

ユビキタス可視光ネットワークに関する研究 (041103013) A Study on Ubiquitous Visible Light Communication Networks

研究代表者

中川 正雄 慶應義塾大学工学部
Masao Nakagawa Faculty of Science and Technology, Keio University

研究分担者

春山 真一郎[†] 有田 武美^{††} 松田 真二^{†††} 七原 淳郎^{†††}
Shinichiro Haruyama[†] Takemi Arita^{††} Shinji Matsuda^{†††} Atsuo Nanahara^{†††}
慶應義塾大学[†] 株式会社中川研究所^{††} 松下電工株式会社^{†††}
Keio University[†] Nakagawa Laboratories^{††} Matsushita Electric Works^{†††}

研究期間 平成 16 年度～平成 18 年度

本研究開発の概要

照明や各種表示の光源が LED 化されるのに伴い、それら可視光の強度を変調し、歩行者の携帯端末等に、現在位置や地図情報、ID などというような、街中のビルや店舗、鉄道の駅等の施設を利用するための情報、および管理するための情報を提供するネットワークを研究する。従来技術である電波等の利用も考えられるが、提案している可視光によれば、位置検出の精度を高くできる、既存のインフラ（照明設備等）を利用できる、セキュリティの確保が簡単にできる、など多くのメリットがある。このネットワーク技術は、人間に対するサービスのみならず、将来はロボット等に対しても利用法が広がるものと期待できる。

Abstract

As illuminations are replaced by LED lights, Visible Light Communication (VLC) networks are expected to provide useful information services by supplying map data or IDs of current locations. We studied on the ubiquitous VLC service networks that may bring many merits of more accurate positioning than traditional Radio Frequency technologies, making use of infra-structured lighting facilities, and offering simple systems with higher security. This network technology may be applied not only to human interfaced services but also to future robot systems.

1. まえがき

人間がいつでもどこでも情報を操作できるモバイルネットワーク化が進行し、今後は人間のみならず物も情報を発信するユビキタスネットワーク化が進むと思われる。本研究は、ビルや工場、店舗等における非常灯、誘導灯、照明、広告灯等の、ユビキタスなインフラ設備として普及しつつある LED 照明の光に ID や位置情報を重畳させ、携帯端末でその情報を受信し、必要に応じて既存のネットワークにも接続することで、今までにないユビキタスなネットワークサービスの実現を図るものである。

2. 研究内容及び成果

2.1 変調方式の検討

照明光を媒体として通信情報を伝送する場合には、光の強度を変調する方式として最適なものを採用する必要がある。デジタル信号のベースバンド変調、FSK (Frequency Shift Keying)、PSK (Phase Shift Keying) などの各種変調方式について、現状の照明用 LED が動作可能な周波数速度範囲（約 5 MHz 程度）における基本的特徴と通信能力の関係と比較、検討した。ベースバンド信号をサブキャリアに乗せる方式や FSK 方式は、キャリア周波数のフィルタ回路でノイズの影響を原理的に除去でき、キャリア周波数を変えて分離することで複数システムの共存も可能である。したがって標準化に向けた方式としても望ましい方式である。図 1 に BER (Bit Error Rate) のシミュレーション結果を示す。

2.2 受光モバイル端末の製作

FSK による双方向光通信回路 (Downlink/照明器具→

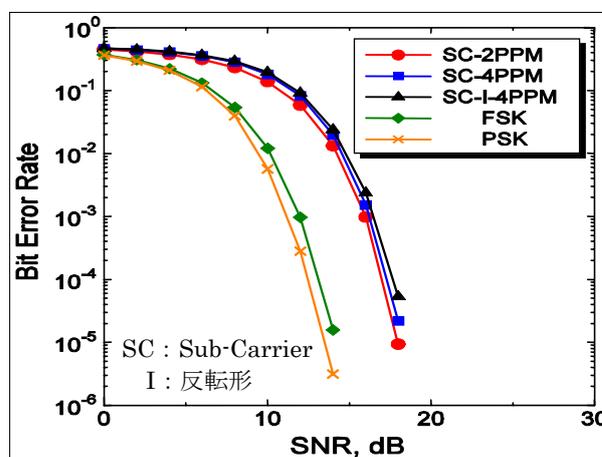


図 1 BER シミュレーション結果

モバイル端末は白色 LED の可視光、Uplink/モバイル端末→LED 照明器具は赤外線) を試作したが、性能を維持しつつ回路の小型化を図るため、FSK の片側周波数を実質 0 とした ASK (Amplitude Shift Keying) 方式を最終的に採用した。ただし、ASK 方式でも通信データの内容によって明るさが変化しない LED ドライブ回路を考案した。

受光モバイル端末本体には、ソフトウェア開発の柔軟性を保ちながら小型、軽量で携帯可能な端末を実現するため、WindowsXP を搭載した超小型 PC を用いた。光送受信ユニットは USB インタフェース回路を内蔵 (USB 電源で動作) するコンパクトな構成とした。

2.3 LED 照明器具の製作

LED については、周波数応答性が 3MHz 以上の照明用白色 LED を採用した。図 2 に製作した LED 照明器具を示す。通信距離としては照明器具直下で約 2.5m~3.0m を実現しており、病院等を含む一般施設照明への適用は十分可能な実力を示している。また、通信速度は 19.2kbps で最も安定した性能を示したが、28.8kbps でも問題の無いことを確認した。位置情報程度の小さいデータを送信するには十分な性能と考えられる。

なお、本研究で選定した電力線通信モデムは BPLM-100B (パワーネットコム株式会社)、通信方式: SS 方式、最大伝送速度: 115.2kbps である。

2.4 実証実験の評価結果

病院内の廊下を想定し目的地まで誘導するナビゲーションシステムを想定し、その機能性、利便性を確認するための総合実証実験システムを設計、構築した。

通信性能評価結果を表 1 に、サービス性能評価結果を表 2 に示す。図 2 に実証実験の実施模様を示す。

表 1 通信性能評価結果

項目	内容
端末通信	ASK 変調、19.2kbps、距離 2.5m で BER 10^{-6} 以下、
背景光の影響	インバータ式蛍光灯、窓からの太陽光の影響は無い
照明間干渉	数 10cm の間隔があれば回避可能
受光範囲と操作性	受光範囲は照明の照射角度とセンサ部分の指向性によるが、可視光は電波や赤外線よりわかりやすい

表 2 サービス性能評価結果

項目	内容
ナビゲーション	通信速度、位置精度から実用性は十分ある
他への適用	案内・解説情報、位置情報提供システムに適用可能 (ストーリーミングサービス用にはより高速が必要)
信号源の認識	明るさ不変の変調方式は、信号源が認識できず不便な場合も考えられる

3. むすび

照明や表示は現在、着実に LED 化の方向にある。これら LED は通信用にも利用でき、しかも照明や表示は人目につくところにあるので、情報を与えるのに格好な物である。さらに電力線が必ず配線され、エネルギーだけでなく、情報を送信、変更するのにも電力線を利用することができる。このような LED 可視光の利用は、物を中心とした位置情報、さらには ID 情報を簡単に与えることができ、今後のユビキタスネットワークの推進において大きな波及効果をもたらす。

【誌上发表リスト】

- [1] 中川正雄, “ユビキタス可視光通信”, 電子情報通信学会論文誌 B, Vol.J88B No.2, pp.351-359 (2005 年 2 月)
- [2] K. Komine, S. Haruyama, and M. Nakagawa, “A Study of Shadowing on Indoor Visible- Light Wireless Communication utilizing Plural White LED Lightings, “ Wireless Personal Communications, vol. 34, no. 1-2, pp.211-225, (July 2005)
- [3] Hidemitsu Sugiyama, Shinichiro Haruyama, Masao Nakagawa, “ Experimental Investigation of Modulation Method for Visible-Light Communications ”, IEICE Transactions on Communications Vol. E89-B, No.12 2006 pp. 3393-3400, (Dec, 2006)

【申請特許リスト】

- [1] 春山真一郎・中川正雄・山口武彦・有田武美・杉山英充、光通信方式、日本、平成 17 年 1 月 21 日
- [2] 中川正雄、春山真一郎、有田武美、山口武彦、小峯敏彦、双方向可視光通信方式、日本、平成 18 年 3 月 31 日
- [3] 七原淳郎、松田真二、可視光通信用照明器具及びこれを備えた可視光通信照明システム、日本、平成 18 年 3 月 31 日

【報道発表リスト】

- [1] “速ホウ初モノ「明かりから情報 可視光通信とは」”、テレビ東京、2006 年 3 月 7 日
- [2] “照明で通信 成果相次ぐ”、日本経済新聞、2006 年 3 月 10 日
- [3] “LED が開く未来の通信”、TV-東京、ワールドビジネスサテライト、2006 年 8 月 10 日

【本研究開発課題を掲載したホームページ】

<http://www.vlcc.net/index.html>



(a)



(b)

図 2 実証実験の実施模様