

歩行者用LED型交通信号機による光空間通信

Optical Wireless Communications with LED Traffic Light Systems

青山 泰弘*
Yasuhiro AOYAMA

小川 明*
Akira OGAWA

Abstract— This paper is concerned with an optical wireless communication system using LED traffic lights. This system has been developed with the aim at providing a low cost information delivery service for pedestrians, especially for aged or handicapped people. In this system, the light wave emitted from an LED traffic light is modulated by an AM signal in the frequency band for the middle wave broadcast, and received with a commercially available radio set through a simple photo-detecting circuit. We describe the results of field trials in the presence of the sun light using the developed experimental sets of LED transmitter and receiver, which are also described in this paper.

Keywords— Optical Wireless Communications, pedestrian ITS, LED Traffic Light, AM modulation

1 はじめに

本研究は、歩行者用 LED 型交通信号機から発する光を中波 AM 波で光強度変調して音声情報を光空間伝送するものである。歩行者は光検出器と市販の AM ラジオを携帯し、ラジオを信号機からの中波 AM 波の周波数に同調させ、音声情報を得る。すなわち、歩行者が信号機に近付くと、信号機の光波から、光検出回路によって AM 波を取り出し、AM 波を AM ラジオの増幅、検波、復調の機能を利用して音声情報を得る。市販の AM ラジオを使用することで、高齢者や障害者にとってやさしく、低コストで簡便な光空間通信システムを目指し、試作機で実験的に評価する。

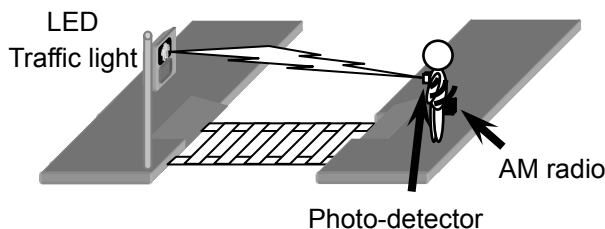


図 1. 光空間通信システム

2 光空間通信システム

図 2 に、今回実験用に試作した光空間通信システムの構成を示す。システムの簡便化及び低コスト化と、信号機に使用される LED 応答速度を考慮して、このシステムでは中波 AM 波を光強度変調することで伝送を行う。

図 2 に示されるように、送信機は信号発生器、LED 駆動回路、そして実際の交差点で利用されている歩行者用 LED 型交通信号機と同じ交通信号機で構成され、受信機は、レンズ付き PIN-Photodiode(以下 PD)、変調光検出回路、そして市販の中波放送用 AM ラジオで構成される。

以下に各回路を説明する。

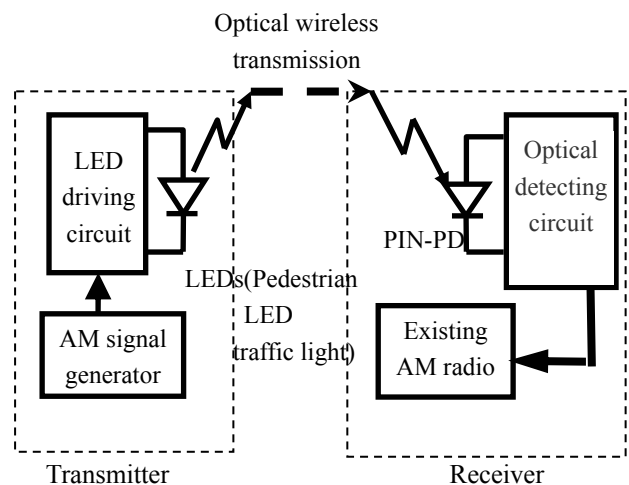


図 2. 光空間通信システムの構成

2.1 LED 駆動回路

LED 駆動回路で LED はトランジスタのコレクタ部に接続される。これらの LED に直流バイアス電流を流し、中波 AM 波を被変調信号とし強度変調することで、AM 波は光強度変調波として空間伝送される。

実際の LED 型交通信号機に接続されている LED は、全てプリント基板に直接接続されているために加工は難しい。そこで、全ての LED を 1 個のトランジスタで駆動させる。このようにすることにより、簡便か

* 名城大学大学院 理工学研究科 情報科学専攻
〒468-8502 愛知県名古屋市中天白区塩釜口 1-501
Department of Information Science, Graduate School of Science and
Technology, Meijo University 1-501
Shiogamaguchi Tenpaku-ku Nagoya 468-8502, Japan.
E-mail for Aoyama: m0532001@cmail.meijo-u.ac.jp
E-mail for Ogawa: aogawa@cmmfs.meijo-u.ac.jp

つ低コストに LED 駆動回路を構成することができる。ただし、トランジスタには並列分に相当する電流を流す必要があるため、容量の大きいパワートランジスタを用いている。

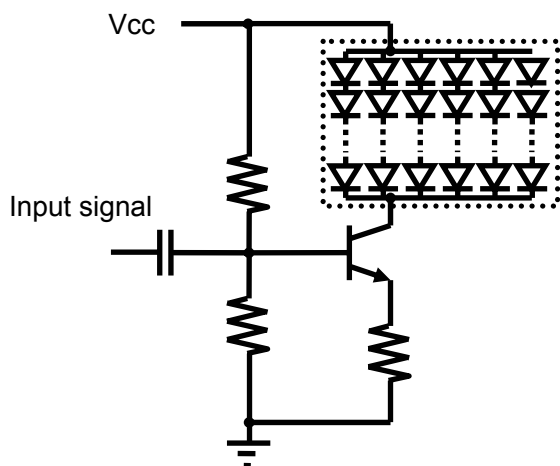


図 3. LED 駆動回路

LED 型交通信号機を用いて、図 3 の LED 駆動回路に無変調の搬送波(0.1-10MHz)を入力して LED を光強度変調させて空間伝送する。その光強度変調波を光レベルメータで測定することで LED 駆動回路の周波数特性を求める。ここで縦軸に示される正規化値(Normalized level)は、搬送波周波数が 0.5MHz のときを基準に正規化した値である。

図 4 より 4MHz を超えると急激に特性が劣化していることがわかる。このことから、LED を用いたシステムでは 4MHz までが実用範囲であるといえ、中波 AM 波を採用したひとつの理由となっている。

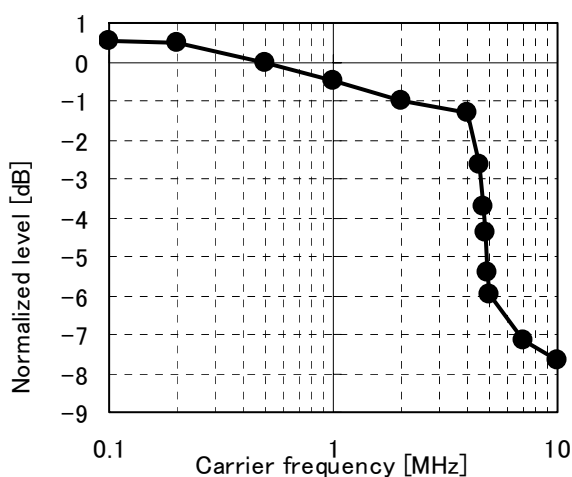


図 4. LED 駆動回路の周波数特性^[1]

2.2 変調光検出回路

変調光検出回路では、中波 AM 波の光強度変調波を PD で検出し電気信号に変換する。PD より出力される信号は非常に微弱であるために増幅し、エミッタフォロワを介して中波 AM 波を得る。

変調光検出回路の構成を図 5 に示す。ここでトランジスタ Tr_1 が AM 波を増幅する。 Tr_2 がエミッタフォロワであり、これはインピーダンス変換を行うと共に AM ラジオ内の増幅器との相互干渉を無くすバッファとして用いる。

以降、この変調光検出回路を内蔵した試作筐体を光検出器と呼ぶ。

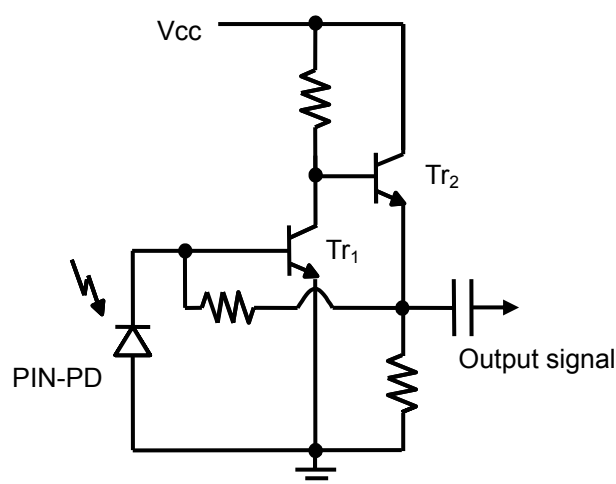


図 5. 変調光検出回路

3 実環境下での光空間通信システムの特性評価

信号発生器により生成した、搬送波周波数 531kHz、変調周波数 1kHz の AM 波を光強度変調により光空間伝送する。変調光を光検出器にて検出し、AM 波として出力する。この AM 波をそのまま AM ラジオに入力し、その音声出力の S/N を、伝送距離を変えて測定して音声出力の S/N 特性を求めた。

ここで測定される雑音には、太陽光および受信回路で発生する雑音が含まれる。S/N は以下に示す測定方法により求めた。

まず、上記の AM 波を同様に空間伝送する。それを検出し、光検出器からの出力を AM ラジオに入力し、ラジオの音声出力を、RMS 電圧計を用いて電圧測定を行う。この場合、ラジオから出力される音声出力は、信号に雑音を加わったもの($S+N_1$)である。

次に同レベルの 531kHz の搬送波のみの無変調信号を生成し、同様に測定する。この場合、無変調信号であるため、音声出力は雑音(N_2)のみとなる。

以上より、雑音が加法的で、 N_1 と N_2 が等しいとして、以下の式で S/N を求める。

$$S/N = 20 \log_{10} \left(\frac{(S + N_1) - N_2}{N_2} \right)$$

S:信号 N_1, N_2 :雑音

3.1 評価条件

実際の交差点で使用されている LED 型交通信号機と光検出器，AM ラジオを用いて光空間通信システムの，伝送距離に対するラジオの音声出力の S/N について特性評価を行った．この特性を以下，伝送距離特性と呼ぶ．

評価条件を表 1，送受信機の配置図を図 6，光空間通信システムの特性を測定したブロックダイアグラムを図 7 に示す．

表 1. 評価条件

信号機-光検出器間の距離	3,5,10,15,20[m]
AM 変調度	80[%]
歩行者用 LED 型交通信号機駆動電圧	80[V]
搬送波周波数	531[kHz]
変調周波数	1[kHz]
AM 波の搬送波電圧	0.5[Vrms]~3[Vrms] (0.5[Vrms]刻み)
LED 色	赤色 (630[nm], $I_F=20$ [mA]時)
送信方向	南に信号機，北に受光器
信号機-光検出器間の高低差	0[m]
周囲光の照度	9 万[Lx] 及び 0[Lx]
光検出器内 PD 位置	L=0~80mm(10mm 刻み)
AM ラジオ	Sony 製 ICF-7600D
PIN-PD	浜松ホトニクス製 φ 7[mm]レンズ付 : S6436
変調光検出回路の入力電圧	単 3 形乾電池 2 本(3[V])

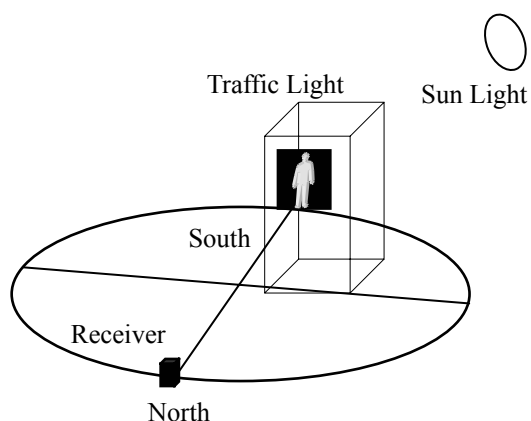


図 6.送受信機配置

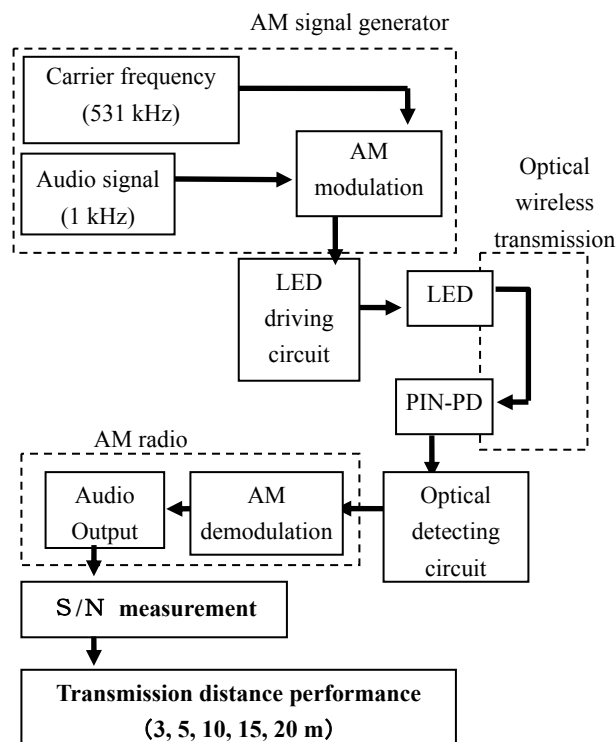


図 7.特性測定ブロックダイアグラム

3.2 伝送距離特性の測定結果

図 8 は，PD を外部に露出した状態(図 9 の L=0[mm] の状態)で測定した場合の伝送距離に対する S/N を示している．周囲光の照度が 9 万[Lx]の場合，全ての距離において S/N は-10[dB]以下となり，このままでは，昼間は実用的でないことがわかった．これを改善するため，まず，ラジオに入力される AM 波に影響を及ぼしている雑音が，光空間伝送中，PD が LED 型交通信号機の光よりも太陽光を多く受けているために発生していると考え，PD が太陽光の影響を受けないように，図 9 のように PD を，光検出器の試作筐体の奥に配置することとした．

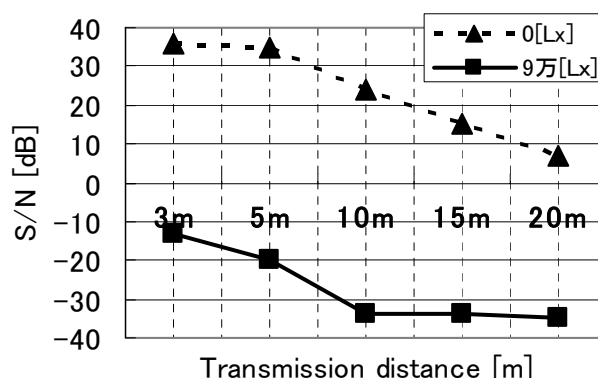


図 8.伝送距離特性(太陽光の影響)

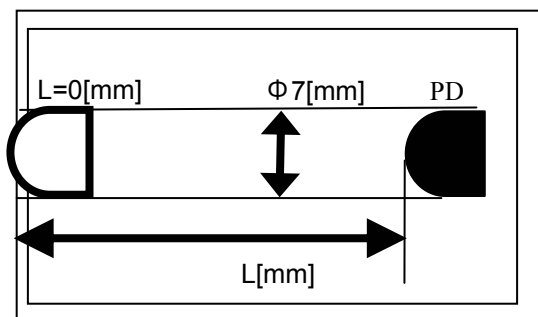


図 9. PD 位置の配置図

3.3 PD 位置調整による伝送距離特性の測定結果

試作管体内で当初 $L=0$ [mm] の位置にあった PD を L [mm] 奥に配置し、表 1 の条件、図 7 のブロックダイヤグラムに示す測定の流れで、位置の調整による伝送距離特性の変化と適正な位置をそれぞれ求めた。

図 10 を見ると PD 位置として適正な位置があり、今回の光空間通信システムで伝送距離 20[m] で最高の S/N が得られたのは、 $L=50$ [mm] のときである。これは、PD が受ける光の量を絞ったため、ピンホールカメラのような特徴を持ち、 $L=50$ [mm] で LED 型交通信号機を対象に、今回の測定距離の範囲内において最適な焦点を取り、 $L=80$ [mm] では 10[m] ~ 20[m] 地点で最適な焦点を取る位置を超えてしまったため、 $L=50$ [mm] より S/N が低下したと考えられる。

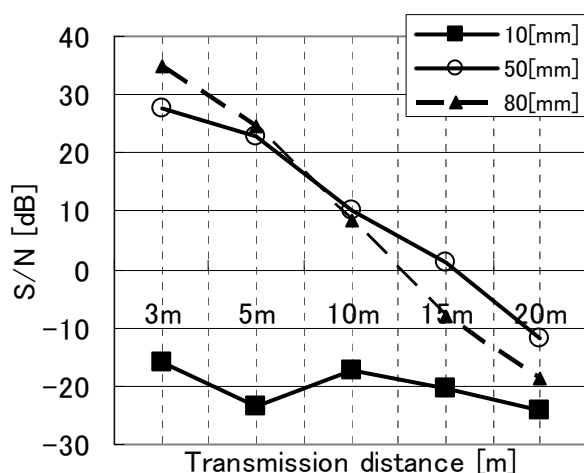


図 10. PD 位置調整の伝送距離特性

3.4 音声信号の調整による伝送距離特性の測定結果

ここまでの伝送距離特性の測定に用いた AM 波の搬送波電圧は 0.5Vrms で使用してきたが、特性を向上させるために、搬送波電圧を調整した場合を測定した。ここで PD 位置は図 10 で最良の特性を示した $L=50$ [mm] に固定して測定した。また、3Vrms を超える

搬送波電圧については、光検出器から出力される AM 波が歪むために測定していない。

図 11 より搬送波電圧に比例して特性が向上していることがわかる。そして、3[Vrms] のとき、LED 型交通信号機から 20m 離れた地点で S/N が 10dB を越えるラジオの音声出力が得られた。

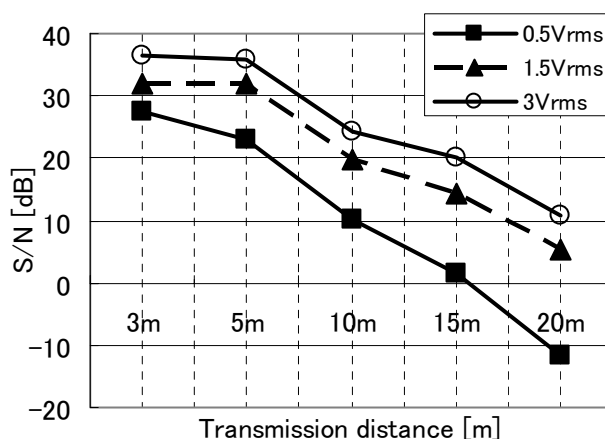


図 11. 搬送波電圧調整の伝送距離特性

4 まとめ

本稿では、LED 型交通信号機を用いた福祉的 PITS に応用可能なシステムを、できるだけ簡便かつ低コストに実現するために、市販の中波 AM 放送用ラジオを用いた光空間通信システムを提案、試作し、実験によりその性能を評価した。

その結果、20m 地点で 10dB 以上の伝送距離特性が得られる見通しが得られた。

今後の課題は、太陽光の影響を更に低減させる方法の提案と、実際の交差点を想定した適正な光検出器の指向性を求める必要がある。

参考文献

- [1] 橋本紘樹, 小川明, "LED 型交通信号機による光空間通信について", 第 27 回情報理論とその応用シンポジウム SITA2004, pp.443-446, 2004-12.