

様式（2a） 学修総まとめ科目 成果の要旨

学校名	北九州工業高等専門学校	専攻名	専攻科生産デザイン工学専攻
専攻分野名称	工学	専攻の区分	電気電子工学
氏 名	村田 拓磨	学籍番号	S1631
テーマ名	反射光を利用した可視光通信		
指導教員名	才田 聡子	指導補助教員名	秋本 高明, 松久保 潤

（1）背景

近年、高速明滅可能な LED が登場し、LED の光に信号を重畳させ伝送する可視光通信が提案された。電波とは異なる通信手段であるためその標準化への活動があり、2007 年に中川らを中心とした可視光通信コンソーシアム (VLCC) の標準化案をもとに、社団法人電子技術産業協会 (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や、水中での無線通信、交通機関へ利用した自動運転のサポート等が提案されている。

可視光通信は光を外に漏らさなければデータの機密性に優れ、異なる周波数帯である電波との干渉が無い。一方で、太陽光など背景光との区別や、家庭用照明器具に取り付ける場合は照明からの直接光で通信するため通信範囲が制限されるという課題がある。そのため、現在普及している無線通信手段を可視光通信と置き換えるのは難しい状況である。また、可視光通信が必要とされる場面では電波の使用が好ましくないことが想定されるため、双方向通信の実現についても課題として挙げられている。

（2）目的

従来の研究では直接光を用いて通信していたため、照明光で通信を行う場合は同じ部屋内でも通信できない場所があった。本研究では専用の装置を製作し反射光からの受信性能を検証する。本研究の検証結果から屋内における通信精度の向上及び通信可能範囲の拡大のために取り組まねばならない課題を明確にする。

（3）手法・手段

図 1 に可視光通信システムの構成図を示す。送信機で送信するデータは PC から RS232C で送信機側の FPGA へ送り、それを可視光通信用に符号化・変調し LED を点滅させる。受信機側は、Photo Diode (PD) を用いた受光回路によって光を受信し RS232C インターフェース IC を用いて信号レベルを変換、FPGA で復号化し信号を取り出す。本システムは調歩同期式である。受信したデータは受信機側の FPGA から PC へ RS232C で送信するため、PC 上で確認できる。本研究では 4B5B 符号化を用いて信号の符号化を行う。この符号化を用いた先行研究について立花ら (2012) の研究があげられる。変換後は 0 又は 1 の連続が 3 ビット以下となるため照明のちらつきや明るさの現象を抑える効果が期待できる。

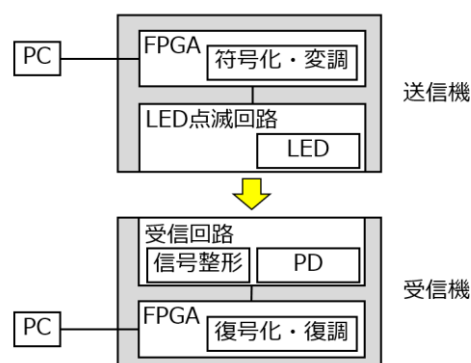


図 1. 可視光通信システム構成図

（4）内容

図 1 の構成に従い FPGA のプログラミングと各回路の設計を行った。製作した LED 点滅回路を図 2 に示す。LED チップの OSM5XNE3C1S を FET で点滅させる。FET のゲート入力 は FPGA からの可視光通信用に符号化・変調された信号である。受信回路を図 3 に示す。PD に LEC-RP0508B を用い、受信した信号を RS232C インターフェース IC の ADM3202ANZ で変換し、FPGA で読み取る。ここで R_{d1}

は、値が小さいと受信感度(V_{t1})が弱くなるという問題がある。一方で、値が大きいとPDの電荷の放出が遅くなり動作周波数が下がる。本研究では次の検証結果から適切な値を実験的に求めた。

製作した装置について、(a)受信精度 (b)受信可能距離 (c)応答速度についての検証を行った。受信精度の検証方法は、本装置を用いてPCから4KBのテキストファイルを送受信しビット単位で精度[%]を求める。受信可能距離の検証では、信号の受信が可能な光源からPDまでの最大距離を求める。応答速度の検証では、送信機を任意の周波数で駆動させ図2と図3の回路の最大伝送速度を求める。それぞれの評価における通信方法は、①直接ケーブルで接続した場合②直接光による通信③反射光を利用した通信の3通り行った。

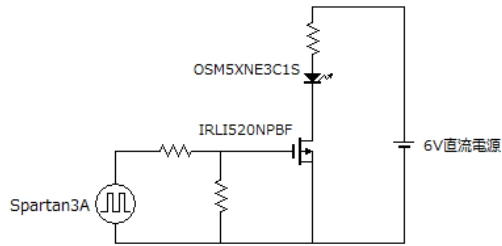


図 2. LED 点滅回路

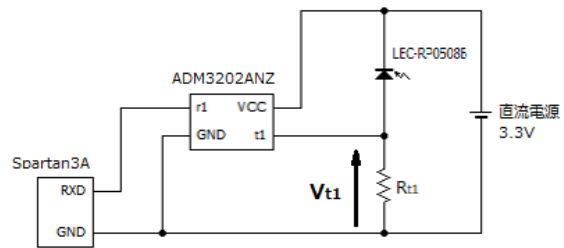


図 3. 受信回路

(5) 得られた結果と考察・将来展望

検証結果のまとめを表1に示す。276480[bps]以下の伝送速度においてケーブルで接続した場合と反射光による通信精度に有意な差は見られなかった。一方で、552960[bps]の速度では反射光の受信精度が大幅に低下した。反射光は受信信号が減衰しており、 R_{t1} を高く設定する必要がある。そのため、伝送速度を上げると信号の復元が追いつかず、受信精度が低下したと考えられる。最大動作周波数の検証結果は直接光に比べて反射光の速度が落ちたが、同様に原因は R_{t1} が高いためだと考えられる。受信信号を増幅するといった方法で R_{t1} の値を下げるのが課題となった。また、図2のLED点滅回路の動作速度は2.2[MHz]程度だが、装置全体の動作速度は点滅回路の動作速度よりも遅い。原因として、本システムで利用されているRS232C通信規格が低速であるため速度が伸びなかったと考えている。さらなる高速化のためには別の通信規格の検討が必要である。本研究では図1の構成をもとに装置を製作した。そのため、現時点でも短距離であれば、可視光通信によってPC等の端末からデータを送受信できる。最終的には、送信機を1つの家庭用照明として既存の設備に取り付け可能な装置として、受信機はPCのUSBポート等に取り付けられる子機としての利用を想定している。最終目標に向けた課題に関して(1)FPGAと各回路の小型化(2)送信機をAC100[V]で駆動させるということが挙げられる。

表 1. 検証結果のまとめ

	ケーブル接続	直接光	反射光
R_{t1} 抵抗値[k Ω]		8	22
受信精度(11520[bps])	100.0000[%]	100.0000[%]	100.0000[%]
受信精度(138240[bps])	100.0000[%]	100.0000[%]	100.0000[%]
受信精度(276480[bps])	100.0000[%]	100.0000[%]	100.0000[%]
受信精度(552960[bps])	100.0000[%]	100.0000[%]	76.7120[%]
最大受信距離[cm]		4.8	7.2
LED点滅回路の最大動作周波数[MHz]		2.2	
装置全体の最大動作周波数[MHz]		1.0	0.2