークで利用されるものと思われる。変調方式の改良により電波漏えいを抑えつつ PLC の高速化が進めば、AV ネットワークに適用できる可能性があり、PLC がホームネットワークの主流になるかもしれない。無線接続との共存を含め、さらなる高速化と電波漏洩問題の同時解決が今後の重要な課題となっている。

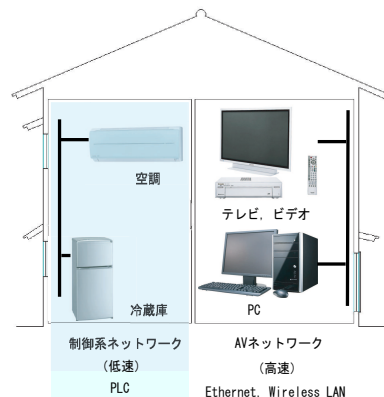


Fig.3 ホームネットワーク (出典: 自作)

参考文献

- 1) <http://www.plc-j.org/>