可視光を利用したワイヤレス通信の検討

日大生産工(院)　○ 津島　智泰
日大生産工　　田中　將義

1.　はじめに

近年ではパーソナル端末などに広くワイヤレス通信が利用されている。ワイヤレス通信はケーブルを接続する必要がなく、離れていても通信できるというメリットがある。

実際に利用されているワイヤレス通信の多くは電波を利用したものである。電波を利用したワイヤレス通信は、通信端末同士が直視できなくても通信することができ、便利である反面、通信エリアが目に見えず意図した端末以外にも電波が到達するために，漏洩等の通信の安全性に問題がある。そこで、安全性の向上を目指して，通信の可視化が可能であり、カーテンなどの遮光物を用いれば簡単に遮断できる可視光を用いたワイヤレス通信システムの実現性を検討した。

2.　検討システムの概要

伝送信号を LED に印加し、LED は電気信号を光の ON と OFF に変換して伝送する。受光回路は光源から出た可視光を受光素子を用いて電気信号に変換する。受信した光の強度が弱く、得られる電気信号は非常に微弱で雑音などの影響により波形が劣化する。そこで、この信号を増幅回路を用いて増幅し、波形整形回路を用いて整形し送信波形を復元する。

3.　受光回路の特性

受光素子は光が入射するとそれに応じて、フォトダイオードの逆方向の抵抗値が変化するため、Fig.3 のように直列に接続した負荷抵抗と分圧することで信号を取り出す。

Fig.4 に送受信間の距離を 10cm、送信速度 1.5Mbps としたときの LED による送信波形と受光回路の出力波形を示す。

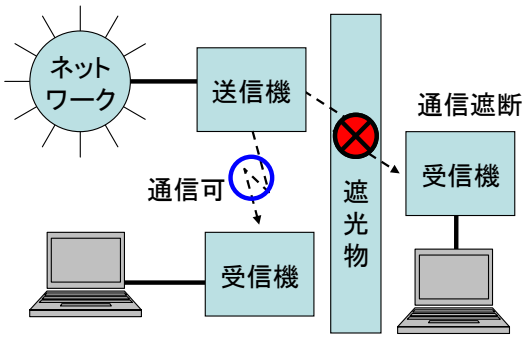

Fig1.　可視光ワイヤレス通信の利用法

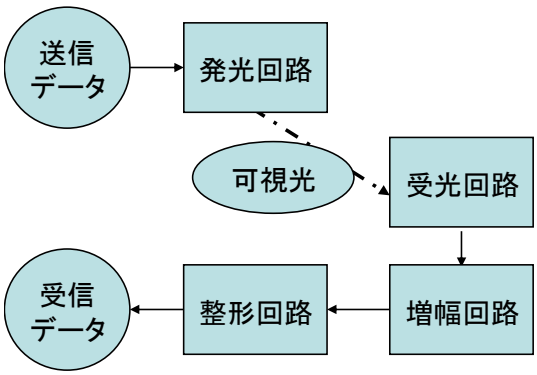

Fig.2　検討システムの構成

A Study on Wireless Communication with Visible Light

Tomoyasu TSUSHIMA and Masayoshi TANAKA

ワイヤレス通信を行うため送信機と受信機との距離は一定とは限らない。Fig.5 は LED に流れる電流を 90mA と一定に保ち、距離を変化させたときの受光回路の出力レベルである。Fig.5 見ると、受信レベルは距離の約-1.35 乗に比例して小さくなっていることがわかり、近似式は

$$V = 323.78 \times x^{-1.3338}$$

となる。つまり、光源が天井付近にあるとして端末が人の胸の高さにあるとすればその距離は約 200cm となり受信レベルは 0.3mV 程度となるため信号として扱うためには 80dB 程度の増幅が必要である。

Fig.6 は距離を 10cm としたとき LED に流れた電流とフォトダイオードの逆方向抵抗の関係を示したものである。

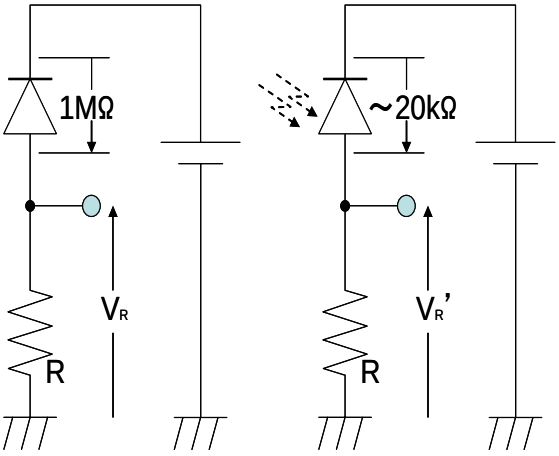

Fig.3　受光回路

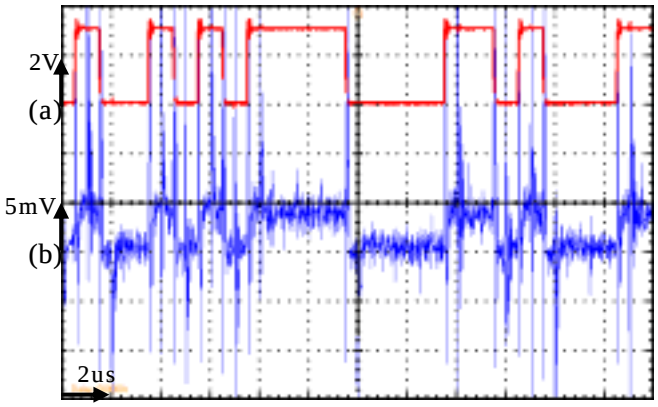

Fig.4　LED 送信波形(a)と
受光素子出力波形(R=1kΩ) (b)

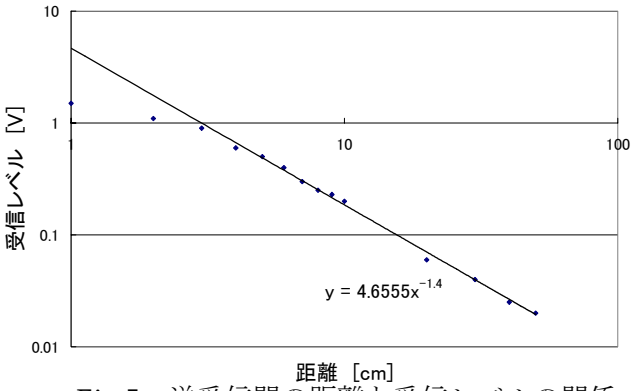

Fig.5　送受信間の距離と受信レベルの関係

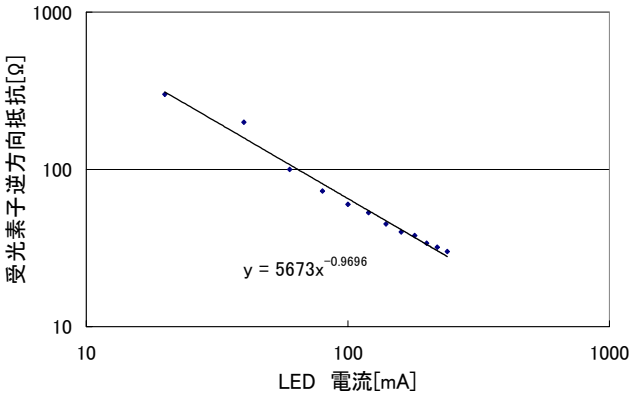

Fig.6　LED 電流―受光素子抵抗特性

4.　増幅回路の特性

今回検討した回路では、増幅回路に演算増幅器（OP アンプ）を利用した。Fig.7 は LED の入力波形と OP アンプの出力波形を比較したものである。ここで、High と Low の判別を可能にするため、OP アンプの増幅率を高くした。そのため、OP アンプの帯域幅が狭くなり出力の立ち上がり時間は 1.2us となった。

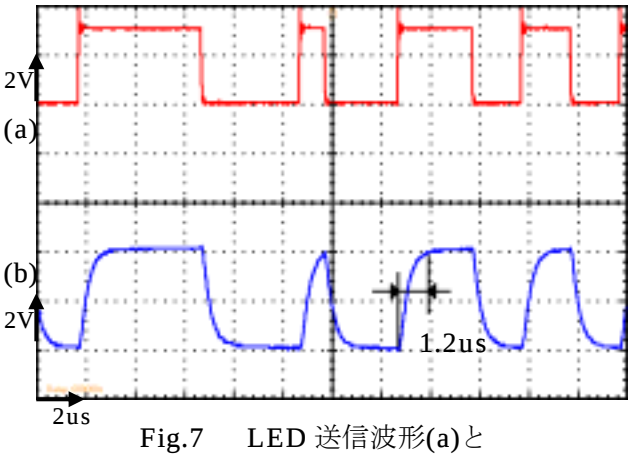

Fig.7　LED 送信波形(a)と
OP アンプ出力波形(b)

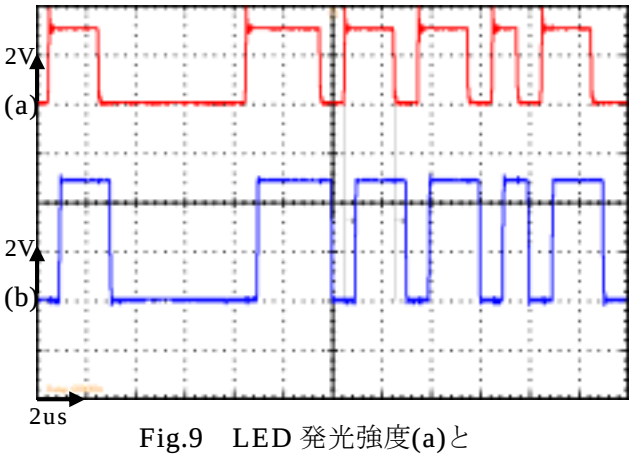

Fig.9　LED 発光強度(a)と
波形整形回路出力波形(b)

5.　波形整形回路の特性

LED に入力した波形と OP アンプから出力される波形を比較すると波形が歪んでいる。これを、整形するために波形整形回路を接続した。今回検討した波形整形回路で整形するためには入力する波形のピーク値が 1.7V より大きい必要がある。そのため、OP アンプでは波形のピーク値が 1.7V を超えるよう増幅した。

OP アンプの出力波形と波形整形回路の出力波形を Fig.8 に示す。波形整形回路の出力波形は、OP アンプの出力波形と比べると OP アンプの出力が 3.6V より大きいとき波形整形回路の出力は High に、1.9V より小さいとき波形整形回路の出力は Low となっている。

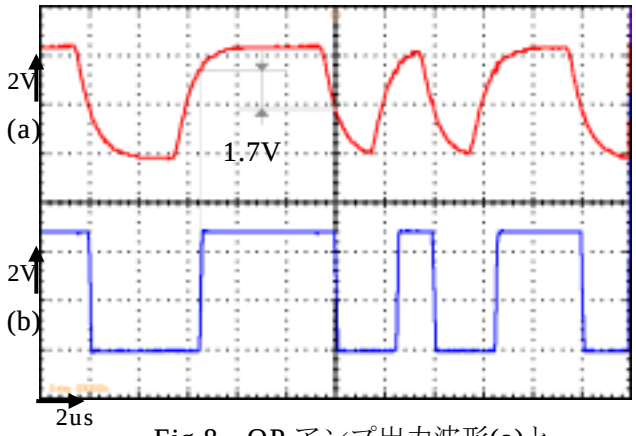

Fig.8　OP アンプ出力波形(a)と
波形整形回路出力波形(b)

6.　検討結果

今回検討した回路では光源と受光回路の距離を 10cm として上記のシステムを用いて伝送実験を行った。外部からの光雑音がないとき 1.5Mbps までは誤りなしで通信可能なことを確認した。Fig.9 には 1.5Mbps で通信したときの送信波形と受信波形を示す。

これを見ると、受信波形は送信波形に比べると 0.4us 遅れているが波形が再現しており、送信誤りはなく、受信できている。

Fig.10 は 1.5Mbps、Fig.11 は 2.5Mbps で送信したときの OP アンプの出力波形のアイパターンである。どちらもはっきりと目が開いている。しかし、Fig.10 では目の開きが波形整形回路で必要な 1.7V 以上のピーク値があるが、Fig.11 では 1.7V に満たないため送信波形が復元されず誤りが発生する。

Fig.12 は 2.5Mbps で送信したときの OP アンプの出力波形と波形整形回路の出力波形である。これを見ると、パルス幅の長いものでは波形が整形されているが、短いものでは OP アンプの帯域幅が狭いため波形整形回路で High となる閾値まで立ち上がる前に立ち下がりが始まっている。そのため、波形整形が行われない。

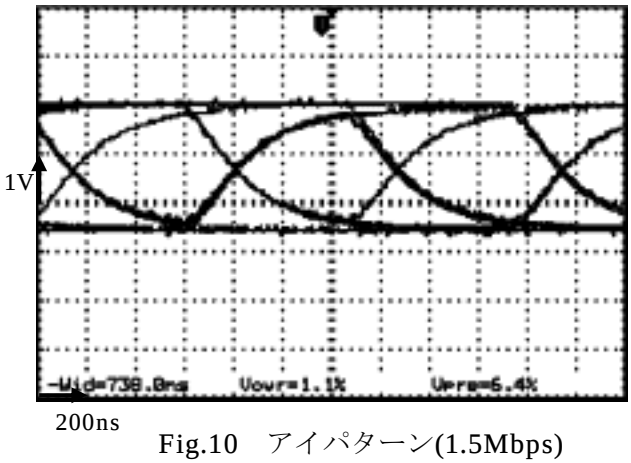

Fig.10　アイパターン(1.5Mbps)

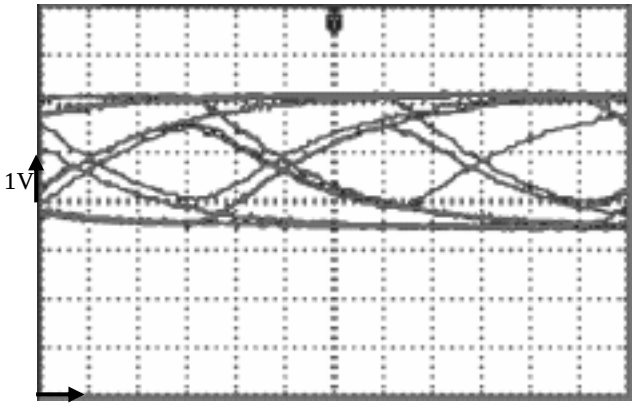

Fig.11　アイパターン(2.5Mbps)

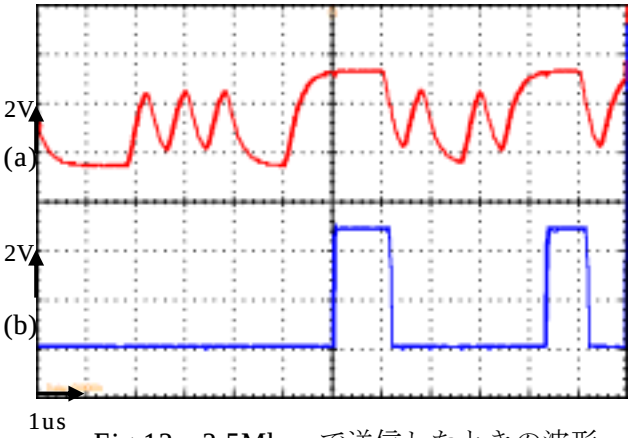

Fig.12　2.5Mbps で送信したときの波形
波形整形回路出力波形(a)と
OP アンプ出力波形(b)

7.　まとめ

今回、送受信間 10cm で、1.5Mbps の可視光通信が実現できることを示した。現状では、より高速な通信を行う場合、OP アンプの帯域幅が狭く波形整形に必要な閾値まで十分な出力が得られない。また、波形の歪みが大きい場合、あるいは雑音によって波形整形回路の閾値付近での波形が安定しないと波形整形回路から出力される波形は送信された波形と異なり伝送誤りが発生する。今後は通信距離の拡大、増幅回路の広帯域化と雑音の影響を抑える方法を検討していく。

参考文献

1)米津宏雄：「光通信素子工学」
2)岡村廸夫：「OP アンプ回路の設計」
3)平成 18 年度　津島智泰　卒業研究論文