

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 6 月 23 日現在

機関番号：16301

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2012～2014

課題番号：24560461

研究課題名(和文) コモンモード伝送と自己給電によるグリーンPLCのための基礎研究

研究課題名(英文) Basic research for the green PLC by the common-mode transmission and the self-power-feeding systems

研究代表者

都築 伸二 (Tsuzuki, Shinji)

愛媛大学・理工学研究科・准教授

研究者番号：60236924

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 4,200,000円

研究成果の概要(和文)：漏電ブレーカの誤動作問題と従来のN-L(コンセントのN(Neutral)とL(Live)端子を用いる)伝送時の信号減衰問題の両方を回避できる方式として、PE端子(Protective Earth, コンセントの3番目のアース端子)とN端子間に信号を注入するN-PE伝送方式をまず提案した。しかしこのN-PE方式でも、ビルフロア間通信は困難であった。そこで、フロア間を縦断するケーブル(1線のみでよく、信号の帰路は大地を用いる)をインダクティブカップラでクランプして、PLC信号をシングルエンド型で伝送する一線式PLC伝送方式も開発した。

研究成果の概要(英文)：A method injecting PLC signals between a neutral (N) and a protective-earth (PE) terminal, which was the 3rd one of an outlet, was proposed at first to solve both problems of a malfunction of an earth leakage breaker and the conventional signal attenuation observed when injecting between the N and a live (L) terminal.

But even this N - PE transmission system was difficult for communication between floors of a building. So a one-wire system, which was a kind of the single-end transmission types and transmitted the signals using inductive couplers, was developed complementally. The couplers clamped a trunk wire which ran through among the floors, and the signal's return path was the earth.

研究分野：通信工学

キーワード：スマートセンサ情報システム 低消費電力 マイコン 一線式PLC ワイヤレス給電 非接触給電 ディファレンシャルモード伝送 電力線通信

1. 研究開始当初の背景

(1) 図1に示すように、電力線線路間に PLC (電力線通信) 信号を注入する Differential mode (Diff-mode と略す) 伝送は、図2に示すように線路に並列接続された低インピーダンス機器によって信号が大きく減衰する (一般に 20dB 程度)。またその電気機器からはノイズが発生するため、PLC 受信機 (Rx) の信号対雑音比 (SNR) は劣悪であるという課題が従来からあった。

このため、筆者らは線路と大地間に信号を注入する Common mode (Com-mode と略す) ことによって、低インピーダンス機器の影響を回避する方法を検討してきた。しかし、(a) Com-mode の方が線路自身のインピーダンスが高いため、ノイズが大きいこと、(b) 図1のように Com-mode で PLC 信号を注入する際に、その出力インピーダンスを下げすぎると漏電ブレーカが落ちること、といった問題があるため、従来は特殊な線路 (電力会社の配電設備等) 以外ではあまり用いられてこなかった。

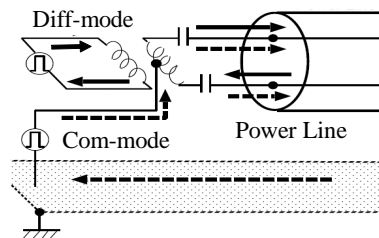


図1 Differential mode および Common mode による PLC 信号注入

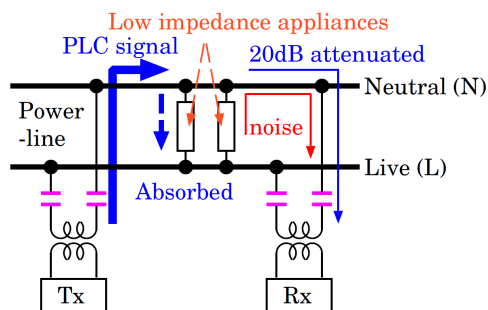


図2 従来の Diff-mode 伝送による信号減衰

(2) 家庭内やビル内のエネルギー管理システム

(HEMS や BEMS) において、図3に示すような、**クランプ型の電流センサ**の需要が高まっている。通常、小型電池を内蔵した ZigBee や Z-Wave などの短距離無線通信にて、読み取った電流値をサーバに伝送している。筆者らは、エネルギーと情報を一本のケーブルで伝送する PLC 方式の方が合理的であると考えたものの、クランプ型のセンサであるため AC100V の給電はできないという課題があった。そこで本研究の目的である「**自己給電システム**」の着想に至った。

2. 研究の目的

スマートメータで用いる通信手段として、PLC が期待されている。しかし従来の PLC システム (HomePlug (HP) や HD-PLC 規格) は長距離伝送を志向してきたため、図4に示すように近距離無線システム (図中の ZigBee や Wi-SUN) に相当する超低消費電力型の PLC 方式は検討されてこなかった。本研究では、信号伝送にはコモンモードを用い、また PLC 信号のみで給電を行う自己給電型の、新しい PLC システム (SP-PLC と呼ぶ) の概念の創出することを目的とする。

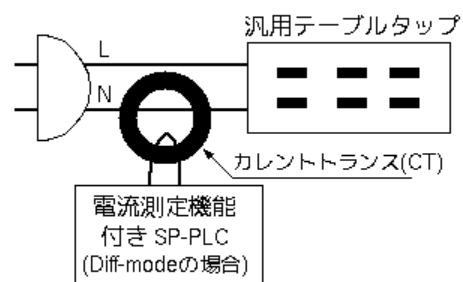


図3 電流測定機能付き SP-PLC の実施例

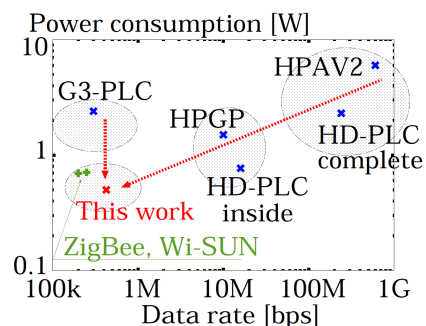


図4 既存 PLC 規格と消費電力

これにより、低消費電力化・小型化・低コスト化が期待できる。さらに、ユーザ認証を伴う公衆コンセントや、スマート分電盤といった、家庭内やビル内のエネルギー管理システム(HEMS や BEMS)に、提案システムを適用する方法を検討する。

3. 研究の方法

(1) 1 線式 PLC の注入抽出方式

1 線式 PLC の注入抽出方法を図 5 に示す。送信機(Tx)の PLC 信号が、2 線をクランプしたフェライトコアによって、同相、つまり Com-mode にて電力線に注入することができる。もしこれらの電力線(L_1, L_2)と大地との距離 D_e が十分小さければ、注入した PLC 信号の帰路はこの大地となる。つまり、電力線 L_1, L_2 は見掛け上 1 線であり、帰路用電線は不要であることから、筆者らは「一線式」と呼んでいる。この「一線式」であれば、図 2 で述べた低インピーダンス機器の影響を回避することができる。

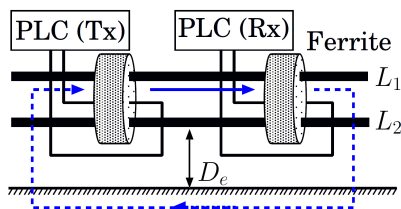


図 5 1 線式 PLC の注入抽出方式 (2 線を同時に 1 つのフェライトコアでクランプする場合(2W1F と呼ぶ)。 $n_1 : n_2 = 1 : 1$)

各モードの信号減衰特性は、周波数特性分析器(FRA5095・0.1MHz to 2.2MHz)を新規に購入し(H26.05.27)、測定した。

(2) インタクティブカプラを用いた非接触給電

インタクティブカプラを用いた非接触給電方法を検討した回路を図 6 に示す。図 3 中の CT に相当するのが、図 6 中のフェライトである。図 5 で示した PLC 信号の注入抽出用フェ

ライトと共用することで、PLC を行いながら給電も可能になる。

図 6 では商用周波数と並列共振するようにコンデンサ C_{pr} を挿入し、抽出した成分を整流後、DC/DC コンバータで 3.3V の定電圧直流電源を構成した。

図 7 に、商用電源電流 I_1 と、DC/DC コンバータ出力電力 P_L との関係を調べた結果を示す。ここでの所望 P_L は 5W であり、図 6 のセンサノードに給電することを目的とした。

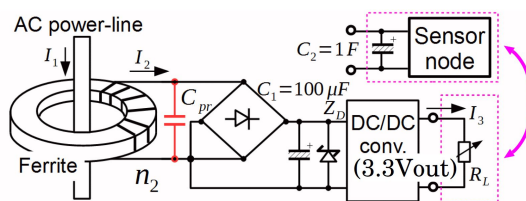


図 6 インタクティブカプラを用いた非接触給電回路

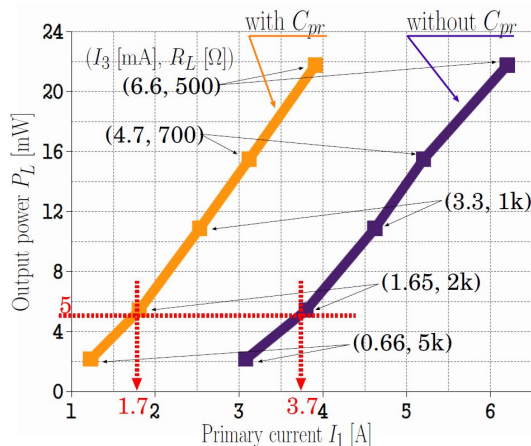


図 7 商用電源電流 I_1 と DC/DC コンバータ出力電力 P_L との関係

4. 研究成果

(1) 一線式 PLC 伝送方式の開発：2012 年度には、漏電ブレーカの誤動作問題と従来の Diff-mode 伝送時の信号減衰問題の両方を回避できる方式として、PE 線(Protective Earth, コンセントの 3 番目のアース端子)と N(Neutral)線間に信号を注入する N-PE 方式が最良であることを見出した。

2013 年度は、研究室以外に、一戸建て家

屋、商用ビル、大学の講義棟、研究棟、ハワイのホテルで提案方式を検証し提案方式が有用であることを論文にまとめた(2015年)

また N-PE 方式でも、ビルのフロア間での通信は困難であったが、フロア間を縦断するケーブルを用いて(1線のみでよく、信号の帰路は大地を用いるシングルエンド型伝送方式) インダクティブカプラで PLC 信号の注入抽出を行う一線式 PLC 伝送方式を開発した。

2014 年度は、信号の帰路として大地を用いることが困難な架空線路においても、L 線をクランプすることによって、N 線を帰路とする方式を開発した(2015 年国際会議)。

- (2) インダクティブカプラによる非接触給電：一線式 PLC 用フェライトコアと共用のフェライトコアを用いて、電力線からの非接触給電の可能性を検討した。その結果 5W(1.5k)まで給電可能であり、本研究で目標とした 5mW のマイコンへの給電の場合には、1.7A 以上商用電流が流れていれば自己給電できることを実験的に明らかにした。
- (3) ワイヤレス給電による非接触給電：磁気共鳴型のワイヤレス給電用アンテナ(自作)を用いて、20cm 離れた場所に給電しながら PLC も行えることを実験的に明らかにした。

5 . 主な発表論文等

[雑誌論文](計6件)

Shinji TSUZUKI, Yoshio YAMADA,
Feasibility Study of Ubiquitous Sensor Networks by Inductively Coupled PLC Over PV Power Systems, The 2015 IEEE International Symposium on Power Line Communications and its Applications (ISPLC), 査読有, 2015, pp.274-279.

都築 伸二、吉澤 幸晃、山田 芳郎、
kHz 帯 PLC 用 N-PE 伝送方式の適用可能性に関する検討、電子情報通信学会論文誌 B,

査読有, Vol.J98-B, No.6, 2015,
pp.460-470

Intan Sari Ar eni, Shinji Tsuzuki, Yoshio Yamada, Radiation Detection by Employing Periodic Packets in Power-Line Communication System, IEEJ Transactions on Electronics, Information and Systems, 査読有, Vol. 133, No. 12, 2013, pp.2184-2189
DOI: 10.1541/ieejeiss.133.2184.

I.S. Areni, S. Tsuzuki, Y. Yoshizawa, Y. Yamada, N-PE Transmission System for Narrow-Band PLC and Its Channel Properties, IEEE International Symposium on Power Line Communications and Its Applications (ISPLC), 査読有, 2013, Johannesburg, South Africa, 26 March 2013, pp. 161-166
DOI: 10.1109/ISPLC.2013.6525843

Intan Sari Areni, Shinji Tsuzuki, Yukiaki Yoshizawa, Yoshio Yamada, A new transmission system using the Protective Earth conductor for Narrow-Band PLC, IEICE Communications Express, 査読有, Vol. 1, No. 7, 2012, pp. 257-262.
DOI: 10.1587/comex.1.257

Shinji Tsuzuki, Yukiaki Yoshizawa, Intan Sari Areni, Yoshio Yamada, N-PE Transmission System for Narrow-Band PLC, International Symposium on Information Theory and its Applications (ISITA2012), IEICE, 査読有, Hawaii, USA, October 29, 2012, pp.31-35

[学会発表](計25件)

大野 拓也, 都築 伸二, 山田 芳郎, EV 用ガレージ充電システムの試作とその自立度の検討、電気関係学会四国支部連合大会、3-3, 2014年09月13日、徳島大学(徳島

徳島市)
金森 瑛基、都築 伸二、山田 芳郎、センサノードへの給電を目的とした非接触給電用トランスの試作、電気関係学会四国支部連合大会、3-7、2014年09月13日、徳島大学(徳島県徳島市)
音田 拓哉、日野 景太、大野 拓也、都築 伸二、山田 芳郎、NFC 歌留多と熱中症予防アプリへの適用、電気関係学会四国支部連合大会、12-27、2014年09月13日、徳島大学(徳島県徳島市)
日野 景太、都築 伸二、山田 芳郎、電子百葉箱用太陽電池の簡易MPPT 回路の検討、電気関係学会四国支部連合大会、12-29、2014年09月13日、徳島大学(徳島県徳島市)
Shinji TSUZUKI, Hiroyuki UTSUNOMIYA, Yoshio YAMADA, One Wire PLC System for Interfloor Connectivity, 2014 18th IEEE International Symposium on Power Line Communications and Its Applications, 査読有、pp.121-126, 2014年03月31日, Glasgow (Scotland)
DOI: 10.1109/ISPLC.2014.6812331
山口芳久、都築 伸二、山田 芳郎、PVと鉛バッテリーによる EV用ガレージ充電システムの検討、平成26年電気学会全国大会、2014年03月20日、愛媛大学(愛媛県松山市)
吉澤 幸晃、都築 伸二、山田 芳郎、kHz帯PLC用N-L/N-PE伝送方式の検討、平成26年電気学会全国大会、2014年03月20日、愛媛大学(愛媛県松山市)
鈴木 才太、日野 景太、都築 伸二、山田 芳郎、小中学校に設置する PV/気象センサーネットワークの設計、平成26年電気学会全国大会、2014年03月20日、愛媛大学(愛媛県松山市)
岡崎 勇太、都築 伸二、山田 芳郎、雲量推定を目的とした太陽光発電の翌日出力予測、平成26年電気学会全国大会、2014年03月20日、愛媛大学(愛媛県松山市)

都築 伸二、宇都宮裕之、松井 隆、山田 芳郎、インダクティブカプラ型1線式PLCシステム、電子情報通信学会、信学技報、vol. 113, no. 275, WBS2013-33, pp.71-76, 2013年11月01日、屋久島環境文化村センター(鹿児島県屋久島町)
鈴木才太、都築伸二、山田芳郎、HGW 機能を搭載したスマートメータ用マイコン電力計の試作、平成 25 年度 電気関係学会四国支部連合大会、3-7、2013年09月21日、徳島大学(徳島県徳島市)
山口芳久、都築伸二、山田芳郎、PV と鉛バッテリーを備えた EV 用ガレージシステムに関する基礎検討、平成25年度電気関係学会四国支部連合大会、3-8、2013年09月21日、徳島大学(徳島県徳島市)
半田正樹、白川義浩、都築伸二、山田芳郎、DC/DC コンバータへのワイヤレス給電用スパイラルコイルの設計、平成25年度電気関係学会四国支部連合大会、5-9、2013年09月21日、徳島大学(徳島県徳島市)
吉澤幸晃、都築伸二、山田芳郎、kHz 帯 PLC 用 N-L/N-PE 中継器の検討、平成25年度電気関係学会四国支部連合大会、12-24、2013年09月21日、徳島大学(徳島県徳島市)
都築 伸二、松井 隆、1線式PLCによる信号中継システムの提案、日本保全学会第10回学術講演会、2-2-D-3、2013年07月26日、ホテル阪急エキスポパーク(大阪府吹田市)
吉澤幸晃、都築伸二、山田芳郎、kHz帯PLC用N-PE伝送方式の実地試験結果、IEICE、信学技報、vol. 113, no. 114, CS2013-16, pp. 47-52(招待講演)、2013年07月04日、複合型公共施設(沖縄県与那国町)
Intan Sari Areni, Shinji Tsuzuki, Yoshio Yamada, Effect of Background Packets for PPS Method in PLC System, SJCIIE 2011(Shikoku-section Joint Convention of the Institutes of Electrical and

- related Engineers), p.12-40, 2012年09月29日、総合研修所(香川県高松市)
- 二宮政浩, 宇都宮 裕之, 都築伸二, 山田芳郎, PV 組み込み用簡易通信モデムの基礎検討、平成24 年度 電気関係学会四国支部連合大会, p.12-5, 2012年09月29日、総合研修所(香川県高松市)
- 二宮政浩, 鈴木才太, 佐々木隆志, 都築伸二, 鈴木信, 兼築史季, 早田洋一, 山田芳郎, みんなでおでんきPJ ~スマートメータシステムの実装~、情報処理学会研究報告, IPSJ SIG Technical Report, Vol.2013-IS-123, No.3, pp.1-8, 第123回情報システムと社会環境研究発表会、2013年03月15日、東京工科大学(東京都大田区)
- 松重雄大, 鈴木才太, 佐々木隆志, 都築伸二, 鈴木信, 兼築史季, 早田洋一, 山田芳郎, みんなでおでんきPJ ~ソーシャルコンセントの実装~、情報処理学会研究報告, IPSJ SIG Technical Report, Vol.2013-IS-123, No.2, pp.1-6, 第123回情報システムと社会環境研究発表会、2013年03月15日、東京工科大学(東京都大田区)
- (21) Shinji TSUZUKI, A Feasibility Study of 1Gbps BB-PLC System and a New Signal Transmission System for NB-PLC, The 3rd PLC International Forum, Organizer HD-PLC Alliance (招待講演), 2013年01月11日, Osaka International Convention Center(大阪府大阪市)
- (22) Yukiaki Yoshizawa, Shinji Tsuzuki, Yoshio Yamada, SNR Properties of NB-PLC System by N-PE Signal Transmission, SJCIEE 2011(Shikoku-section Joint Convention of the Institutes of Electrical and related Engineers), p.12-39, 2012年09月29日, 総合研修所(香川県高松市)
- (23) 宇都宮 裕之, 二宮政浩, 都築伸二, 山田芳郎, PV 電力線におけるkHz 帯PLC 用イ

ンダクティブカブラの基礎 検討、平成24年度 電気関係学会四国支部連合大会, p.12-38, 2012年09月29日、総合研修所(香川県高松市)

- (24) 山口芳久, 福本 未来哉, 都築伸二, 山田芳郎, 2 電源2 バッテリーシステム用スマート分電盤に関する基礎検討、平成24 年度 電気関係学会四国支部連合大会, p.3-8, 2012年09月29日、総合研修所(香川県高松市)
- (25) 吉澤幸晃, 宇都宮裕之, IntanSari Areni, 都築伸二, 山田芳郎, kHz帯PLCへの適用を目的としたN-PE伝送方式の提案, IEICE-CS2012-47, IEICE 信学技報, vol. 112, no. 118, pp.137-142, 2012年07月13日、知名町公民館(鹿児島県知名町)

〔図書〕(計1件)

藤原修他17人, S&T出版株式会社, スマートシティの電磁環境対策, ISBN978-4-907002-09-1, 第4章 通信システム機器における電磁環境対策、3節 電力線通信(PLC), 2012, pp.227-236.

〔産業財産権〕

出願状況(計1件)

名称: PLC信号中継システム
 発明者: 都築伸二
 権利者: 愛媛大学
 種類: 特許
 番号: 特許願 2013-151863号
 出願年月日: 2013年07月22日
 国内外の別: 国内、国外

取得状況(計0件)

なし

〔その他〕

ホームページ「愛媛大学 都築伸二」、<http://miyabi.ee.ehime-u.ac.jp/~tsuzuki/index.html>、論文のリスト等

6 . 研究組織

(1)研究代表者

都築 伸二 (TSUZUKI, Shinji)
 愛媛大学・大学院理工学研究科・准教授
 研究者番号: 60236924

(2)研究分担者

山田 芳郎 (YAMADA, Yoshio)
 愛媛大学・大学院理工学研究科・教授
 研究者番号: 00110833