

反射光を利用した可視光通信装置の性能評価

村田 拓磨[†], 才田 聡子[†]

北九州工業高等専門学校[†]

1. はじめに

近年, 高速明滅可能な LED が登場し, LED の光に信号を重ねさせ伝送する可視光通信が提案された. これは可視光を用いた無線通信で, 通信範囲が目視できるというこれまでにない特徴を持った通信手段である. 電波とは異なる通信手段のためその標準化への活動があり, 2007 年に社団法人電子情報技術産業協会(JEITA)によって可視光を媒体とする通信規格「可視光通信システム」(CP-1221)が制定された.

可視光通信に関連する開発研究では既存の照明器具に取り付け可能なデバイスの開発[1]や, 水中での無線通信[2], 交通機関へ利用した自動運転のサポート[3]等が提案されている.

これらの先行研究の課題として, 太陽光など背景光との区別があげられる[4]. また, 家庭用照明器具に取り付ける場合は, 照明光を直接受信できる場所であれば信号を受信できないという問題があり, 現在普及している WiFi と置き換えるのは難しい. また, 蛍光体を励起させるタイプの白色 LED は, LED の点滅速度に蛍光体が追いつかないため高速化が難しいという問題がある.

2. 目的

可視光は光を外に漏らさなければデータの機密性に優れ, 他の周波数帯の電波との干渉が無いという利点がある. しかし, 従来の研究では直接光を用いて通信していたため, 同じ部屋内でも通信できない場所があった. 本研究では可視光通信の通信範囲の狭さに着目し, 反射光からの受信性能を検証し, 部屋内における通信精度および通信可能範囲の向上を目指す.

3. 研究の方法

3.1 構成

本研究では照明設備に直接取り付け可視光通信装置を想定する. 実機を図 1 に示す. 送信するデータは PC から FPGA へ送り, それを可視光通信用に符号化し LED を点滅させる. 受信機側は, Photo Diode(PD)を用いた受光回路で受信した信号をレベルシフト回路経由で FPGA に取り込み復号する. 受信した信号は PC により正しく受信したことを確認する. PC-FPGA 間は TeraTerm を用いて RS-232C で通信する.

試作のため LED は小型のもので代用しているが, 今後は部屋全体を照らすより高出力のものを扱う予定である. FPGA は Spartan-3A スターターキット(Xilinx 社製), LED は LDA7N-H(東芝製), PD は LEC-RP SM1C-E(アウトスタ

ンディングテクノロジー社製)を用いた.

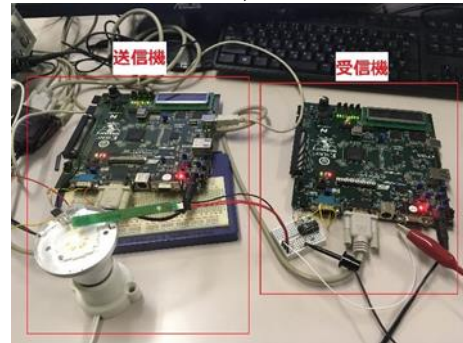


図 1. 可視光通信システム実機

3.2 符号化

本研究では, 4B5B 符号化を用いて信号の符号化を行った. 4B5B 符号化を用いた信号の送受信については立花ら(2012)による研究が先行研究としてあげられる[5]. 変換後は 0 または 1 の連続が 3bit 以下となるように設計されているため, 可視光通信に用いることで照明のちらつきを抑えることが期待できる.

4B5B 符号化により符号化前後でデータ量が変化するが, 符号化後のクロックを符号化前のクロックの 5/4 倍にすることで対応させる.

3.3 点滅回路

LED の点滅回路を図 2 に示す. 家庭用 LED 照明 LDA7N-H の内部回路と LED の間に FET を挿入してスイッチング回路を作り, Spartan-3A からの信号で点滅させる. FET は BSP149 を用いた.

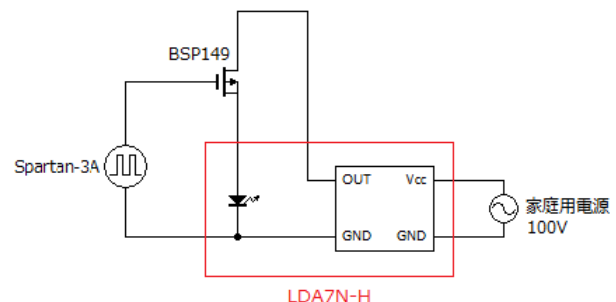


図 2. LED 点滅回路

3.4 評価方法

本研究では以下の 2 つの評価を行う.

(i). 製作した装置の評価

次の 3 段階の方法で製作した装置を評価する.

① FPGA 間の通信機能の評価

装置の通信機能が正常であるか確認するため 2 つの FPGA をケーブルで直接接続し通信を行う. 受信信号は TeraTerm で確認する.

② LED 明滅速度の評価

使用する LED の最高動作周波数を確認する。
FPGA から LED へ信号を送信し、伝送速度を上げたときの LED 電位の変化をオシロスコープで読み取り動作周波数进行评估する。

③ 受信回路の評価

受信した光信号の強度による受信回路の性能进行评估する。受光回路の信号強度をオシロスコープで確認し、復元可能な PC から TeraTerm で確認する。

(ii). 通信精度の評価

製作した装置を用いてデータを送受信し、元データと比較することで誤り率を求め通信精度の評価を行う。データはランダムに生成した 4KB のテキストファイルとし、伝送速度を上げたときの変化を確認する。

①直接ケーブルで接続②直接光③反射光の3通りの通信を行う。

4. 結果とまとめ

4.1 ケーブルで接続された FPGA 間の通信

FPGA 間を直接ケーブルで接続し正しく信号が送信できているかを確認する。図 3 の内容のテキストファイルを送信した結果を図 4 に示す。信号の変調/復号は正しくできていることが確認できた。

```
Teraterm Teraterm
ABCD!!
```

図 3. 送信メッセージ

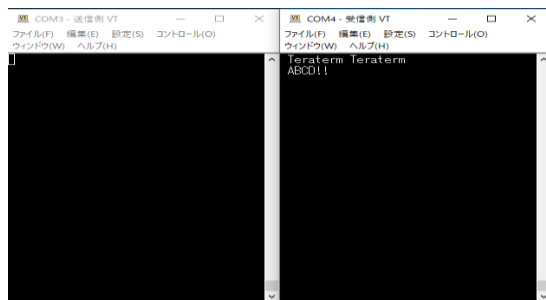


図 4. FPGA 間の通信結果

4.2 光信号の受信

伝送速度 9600bps で送信し、LED の至近距離から PD で信号を受信した結果図 5 のような波形が得られた。送信した信号と同じ信号を取り出すことができた。一方で受信信号が 100mV 以下と低いため信号を復号することができず、目視での確認のみとなった。



図 5. 直接光による受信信号

同様に反射光を受信した結果を図 6 に示す。反射光の信号が弱く期待した結果を得ることができなかった。そ

こで、次に FET の挙動が正常に動作しているか検査した。

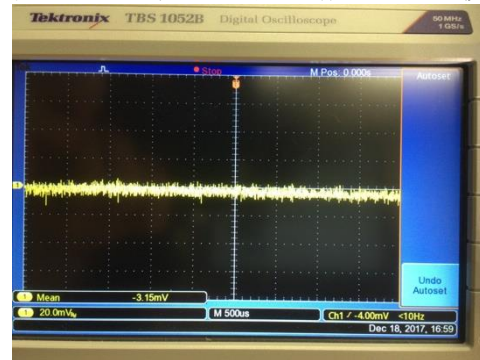


図 6. 反射光による受信信号

4.3 FET の ON/OFF 時の挙動について

FET を用いて LED を ON/OFF させたときの電流値は表 1 のような結果になった。OFF 時にもわずかに電流が流れてしまい、LED を完全に消灯できていなかった。BSP149 のカットオフ電流は本来 0.1μA であるため OFF 時の挙動は異常であるといえる。

表 1. FET を ON/OFF したときの電流値

ON 時	OFF 時
0.17A	8mA

4.4 まとめ

本研究ではこれまでに、信号を変調/復調し 4B5B に符号化/復号化し、ケーブルによる直接接続では FPGA 間の通信に成功した。一方で光信号の送受信では受信信号が弱く、信号を復号することができなかった。信号の復号を行うためには新たにフィルタ回路を設け 0 と 1 の判別を行った後、信号を増幅する必要がある。

また、この装置を用いて反射光を受光した結果、信号を確認することができなかった。原因として以下の 2 つが考えられる。

- (1) FET が OFF 時にもわずかに電流が流れてしまい、LED が完全に消灯していなかった。
- (2) 壁を反射した光がさらに反射していくことによって信号がかき消されていた。

(1)が原因であれば、使用した LED の内部回路に原因があると考えている。別の LED を使用し信号を送信した結果を本発表で報告する。

参考文献

- [1] 上野秀樹, 佐藤義之, 片岡淳, “可視光 ID システム”, 東芝レビュー Vol.62, No.5, pp.44-47, 2007
- [2] 浅沼市男, 宗山敬, “海洋レーザ観測装置の基礎実験について”, 海洋科学技術センター試験研究報告, pp.125-140, Mar.1990
- [3] 李曜廷, “イメージセンサによる新しい車車間可視光通信”, 慶応義塾大学大学院システムデザイン・マネジメント工学科修士論文, March.2014
- [4] 杉山英充, 春山真一郎, 中川正雄, “可視光通信に適した変調方式の実験的検討”, 信学技報, vol. 105, no. 76, OCS2005-19, pp. 43-48, 2005 年 5 月.
- [5] プログラマブル LSI による高速可視光通信システム用 4B/5B CODEC に関する研究, 立花 裕也, 藤本 暢宏, 近畿大学工学部研究報告 No.46, pp.55-59, 2012 年