

家庭内における情報・電力統合配送への期待

蔵前工業会 京滋支部 梅原 大祐

関西蔵前懇話会
平成 19 年 6 月 27 日



1 はじめに

筆者は、現在、京都大学大学院情報学研究科に助教として勤務しています。研究テーマは、様々な通信アプリケーションにおける通信路上で加わる情報の本質を捉え、それを利用してより高速で安定した通信を提供することを目指しています。その一つとして、電力線通信 (PLC, Power Line Communication) に関連する通信技術を取り扱っています。

屋内電力線通信とは、商用電源供給に利用されている屋内電力線を通信利用する技術です。すなわち、屋内に張り巡らされた電力線が家庭内の通信インフラとして利用できます。屋内電力線通信の出現により図 1 のような屋内電力線を利用したホームユビキタスネットワークの構築が期待されます。屋内電力線を利用したホームユビキタスネットワークが実現されれば、家庭内の商用電力供給と通信のインフラが統合することにより身の回りの配線地獄から解放され、どの部屋からでも映像、音楽、インターネットアクセスを楽しむことができるようになります。そのためには、現状の屋内電力線通信の通信速度と通信品質をより向上させるための変調・符号化技術やホームユーザが要求するリソースに応じた多重化技術が求められています。

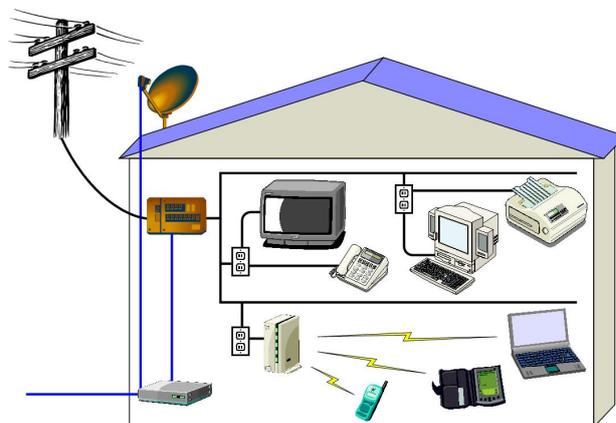


図 1: 屋内電力線によるホームユビキタスネットワーク

本稿では、現状の屋内電力線通信技術、屋内電力線によるホームユビキタスネットワークの実現のために要求されること、私共の伝送メディア分野研究室での取り組みを通じて、家庭内における情報・電力統合配送への期待を述べたいと思います。

2 現状の屋内電力線通信技術

平成 18 年 10 月 4 日の省令改正に伴い、広帯域の屋内電力線通信が利用できるようになりました。しかし、無線システムとの共存のため、その信号電力スペクトラムは制限されています。また、屋内電力線に接続された家電機器が、屋内電力線通信の通信品質へ大きな影



図 2: Panasonic BL-PA100KT



図 3: NETGEAR HDXB101

響を及ぼします。このような劣悪な通信環境を乗り越え、松下電器産業は屋内電力線通信方式「HD-PLC」方式を開発し、平成 18 年 12 月より PLC アダプタを市販しています。また、平成 19 年 5 月よりスペインのチップメーカーである DS2 を中心とした業界団体「UPA」(Universal Powerline Association) の方式を採用した PLC アダプタが市販されています。さらに、平成 19 年 8 月からは、シャープから業界団体 HPA (HomePlug Powerline Alliance) が提供する HomePlug AV 規格 [1] に準拠した PLC アダプタが市販される予定です。ここで、PLC アダプタとは、イーサネット上の通信信号と電力線上の通信信号を相互変換する装置です。図 2 の写真は HD-PLC 方式の Panasonic BL-PA100KT で、図 3 の写真は UPA 方式の NETGEAR HDXB101 です。

伝送メディア分野研究室ではこれらの市販 PLC アダプタの特性を調査しています。図 4 は HD-PLC 方式と UPA 方式の PLC アダプタの信号電力スペクトラムを示しています。図 4 の見出し中の RBW (Resolution Bandwidth) は周波数分解能を表し、ここでは 10kHz の帯域通過フィルタを通過した信号の電力を計測していることを示します。また、MAXHOLD は計測期間中の最大値を表示することを意味します。図 4 から一部の周波数帯(無線システムの利用周波数帯)では電力レベルが低くなっていることが分かります。日本国内において

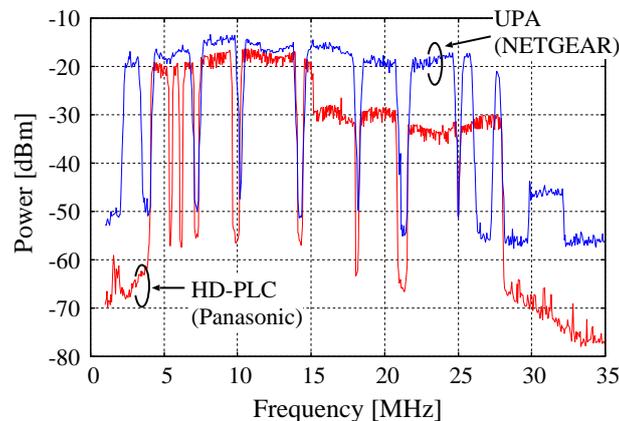


図 4: PLC アダプタの信号電力スペクトラム (RBW= 10kHz, MAXHOLD)

市販されている PLC アダプタでは、電力スペクトラムを整形することが簡単にできるマルチキャリア変調方式が採用されています。制限された信号電力スペクトラムで無線システムと共存した上で高速かつ安定した通信を実現するためには、今後ますますマルチキャリア変調方式の技術開発が進むものと考えられます。

3 屋内電力線によるホームユビキタスネットワークの実現

現在、市販されている PLC アダプタでは、図 1 のような屋内電力線によるホームユビキタスネットワークの実現はできません。それでは、屋内電力線によるホームユビキタスネットワークを実現するためには何が要求されるのでしょうか。要求される項目ごとに分けて考えてみましょう。

1. たこ足配線の解消 (家電機器への PLC 機能の組み込み)

市販 PLC アダプタでは、PLC アダプタ自身の AC ケーブルとパソコンの AC ケーブルとの 2 本の AC ケーブル、PLC アダプタとパソコン間のイーサネットケーブルが必要です。現状の PLC アダプタによるサービス形態では、ホームユビキタスネットワークで期待されるたこ足配線の解消はできません。

将来的には、たこ足配線を解消することを一つの目的として、家電機器自体に PLC の機能を内蔵することが望まれます。PLC の機能を家電機器に内蔵するのは現在の技術で可能ですが、今後の屋内電力線通信の市場の発展によるものと考えられます。

2. 家庭内のどこでも通信可能 (変調・符号化技術の向上)

市販 PLC アダプタで、例えば、1 階の各々のコンセントから 2 階の各々のコンセントへの通信を確立することができるのでしょうか。残念ながら、すべてのコンセントペア間の通信接続の保証はされていません。特に、コンセント間でブレーカなどを経由する場合は、信号電力が大幅に減衰してしまいます。また、屋内電力線に接続された家電機器による影響を受け、極端に信号が減衰したり、突発的に高い振幅の雑音を発生したりします。

このように通信環境が劣悪な場合でも通信を確立するために、屋内電力線という伝送メディアに適した信頼性向上のための変調・符号化技術の研究開発が望まれます。

3. 家庭内のだれでも通信可能 (多重化技術の向上)

お父さんが 1 階の居間で PLC アダプタを介してテレビ映像を見ています。1 階のダイニングルームではお母さんが夕食のため、料理のレシピを PLC アダプタを介してインターネット検索しています。さらに、2 階の子供部屋では子供が PLC アダプタを介してインターネットのオンラインゲームを始めました。はたして 3 人ともそれぞれのサービスに満足できるでしょうか。

多くのユーザが利用すればするほど、屋内電力線の伝送メディアとしてのリソースは分配されていきます。ユーザに応じたリソースの配分がうまくできないと、満足した

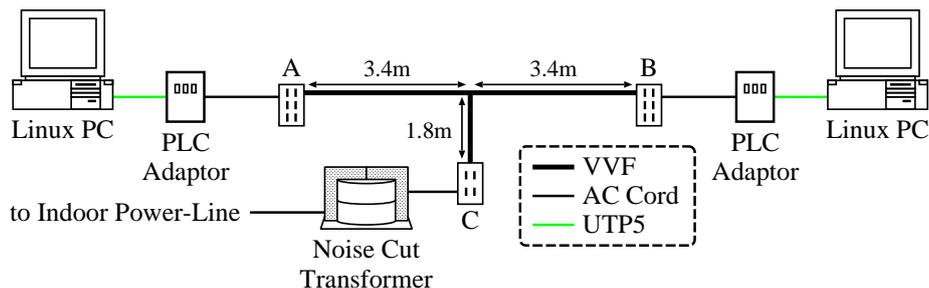


図 5: 実験用の屋内電力線モデル

サービスを受けられない可能性があります。ホームユーザが要求するリソースに適した多重化技術の進展が望まれます。

以上に述べたように、屋内電力線によるホームユビキタスネットワークを実現するためには、まだまだ達成すべき困難な技術課題があります。これらの技術課題を一つ一つクリアしていかなければなりません。

4 伝送メディア分野研究室での取り組み

屋内電力線通信をより高速に安定したものにすることを妨げる要因は何でしょうか。「敵」の正体を知らなければ、どのように作戦を立てていいものか分かりません。屋内電力線通信にとっての「敵」とは、屋内電力線通信路で生じる信号の減衰や信号に付加される雑音です。私共の伝送メディア分野研究室では、屋内電力線の伝送メディアとしての特徴を正確に捉えることを目標の一つとして掲げています。特に、屋内電力線通信ではマルチキャリア変調方式が主流になりつつあることを踏まえ、マルチキャリア変調を前提とした屋内電力線通信路の特徴について調査しています。

図 5 は実験室において構築した、実験用の簡単な屋内電力線モデルです。この屋内電力線モデルを利用して様々な家電機器が接続した状態の屋内電力線通信路の減衰特性を測定しました。図 5 中の VVF とは「600V ビニル絶縁ビニルシースケーブル平型」の略称で、屋内電力線で一般的に利用されているものです。商用電力 (AC100V 60Hz) は、ノイズカットトランスを経由して供給されます。

図 6 は図 5 の屋内電力線モデルにおいて、携帯電話の AC アダプタを接続した上で携帯電話を充電している最中の屋内電力線通信路の減衰特性を示しています。図 5 中の A 点から信号を注入し、B 点にて信号を抽出します。また、携帯電話の AC アダプタは B 点に接続されます。横軸は時間で商用電力の 2 周期分を表し、縦軸は屋内電力線で認可されている周波数帯 2~30MHz を表しています。また、マルチキャリア変調方式として HomePlug AV 規格 [1] を想定した測定解析手法 [2] を実施しています。このように屋内電力線上に接続される家電機器によっては、商用電力に同期した減衰特性を示します。

一方、屋内電力線に加わる雑音振幅はどのようになっているのでしょうか。研究室内のコンセントから測定された雑音をもとに、マルチキャリア変調方式として HomePlug AV

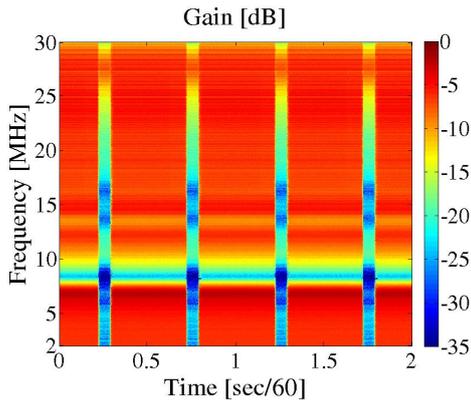


図 6: 電力線通信路の周期的短時間変動

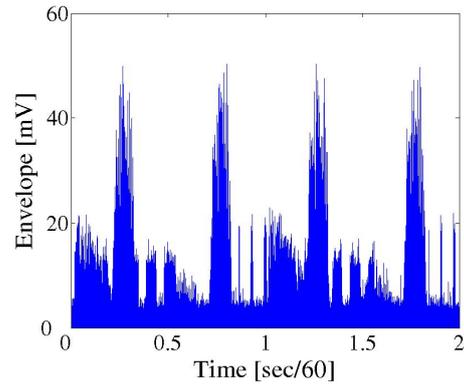


図 7: 電力線雑音振幅の周期的短時間変動

規格 [1] を想定し解析した雑音振幅の商用電力の 2 周期分を図 7 に示します [3] . このよう
に , 屋内電力線上の雑音振幅も商用電力に同期した振る舞いを示します .

ここで , 商用電力に同期した通信路や雑音振幅の短時間変動が市販 PLC アダプタにどの
ような影響を及ぼすのか , 気になるところです . そこで , 図 5 の実験用の屋内電力線モデ
ルにおいて , UDP (User Datagram Protocol) による市販 PLC アダプタのスループットを
計測しました [4] . ここで , UDP とは , インターネット上でのデータ通信に用いられる標
準的なプロトコルの一つです . 図 8 は , 市販 PLC アダプタの送信 UDP スループットに対
する受信 UDP スループットを示しています . 横軸が送信 UDP スループット , 縦軸が受信
UDP スループットです . 赤線が HD-PLC 方式の Panasonic BL-PA100KT のスループット
を示し , 青線が UPA 方式の NETGEAR HDXB101 のスループットを示しています . 実線
は携帯電話の AC アダプタを接続していないときのスループットであり , 破線は携帯電
話を充電している最中のスループットです . 図 8 から商用電力に同期した通信路の短時間
変動がない場合は UPA 方式 PLC アダプタのほうが HD-PLC 方式 PLC アダプタよりピーク

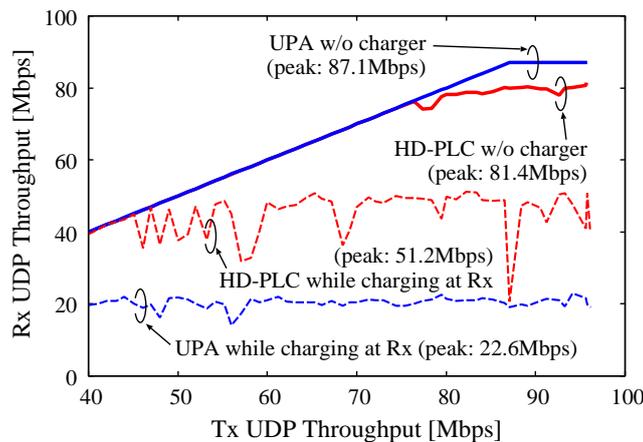


図 8: 市販 PLC アダプタへの影響

値で 5.7Mbps 高いスループットを記録しています．ところが，携帯電話を充電中の場合ではこの関係が逆転し，HD-PLC 方式 PLC アダプタのほうが UPA 方式 PLC アダプタよりピーク値で 28.6Mbps 高いスループットが計測されました．これは，HD-PLC 方式 PLC アダプタの変調・符号化方式が UPA 方式 PLC アダプタの変調・符号化方式と大きく異なることが要因の一つとして考えられます．

これは，屋内電力線通信路の特徴をうまく捉えた変調・符号化方式を利用すれば，商用電力に同期した通信路の短時間変動に伴うスループットの低下を抑えることが可能である，という重要な事実を示しています．これからの研究開発の進展次第では，更に高速で安定した通信を提供できる変調・符号化方式の発明も可能であると思われます．私共の伝送メディア研究室では，商用電力に同期した通信路の短時間変動を始めとした屋内電力線通信路の特徴を正確に捉えることにより，家庭内のどのコンセント間でも通信することが可能な変調・符号化方式，さらに，家族全員が身近のコンセントを通じて映像，音楽，インターネットアクセスを享受できる多重化技術の研究開発を進めていきます．

5 まとめ

平成 18 年 10 月 4 日の省令改正に伴い，日本国内で広帯域の屋内電力線通信を利用できるようになりました．屋内電力線通信技術は，家庭内の商用電力供給のインフラを通信利用します．商用電力供給と通信のインフラの統合により，AC ケーブル一本で家庭内の家電機器同士が相互連携したり，それぞれの家電機器がインターネットで情報を取得できるようになることも夢ではありません．家庭内のだれでも，どこからでも映像，音楽，インターネットアクセスを楽しめるホームユビキタスネットワークが屋内電力線通信で実現できるかも知れません．しかし，まだまだ克服すべき多くの技術的な課題があるのが現状です．

私共の伝送メディア分野研究室では，屋内電力線によるホームユビキタスネットワークの実現に貢献できるように，屋内電力線通信技術の発展につながる研究開発を志しています．

参考文献

- [1] ホームプラグ AV ホワイト・ペーパー，
http://www.homeplug.org/products/whitepapers/HPAVWhitePaper_20060630J.pdf
- [2] 早崎太郎，梅原大祐，本田慎也，田野哲，“屋内電力線通信路の電源周波数に同期した時間周波数解析，” 2007 年電子情報通信学会総合大会，B-8-4，p. 320，2007 年 3 月．
- [3] 前原慶子，梅原大祐，田野哲，“屋内電力線マルチキャリア通信における雑音統計解析，” B-8-3，p. 319，2007 年 3 月．
- [4] D. Umehara, T. Kimura, T. Hayasaki, and S. Denno, “The influence of linear periodically time-variant channels on PLC equipments,” to appear in Proc. IEICE Commun. Society Conf., Sep. 2007.