

[招待講演] 電力線通信によるホームネットワーク ・センサネットワーク

都築伸二†

† 愛媛大学工学部 〒790-8577 松山市文京町3

E-mail: †tsuzuki@ee.ehime-u.ac.jp

あらまし 近年、高速電力線通信 (Power-Line Communication, PLC) が注目されている。本稿では 高速 PLC を 3 つのアプリケーションに分類し、それぞれの動向を解説している。つまり、インターネットアクセス、ホームネットワーク、および家屋間/集合住宅内通信である。それらのなかで、米国のインターネットアクセス応用 (Access BPL)、および 200Mbps 級のホームネットワーク応用 (HomePlug AV) が最近のトピックスである。ただし これらの高速 PLC は、短波帯 (2M ~ 30MHz) を用いるため、線路からの不要輻射が問題となっている。比較的規制が緩やかな欧米では既に商用化されているものの、日本では 短波帯利用を許可すべきかどうか検討中である。こうした規制緩和の動向についても述べられている。

キーワード 電力線通信 (PLC), Broadband over Power Line (BPL), ホームネットワーク、エネルギーと情報の統合配送 (IPID), 短波 (HF) 帯 PLC, ホームプラグ (HomePlug), 電磁両立性 (EMC)

[Invited Paper] Home Network and Sensor Network by Power-Line Communications

Shinji TSUZUKI†

† Faculty of Engineering, Ehime University, Bunkyo 3, Matsuyama, 790-8577 Japan

E-mail: †tsuzuki@ee.ehime-u.ac.jp

Abstract In recent years, high-speed power-line communication (PLC) systems attract attention. In this paper, the PLC systems are classified into three applications, i.e., Internet access, home-network, and inter-house or in-building communications, and their current situations are explained. In them, ultra high-speed (around 200Mbps) PLC systems applied to Internet access (Access BPL) and home-network (HomePlug AV) of the U.S. are the latest topics. However, since these high-speed PLC systems use the high frequency (HF) band, i.e., 2M to 30MHz, the unnecessary radiation from power-lines poses interference to existing radio stations using the same band. Although the HF-band PLC systems are already commercialized in the West where regulation is comparatively loose, it is under examination in Japan whether HF-band use should be permitted. The trend of such regulatory frameworks is also described.

Key words Power-Line Communication (PLC), Broadband over Power Line (BPL), home network, Integrated Power and Information Delivery (IPID), High Frequency (HF) band's PLC, HomePlug, ElectroMagnetic Compatibility (EMC)

1. はじめに

一般家庭で使われる電力線通信 (以下 PLC, Power-Line Communication, と呼ぶ) は、100 ボルトの電力線間に通信用信号を重畳し伝送する方式である。したがって PLC は、電気エネルギーを配送するだけでなく、情報も同じケーブルで配送す

る、エネルギーと情報の統合配送 (IPID, Integrated Power and Information Delivery) という意味で、合理的な方式である [1]。

しかし、従来の PLC では、電力ケーブルの配線形態や接続される家電機器の影響を受けやすい周波数帯 (10k ~ 450kHz) を使用しているため、伝送特性としては劣悪であり、照明等の家電機器の ON/OFF といった制御に使うことができる程度の低

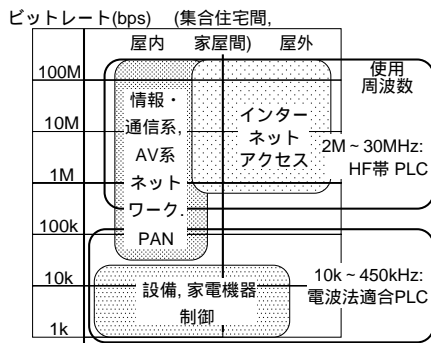


図1 PLCの適用分野と速度および使用周波数の関係

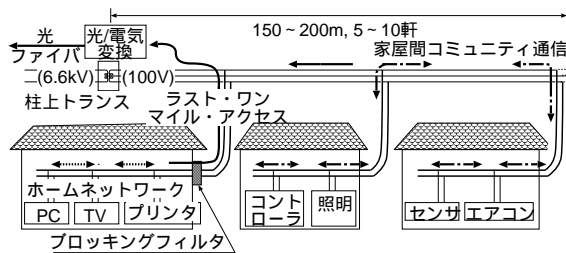


図2 PLCシステムイメージ図

速 (9,600bps 程度) にせざるを得ないというのが、一般的な認識であった [2]。

ところが、近年の ADSL や OFDM 技術の進展に伴い、これらの技術を電力線に適用し、さらに従来よりも高く広い周波数帯 (2M ~ 30MHz, 短波 (HF と略す) 帯) を使用することにより、高速通信 (10M ~ 40Mbps 程度) が欧米で実用化されており、さらに 200Mbps 級を目標とした開発が進んでいる^(注1)。一方短波帯を PLC で使うと、既存の無線通信や電波天文観測に障害を与えることが懸念されており、CISPR (国際無線障害特別委員会) 等の関連機関で送信電力の許容値等を取り決める作業が行われている [3], [4]。本稿では、こうした高速 PLC の現状と課題を中心に述べる [5] ~ [8]。

2. PLC の分類

図1に、PLCの適用分野とおおよその速度および使用周波数の関係を示す。現行の電波法で許可されている周波数を使用する PLC を“電波法適合 PLC”としている。一方 2M ~ 30MHz の HF 帯を使用する PLC を“HF 帯 PLC”と呼ぶことにする。図2に示すように、PLC システムは次の3つに分類できる。

(1) ラスト・ワン・マイル・アクセス

柱上トランスの2次側、つまり低圧 (100 ボルト) 側の配電線を用いて各家庭をむすび、それらの信号を集約して光ファイバでインターネットに接続する。100 ボルトの引き込み線は、そのまま家庭内のすべての部屋につながっているため、原理的にはどの部屋からも直接インターネットにアクセスできる。ただし通信路の利用効率上、図のようにブロッキングフィルタを挿入し、屋内と屋外を電氣的 (高周波) に絶縁し配電線路を終端

(注1): 例えば ホームネットワーク用として、<http://www.homeplug.org/en/faq/#B11>

application	AV系	コンピュータ通信系	制御系				
ミドルウェア, API (想定するOS)		UPnP (Windows)	HomePnP				
		TCP/IP	SCP (Windows)				
communication protocol (変調方式, リンク速度 [bps])	Home Plug AV (未定, 200M)	Home Plug 1.0 (OFDM, 14M)	ITRAN社 独自 (chirp-SS, 7.5k)	CEBus (EIA-600) (chirp-SS, 4k-6k)	X-10 (ASK, 数十)	LON Talk (2 carrier BPSK, DSSS, 数k)	ECHO-NET (DSSS, 数k)

略語

CEBus:	Consumer Electric Bus
X-10:	X-10 社 (USA) 商標
LONTalk:	Echelon 社商標
API:	Application Programming Interface
UPnP:	Universal Plug and Play
SCP:	Simple Control Protocol
HomePnP:	Home Plug and Play

図3 PLCによるホームネットワーク規格。(ハッチがある規格が、制御系のもの)

した上で、ホームゲートウェイ経由でネットワークアクセスするようになると思われる。

各電力会社は、2000年から2001年にかけて、ラスト・ワン・マイル・アクセスサービスのフィールド試験を行った。しかし、(a) 時を同じくして ADSL によるラスト・ワン・マイル・アクセスサービスが急激に普及したこと、(b) HF 帯 PLC による高速通信サービスを行うに必要な規制緩和がいつになるか目処が立たないこと (後述)、(c) 規制緩和されたとしても、EMC の観点から屋内利用が先行しそうである^(注2)こと、等により現在は活発な検討はなされていない。

一方海外^(注3)、特に地下埋設ケーブルが多いヨーロッパでは、従来からアクセスサービスの検討が行われており^(注4)、特にスペインでは、商用サービスも行われている^(注5)。米国 FCC は、ブロードバンドサービスの競争を喚起し普及させるため、2004年10月関連する規制 (FCC part 15) を改正した [9]。これにより、各地で実証実験が予定されており (56 市、24 州)^(注6)、今後の動向が注目される。FCC の方針で特徴的なことは、周波数帯域は 1.705M ~ 80MHz と広く、また中低圧の配電線を想定していることである^(注7)。また、IEEE も標準化委員会を発足している^(注8)。

(2) ホームネットワーク

PLCによるホームネットワークは、ホームオートメーション

(注2): 例えば http://finance.nifty.com/as/column/finance_736/article_0501310155_1.htm

(注3): <http://miyabi.ee.ehime-u.ac.jp/~tsuzuki/PLC/SST2002.9-panel/goto.pdf> 参照

(注4): 'OPERA' (Open PLC European Research Alliance) による Broadband over Power Line (BPL) project. ヨーロッパでは PLT (Powerline Telecommunications) とも呼ばれる。

(注5): 2004年~, Iberdrola 社および Endesa 社

(注6): http://conferences.ece.ubc.ca/isplc2005/BPL_PP_04-05-05.ppt

(注7): 日本での議論は、短波帯かつ低圧線に限定されている。

(注8): IEEE P1675, http://standards.ieee.org/announcements/pr_p1675.html

表 1 ECHONET ver.1.01 電灯線 A 方式仕様. (文献 [12] から引用)

SS 方式	直接拡散 (拡散符号は規定しない)
1 次変調	差動符号化
伝送速度	9,600bps
キャリアセンス感度	入力電力 0.1mW 以下
送信電力	10mW@10kHz 以下、最大 120%
拡散範囲	10kHz ~ 450kHz
出力端子における スプリアス強度	450kHz ~ 5MHz: 56dB μ V 以下 5MHz ~ 30MHz: 60dB μ V 以下
漏洩電界 (送信機から 30m の位置において)	(A) 拡散範囲の周波数: 100 μ V/m 以下 (B) 526.6k ~ 1606.5kHz: 30 μ V/m 以下 (C) (A)(B) 以外: 100 μ V/m 以下
受信感度	入力電力 0.1mW 以下
復調方式	規定しない (例として、サブバンド遅延検 波方式)

システム (家庭生活をより便利、快適、安全にする、あるいは節電等による経済効果を得ることを目的とし、家電機器の自動制御を行うシステム [10]) として、主として低速のものが実用化されてきた。図 3 に、現在策定中のものも含めた主な PLC によるホームネットワーク規格を示す。通信速度及びプロトコルスタックから、2 つのカテゴリに分類できる。

1 つのカテゴリは、マルチメディア情報等 AV 系の伝送、あるいは Internet アクセスや家庭内の PC 間やその周辺機器間のコンピュータ通信系的高速ネットワークである。従来であれば、イーサネットや無線 LAN (local area network) 規格 (IEEE 802.3x, 802.11x)、AV 系であれば IEEE 1394 規格 [11] などが使われているが、米国では HF 帯 PLC による HomePlug 規格が策定され (後述)、選択肢が増えている。

HF 帯 PLC は、新規配線が不要という点では、IEEE802.11x 無線 LAN と競合する。無線 LAN に比べた PLC の特長は、図 1 に示したように電灯や家電機器の ON/OFF などの制御から、メガ bps 級のコンピュータ通信まで、同一の伝送路でつまりシームレスに実現できること、といえる。モバイル機器は無線で、AC 給電が必要な機器は PLC で、と共存する形で住み分けていくものと思われる。

無線 LAN および HF 帯 PLC 共通の問題点は、場合によっては通信出来ないことがあることである。無線 LAN の場合は、電波の遮蔽物や干渉がある場合にアンテナの設置場所を工夫する必要がある。HF 帯 PLC の場合は、通信専用線ではないので、ケーブル端点や分岐点におけるインピーダンスの不整合による反射波の影響を受ける [6]。したがって、配線状況や接続されている家電機器の種類や状態によっては、通信出来ないことが起こりえる。また、電力線はシールドされていないので PLC 信号がケーブルから空間に輻射したり、輻射しなくても屋外配電線を経由して隣の家に信号が伝搬する可能性がある。したがって無線と同様、セキュリティは万全の備えが必要となる。

家電機器の制御ネットワークが、もうひとつのカテゴリである。必要とされるデータ速度は、さほど高くない反面、通信ケーブルの敷設が容易であることや低コストであることが望まれる。米国を中心に使われているのが、CEBus (Con-

sumer Electronic Bus), X-10, LONTalk などである。CEBus は EIA (the Electronic Industries Association) による標準、EIA-600 CEBus である [10]。ECHONET (Energy Conservation and Homecare Network) はわが国の標準である [12]。表 1 に、電灯線 A 方式の仕様を示す^(注9)。

マイクロソフト社は、UPnP のサブセットとして SCP (Simple Control Protocol) を提唱しており、国内でも松下電工^(注10)や三菱電機^(注11)が対応製品を開発している。

筆者はこれら制御系 PLC モデムをいくつか評価してみたが、レスポンス時間 (PC を対向に接続した際のパケットの往復時間) は必ずしも短くなかった。センサーネットワークでセンシングした結果を、マネージャに適用しようとするときでなかった []。今後こうした用途も出てくると予想しており、低速でもレスポンス特性の良い製品開発が望まれる。

(3) 家屋間コミュニティ/集合住宅内通信

(1) のような通信事業者に依存せず、コンシューマレベルで、離れや隣接する家屋と通信する形態。図に示したような遠隔操作やモニタリング、ご近所どおしのコミュニティ通信、集合住宅内のインターネットアクセス用などが相当する。ADSL やケーブルインターネットが直接引き込めない集合住宅での利用が特に注目されており、例えば 法律の規制が緩やかな中国では HF 帯 PLC を使った実験が行われている^(注12)。

3. HF 帯 PLC

表 2 に、HF 帯 PLC 用チップの開発状況を示す。なお、伝送速度は開発予定値も含んでいる。DS2 社 (DSS4200) はアクセス用途で成功している。法規制 (FCC part15) の寛容な米国では、業界団体が組織する HomePlug Powerline Alliance が、2001 年 6 月に version 1.0 の仕様を策定した^(注13)。この標準には Intellon 社^(注14)の技術が採用されている。表 3 に、Intellon 社 Chipset の仕様を示す。表に示すように 85Mbps, 200Mbps と、高速化のロードマップを提示している。現在 12 社から version 1.0 準拠の製品が発売されており^(注15)、無線 LAN と同等 (USB I/F のもので 35 ドル ~) の価格で流通している。米国の一般家庭での評価結果を見ると、ほぼ 2 階建て家屋全域で使えており、3M ~ 6Mbps のスループットを達成しているようである^(注16)。

HF 帯 PLC を用いる場合、短波放送やアマチュア無線のような既存の無線通信への妨害が懸念される。HomePlug 1.0 方式の場合、OFDM 変調の各サブキャリア信号を、図 4 に示すように適応的に配置することで、この問題を解決しようとして

(注9): 2001 年 8 月に策定された version 2 規格以降は、A 方式に一本化されている。

(注10): <http://www.mew.co.jp/press/0012/0012-1.htm>

(注11): <http://www.infocom.maec.co.jp/general/mc306sj.htm>

(注12): <http://www.kinden.co.jp/topics/2004/topic102.html>

(注13): <http://www.homeplug.org/news/press062601.html>。この他に CEA (<http://www.ce.org/>) R-7.3 Committee でも策定中。

(注14): <http://www.intellon.com/>

(注15): <http://www.homeplug.com/en/products/products.asp>

(注16): <http://www.smallnetbuilder.com/Reviews-5-ProdID-PLEBR10-3.php>

表 2 HF 帯 PLC 用チップ例

開発	所在地	伝送速度 (bps)	変調方式	占有帯域	備考
Intellon	USA	14M†	OFDM	4.3M ~ 20.9M	(1)
Itran*	イスラエル	2.5M†, 24M	SS	4M ~ 20MHz	(2)
松下	日本	170M	Wavelet OFDM		(3)
Adaptive Networks	USA	5Mbps	SS	5 - 35 MHz	(4)
Xeline	韓国	24M	PSK based DMT (256 subchannels)	2M ~ 23MHz	(5)
DS2	Spain	上り: ~18M 下り: ~27M†	adaptive 1280 carrier OFDM	上り: 3.8M ~ 6.4MHz. 下り: 8M ~ 12M	(6)
		200Mbps	OFDM		(7)

†: サンプル入手可能なもの, *: CEA R-7.3 Committee メンバ,

備考 (1) HomePlug 1.0 に採用

備考 (2) 低速モデムについては、マイクロソフト社 SCP チップを供給 (http://www.itrancomm.com/in_the_news3.html)。日本企業との合弁会社 (ラインコム社 (<http://www.kepco.co.jp/pressre/2001/0829-1j.htm>), プレミネット社 (<http://www.preminet.co.jp>))。

備考 (3) HomePlug AV 案。Range: Entire House (150m)。別途、三菱電機、ソニーと共に Consumer Electronics Power line Communication Alliance (CEPCA) を設立。

備考 (4) Token-bus プロトコルによる QoS

備考 (5) supports both broadband access and home networking through the existing low voltage (LV) and medium voltage (MV) power grids.

備考 (6) chip 名: DSS4200, DSS5100。ラスト・ワン・マイル・アクセス用。住友電工、東京電力とも共同開発。

備考 (7) chip 名: DSS900X family.

表 3 Intellon 社 Chipset 仕様.

対応する規格	HomePlug 1.0 [14]	HomePlug 1.0 with Turbo	HomePlug AV (案)
Row data rate	20Mbps ⁽¹⁾		
Data rate	13.75 Mbps ⁽²⁾	85Mbps	200Mbps
周波数帯域	4.3M ~ 20.9MHz		
変調方式	OFDM(DQPSK, DBPSK, ROBO)	QAM 256/64/16 を追加	windowed OFDM
セキュリティ	56 bit DES		
access protocol	CSMA/CA with prioritization and ARQ		TDMA と CSMA/CA を mix

⁽¹⁾ DQPSK, レート 3/4 FEC 符号化, 84carrier の場合. symbol 時間は 8.4μs. キャリア間隔は 156kHz.

⁽²⁾ DQPSK, レート 3/4 FEC の場合.

いる。つまり、干渉することが想定される無線局に割り当てられた周波数には信号を出さない。また良好な通信品質を得るため、

(1) 信号の減衰量が大い周波数 (図中の伝達関数が谷になっているところ) には信号を出さない、

(2) 干渉信号やノイズが観測される周波数には信号を出さない、

といった工夫がなされている。

HomePlug version 1.0 では、簡易な優先伝送の仕掛けを規格に含んでいるが、より高速・高品質 (HDTV クラス) のスト

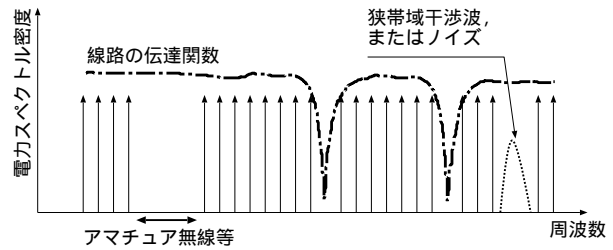


図 4 HomePlug 1.0 方式のサブキャリア配置

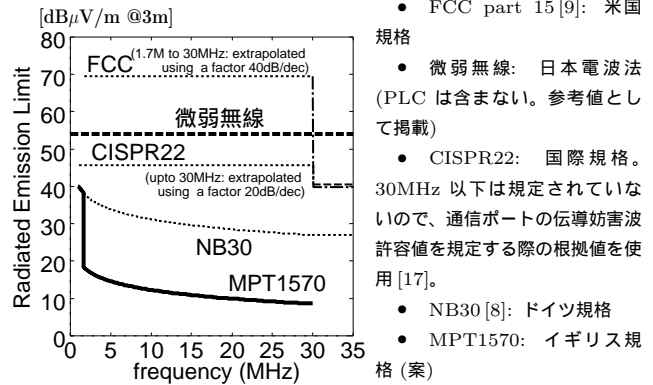


図 5 漏洩電界の限度値比較

- FCC part 15 [9]: 米国規格
- 微弱無線: 日本電波法 (PLC は含まない。参考値として掲載)
- CISPR22: 国際規格。30MHz 以下は規定されていないので、通信ポートの伝導妨害波許容値を規定する際の根拠値を使用 [17]。
- NB30 [8]: ドイツ規格
- MPT1570: イギリス規格 (案)

リーミングに適した規格 (HomePlug AV) を、2005 年を目処に別途策定していく予定である^(注17)。

4. 規制緩和と EMC

総務省では e-Japan 重点計画 (平成 13 年 3 月) に基づき、平成 14 年 4 月から 7 月にかけて「電力線搬送通信設備に関する研究会」を開催し、「電力線搬送通信設備に使用する周波数帯域の拡大 (2MHz ~ 30MHz を追加) について、放送その他の無線業務への影響について調査を行い、その帯域の利用の可能性について検討」した。その結果、

- 現時点において電力線搬送通信設備に使用する周波数帯の拡大は困難であること、

- モデムの研究開発の促進等のために実証実験を実施できる環境整備を行うこと

等を提言し、結論を先送りした^(注18)。その後、平成 16 年 (2004 年) 1 月に漏えい電波の低減技術に係る実証実験制度を導入し [15]、「高速電力線搬送通信に関する研究会」を平成 17 年 (2005 年) 1 月 31 日から開催しており、同年 10 月を目途に取りまとめを行う予定にしている [4]。

図 5 に、漏洩電界の限度値の各国の比較を示している [16]。各国それぞれ立場の違いがよくわかる。

これらの議論は、新規の周波数を HF 帯 PLC に割り当てるのではなく、既存の無線局・放送局が使用している周波数帯を共存利用するという、これまであまり経験していない課題である。同様な問題は UWB (Ultra Wide Band) でも議論されている。最終的にどのようにしてこれらを解決したか (あるいは、

(注17): <http://www.homeplug.org/news/press050503.html>. HomePlug version 1.0 とは同一ネットワーク内で共存できる。

(注18): http://www.soumu.go.jp/s-news/2002/020809_4.html

しようとしたか)、ということは今後こうした周波数資源の再開発、つまり EMC(電磁両立性) でいうところの両立技術の開発という意味でも重要な課題であり、筆者も注目している。

この EMC の問題は PLC だけの問題にとどまらず、xDSL^(注19)や Ethernet など、これまであまり議論されなかった通信専用のツイスト線からの放射電界強度をどのように管理するか、といった問題と共通である [18]。PLC では既存の電力線がそのまま使えることが必須条件ではあるが、EMC 対策の観点からは、配線工法や配線材等をある程度管理することによってできるだけ放射電界を抑える方法についても、今後検討する必要があると思われる。

さらに言うと、EMC を確保しつつ、高速通信の可能性を探ると、スペクトル拡散変調等の電力スペクトル密度 (PSD と略す) を低くする技術に帰着する。ただし PSD を低くする代わりに、拡散利得を十分とれる、つまり使用周波数帯域幅は十分広くしておく必要がある。したがって、雑音端子電圧や放射電界強度は非常に低い値に抑える代わりに、必ずしも周波数帯域の割り当てを厳密にしない、といったオプションがあることが望ましい^(注20)。つまり、PLC は 30MHz 以下と当面規定されたとしても、次世代の PLC はさらに広い帯域を使える道筋をつけておくと、ますます PLC は面白くなると考えている。

5. LCL 測定と漏洩電界強度

PLC モデムの送信電力の上限値を策定するうえでの国際的な動向として、例えば CISPR22 では、屋内電力線配線の平衡度の尺度として、縦方向変換損失 (Longitudinal Conversion Loss, LCL, 不平衡減衰量とも呼ばれる) 特性の統計的実測値に基づき定めようとしている [3], [16]。

日本の宅内 PLC では、図 6 に示すように VVF(Vinyl insulated Vinyl sheathed Flat-type) と呼ばれる電力用ケーブルに差動信号を重畳する。VVF ケーブルのうち接地線 (図中の N 線) は柱上トランスで接地されているものの、宅内では見かけ上平衡ケーブルである。したがって大地とケーブル L, N 間の静電容量が等しいときは 差動信号は normal (または differential と呼ばれる) モード電流として流れ、誘導される電磁界はキャンセルさせる。しかし上述のように N 線は遠端で接地されている他、非接地線である L 線は、電灯のスイッチ回路等があれば分岐して延線されるため [19]、大地間の容量は L, N 間で異なり平衡状態は崩れ、コモンモード電流が流れ不要輻射の原因となる。

平衡ケーブル間、および大地間の静電容量を図 6 のように C_1 , C_2 , C_3 で表すとすると、ケーブルが平衡状態であれば、 $C_1 = C_2$ であり、ケーブル間の中点と大地間電位差はゼロである。しかし、不平衡つまり、 $C_1 \neq C_2$ のとき、ケーブル間の中点と大地間で電位差を生じコモンモード電流が流れる。ノーマルモード電流が流れている回路を横回路、コモンモード電流が

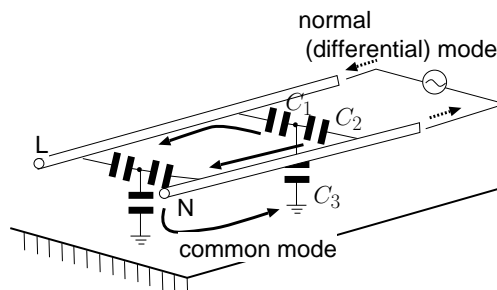


図 6 平衡ケーブルに流れる電流

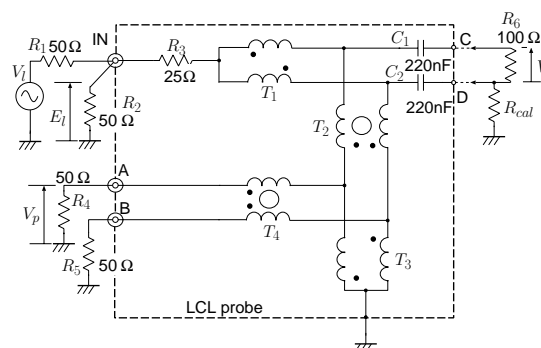


図 7 電力線用 LCL プロブ回路図

流れている回路を縦回路と呼ばれ、その変換損失が LCL と呼ばれている [20]。もともと LCL は、通信ポート伝導妨害波 (通信線を介して伝導する妨害波) を規制する際に使用されており、アナログ回線や基本 ISDN 回線に使用されている平衡対ケーブルの平衡度の尺度である。コモンモード信号を加えた場合に平衡対間に現れるノーマルモード信号の減衰量を意味しており、平衡度がよければ LCL は大きな値となる (ノーマルモード信号は小さくなる)。

LCL 測定用プロブの回路例を図 7 に示す [21], [22]。LCL は以下のように定義される。

$$LCL = 20 \log \left| \frac{E_l}{V_t} \right| = 20 \log \left| \frac{E_l}{2V_p} \right| \quad [\text{dB}] \quad (1)$$

ポート IN へコモンモード電圧 V_t を印加し、試料ポート C, D へコモンモードで信号を送る。試料が不平衡である場合、例えば図のように R_{cal} が接続される場合、 R_{cal} を経由してコモンモード電流が流れるため、試料ポート C-D 間に transverse モード電圧 V_t が発生する。この電圧をポート A または B で V_p として測定する。ただし、 $V_t = 2V_p$ となるようにトランス T_3 を挿入している。図 7 中の R_{cal} はプロブのキャリブレーションに用いるものであるが、実際の線路での測定においては、線路のコモンインピーダンスに相当する。したがって、LCL は測定点から見たコモンモードインピーダンスを測定することと等価であり、コモンモード電流によって誘導される電磁界強度の目安になる。電力線ケーブルの敷設状況や電灯のスイッチ回路等によりコモンモード電流が局在するため、LCL と電磁界強度とは必ずしも強い相関を示さない [23], [24]。厳密に電磁界強度を予測するためには、線路上の電流分布を測定必要がある。比較的良好な相関を有する指標としては、受信器側で測定し

(注19): <http://www.darc.de/referate/ausland/plc/DARC-PLC4xRPRT.pdf>

(注20): 微弱無線局 (電波法第 4 条) や、誘導式無線通信局 (電波法第 100 条) と同じ扱いにできるオプション

た変換損である LCTL (longitudinal conversion transfer loss) が知られている [25]。

電力線ケーブルからの漏洩電界強度を低減する方法を、いくつか挙げてみる。

(1) 通信信号源 (ノーマルモード) 出力の平衡度をよくする。図 7 において、A, B 端子からノーマルモード信号を注入すれば、通常の PLC モデムと等価であり、トランス T_3 がノーマルモード出力の平衡度を改善する手段として有効である。

(2) コモンモードインピーダンスを高くして、コモンモード電流を流れにくくする。図 7 の場合であれば、 T_2 , T_4 のようなチョークコイル、あるいはクランプ型のフェライトコアをケーブルにつけるなど。

その他の方法として、以下が挙げられる。

(3) ケーブルをシールドする。漏洩電界強度を低減するためには、直接的に有効な方法である。既存の配線を利用するという意味での PLC の魅力はそがれるが、同一テーブルタップ内の PC とプリンタ間通信といった場合は、テーブルタップにつながる AC コードをシールドすればよい。

(4) 接地線も同一 VVF ケーブルで接続する場合は、接地線を VVF の 3 芯のうち、中央を接地線にする [19]。なお、従来の施行法は、接地線は中央ではない。

PLC モデムの送受信器において、上述のように平衡度を改善しても、(1) 電力線は、元来電力供給用のケーブルであるため、高周波信号を閉じ込めておくことが困難、(2) たこ足配線になり (配線トポロジを管理できない)、線路にどのような機器がつながるか管理できないため、通信ケーブルのようなマッチングがとれない、等により線路の平衡度が悪化することが、本質的に PLC の EMC 対策上難しい点である。

6. おわりに

高速 PLC の現状と、EMC 等の課題を、本稿では述べた。200Mbps 級のチップ開発がアナウンスされ、米国では Access BPL, HomePlug AV と話題が多い。わが国でも、規制緩和に向けた議論の真最中であり、日本の電力線環境に適合した国産 PLC 技術を蓄積してゆくことが肝要である。

なお、短波帯を用いることで従来に比べ高信頼な通信が期待できるため、筆者らはセンサネットワークへの適用にも注目している。紙面の都合上本稿では省略したが、その取り組みの一部を研究会では紹介する予定にしている。

文 献

- [1] 森広芳照, ユーザから見たエネルギーと情報の統合配送 (IPID) への期待, 2002 年ソサイエティ大会パネル討論, PA3. 高速電力線通信の実現に向けて, Sep., 2002. (<http://miyabi.ee.ehime-u.ac.jp/~tsuzuki/PLC/SST2002.9-panel/morihiro.pdf> から入手可能)
- [2] 都築 伸二, 山田 芳郎, “低域電力線通信の動向とホームネットワークへの適用”, 愛媛大学工学ジャーナル, 指定投稿論文, 第 1 巻, pp.121-130, March 2002.
- [3] Amendment to CISPR 22: Clarification of its application to telecommunication system on the method of disturbance measurement at ports used for PLC, IEC, CISPR/I/89/CD (COMMITTEE DRAFT), Nov. 14, 2003. (available from http://www.uplc.etc.org/file_depot/0-10000000/0-10000/7966/)

- conman/L89e_CD.pdf)
- [4] 総務省、高速電力線搬送通信に関する研究会、http://www.soumu.go.jp/joho_tsusin/policyreports/chousa/kosoku_denryokusen/
- [5] 都築、電力線を用いたホームネットワーク、映情学誌、てれびさろん (42), vol.55, No.12, pp.1619-1620, Dec., 2001.
- [6] 片山正昭監修、電力線通信システム、トリケップス社, July 2002.
- [7] 都築、電力線通信によるホームネットワーク、信学技法、IN2003-168, pp.51-56, 2004 年 1 月 22 日。
- [8] H.Hrasnica, A.Haidine, R.Lehnert, "Broadband Powerline Communications: Network Design", John Wiley & Sons (ISBN: 0-470-85741-2).
- [9] Amendment of Part 15 regarding new requirements and measurement guidelines for Access Broadband over Power Line Systems/Carrier Current Systems, including Broadband over Power Line Systems, FCC-04-245, 28 Oct., 2004. (available from http://hraunfoss.fcc.gov/edocs_public/attachmatch/FCC-04-245A1.doc)
- [10] Christos Douligeris: Intelligent Home Systems, IEEE Communication Magazine, 31, 10, pp.52-61, Oct., 1993.
- [11] IEEE 1394-1995 High Performance Serial Bus, IEEE, ISBN 1-55937-583-3, 1995.
- [12] <http://www.echonet.gr.jp/index.htm>
- [13] 武市、都築、山田、ロボット活動支援のためのセンサネットワークシステムの構築、平成 16 年度電気関連学会四国支部連合大会、12 - 17, 2004.9.25.
- [14] <http://www.internix.co.jp/products/intellon/index.html>
- [15] 総務省: 電波法施行規則の一部改正案等に対する意見の募集 - 高速電力線搬送通信設備に関する実験制度の導入について - , http://www.soumu.go.jp/s-news/2003/030829_1.html, Aug. 29, 2003.
電波法施行規則の一部改正案等に対する意見募集の結果 - 高速電力線搬送通信設備に関する実験制度の導入 - , http://www.soumu.go.jp/s-news/2003/031107_2.html, Nov. 7, 2003.
- [16] 電力線搬送通信設備に関する研究会 報告書, 総務省, <http://www.soumu.go.jp/s-news/2002/020809/honbun.pdf>, 平成 14 年 8 月 9 日.
- [17] 雨宮不二雄、通信ポート妨害波許容値 (CISPR 22) の設定根拠と共存条件に関する提案、高速電力線搬送通信に関する研究会 (第 4 回) 資料 4-4、平成 17 年 4 月 14 日。 (http://www.soumu.go.jp/joho_tsusin/policyreports/chousa/kosoku_denryokusen/pdf/050414_2_s4.pdf)
- [18] 桑原伸夫, “通信システムの EMC 技術動向”, 電子情報通信学会会誌, Vol.84, No.12, pp.869-872, Dec. 2001.
- [19] 稲田、都築、川上、山田、屋内電力線伝送路の平衡度改善および重信伝送の検討, 信学技報、スペクトル拡散研究会、SST2002-42, 仙台, pp.43-48, 2002-10.
- [20] 井手口、古賀、下塩、上田、電磁ノイズ問題と対応技術、森北出版、1997.
- [21] Ian P.Macfarlane: “A probe for the Measurement of Electrical Unbalance of Networks and Devices”, IEEE Transaction On Electromagnetic Compatibility, Vol.41, No.1, pp.3-14 (1999-2)
- [22] 川上、都築、和崎、山田、屋内電力線用 LCL プロローブ製作に関する考察、電気学会論文誌 C, 124 巻 7 号, pp.1375-1381, 2004 年。
- [23] 総務省, 「電力線搬送通信設備に関する研究会」報告書別添資料 3, 各実環境実験の結果, http://www.soumu.go.jp/s-news/2002/020809/bs_03.pdf, 平成 14 年 8 月 9 日.
- [24] 川上、都築、山田、屋内電力線の LCL と近傍磁界の測定, 平成 15 年度電気関連学会四国支部連合大会、12-18, p.205, Oct.12, 2003.
- [25] 濱田、牧、下塩、徳田、桑原、平衡度を考慮した解析法によるツイストペアケーブル放射電磁界特性、信学論 B, Vol.J86-B, No.4, pp.703-713, Apr., 2003.