

第1回 地域エネルギー供給構想検討分科会

高速電力線通信 (PLC) について

PLC とは
PLC の技術的課題
高速通信を実現するための PLC 技術
導入事例
国内メーカーの動向

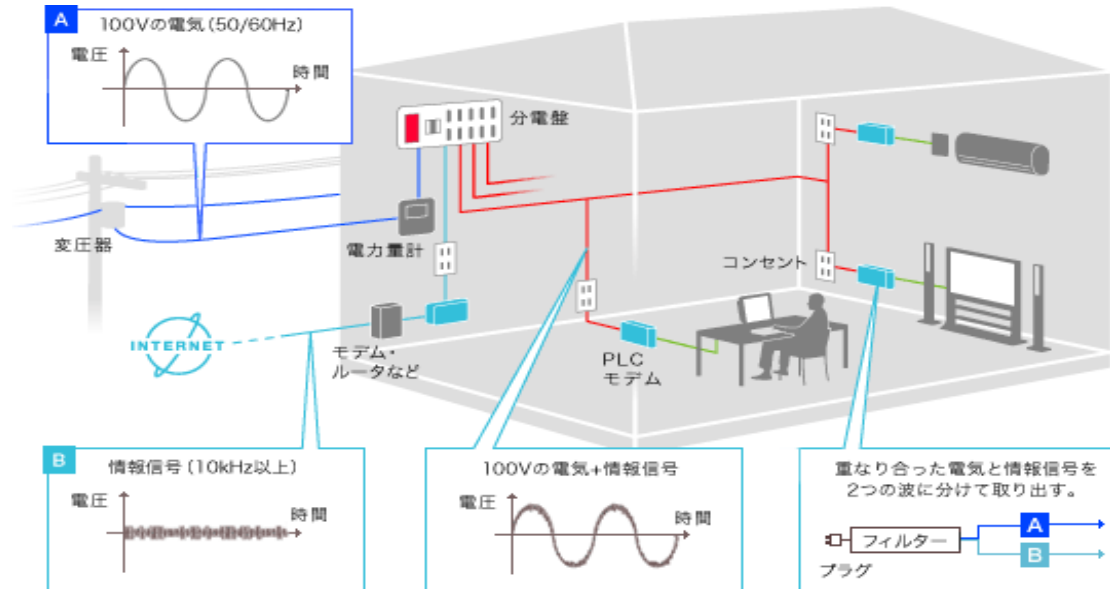
●PLC とは

高速電力線通信 (PLC) は Power Line Communication の略で、普通の電力線に高速のデータを乗せて送る技術である。海外では高圧線などから一般の家庭に高速のインターネット情報等を分配する手段として開発されたが、日本においては 2006 年 10 月より屋内での利用のみ許可された。日本では既に光ファイバーや ADSL 等で高速インターネットが利用できるが、通常それら情報の入口は各家の中の一ヶ所である。家のどこにでもある全てのコンセントが情報の出入り口に変わる事が出来れば、大変に使い易くなりユビキタスな環境の実現に大きく貢献すると考えられている。

電力線通信では従来 450kHz までの周波数が許可されており、2006 年 10 月より 2M~30MHz という高い周波数の利用が許可された。50/60Hz の低周波数で非常に大きな電圧の上に、PLC の高周波数で非常に小さな電圧の信号が乗るが、周波数の差が非常に大きいので混じり合うことなく容易に分離できる。

電気機器の発生するノイズに対しても影響を最小にして信号を送る様々な PLC 技術が開発された。またセキュリティ面では PLC 信号自体は暗号化され特殊な変調がかかっており、盗聴が出来ない仕組みになっている。

光ファイバーや ADSL 等により現在 100Mbps に近い高速のデータが各家庭で利用可能になった。最新の電力線通信では、その値に近い高速のデータが電力コンセントを経由して送受信出来るようになる。この様に PLC は高性能だが、各家庭の電灯線の配線は元々高速データ通信用でないため、配線方法の良し悪しで十分高速なデータが通らない場合がある。また PLC で使用する周波数帯域は無線の短波帯であることから、やはり配線の良し悪しにより不要電波の漏洩が懸念される。そのため日本で許可された基準は世界で最も厳しい基準にあたる。



PLC のしくみ(信号の重畳イメージ)

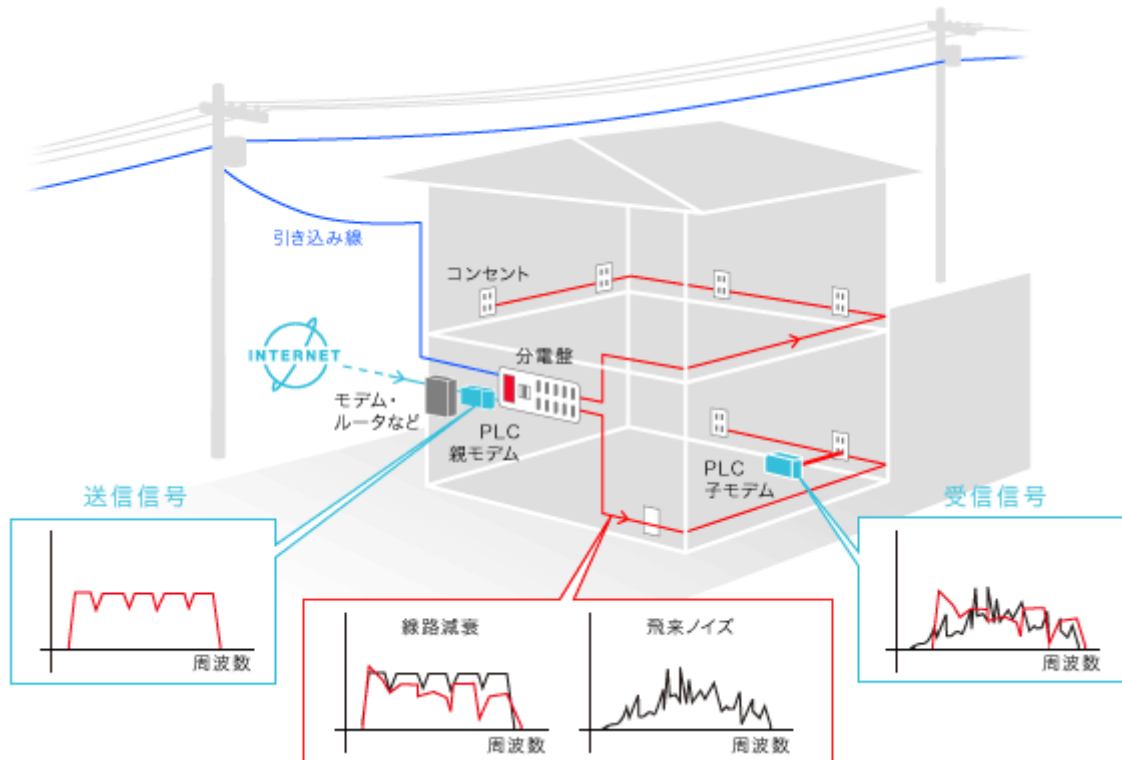
PLC の利点

- ・ 既設の電力引込線・屋内配線を利用するため、新規通信線工事が不要（経済的）
- ・ プラグをコンセントに差し込むだけで通信可能（簡単）
- ・ 宅内の各部屋（間）でホームネットワークの構築が可能（ユビキタス）

●PLC の技術的課題

電力線通信は、新規通信線の構築が不要という最大の利点はあるものの、それ故の課題も存在する。電力線を通信線路とする事から、その信号は、常にノイズの影響や線路長による減衰作用にさらされている。下図にその信号の流れを示す。

日本での PLC は屋内利用 (In-House) のみ / 屋外利用 (Access) は日本では許可されていない。



インターネットへ接続する環境は変わらない
インターネット回線が別途必要。(光ファイバー・ADSL)

電力線通信には、雑音・信号減衰を含めた以下の課題が存在する。

不平衡線路

電力線は、高周波信号に対して不平衡な線路を形成しやすく、ノイズなどの影響を受けやすい。また、そのため高周波電流を流すと電力線から電磁波が放射されます。

線路内ノイズの影響

使用する高周波帯域では家電機器等から発生する負荷ノイズや空中を伝播する飛来ノイズなどが電力線に重畳しモデムに混入して性能へ影響を及ぼします。

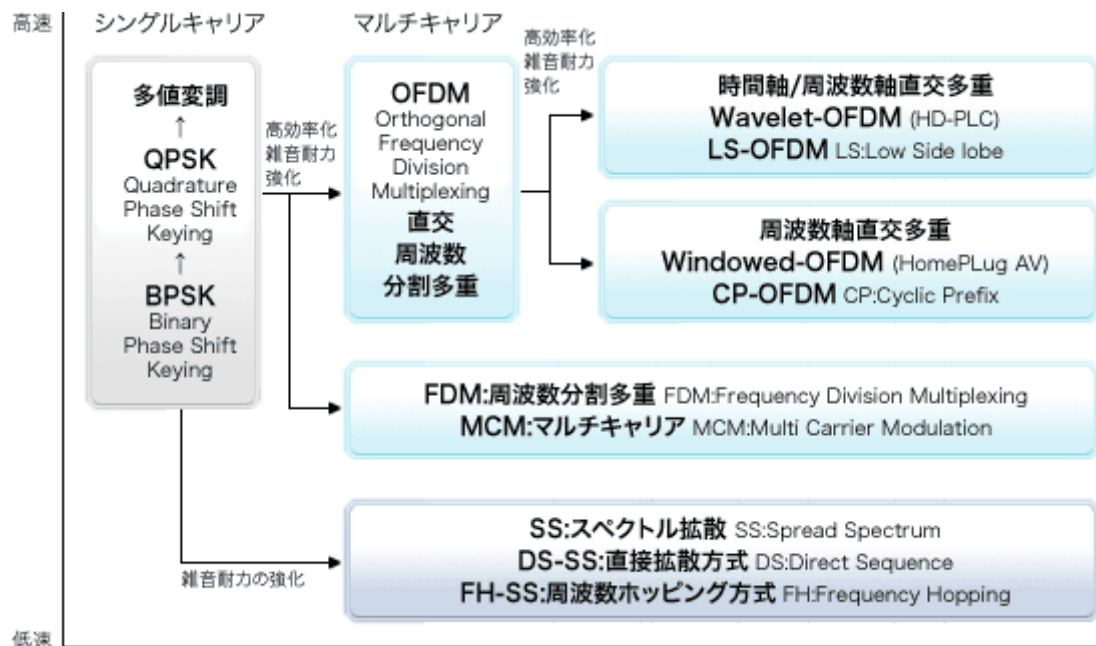
信号減衰の影響

電力線での信号減衰量は非常に大きくなっています。これは、もともと電力線が高周波信号用線路でない理由と共に、電力線に接続された末端負荷や電線路長および電線路分岐の影響があると考えられます。

電力線通信は、これらの課題に打ち勝つ強力な通信方式でなければならない。

●高速通信を実現するための PLC 技術

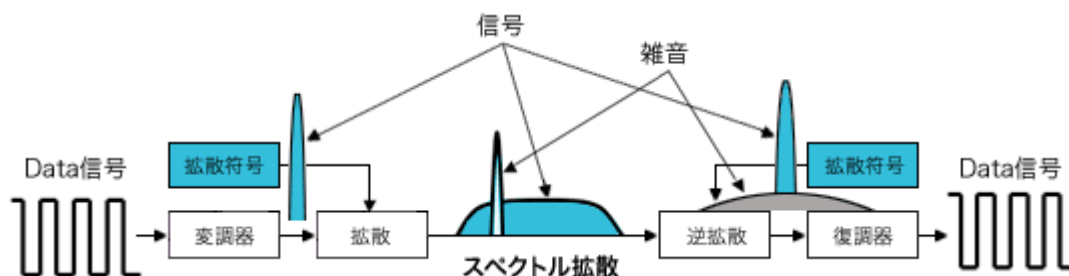
1. 高速通信を実現するための PLC 変調技術概要



PLC を実現する変調方式には、大きく SS 方式と OFDM 方式がある。

PLC 変調技術には、漏洩電界低減のみならず、高速化 / 高効率化 / 雑音耐力の強化が求められている。SS 方式は低速化により雑音に強く、OFDM は高効率化により高速伝送が可能な変調方式と言われている。

2. スペクトル拡張変調方式概要

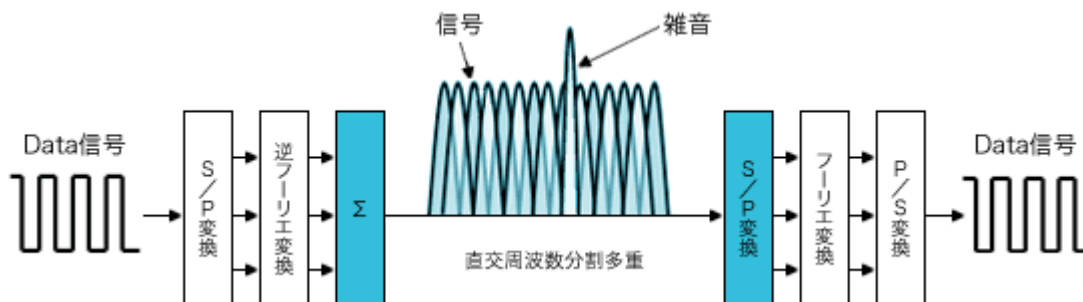


スペクトル拡散変調方式概要

- スペクトル拡散変調方式には、前述したように、直接拡散変調方式と周波数ホッピング変調方式とがあるが、ここでは、PLC に主に適用されている直接拡散変調方式について述べる。
- 直接拡散変調方式の送信側では、狭帯域の信号を拡散符号を用いて広帯域へ拡散する。受信側では送信側と逆の操作を行い元の狭帯域の信号を復元する。この結果、直接拡散変調方式では以下の特徴を有する。

- ・ 狭帯域の雑音は受信側での逆拡散により広帯域のレベルが低下した雑音となるため、各種狭帯域の雑音に強い。また、送信側での信号拡散により、信号のピーク値を低くできるため、漏洩電界のピーク値漏洩低減が可能である。

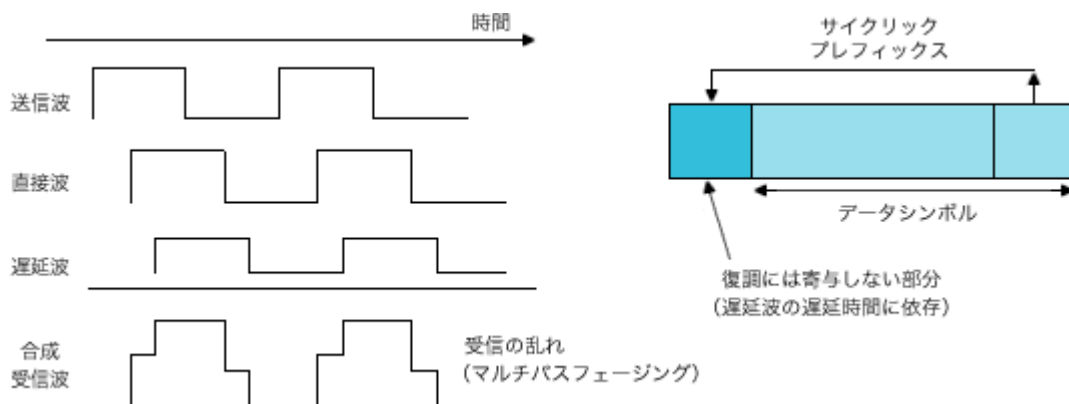
3 . OFDM 変調方式概要



OFDM (直交周波数分割多重) 伝送方式概要

- ・ OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing) は、上図に示すように、多数のサブキャリアを周波数軸上で直交多重した伝送方式であり、以下の特徴を有する。
- ・ OFDM では多数の狭帯域のサブキャリアを周波数軸上で多重伝送しているため、周波数利用効率が高く、高速化が容易である
- ・ OFDM では、サブキャリア毎の送信制御が可能であるため、既存無線局への影響が特に懸念される帯域に関しては、該当サブキャリアの送信を停止 (所謂ノッチ) することで、既存無線局との共存が可能である。
- ・ OFDM ではサブキャリア毎の信号伝送を行っているため、狭帯域の干渉雑音等に強い。

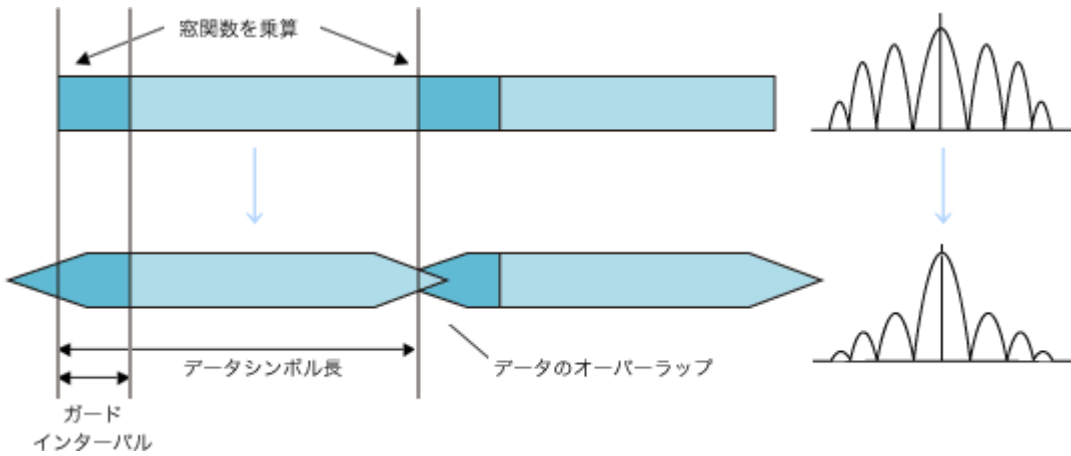
3-1 CP (サイクリックプレフィックス)



CP (サイクリック プレフィックス)

- マルチパスフェージングの影響を避けるため、遅延波の遅延時間を考慮したガードインターバル (サイクリック プレフィックス CP) を設ける。
- CP は、有効信号の最後尾からある時間分だけ切り取ったコピーを採用し、有効信号の先端に挿入する。受信側では CP 部のデータを無視し、残りのデータで復調する。
- CP 部は復調に寄与しないことから効率が低下するので、CP 長の設定は遅延波の遅延時間、送信信号効率等を総合的に考慮して検討する必要がある。

3-2 窓関数によるサイドローブ低減 (Windowed-OFDM)

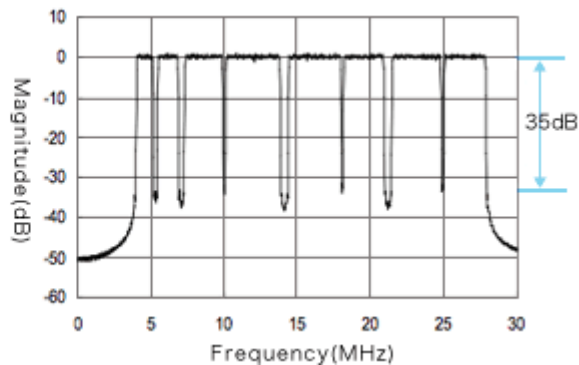


窓関数によるサイドローブ低減概要

- ガードインターバルを含めた時間軸波形の両端に窓関数を乗算し、サイドローブを低減することにより深いノッチを形成する。
- この窓関数を乗算した部分はデータ信号とは無関係であるが、この部分を最小化するために時間軸上でオーバーラップさせる手法が用いられる。

3-3 Wavelet-OFDM 変調方式概要

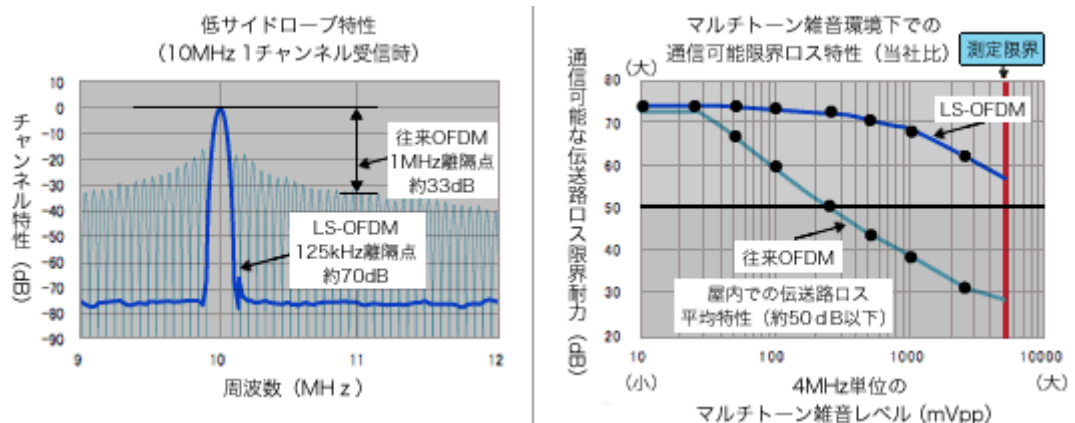
	時間特性	周波数特性
FFTベース		
Waveletベース		



Wavelet-OFDM 変調方式概要

- Wavelet-OFDM は、時間軸および周波数軸でともに直交する性質を持つ Wavelet 変換を用いた OFDM 変調方式である。
- OFDM では、周波数軸直交の性質を利用し、複数のキャリアの重なり合いがあっても復調可能であることが特徴である。
- Wavelet 方式では、さらに時間軸直交の性質のある Wavelet を信号波形とすることで複数のシンボルが重畳しても復調可能である。そのため、ガードインターバルを設けなくても、符号間干渉の影響を受けにくい方式である。また、シンボル区間以上の長い信号波形を使用することにより、低サイドロープを実現している。

3-4 LS-OFDM 変調方式概要



LS-OFDM の概要

- LS-OFDM (Low Side lobe OFDM) は、チャンネル両サイドのサイドロープが 70dB 以上と低く、かつ、時間軸 / 周波数軸で直交伝送可能な直交周波数分割多重伝送方式であり、以下 の特徴を有する。
- LS-OFDM では、ピーク漏洩抑圧変調技術を搭載しているため、既存無線局へのピーク値漏洩低減が可能である。また、低サイドロープ変調技術により、40dB 以上のノッチを効率的に実現可能である。
- LS-OFDM では、低サイドロープ復調技術により、受信側で 70dB 以上の雑音抑圧特性 を実現している。このため、大振幅の単一トーン雑音やマルチトーン雑音環境下でも安定した伝送が可能である。

出典：高速電力線通信推進協議会 (PLC-J) (<http://www.plc-j.org/index.htm>)

●導入事例

<メリーチョコレート社の導入実験>

事業主体：メリーチョコレートカンパニー（チョコレート菓子メーカー）

所在地：千葉県船橋市の工場

導入試験開始：平成 19 年 6 月 21 日

導入実験の目的：生産ラインを止めずに新たに LAN を導入できるかを試すため。

実験内容：PLC モデムを 9 台使用。工場棟と情報流通センター棟の各フロアに PLC モデムを設置。PLC モデムには新たに導入するネットワーク対応のタイムカード機器を接続し、出退勤データを集める。収集したデータは専用線経由で本社へ送る仕組みだ。

備考：これまで船橋工場では、事務スペースには LAN を導入済みだが、タイムカード機器の設置場所には LAN がなかった。そのため、新型のタイムカード機器を導入するには、新たな LAN の敷設が必要だった。ただ、有線 LAN を引くとなると敷設工事のため生産ラインを止めなければならない。また、仮に止めたとしても「チリやゴミの混入が心配」だった。無線 LAN の導入も検討したが、セキュリティの不安や、工場特有のノイズが無線 LAN に悪影響を与える問題があった。そこで着目したのが PLC だ。既存の電力線を使う PLC の場合、ネットワークの敷設工事が不要なことから、チリやゴミの発生が心配がなく、生産ラインを止めることもない。総務部システム担当の津田稔マネージャーは、「PLC でのネットワーク構築やデータの送信実験が成功すれば、工場内での IT 端末の利用など様々な応用が考えられる」と語る。

出典：日経コンピュータ[2007/06/20]

●国内メーカーの動向

< PLC の規格と企業の採用動向 >

規格	企業の採用・開発動向
UPA	<p>2004年9月、スペインのPLCチップメーカーであるDS2(Design of Systems on Silicon)社を中心にUPA(Universal Powerline Association)が設立された。企業向けソリューションで強みを持つ。</p> <p>UPAは宅内および屋外の電力線を使うことを想定している。DS2のチップを使うモデムメーカーやそれを扱う商社8社で構成されており、日本では住友電気工業、伊藤忠商事が加盟している。</p> <p>現在、NEC、三菱電機、住友電気工業等がビルや工場での利用を想定する企業向けソリューションで採用しており、企業向けにおける事実上の標準となりつつある。</p>
HomePlug	<p>2000年に設立されたHomePlug Powerline Alliance(HPA)という団体が標準化を進めている。HPAには現在、米インテル、米インテロン、米ブロードコム、米コネクサントなどの海外ベンダーのほか、住友電工、シャープなどの日本企業も参加しており、会員企業は75社が参加している。世界6カ国で1000万台の販売実績がある(出典:HPA第3回エグゼクティブ・セミナー(2007年6月24日)資料より)。</p> <p>チップメーカーやモデムメーカーが中心で、実際に機器に組み込まれるとなった場合に家電メーカーやパソコンメーカーの声が反映されにくい」などの不満の声があるという。</p> <p>日本では、住友電気工業が通信事業者に向け、シャープが薄型テレビの周辺機器向けに開発を進めている。</p> <p>2008年以降、インテルが提唱するホームエンタテインメント向けのパソコンのプラットフォーム「VIIV」にHomePlug AVがオプションとして採用される。</p>
HD-PLC	<p>2005年、松下電器産業が開発した方式(HD-PLC(High Definition PLC))で、同年8月より販売開始している。</p> <p>日本では、バッファロー、アイ・オー、NTT東日本もHD-PLC準拠のPLCモデムを自社ブランドで出荷している。</p>

異なる方式のPLCモデムは相互接続ができず、干渉による速度低下を引き起こす。IEEEにおける標準化は要件を定義し終えた段階で、標準化への道筋は見えていない。

出典：日経コミュニケーション [2007/03/22]他

< PLC アダプター：2007年8月、シャープが国内で初めて店頭販売予定 >

2007年6月25日、シャープは「HomePlug AV 1.1」に準拠した電力線通信（PLC）アダプター「HN-VA40S」と「HN-VA10S」を8月24日に発売すると発表した。

HN-VA40SはLAN端子を1つ備えたアダプターとLAN端子を4つ備えたアダプターのセットで、実売想定価格は2万4000円前後。HN-VA10SはLAN端子を1つ備えたアダプター2台のセットで実売想定価格は2万円前後。実効速度はいずれも最大約85Mbpsで、通信はAES128ビットで暗号化する。

HN-VA40SとHN-VA10SはHomePlug AV規格に準拠している。

国内では既に住友電工がHomePlug AVに対応したPLCアダプター「G02P1」を開発している。ただし、提供しているのはKDDIのFTTH「ひかりOne」の会員向けのみ。店頭で一般に販売されるHomePlug AV準拠のPLCアダプターとしては今回発表されたHN-VA40SとHN-VA10Sが初めての製品となる。同じHomePlug AVに準拠したG02P1とは相互接続が可能だ。



PLCアダプター「HN-VA40S」。LAN端子を1つ備えたアダプターとLAN端子を4つ備えたアダプターをセットにする



HN-VA40Sのうち、LAN端子が4つあるアダプター。背面にLAN端子があり、パソコンやプリンター、セッソップボックスなど複数の機器を接続できる

品名 形名	PLC アダプター	
	HN - VA40S	HN - VA10S
	LAN1ポートタイプとLAN4ポートタイプの2台セットモデル	LAN1ポートタイプの2台セットモデル
希望小売価格	オープン	オープン
発売日	2007年8月24日	2007年8月24日
月産台数	6,000台	10,000台

出典：日経BP社ITPro「PLC特集」(<http://itpro.nikkeibp.co.jp/99/plc06/index.html>)
シャープHP(<http://www.sharp.co.jp/corporate/news/070625-a.html>)