

# 電磁環境適応型電力線通信による大型船内 LAN の構築に関する研究開発 (062309001)

Research and development on construction of LAN in cargo ships by power-line communication with electromagnetic-environment adaptive power-control function

## 研究代表者

都築伸二 愛媛大学大学院理工学研究科  
Shinji TSUZUKI Ehime University

## 研究分担者

山田芳郎<sup>†</sup>, 桧垣敏広<sup>††</sup>, 川崎裕之<sup>††</sup>, 西岡潤<sup>††</sup>, 武智充司<sup>††</sup>, 村井和弘<sup>††</sup>, 南谷祐次<sup>†††</sup>, 岡部俊正<sup>†††</sup>,  
菊川智史<sup>†††</sup>, 松山賢太<sup>†††</sup>, 川嶋領祐<sup>†††</sup>, 鈴木満成<sup>††††</sup>

<sup>†</sup>愛媛大学大学院理工学研究科, <sup>††</sup>渦潮電機株式会社経営本部経営企画室,

<sup>†††</sup>株式会社プレミネット, <sup>††††</sup>TDK 株式会社デバイス開発センター

<sup>†</sup>Ehime University, <sup>††</sup>Uzushio Electric Co.,Ltd., <sup>†††</sup>Preminet Inc, <sup>††††</sup>TDK Corporation

研究期間 平成 18 年度～平成 20 年度

## 概要

新規配線が不要な屋内ネットワーク構築手段として、短波帯電力線通信 (PLC と略す) 技術が注目されている。海洋ブロードバンドの機運が高まるなか、大型貨物船はその構造上無線 LAN 技術の適用は困難であるためこの PLC 技術に対するニーズが非常に高い。本研究では短波帯 PLC 技術を、大型貨物船内 LAN の構築手段として適用するための研究開発を行った。本研究で開発した要素技術は、船舶周辺の電磁環境に適応して PLC モデムの送信電力を制御する技術、および長距離伝送 (大型船であっても隅々まで通信を可能) するためのマルチホップによる中継技術、の 2 点である。これらの技術はビル内や工場内といった産業分野にも適用可能であり、PLC の新たな適用分野の創出が期待できる。また愛媛県今治市は海事関連産業の一大集約地であり地場産業の振興にも寄与することを目的としている。

## Abstract

Since the networking using the wireless LAN technology in cargo ships is difficult because of their structures, the power-line communication (PLC) technology is expected very much. Two elemental technologies were developed in this research. One was an adaptive power-control technology of PLC modems to the electromagnetic environment around the ship. Another was the signal repeating technology using the multi-hop routing to realize the long-distance communication in the huge vessels. These technologies can be applied also to industrial fields such as in-building and factories. This research will also contribute to the promotion of the local industry, which is related to maritime affairs in Imabari city of Ehime prefecture.

## 1. まえがき

PLCは、電力線を通信媒体として通信信号を重畳する技術であり、2M～30MHzの帯域を使用する。一般には、電線間に信号を重畳するdifferentialモード伝送が用いられているが、電線と大地間に重畳するcommonモード伝送も可能である。両者を併用することができれば、通信容量を増大できるものの、commonモード伝送は、不要輻射を起こす原因となるために従来はあまり用いられてこなかった。一方、船舶で使用されている電力線は、あじろと呼ばれるがい装が施されており、電気的にはシールドケーブルである。従って、commonモード伝送を行っても不要輻射は起きにくい。

本研究ではこの特徴を利用して、differentialとcommonの両モードを用いた伝送を行い、ダイバーシティによって通信容量を向上する方法を検討した。また、実際には不要輻射は起きにくいものの、皆無ではないため、その対策技術として、電磁

環境適応型 PLC システムもあわせて開発した。

## 2. 研究内容及び成果

### 2.1 電磁環境適応型 PLC システムの構築

周辺の電磁環境に応じて PLC モデムの送信電力を変化させ、周辺の電磁環境に影響を及ぼす事なく、最良の通信を行う事のできる、電磁環境適応型 PLC システムの構築

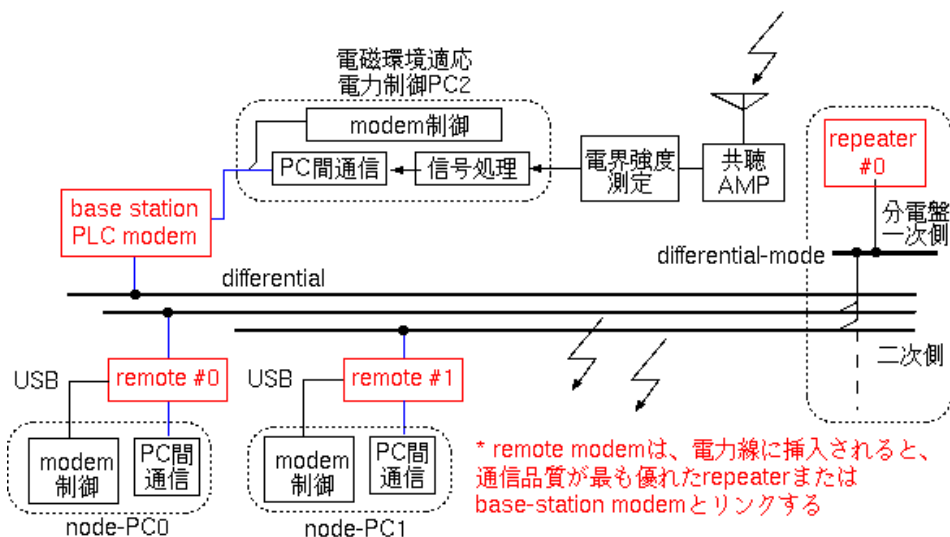


図 1 電磁環境適応型 PLC システム

を行った。短波放送用の共聴用アンテナで不要輻射量を計測し、送信側 PLC モデムにフィードバックする方式である。大型船舶の場合は、この共聴システムは必ず装備されており、また PLC 信号の輻射量を最も的確に検出できる。

構築したシステムの構成を図 1 に示す。図中の赤枠が PLC モデムであり、プレミネット製 PLC モデム (PLAM5000, 24Mbps) を使用した。図中の電磁環境適応電力制御 PC2 から、各ノード PC に対してパケット送出を要求し、その時の電界強度を測定する。信号処理の結果、閾値を超える強度を検出したら、送信電力を下げるよう、当該 PC に接続されている PLC モデムに指令を出し、指令を受けたモデムは送信レベルを下げる。

## 2.2 デュアルモード伝送型 PLC 中継システムの構築

bonding はネットワークインターフェースの仮想化技術の一つであり、Linux OS に付属するフリーソフトである。図 2 に bonding を利用した中継システムを示す。図中の赤枠は、図 1 と同じ PLC モデムである。伝送損失が大きい経路にはモード毎に repeater モデム #0,1 を設置する。Remote モデムと base-station モデム間の通信経路として、直接通信するか repeater を経由するかは自動で行う機能を有している。

図 1 ではノード PC が使用する伝送モードは differential または common いずれか固定であったが、図 2 の Client-PC は bonding 技術を適用し、スループットが良好な伝送モードに自動的に切りかわる。このようにして、選択型デュアルモード伝送を実現した。従来の differential で送信し、differential で受信する方式に比べて、提案方式では 37%改善でき、構築システムの有用性を確認することができた。

## 2.3 国際標準化活動のサポート

大型貨物船における PLC の国際標準として、冷凍コンテナのモニタリング用途の規格 (ISO 10368, ~268.8 kbps (物理層)) があるものの、周波数帯が低い (55kHz または 140k~400kHz) ため、インバータ機器の影響を受けやすいという問題がある。本研究で対象としている周波数帯は 2MHz~30MHz の短波帯であり、これまでの測定では、インバータ機器の影響はほとんど観測されていない。今後、ISO 10368 に短波帯利用 PLC を新たに盛り込む提案を行う予定があるため、対象となる 440V 配電システムについてチャンネルモデリングを行い、この標準化活動の支援を行った。

differential-mode で伝送した際の伝達関数  $TF(x)$  は、経路内の分岐回路数  $x$  の一次関数となることを明らかにした。また common-mode 伝送の伝達関数も同様であり、これらの傾きは、それぞれ -0.8, -1.18 [dB/分岐回路数] であった。さらに、 $x=0$  のときの  $TF(0)$  の値を  $\beta$  とすると、 $\beta$  は配線長 1 の関数で近似できることも見出した。これらの近似式はこれまで報告されておらず、PLC に関する国際会議 (IEEE-ISPLC2009, ドイツ) で報告した。

## 3. むすび

現在一般家庭で使用されている PLC モデムの送信電力の上限値は、一般家庭で使用した場合 99% の確率で周辺の電磁環境ノイズレベル以下の輻射になると考えられる値を採用している。逆に言えば、完全に干渉を与えないことを保証した値ではない。したがって使用用途や場所によってはこの補完技術が求められているものの、これまであまり検討されていなかった。本研究で行った電磁環境適応

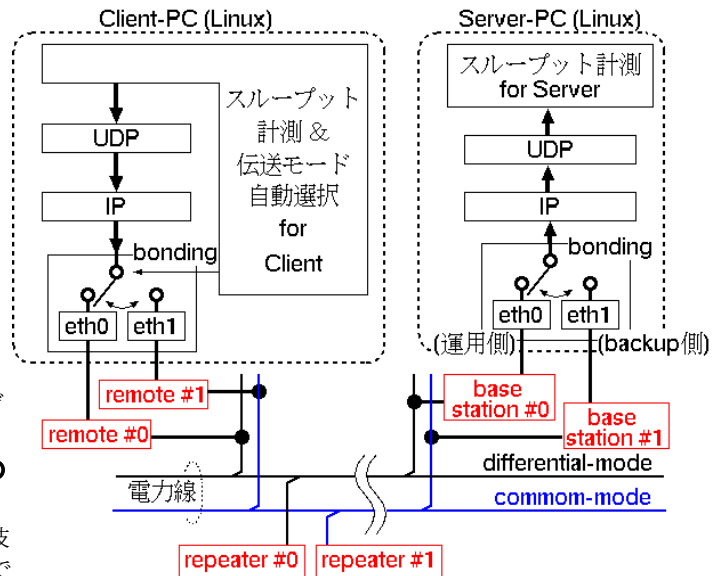


図 2 デュアルモード伝送型 PLC 中継システム

型 PLC システムは、この補完技術に相当するものであり、船舶以外にもビル内や工場内といった分野にも適用可能な技術である。

### 【誌上発表リスト】

- [1] S.TSUZUKI, M.YOSHIDA, Y.YAMADA, K.MURAI, H.KAWASAKI, K.MATSUYAMA, T.SHINPO, Y.SAITO, and S.TAKAOKA, "Channel Characteristic Comparison of Armored Shipboard Cable and Unarmored one", IEEE International Symposium on Power Line Communications and Its Applications (IEEE-ISPLC2008), pp.7-12, Jeju Island, Korea, (Apr.2, 2008)
- [2] S.TSUZUKI, S.TATSUNO, M.TAKECHI, T.OKABE, H.KAWASAKI, T.SHINPO, Y.YAMADA, S.TAKAOKA, "An Adaptive Power Control Method to Electromagnetic Environment for PLC in Cargo Ships", IEEE-ISPLC 2009, Dresden, Germany, (Mar.,2009)
- [3] J.NISHIOKA, S.TSUZUKI, M.YOSHIDA, H.KAWASAKI, T.SHINPO, Y.YAMADA, "Characteristics of 440V Power-Line Channels in Container Ships", IEEE-ISPLC 2009, Dresden, Germany, (Mar.,2009)

### 【申請特許リスト】

- [1] 都築伸二、電力線通信システム、日本、特願 2008-280596、日本、平成 20 年 10 月 30 日
- [2] 都築伸二、電力線通信システム、日本、特願 2008-249290、日本、平成 20 年 9 月 26 日

### 【報道発表リスト】

- [1] 内航海運新聞“船舶用 LAN 共同開発”、株式会社内航新聞社、毎週月曜日発行 (2006.6.12)
- [2] 海南 e タイムズ“電力線通信を産業分野に活用へ”、株式会社海南 e タイムズ、vol.149、p.2、週刊 (2006.6.26)
- [3] 日刊工業新聞、“貨物船内に LAN 構築、PLC 使い実用化技術、愛媛大など、運行の安全性向上へ”、p.13、(2008.11.8)

### 【本研究開発課題を掲載したホームページ】

<http://miyabi.ee.ehime-u.ac.jp/~tsuzuki/study/SCOPE-C.html>