

可視光通信のソフトウェア無線技術による適応制御に関する検討

†片山 風人 †矢向 高弘

†慶應義塾大学

1 はじめに

近年無線通信技術は急速な発展を遂げているが、移動体通信の需要増加による課題に直面しており、帯域不足を補うために可視光領域の利用が検討されている。Ericsson 社のレポート [1] によれば、移動体通信のトラフィックは2013年から2014年の一年間にかけて65%上昇した。また、同レポートでは今後5年間でトラフィックは現在の10倍になると予想している。

WiFiの負荷分散を目的としたとき、可視光通信は既存の電波と全く干渉せず、また空間的に区切ることで簡単に可視光通信装置同士の干渉を防ぐことが可能なので非常に有用な手段であるといえる [2]。

可視光通信のメリットとしては1) プロトコルの自由度;2) 高セキュリティ;3) 他の無線通信や電子機器との干渉がない;4) 照明との併用が可能などの点が挙げられている。先に述べたWiFiの負荷分散を目的とした可視光通信の他にも、既存のインフラであるLED信号機を活用し、ITSとして信号機-車間通信によるドライバーへの情報提供を行う通信手段としての応用 [3] も有望である。

著者は可視光通信の高いプロトコルの自由度という点に着目した。ライセンス不要な光媒体の物理層のプロトコル設計の自由度を活かし、無線での実時間通信システムの構築を目指す。通常の無線通信であれば一組の機器による帯域の専有は許されないが、可視光通信であれば可能であるため今までにない実時間性の高いシステム構築が可能であると考えた。当システム構築に際しての課題は伝搬環境の変化への対応や、LEDやPDにおける電流-輝度特性の線形性維持である。本研究ではソフトウェア制御により、逐一変化する伝搬環境や駆動回路動作に対し、その都度最も効率がよい通信方式を選択することによる実時間システム構築を目的とする。

2 適応伝送技術および提案手法

適応伝送は概して伝送環境情報の取得及びフィードバック、最適通信方式選定、受信側での選択通信方式の検出の3ステップをとる。本研究では最適通信方式

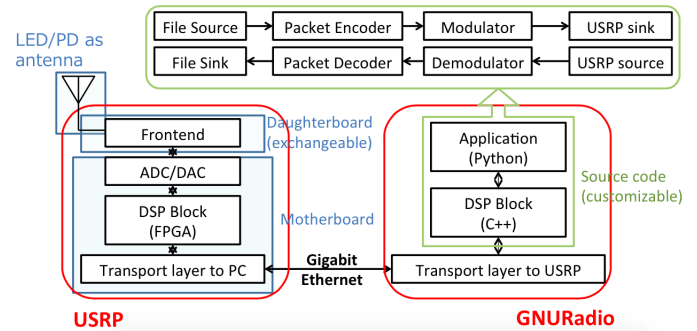


図1: 実験システム構成

の選定および受信側での検出に関して特に可視光移動体通信の1対多のシステムに最適な手法を提案する。

2.1 伝搬環境情報フィードバック

適応伝送を行うには、まず伝搬環境情報を測定し共有する必要がある。提案手法においては上下の伝搬環境を同じと仮定した制御を行うこととする。

2.2 最適通信方式選定

切り替え基準パラメータ、そして通信方式において変化させる変数パラメータを選択する。変数パラメータについては選択肢が非常に多く、サブキャリアの配置・数、変調方式、送信電力、符号多重数、空間多重数などが挙げられる。本手法では切替基準パラメータとしてはSNR閾値、変数パラメータとして変調方式とサブキャリア配置を採用した。

2.3 受信側での使用通信方式検出

最後に、送信側が決定した通信方式を受信側が検出する必要がある。現段階では双方向通信を前提とした伝搬環境情報および通信方式情報をデータフレームに付加することにより通信方式を共有して通信確立するものが主流であり、本システムでもこれに倣う。

3 評価

実装・評価ツールとしてはソフトウェア無線設計ツールであるGNURadioを用いてソフトウェアを実装し、USRPを用いて実際の通信を行った。現段階では、図1に示すシステム構成によりUSRPを用いた可視光通信を確立している。LEDを用いて電気/光の変換を行い、フォトダイオードを用いて光/電気の変換を行うことで通信媒体以外は通常の無線通信と同じメカニズムで実現できることから、既存の通信方式との親和性はとても

Study on Adaptive Modulation of Visible Light Communication with Software Defined Radio
†Hayato KATAYAMA †Takahiro YAKOH
†Keio University

高い。1MHzの搬送波に±100kHzの正弦波をのせて通信した際の、Line of Sight(LOS)経路上を障害物で遮った場合と遮らなかった場合のスペクトラムを図2に示した。通信距離は20cmである。この図より、信号と雑音のパワースペクトルからSN比を求めると20dBとなり、近距離の場合は非常に雑音が少ない環境であることがわかる。現段階ではこのSN比を計測するまでしか至っていないが、この値をパラメータとしたプログラムの実装を進めている。

また、図3はPC～USRPのEthernetを介してバーストを送信するまでの時間を計測したものだが、1.5msの片道遅延が発生している。単純比較はできないもののPC～無線APのRTTは約1.2ms、無線APを介した同ネットワーク上の2マシン間で計測したRTTは50ms程度であることからこの遅延は十分小さいといえる。可視光通信装置を介した2マシン間の遅延を計測し評価を行うことが今後必要となってくる。

本実験システムの最大スループットについて計算した。ドーターボードLFRX/LFTXの帯域が0～30MHz、USRPN210内のADC/DACの処理能力が100MS/s、さらにGigabitEthernetのホストサンプルレートが25MS/s(@16-bit I/Q)である。一方LED/PD駆動回路の処理可能帯域が0.1MHz～10MHzであるため、この駆動回路の処理能力が装置全体の処理能力となる。10MHzの帯域を全て使い4PSKで変調を行った場合は20Mbpsの通信が実現できる。

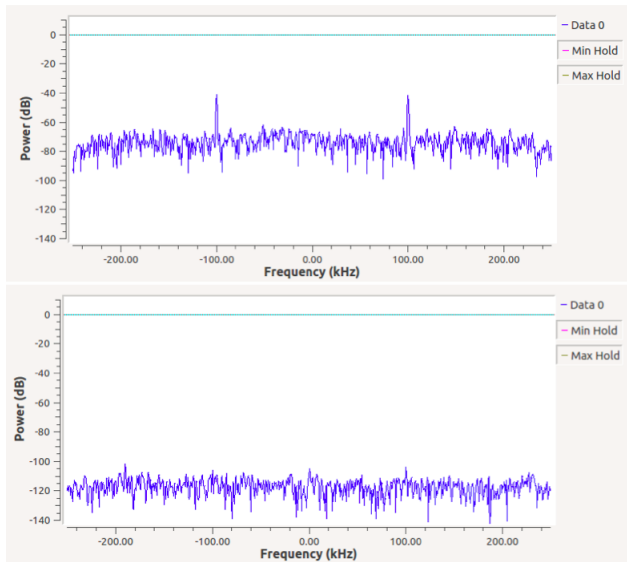


図2: 受信スペクトラム:通信路障害なし(上)・あり(下)

4 まとめと展望

本研究ではソフトウェア制御による可視光通信システムを構築し、20Mbpsの通信を確立した。

順次環境変化に対し適応変調を行うことができるソ

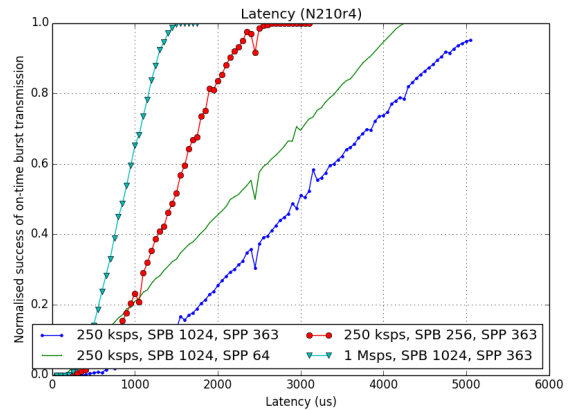


図3: USRP-PC間の遅延

フトウェアを実装していく予定である。また、切り替えパラメータのSNRに関して、受信機の性能によって同じ信号を受信しても誤り率が異なるため、最適なSNR閾値もそれぞれ異なるという課題がある。従って誤りが起きたかどうかの判定をCRCを用いて行うことでSNR閾値自体を制御することも検討する。可視光通信の特性とプロトコルの自由度を活かし、WiFiやITSの補佐的な役割のみならず様々な応用先を見据えた汎用性の高い実時間通信システム構築を目指す。

謝辞

本研究はJSPS科研費24300086の助成を受けたものである。

参考文献

- [1] Telefonaktiebolaget LM Ericsson. Erricsson mobility report ;On the pulse of the networked society, 2014. <http://www.ericsson.com/res/docs/2014/ericsson-mobility-report-june-2014.pdf>.
- [2] M.B. Rahaim, A.M. Vegni, and T.D.C. Little. A hybrid radio frequency and broadcast visible light communication system. In *GLOBECOM Workshops (GC Wkshps), 2011 IEEE*, pp. 792–796, Dec 2011.
- [3] M. Akanegawa, Y. Tanaka, and M. Nakagawa. Basic study on traffic information system using led traffic lights. *Intelligent Transportation Systems, IEEE Transactions on*, Vol. 2, No. 4, pp. 197–203, Dec 2001.