

LED型交通信号機による光空間通信について

Optical wireless communications with LED traffic light systems

橋本 紘樹

Hiroki HASHIMOTO

小川 明*

Akira OGAWA

Abstract— Recently the Light Emitting Diodes (LEDs) have been used for the traffic light systems because of their features such as low power consumption, long life and low temperature generation. If it is possible to distribute information for positioning and security through the traffic light, we can expect to the Pedestrian Intelligent Transport Systems (PITS) for elder or handicapped people. In attempt to realize such a low cost and simple system, this paper proposes an optical wireless communication system in which the light wave is intensity-modulated with amplitude-modulated (AM) signals in the intermediate frequency-band and received with cheap existing radio receivers for AM broadcast signals.

Keywords— LED traffic light systems, optical wireless communications, Pedestrian Intelligent Transport Systems (PITS)

1 はじめに

最近、交通信号機は、従来の電球に代わり LED (発光ダイオード) を使用するようになってきた。これは、LED に低消費電力、長寿命、低発熱といった特徴があるからである。この LED 型交通信号機に、LED の高速応答性を利用した光通信としての機能を付加することができれば、位置や安全などの情報をのせて配信でき、例えば年配者や障害者のための福祉的 PITS (歩行者用高度道路交通システム) などへの応用が期待できる。そこでこのようなシステムを実現するための研究がいくつか行われている[1],[2],[3].

本研究では、システムをできる限り簡単かつ低コストに実現することを狙いとし、また LED 型交通信号機でを使用することを考慮して、図 1 に示されるような既存の中波 AM (振幅変調) 放送用ラジオをそのまま利用したシステムの構築を検討した。これは、中波 AM 波によって LED を光強度変調して伝送し、その変調光を PIN-PD (フォトダイオード) で検出したのち、中波 AM 放送用ラジオに入力して音声情報を得るシステムであり、光 AM 空間通信システムと呼ぶ。

本稿ではこの光 AM 空間通信システムについて述べ、その特性を評価する。

2 光 AM 空間通信システム

図 2 に光 AM 空間通信システムの構成を示す。システムの簡単化及び低コスト化と信号機に使用されている LED の応答速度のことを考慮して、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、送信機は中波 AM 信号発生器と LED 駆動回路で構成され、受信機は変調光検出回路と中波放送用 AM ラジオで構成される。

以下にこれらの回路の詳細を説明する。

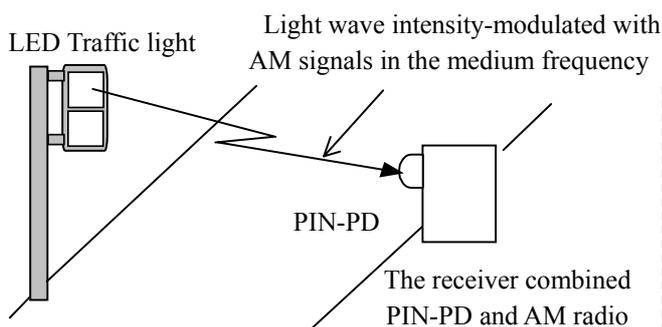


図 1 光 AM 空間通信システム

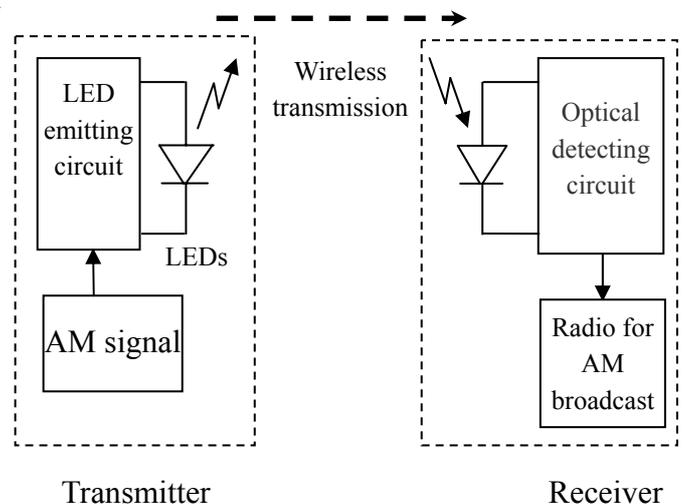


図 2 試作した光 AM 空間通信システム

* 名城大学 理工学研究科 情報科学専攻 〒468-8502 愛知県名古屋
市天白区塩釜口 1-501. Department of Information Sciences, Graduate
School of Science and Technology, Meijo University 1-501
Shiogamaguchi Tenpaku-ku Nagoya 468-8502, Japan.
E-mail for Hashimoto: m0332010@ccmailg.meijo-u.ac.jp
E-mail for Ogawa: aogawa@ccmfs.meijo-u.ac.jp

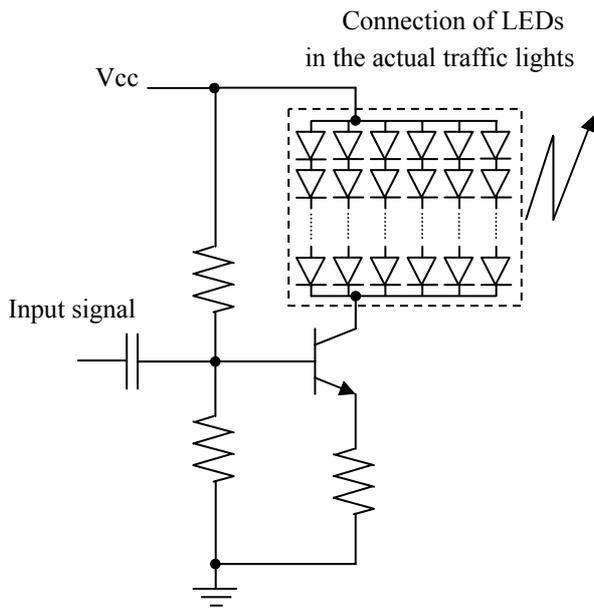


図 3 LED 駆動回路

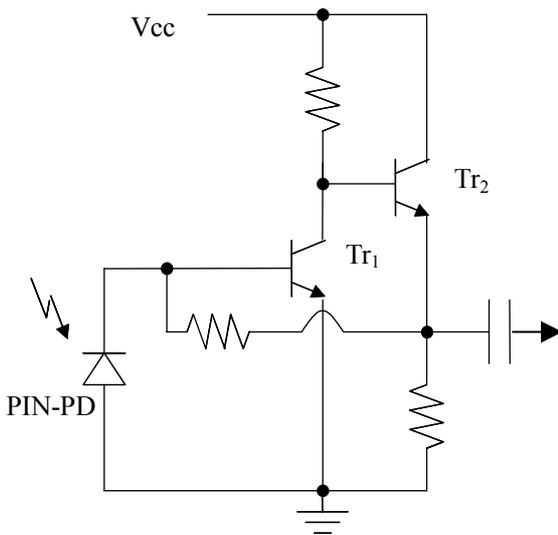


図 4 変調光検出回路

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 被変調信号で強度変調することで、AM 波は光強度変調波として伝送される。

実際の LED 型交通信号機に接続されている LED は、図 3 に示すように、すべての LED が直並列に接続されているために加工は難しい。そこで、すべての 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、簡単かつ低コストに LED 駆動回路を構

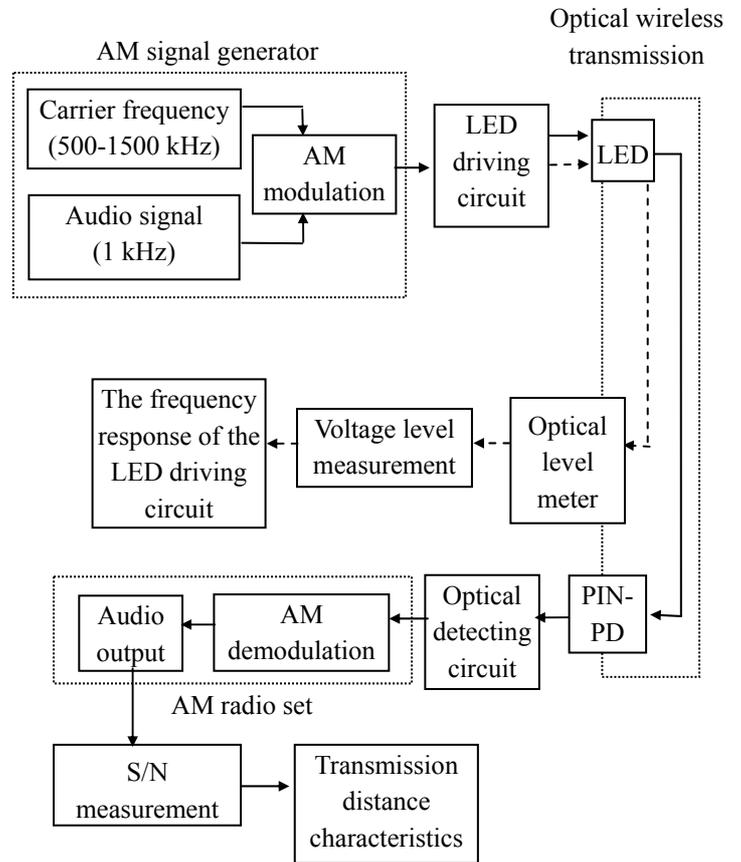


図 5 特性測定ブロックダイアグラム

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。

2.2 変調光検出回路

変調光検出回路では、AM 中波の光強度変調波を PIN-PD で検出し電気信号に変換する。PIN-PD より出力される AM 波は非常に微弱であるため増幅し、さらにエミッタフォロウを介して入力することで音声情報を得る。

変調光検出回路の構成を図 4 に示す。ここでトランジスタ Tr_1 が AM 波を増幅する増幅回路、 Tr_2 がエミッタフォロウであり、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なくすバッファとして用いている。

ここで、AM ラジオは既存のものを改良して、変調光検出回路から出力される AM 波をそのまま入力する。

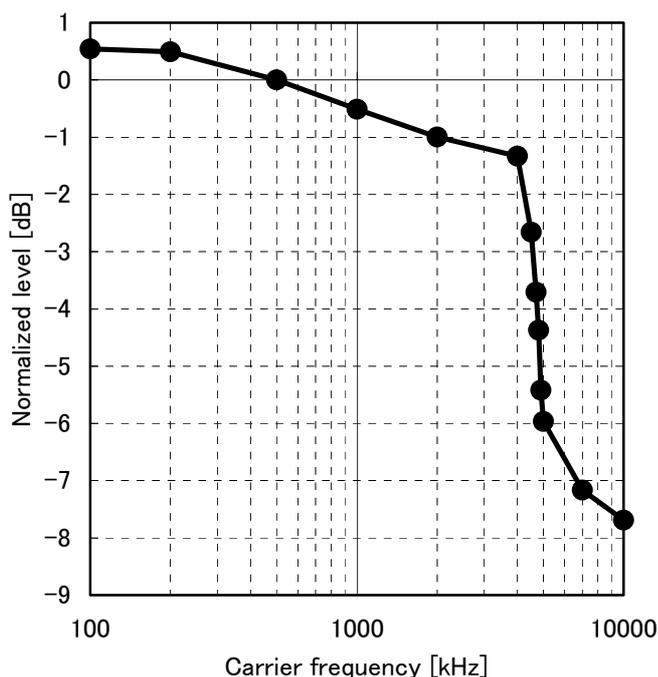


図 6 LED 駆動回路の周波数特性

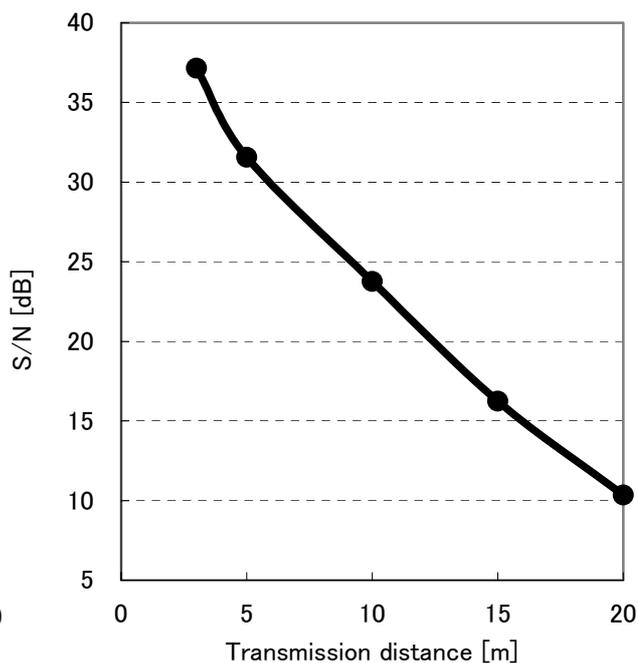


図 7 伝送距離特性

3 特性評価

図 2 の試作した光 AM 空間通信システムについて、LED 駆動回路の周波数特性と受信機の特性を測定した。

これらの測定方法を示したブロックダイアグラムを図 5 に示す。

ここで、今回用いた LED は赤色である。これは、交通信号機に搭載する場合を考えると、赤色の時に注意を促すような情報をのせるほうが歩行者にとっては有効的であると考えたからである。さらに、赤色に対して感度の高い PIN-PD は一般的に安価であるからである。

3.1 LED 駆動回路の周波数特性

LED 型交通信号機を用い、図 3 の LED 駆動回路に無変調の搬送波 (100-10000 kHz) 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た。その結果を図 6 に示す。ここで縦軸に示される正規化値 (Normalized level) とは、搬送波周波数が 500kHz のときを基準に正規化した値である。

図 6 より、4000 kHz を超えると急激に特性が劣化していることから、このシステムでは 4000 kHz までが実用範囲であるといえる。今回の光 AM 空間通信システムでは、AM ラジオをそのまま利用するために中波 AM 放送波の周波数帯域 (500-1600 kHz) を使用する。

図 6 を見ると、2000 kHz の周波数においても 500 kHz との差はおよそ 1 dB と小さい。従って、この帯域内の LED 駆動回路の周波数特性はほぼ一定であり、十分実用可能な特性であることがわかった。

3.2 伝送距離に対するラジオ音声出力の S/N 特性

中波 AM 信号発生器により生成した、搬送波周波数 501kHz、音声信号波周波数 1kHz、変調度 80% の AM 波を、LED 駆動回路の周波数特性を測定したときと同様に光強度変調させて空間伝送する。その光強度変調波を PIN-PD によって検出し、変調光検出回路から出力される AM 波をそのまま AM ラジオに入力し、その音声出力の S/N を各距離において測定することで伝送距離特性を求めた。ここで、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、変調光検出回路からの出力を、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の測定を行う。この場合、ラジオから出力される音声出力は、雑音と信号が加わったものである。

次に、501kHz の搬送波のみの無変調信号を生成して同様に空間伝送する。それを検出し、変調検出回路からの出力を、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の測定を行う。この場合、無変調信号であるため AM ラジオの同調はかかるが、音声出力は雑音のみとなる。

以上より、雑音は加法的であるとすると、AM 波に

よる雑音と信号の加わったものから、搬送波のみの雑音を引くことで信号波が求められ、そこから S/N が求められる。

伝送距離に対するラジオ音声出力の S/N 特性の測定の場合は、試作した受信機を用い、LED は赤色、搬送波周波数は 501kHz、音声信号は 1 kHz、伝送距離は 3, 5, 10, 15, 20 m で、周囲光の無い室内で測定を行った。

図 7 に伝送距離特性を示す。ラジオの音声出力は、実用的には 20dB 以上の S/N が望まれる。図 7 を見ると、10m 地点までは 20dB を超えているため、伝送距離はおよそ 10m 程度であるといえる。

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、できるだけ簡単かつ低コストに実現するために、既存の中波 AM 放送用ラジオを用いた、光 AM 空間通信システムを提案し実験によりその性能を評価した。

その結果、LED 駆動回路の周波数特性は AM 波の周波数帯域ではほぼ一定であり、また 10m 程度の伝送距離であれば実用化の見通しを得た。

今後の課題は、実際の交通信号機で使用することを考えると、20m 程度の伝送距離が必要となる場合がある。そのため、ノイズの影響を低減させるような受信回路を含めた受信機の改良が必要である。

参考文献

- [1] 赤根川雅子, 田中裕一, 中川正雄, “LED 式交通信号機を利用した交通情報提供システムの基礎検討”, 信学技報, 高度交通システム研究会 (ITS2000-8), pp.43-48, May(2000).
- [2] 前原基芳, 赤根川雅子, 田中裕一, 中川正雄, “受信機に追尾機能を用いた LED 式交通信号 灯機による情報システムの特性解析”, 信学技報, 高度交通システム研究会 (ITS2001-2), pp.7-12, May(2001).
- [3] 林靖彦, 福原敏彦, 梅野正義, 村瀬真一, 河野敦史, “信号機を用いた可視光通信の検討”, 信学技報, 情報理論研究会(IT2001-74-101), pp.111-116, Mar. (2002).

LED型交通信号機による 光空間通信について

名城大学 理工学研究科 情報科学専攻
橋本 紘樹 小川 明

・背景 (1)

➤ 交通信号機

- ・電球からLED(発光ダイオード)へ移行

➤ LEDの特徴

- ・長寿命,低発熱,低消費電力
- ・高速応答性(光通信)

LED型交通信号機に光通信の機能を付加



交通整理に加え,光による情報発信装置

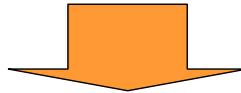
・背景 (2)

➤ 光情報発信システムの応用

- ・ITS目的で利用

PITS(歩行者用高度道路交通システム)

位置情報, 信号機の状態を知らせる

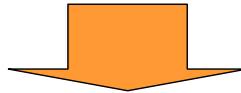


高齢者や障害者に対しても優しい
福祉的PITS

・目的

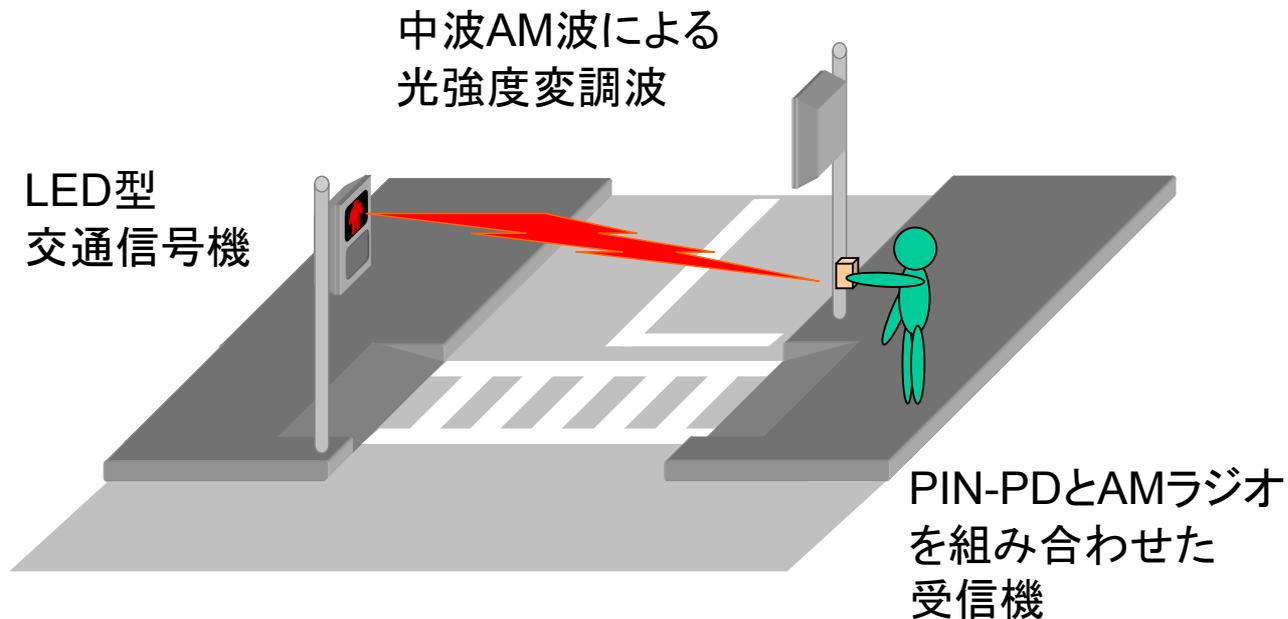
➤ 本研究では

- ・簡単かつ低コストに
光情報発信システムを実現
- ・音声で情報を提供

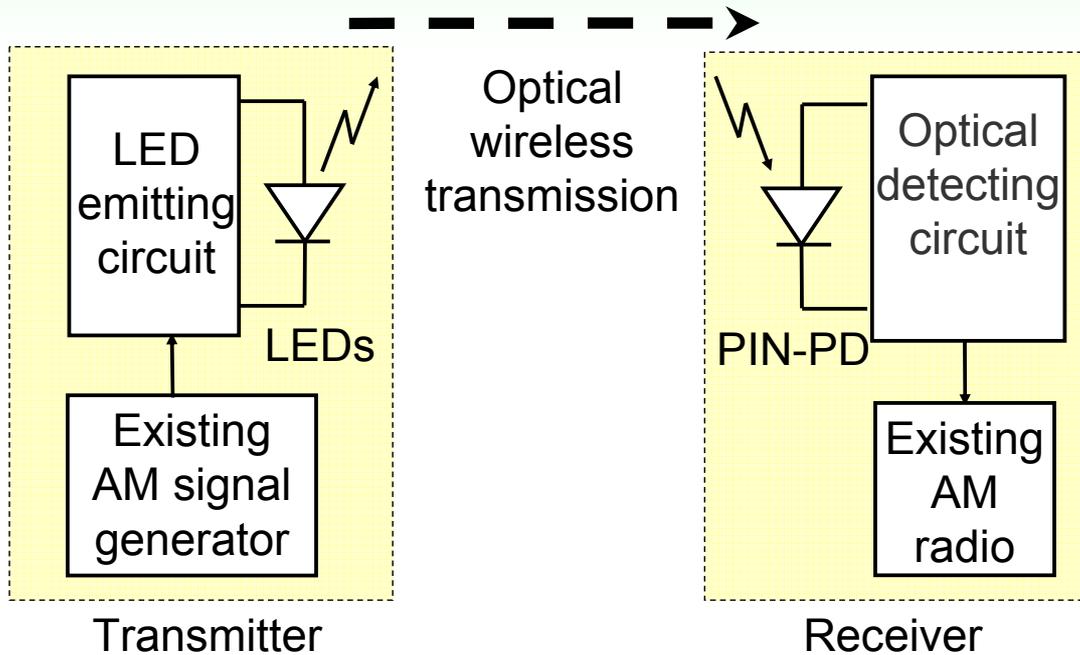


既存の中波AM放送用ラジオを利用した
光AM空間通信システムを試作
→ 実験的に評価

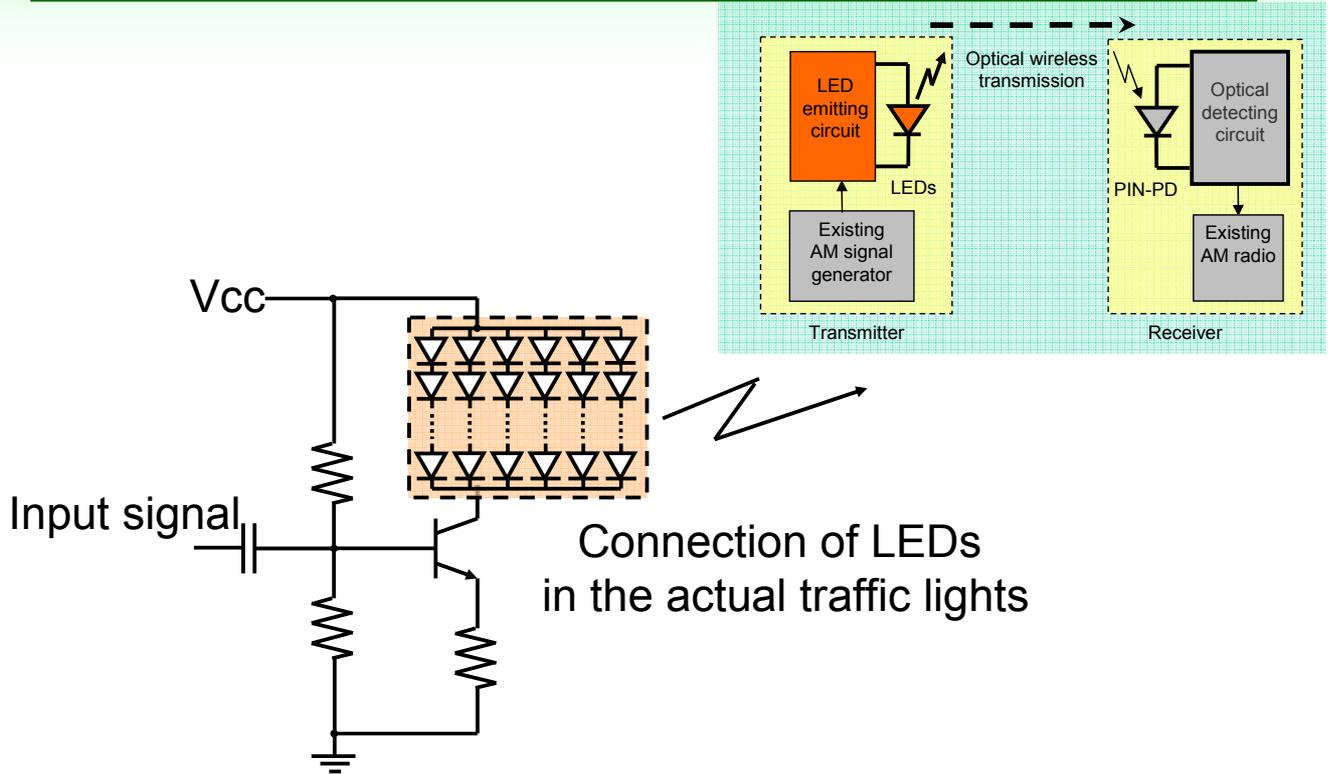
・光AM空間通信システム



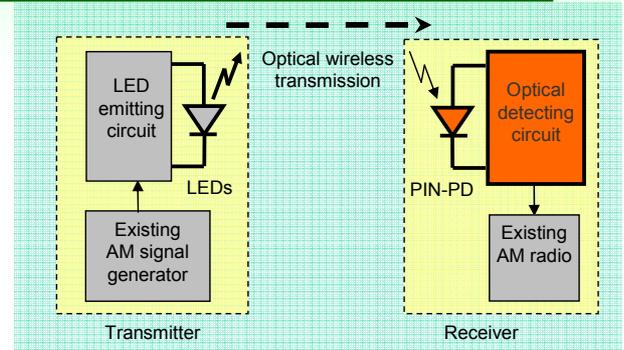
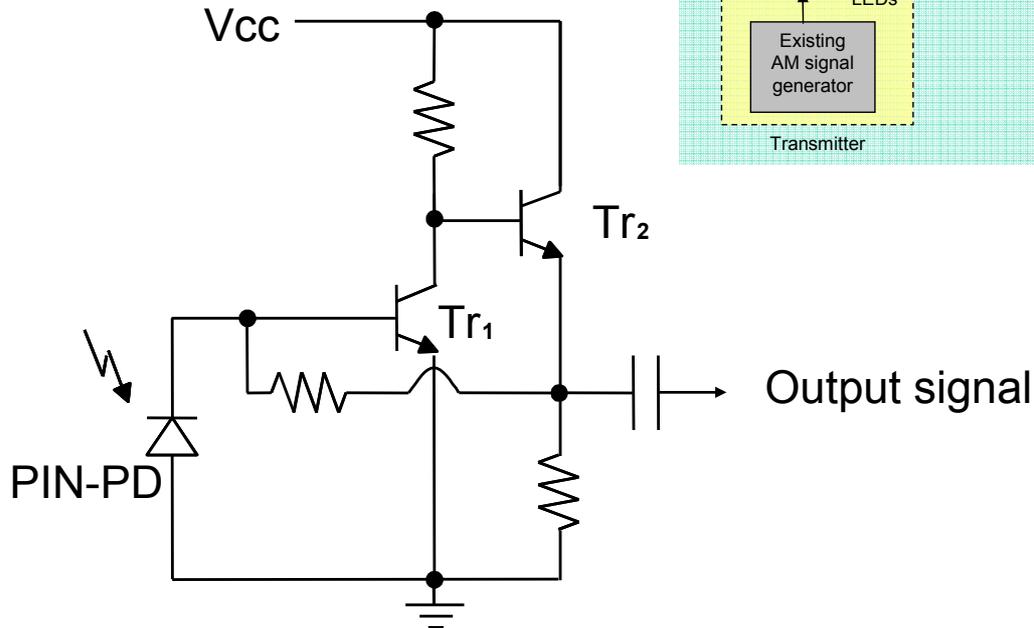
・試作した光AM空間通信システム



送信機(LED駆動回路)



受信機(変調光検出回路)



・特性評価

➤ 共通の条件

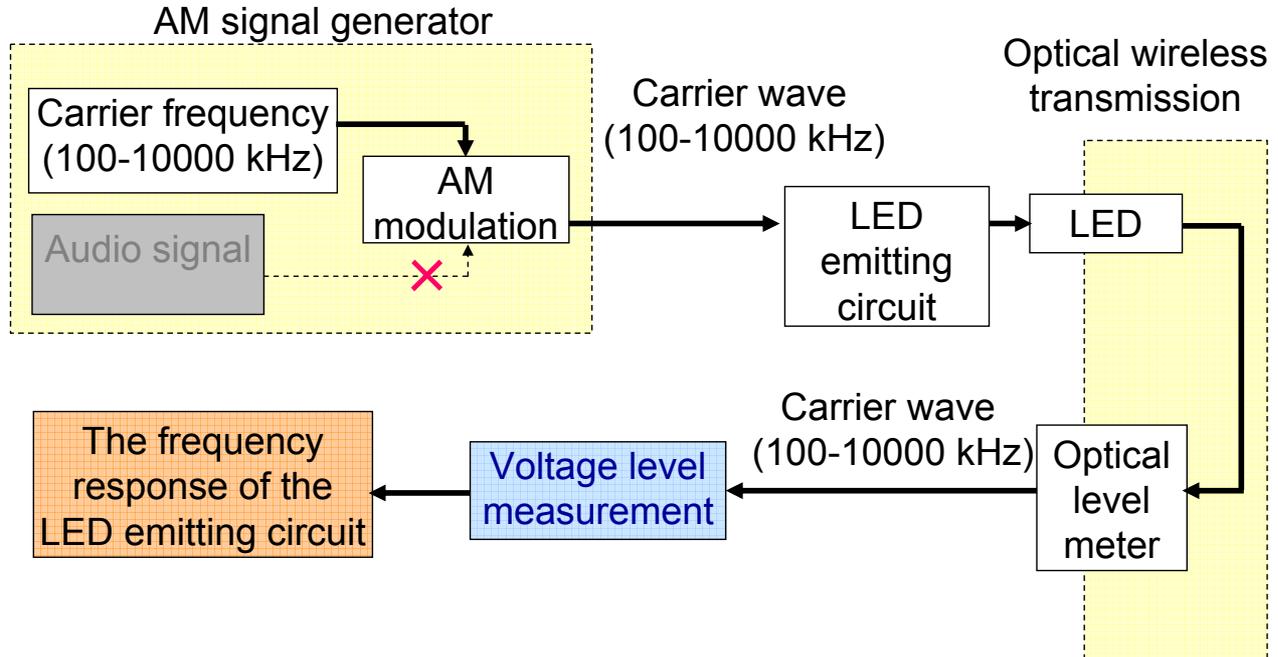
- ・LED: 赤色(歩行者用LED型交通信号機)
- ・測定環境: 周囲光なし

➤ 評価項目

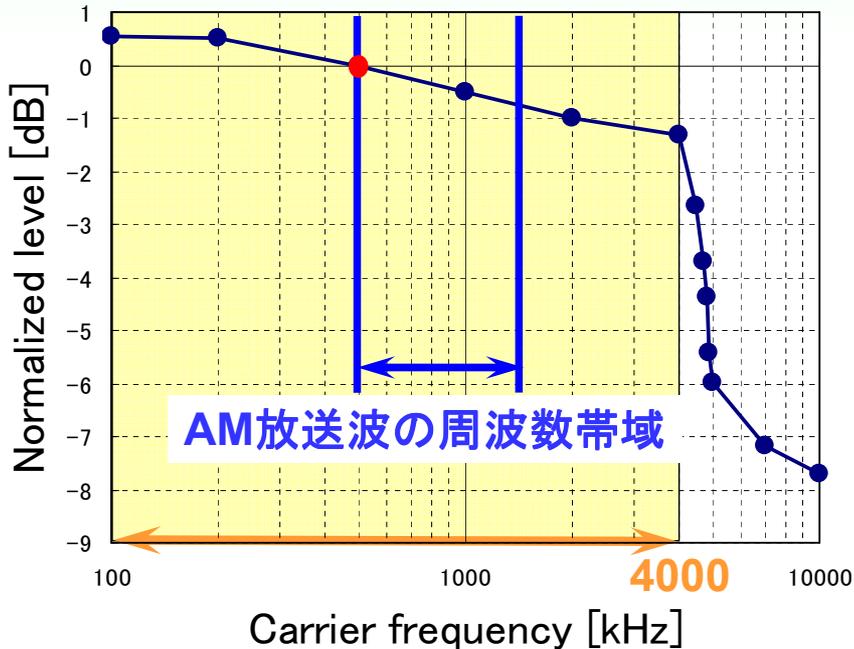
- (1) LED駆動回路の周波数特性
 - ➡ 中波AM波を利用可能か
- (2) 伝送距離特性
 - ➡ 通信距離はどれくらいか

・特性測定ブロックダイアグラム

(1) LED駆動回路の周波数特性



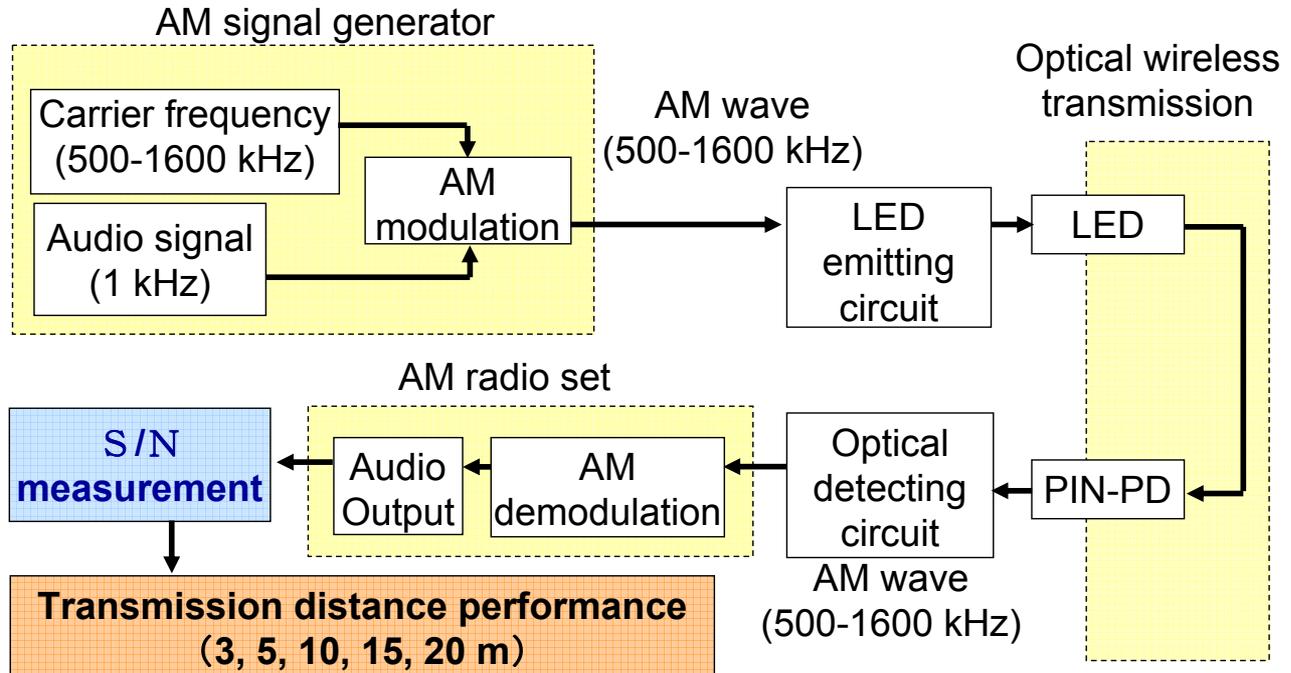
・(1) LED駆動回路の周波数特性



AM放送波の周波数帯域ではほぼ一定の周波数特性

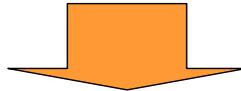
・特性測定ブロックダイアグラム

(2) 伝送距離特性

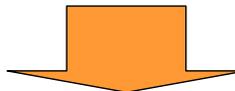


・S/Nの測定方法

S/Nを測定するとき
音声信号電圧(S)のみの測定は困難

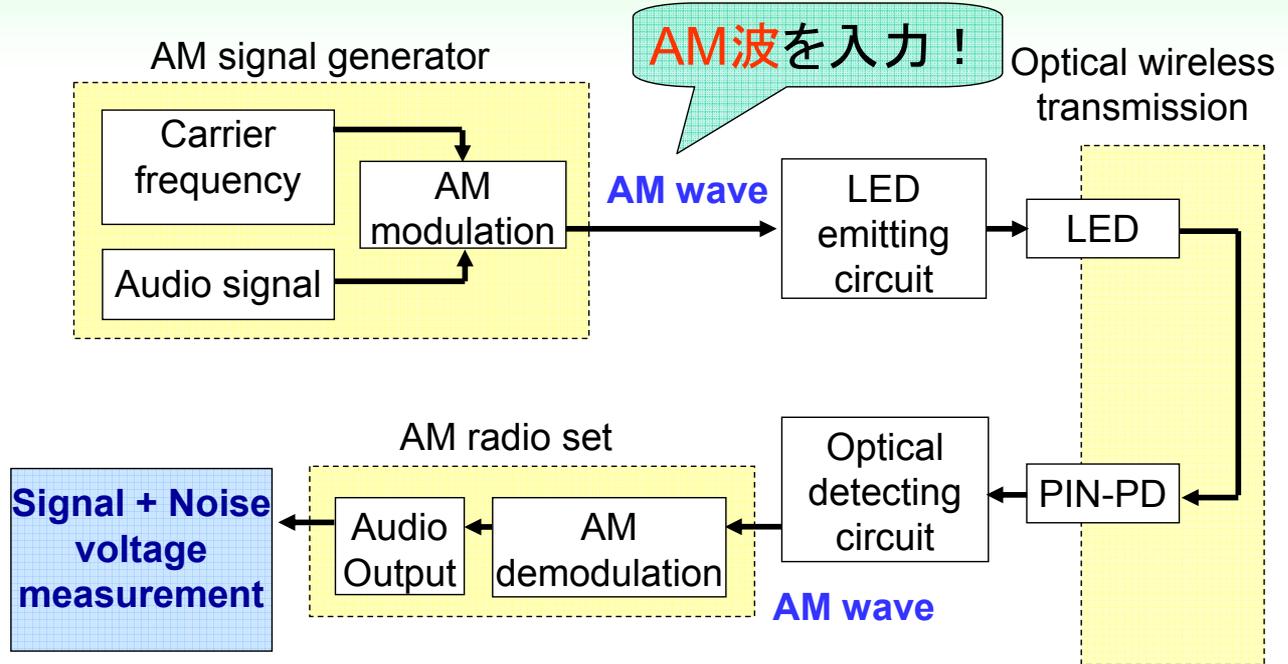


- (1) 音声信号電圧 + 雑音電圧1 ($S + N_1$) を測定
- (2) 雑音電圧2 (N_2) を測定

 $N_1 = N_2$ と仮定

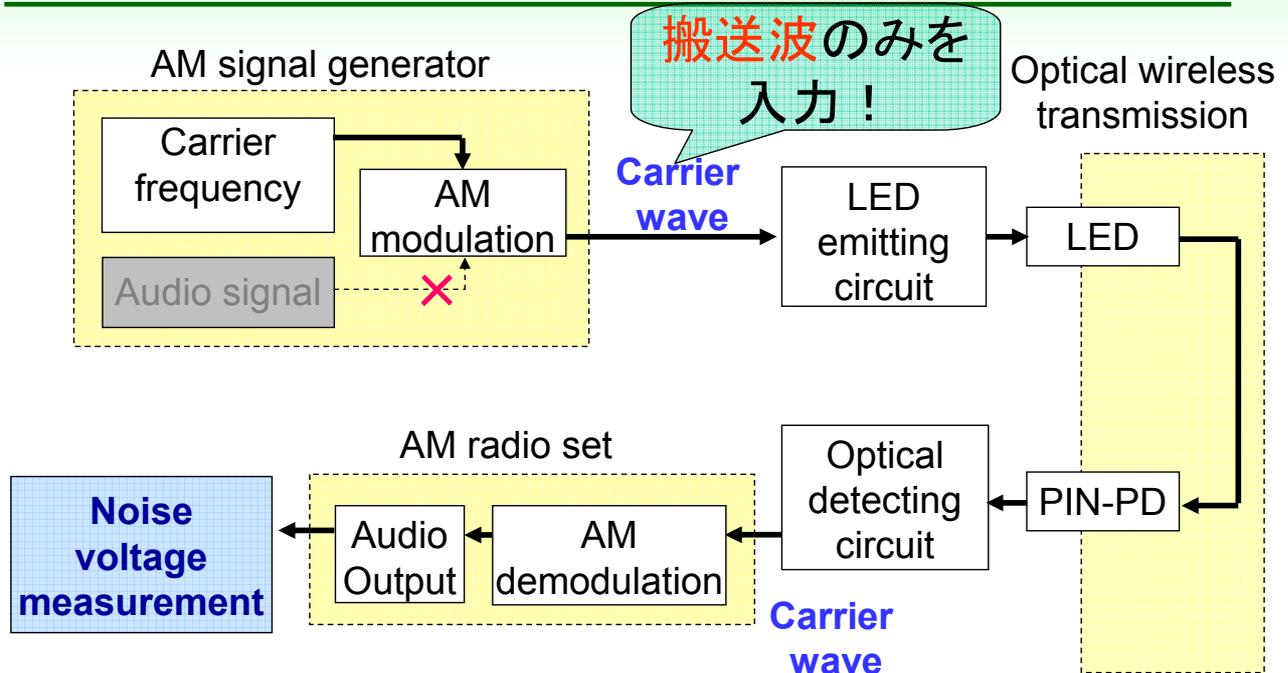
$$\frac{S}{N} = \frac{(S + N_1) - N_2}{N_2}$$

・(1) 音声信号電圧＋雑音電圧1 (S+N1) の測定



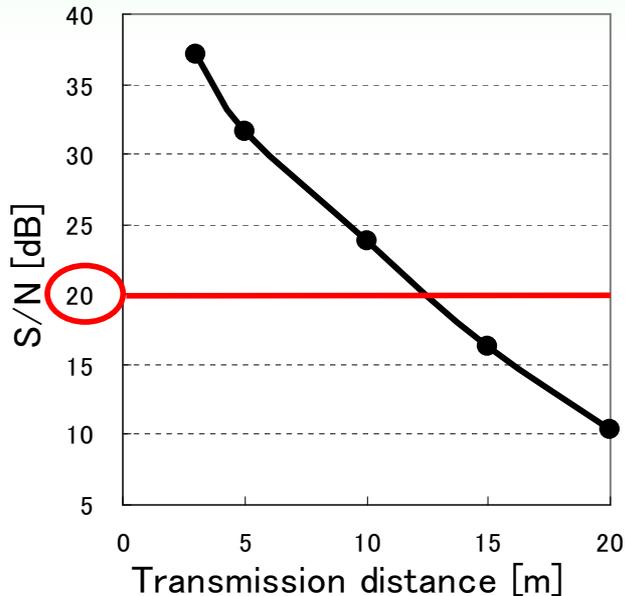
音声出力電圧：音声信号電圧＋雑音電圧1 (S+N1)

・(2) 雑音電圧2 (N₂) の測定



音声出力電圧: 雑音電圧2 (N₂)のみ
雑音電圧1 (N₁) = 雑音電圧2 (N₂)と仮定

・(2) 伝送距離特性



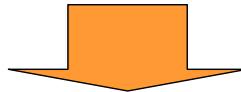
➤ AM波の条件

- 搬送波周波数
501 kHz
- 音声周波数
1 kHz
- 変調度
80 %

ラジオの音声出力は、
実用的には20dB以上のS/Nが望まれる

・まとめ

- LED型交通信号機による光AM空間通信システムを、できるだけ簡単かつ低コストに実現
- 中波AM放送用ラジオを用いた光AM空間通信システムを試作し、実験による評価



- 中波AM波の周波数帯域では
10 m強 (S/N = 20 dB)
の伝送距離であれば実用化の見通しを得た

・今後の課題

- 交差点での使用を考えると
 - ・更なる伝送距離の増加
(受信機の改良)
- 周囲光のある場合
 - ・直射日光など,厳しい条件下での評価

・特性測定ブロックダイアグラム

