

低環境負荷型船内通信基盤構築技術に関する研究開発 (092309002)

Research and Development on Communication Infrastructure with Low Environmental Load in Ship

研究代表者

都築 伸二 (60236924) 愛媛大学
Shinji TSUZUKI, Ehime University

研究分担者

山田 芳郎[†] 川崎 裕之^{††} 忽那 直樹^{††} 西岡 潤^{††} 山田 隆志^{††} 武智 充司^{††}
Yoshio YAMADA[†] Hiroyuiki KAWASAKI^{††} Naoki KUTSUNA^{††}
Jyun NISHIOKA^{††} Takashi YAMADA^{††} Mitsushi TAKECHI^{††}
[†]愛媛大学 ^{††}渦潮電機株式会社、[†]Ehime University ^{††}UZUSHIO ELECTRIC CO.,LTD.

研究期間 平成 21 年度～平成 22 年度

概要

従来の交流 (AC) 配電システムの問題点を本質的に解決し、低環境負荷かつ高速 PLC 通信 (目標 1Gbps) が可能な通信基盤を世界に先駆けて大型貨物船舶内で実現するための要素技術を開発する。初年度は、高周波特性のよい船用ケーブルを選択し、その敷設方法を検討した。次年度は、最適な PLC 信号の伝送方式を検討し、大型貨物船を想定した線路で実証実験を行った。また、ワイヤレス端末ともシームレスな通信ができるようにするために LED 照明による可視光通信の可能性を検討した。

Abstract

To solve the essential problems of the conventional alternating current (AC) electricity distribution system, a high-speed PLC communication system, which target speed is 1Gbps, on cargo ships was studied in this project. The system was realized over a new direct current (DC) distribution system, which puts low stress on environment. It was shown first that the signal attenuation characteristic of polyethylene-insulator power cables is equal to or better than that of LAN cables and the coaxial cables. Next, installation methods to make the balance performance of the polyethylene cables excellent were proposed. It was also experimentally shown that a proposed method of the dual mode transmission for the PLC signals, that is appropriate for the high balanced power-lines, performed 1.9 times throughput at maximum. Moreover, an LED (Light Emitting Diode) Visible Light Communication (VLC) system was implemented to realize a wireless and seamless network environment with the wired PLC systems.

1. まえがき

愛媛県今治市は、造船業が盛んな地域であり、全国一の集積を誇る 14 事業所を有している。また、今治市に本社や拠点を置いている造船会社のグループ全体では、日本全体の 30% を超える船舶を建造している。しかしながら近年、韓国や中国の造船会社との競争が激化しており、国際競争力のある高付加価値船が求められている。本研究では、今後需要の増大が期待できる、低環境負荷型船内通信基盤に着目した。

船舶は鉄製であるため、無線による船内 LAN は困難であるが、電力線通信 (PLC) であれば、電力線を通信線とするため新規配線は不要であり、合理的である。しかし、電力線はもともと 50/60Hz の交流 (AC) エネルギーを伝送するための線路であるため、ケーブルに用いられている材質や構造、配線施工方法、あるいはケーブルの末端の終端方法は、100Mbps 以上の高速通信には本質的に向いていないという課題があった。

また、地球温暖化対策の一つとして、電力消費が少ない LED 照明や、燃料電池・太陽光発電等のグリーンエネルギーの導入が船舶でも検討されている。これらはいずれも直流 (DC) であり、AC に一旦変換するよりも DC のまま配電したほうがエネルギー効率がよいため、DC 電力線が今後新たに敷設される可能性が高まっている。今後 DC 配電線が新たに敷設されるのであれば、そのタイミングで従来の AC 配電システムの問題点を本質的に解決したいと

考えたことが、本研究の動機である。

本研究ではまず、高周波特性のよい船用ケーブルを選択した。その結果、ポリエチレンを絶縁体する電力ケーブルに変更すれば、LAN ケーブルや同軸ケーブルと同等な信号減衰特性に改善できることを示した。次に、線路の平衡度を良好にする敷設方法を提案した。

その高平衡線路に適した PLC 信号のデュアルモード伝送方式とその効果を本稿では紹介する。また、提案する PLC システムの応用として、LED 照明による VLC (可視光通信) システムを実装したことを述べる。

2. 研究内容及び成果

(1) 同時型デュアルモード伝送システムの開発

図 1 に示す differential (以後 diff と省略) 及び common-mode (com) の両モードの注入・抽出回路を製作して、構築した DC 給電線路で検証を行った。提案した同時型デュアルモード伝送方式を図 2 に示す。IEEE1901 通信規格で採用された HomePlug と HD-PLC をそれぞれ diff および com 信号として同時に注入する方式である。一般の AC 電力線では、線路の平衡度が悪いとこのような同時伝送をすれば、お互いの信号が妨害信号 (Undesired signal) となる。しかし、本研究では、新たに DC 電力線を構築する際に、高速 PLC も実現するために、高平衡配線を行うことを前提にしている。所望信号 (Desired signal) との比である DUR は、線路の平衡度と

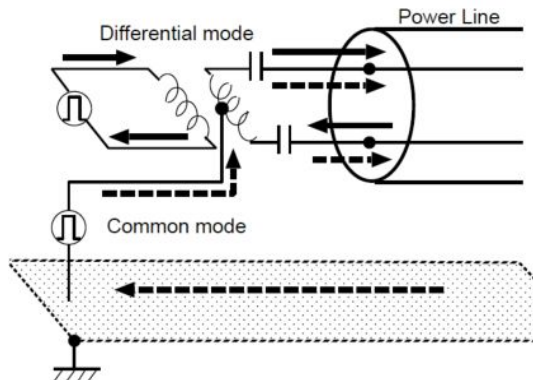


図1 Differential 及び Common-mode 信号の注入回路

強い相関があるため、ここでは DUR を指標として、提案システムのスループット性能を評価した。なお、図2中にあるように、diff モード受信電力比 (D_d/U_d) と、com モード受信電力比 (D_c/U_c) との2通りの指標があるが、以下では D_d/U_d を DUR1 として使用した。

図3に、スループット (UDP, 1472B/packet) の測定結果を示す。縦軸は「HomePlug(diff側)とHD-PLC(com側)のスループット合計」を「HomePlugをdiff側で単独で使った場合(従来方式)のスループット」で正規化した。18dB以上のDURであれば、提案方式が有利であることを示している。このDURが18dBの電力線とは、ジョイントボックス3個以下または分岐数10以下(終端は開放)の線路に相当する。またDURが34dB以上ならばスループットは1.9倍になることを示している。

(2) 伝送および通信方式の検討

図3の結果から、如何に信号を伝送すれば最終目標の1Gbpsが達成できるか検討した。

HomePlug AV規格の物理層は、2M-28MHzの周波数領域を使い、200Mbpsの伝送が可能である。DURが34dB以上であれば、同時型 dual-mode 伝送システムのスループットは1.9倍、つまり380Mbpsを達成できる。1Gbpsを実現するには、周波数帯域を2.6倍に、つまり $(28 \cdot 2) \times 2.6 = 68\text{MHz}$ 必要であり、その周波数領域は2M-70MHzである。従来から使用されている電力ケーブルの絶縁体はビニル(一般家庭)あるいはEPゴム(船舶)であり、それらの信号減衰定数 α は、良好とはいえない。本研究では、架橋ポリエチレンケーブルをDC電力線では使うことを提案しており、2M-70MHzの領域における α の値は、ビニルあるいはEPゴムの28MHzにおける α の値以下である。このため、70MHz付近の高周波信号を伝送しても、その信号減衰量は従来のケーブルの場合と変わらないため、1Gbpsは実現可能であると言える。

(3) 有線・無線統合型の通信基盤のための可視光通信システムの開発

本研究は、“従来のAC電力線に加えて、DC電力線と可視光の異媒体ネットワークを同一のPLC技術にてシームレスに接続する有線・無線統合型の通信基盤を船内で実現する”ことを目的としている。この可視光通信システムを以下のようにして実現した。

本研究で選定したM社のシーリング型LED照明器具を改造し、PLCモデム出力であるEthernet信号をRS232C信号に変換し、電圧レベル変換後、LEDを点滅した。また、LED照明光はフォトダイオードで受信し、電圧レベルを調整して、RS232C信号としてPCに入力する。一方、PCからの上り信号は、図に示すようにZigBee

通信モジュールを利用してPLCモデムに送信した。通信性能は、上り下りとも115kbps、通信距離は2mである。開発した装置を用いて、船員が携帯するハンディ端末に機関情報を同報するシステムを実装した。

3. むすび

従来の交流(AC)配電システムの問題点を本質的に解決し、低環境負荷かつ高速PLC通信が可能な通信基盤を世界に先駆けて大型貨物船舶内で実現するための要素技術を開発した。高周波特性のよい船用ケーブルを選択し、電気的平衡度を損なわない敷設方法を示した。提案するPLC信号の伝送方式を用いれば、目標である1Gbpsを達成できることを示した。また、ワイヤレス端末ともシームレスな通信ができるようにするためにLED照明による可視光通信の可能性を検討した。

【誌上发表リスト】

- [1] S.TSUZUKI, et.al, “Dual mode transmission PLC system with an EMC considered algorithm”, IEEE-ISPLC2010, Session 5A-2, (30 March 2010)
- [2] 都築、石井、西岡、山田、“大型貨物船内電力線線路の減衰特性近似”, 電気学会C部門論文誌, 130巻8号C分冊 pp.1337-1342, (2010年8月号)
- [3] 高速電力線通信(高速PLC)調査専門委員会, “高速電力線通信の技術動向と適用事例”, 電気学会技術報告, 論文 No. 1175 (2009/12/25, 担当執筆節: 2.2.1, 2.2.3, 2.4.1, 5.4.1.

【報道発表リスト】

- [1] ”愛媛大学大学院の研究に支援資金、通信分野で総務省”, 愛媛新聞, 2009年4月4日

【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>

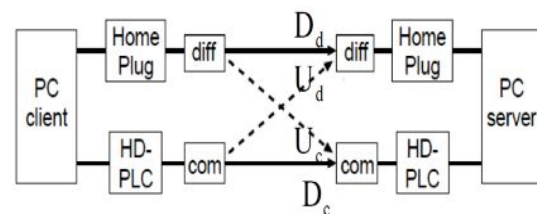


図2 同時型 dual-mode 伝送方式

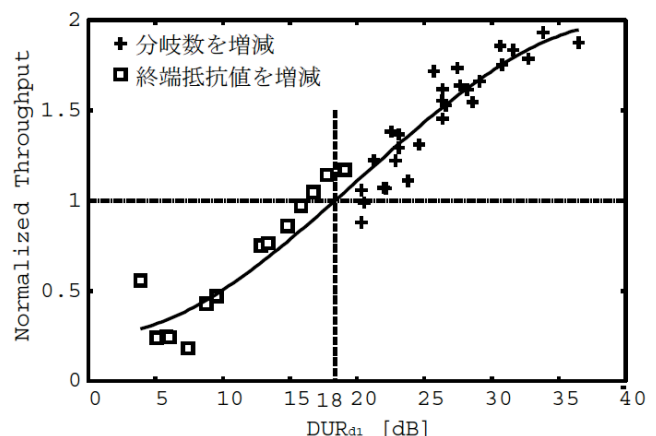


図3 同時型 dual-mode 伝送方式のスループット特性(家庭内DC電力線の場合)