

LED を用いた光 AM 空間通信システム

橋本 紘樹 小川 明

名城大学大学院 理工学研究科 情報科学専攻

最近、交通信号機は、低消費電力、長寿命、低発熱といった特徴のため、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。この LED 型交通信号機より発せられる光に位置や安全の情報をのせて配信することができれば、年配者や障害者のための ITS（高度交通システム）に応用することが期待できる。本稿では、低コストかつ簡単にシステムを実現することを狙いとし、中波 AM（振幅変調）波により光強度変調された光信号を PIN-PD（フォトダイオード）で検出して、それを既存の中波放送用 AM ラジオにそのまま入力することで音声情報を得る光空間通信システムを提案する。

Optical AM Wireless Communication System Using LEDs

Hiroki HASHIMOTO Akira OGAWA

Department of Information Sciences, Graduate School of Science and Technology, Meijo University ^{*1 *2}

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 from the traffic light, we can expect to apply it to Intelligent Transport Systems (ITS) 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 existing radio receivers for AM broadcast signals.

Keyword:

LED traffic light systems, Optical wireless communication system, Amplitude-Modulated (AM) signals in medium frequency-band, 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（歩行者用高度交通システム）への応用が期待できる。これにより、LED 型交通信号機は本来

歩行者用 LED 型交通信号機

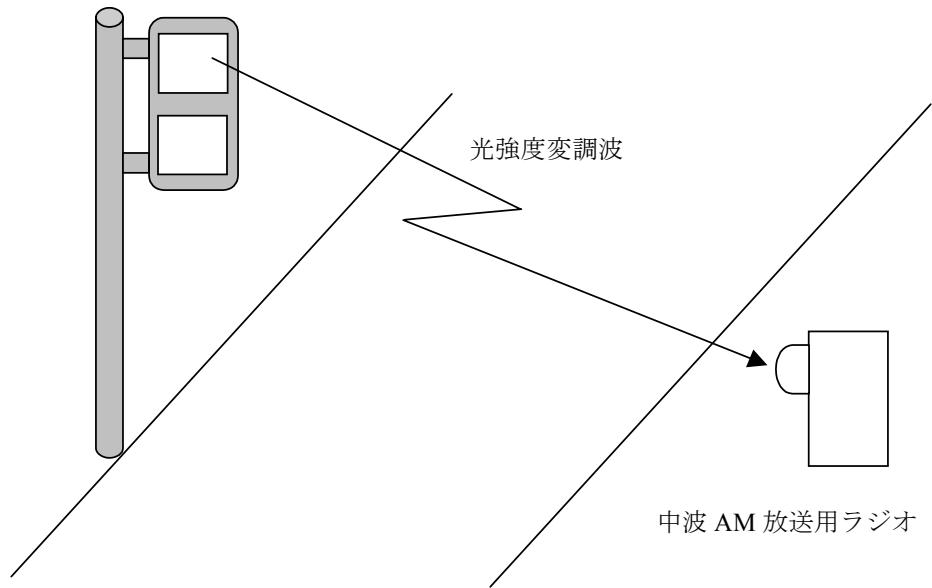


図 1 LED 型交通信号機を用いた光 AM 空間通信システム

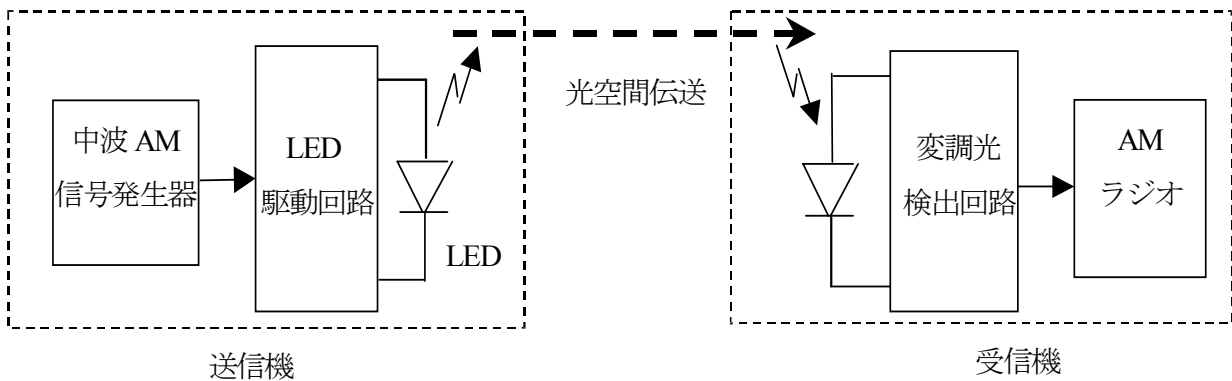


図 2 試作した光 AM 空間通信システム

の交通信号機としての機能と光通信としての機能を併せ持つことができる[1],[2],[3].

ただし、ちらつきを無くす為、LED を人間の目が追従できないほどの速さで応答させる必要がある。

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。

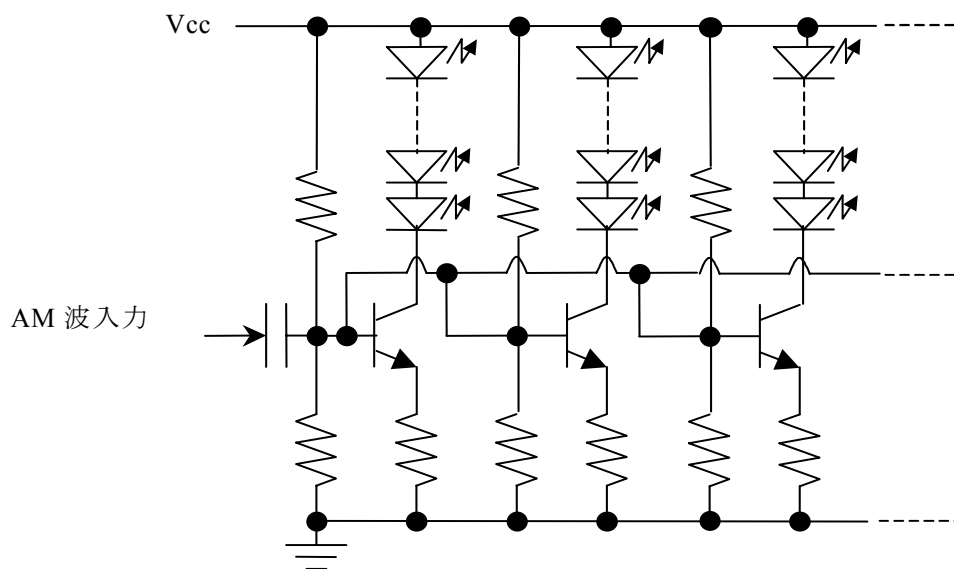


図 3 LED 駆動回路

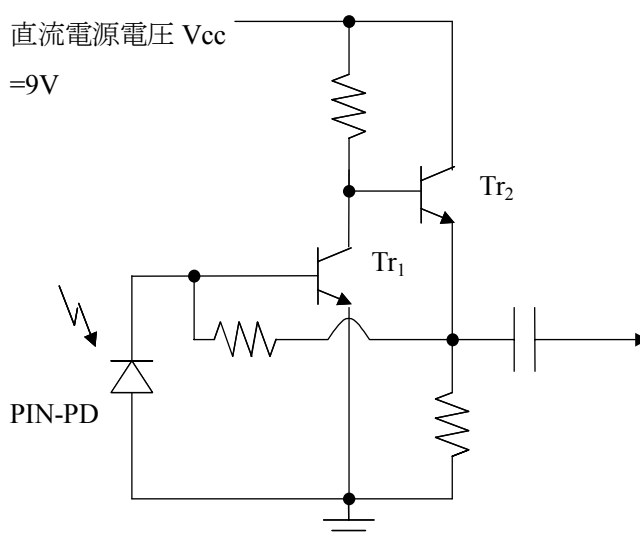


図 4 変調光検出回路

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．

2-1. LED 駆動回路の構成

LED 駆動回路で，LED はトランジスタのコレクタに接続される．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．

ここで，より多くの LED を駆動するため，図 3 に示すように 1 つのトランジスタに対して LED を直列接続させ，さらに複数のトランジスタ用い並列に必要な段数を接続させる．この直列接続できる LED の個数が多ければ，それだけ部品数が少なくてすみ，コスト削減につながる．また，LED 駆動回路は，直流電源電圧が 12V のときに LED に流れる電流が 20mA となるように回路設計を行った．

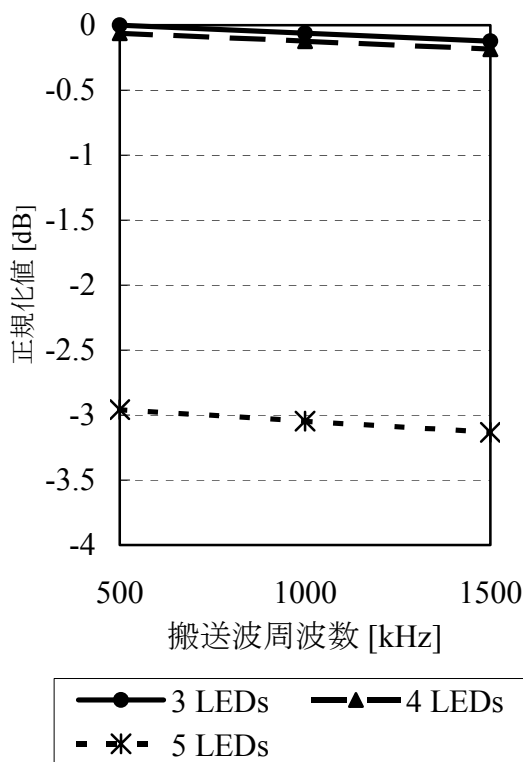


図 5 LED の直列接続数に対する周波数特性

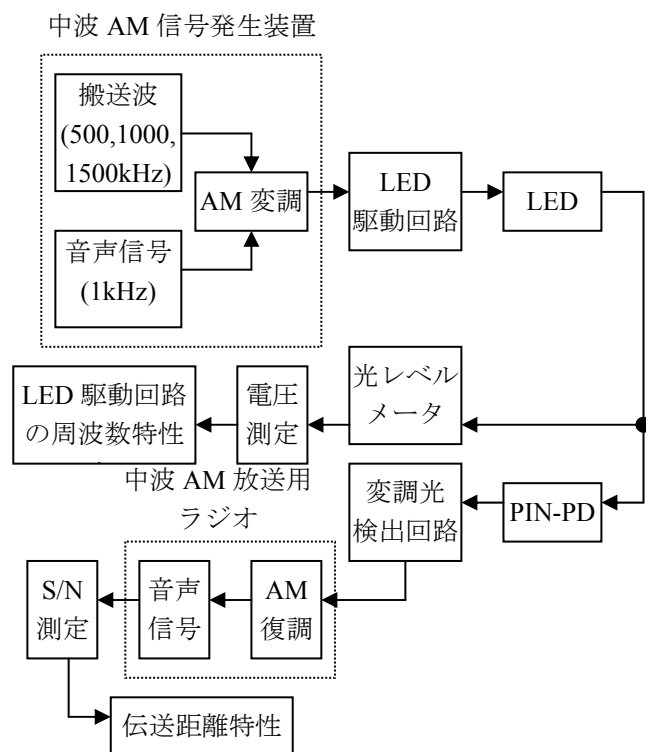


図 6 特性測定ブロックダイアグラム

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 で受光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ワを用いて出力させ、AM ラジオに入力する。

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 は AM 波を増幅する増幅回路、 Tr_2 は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なくすバッファの役割も果たす。

2-3. AM ラジオ

AM ラジオは市販品で外部入力端子を搭載しているものを使用する。ここに変調光検出回路からの出力を接続することで、AM 波を直接 AM ラジオへ入力することができる。

3. 予備実験

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特性と受信機の特性を測定するため、次のような予備実験を行った。

3-1. LED 駆動回路の周波数特性

LED は赤色、入力信号は信号波周波数 1kHz、搬送波周波数 1000kHz で振幅 1Vpp、変調度 80% の中波 AM 波、受光器は今回測定を行う周波数において十分フラットな周波数特性を持つ光レベルメータを用いた。LED の接続方法は LED1 個から 5 個を直列に接続し、その直列接続した LED1 個分の発光量の測定を行った。なお電源電圧は 12V とした。

搬送波周波数が 500kHz、LED の直列接続数が 1 個のときを基準に正規化を行ったときの搬送波周波数に対する正規化値の測定結果を図 5 に示す。

図 5 より LED の直列接続数が 1 個から 3 個の場合はほとんど変化がなく、4 個の場合でも 1 個との差は最大でおよそ 0.25dB と非常に小さい。5 個の時は波形に歪を生じ、急激に特性が劣化した。これは、LED に十分なバイアス電流を流すことができなかったためである。

以上の結果から、以後の予備実験では直列接続数を 4 個として測定を行うことにした。

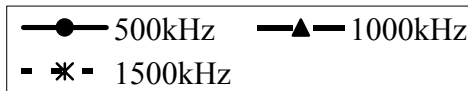
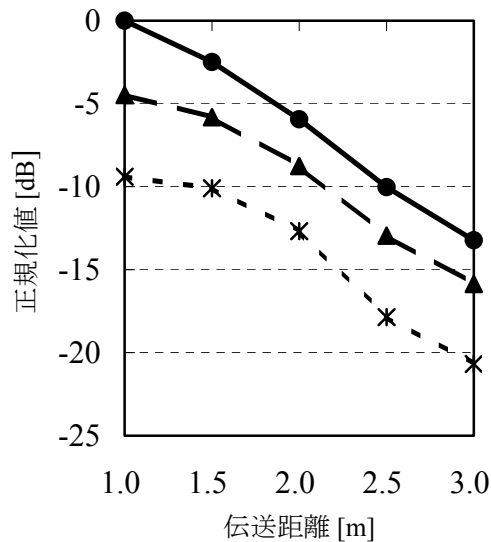


図7 伝送距離特性

3-2. 特性評価

赤色 80 個，接続方法は 4 個直列で 20 段並列接続し，搬送波周波数は 500, 1000, 1500kHz，測定距離は 1m から 3m までを 0.5m 刻み，測定場所は室内で行い，周波数特性及び伝送距離特性の測定を行った．

それらの測定方法を示したブロックダイアグラムを図 6 に示す．まず，中波 AM 信号発生器により生成した AM 波を LED 駆動回路に入力し LED を光強度変調させて空間伝送する．それを PIN-PD で検出し，変調光検出回路から出力される AM 波の電圧を測定し，搬送波周波数 500kHz，伝送距離 1.0m を基準として正規化した．それを図 7 に示す．

図 7 より，搬送波周波数が 1500kHz では 500kHz に比べておよそ 8dB，C/N の低下があることが確認できる．また，伝送距離特性では，距離を 1m 延ばすとおよそ 7dB の C/N の低下することが確認できた．

4. 実際の LED 型交通信号機を用いての特性評価

4-1. 実際の LED 型交通信号機

本稿で用いる LED 型交通信号機は，歩行者用である．なぜなら，本システムは，歩行者を対象とした PITS であるからである．実際の LED 型交通信号機は，図 8 に示すように，すべての LED が直並列に接続されており，図 3 で示した接続方法を使用するためには基盤を加工する必要が出てくる．そこで，もし，すべての LED をトランジスタ 1 個で駆動するこ

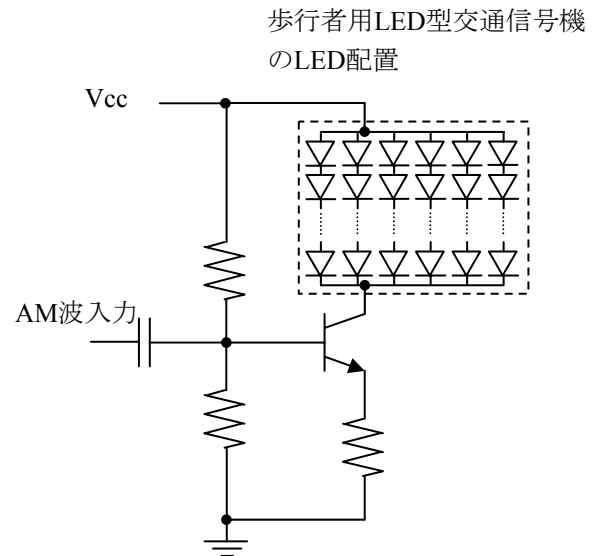


図8 実際の LED 型交通信号機を用いた場合の LED 駆動回路

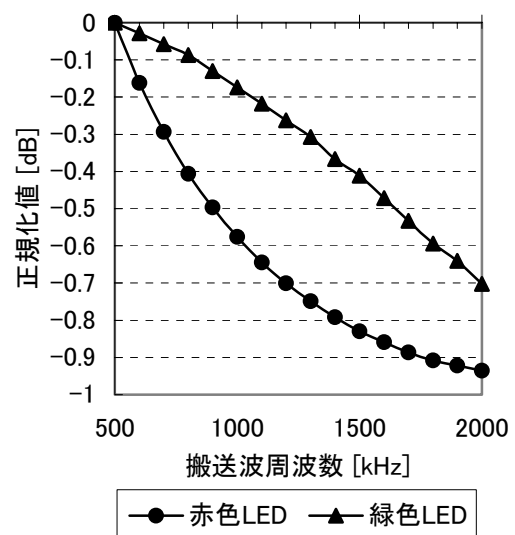


図9 LED 駆動回路の周波数特性

とができれば，簡単かつ低コストである．そのためには，並列分に相当する電流を流す必要がある．そのため，トランジスタは容量の大きいパワートランジスタを用いている．

4-2. 特性評価

まず，図 8 の回路を用いて，実際の LED 型交通信号機を用いた時の LED 駆動回路の周波数特性を，赤色及び緑色 LED の場合について光レベルメータを用いて測定した．それを図 9 に示す．

ここで図 9 における正規化値とは，搬送波周波数が 500kHz を基準に正規化した値を示す．図 9 より，周

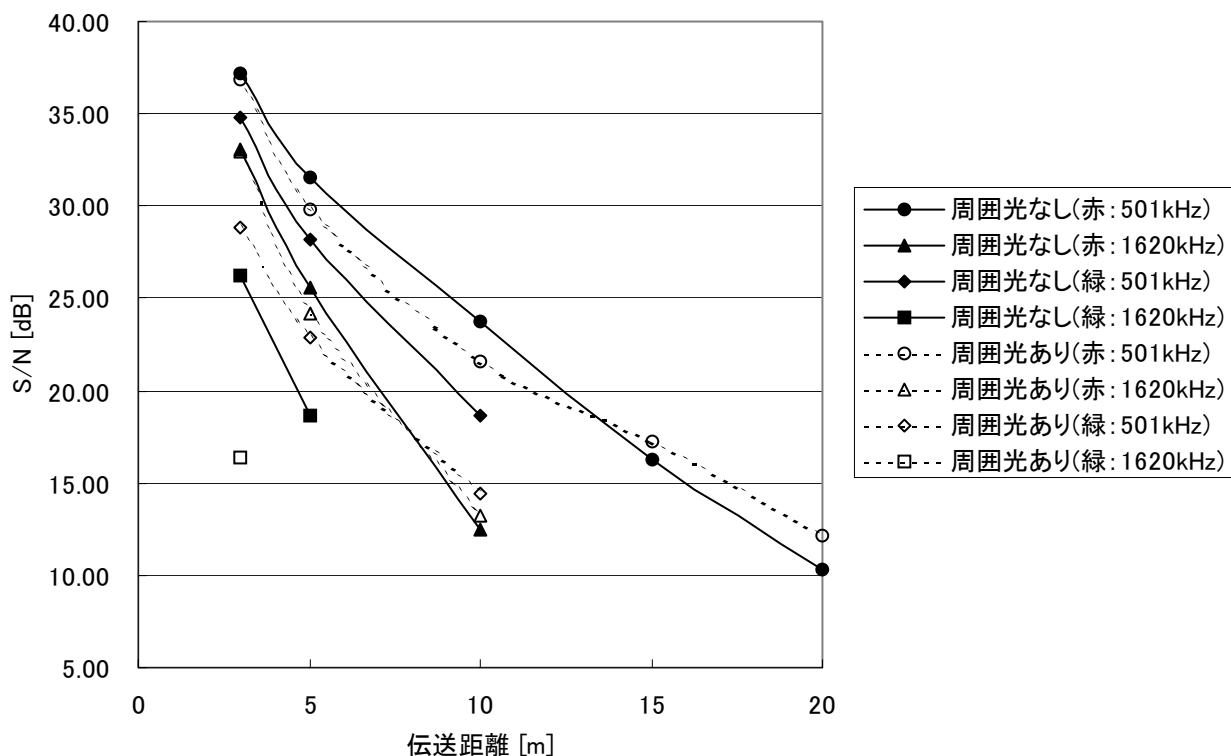


図 10 伝送距離特性

波数特性は赤色より緑色のほうが良いことがわかる。しかし、赤色の 2000kHz の場合でも 500kHz との差は 0.93dB と小さく、LED 駆動回路の周波数特性はほぼフラットであるといえる。

次に、伝送距離特性について図 10 に示す。図 10 より緑色 LED は赤色 LED に比べて S/N が低いことがわかる。また赤色 LED は周囲光の影響は少ないが、緑色 LED の場合は 6-10dB と大きな劣化が見られた。これらは、今回用いた PIN-PD が赤色から赤外の領域で高感度であるため、赤色 LED に比べ受光電圧が低く、また、距離減衰により音声出力信号が低下するとノイズは急激に増大するためであると考えられる。例えば、今回の測定では音声出力電圧が約 0.6 倍になるとノイズは約 10 倍に増加した。

また、ラジオの音声出力として、実用的には 20dB 以上の S/N が望まれるため、最も特性の良い赤色の 501kHz の場合で 10m 強であるといえる。

5.まとめ

本稿では LED 型交通信号機を用いた光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するため、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、実験を通して評価を行

った。その結果、赤色 LED の搬送波周波数 501kHz において 10m 強の伝送距離であれば実用できる見通しを得ることができた。

今後の課題は、実際の交差点での使用を考えると 20m 程度の伝送距離が必要となる場合があるので、ノイズの影響を軽減させるような受信機の改良が必要となる。

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を用いた光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
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

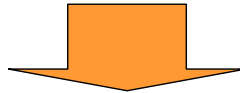
・背景 (2)

➤ 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

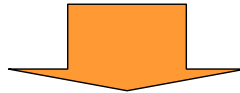


高齢者や障害者に対しても優しい
福祉的PITS

・目的

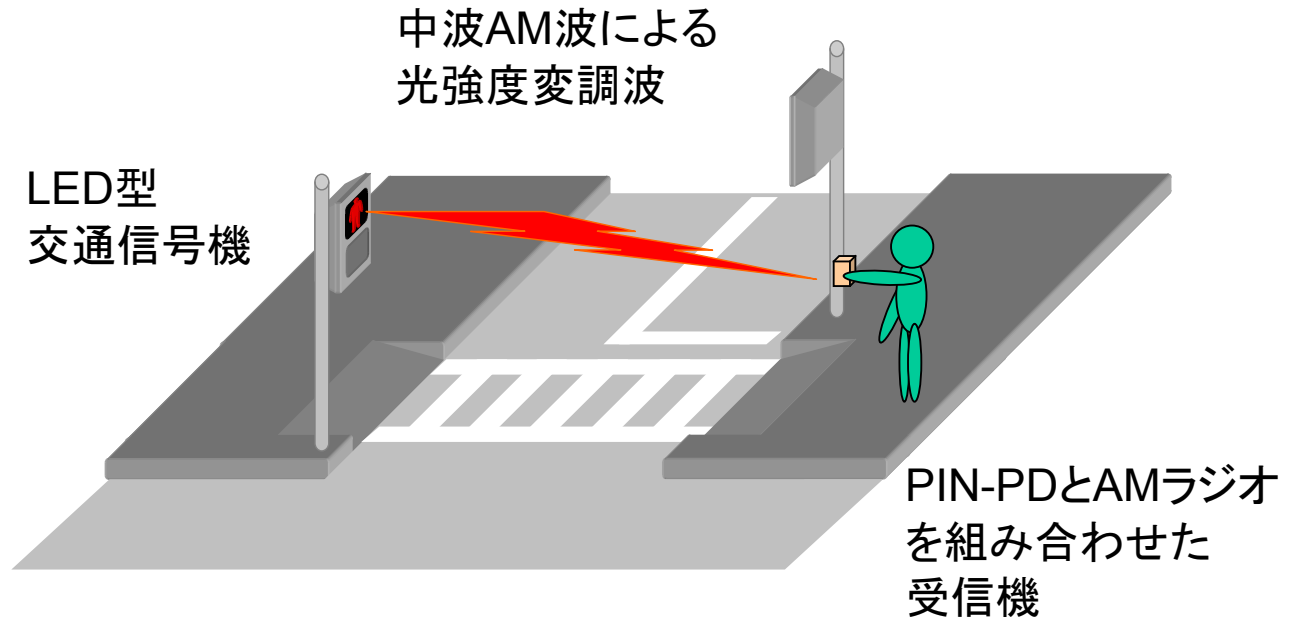
➤ 本研究では

- ・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

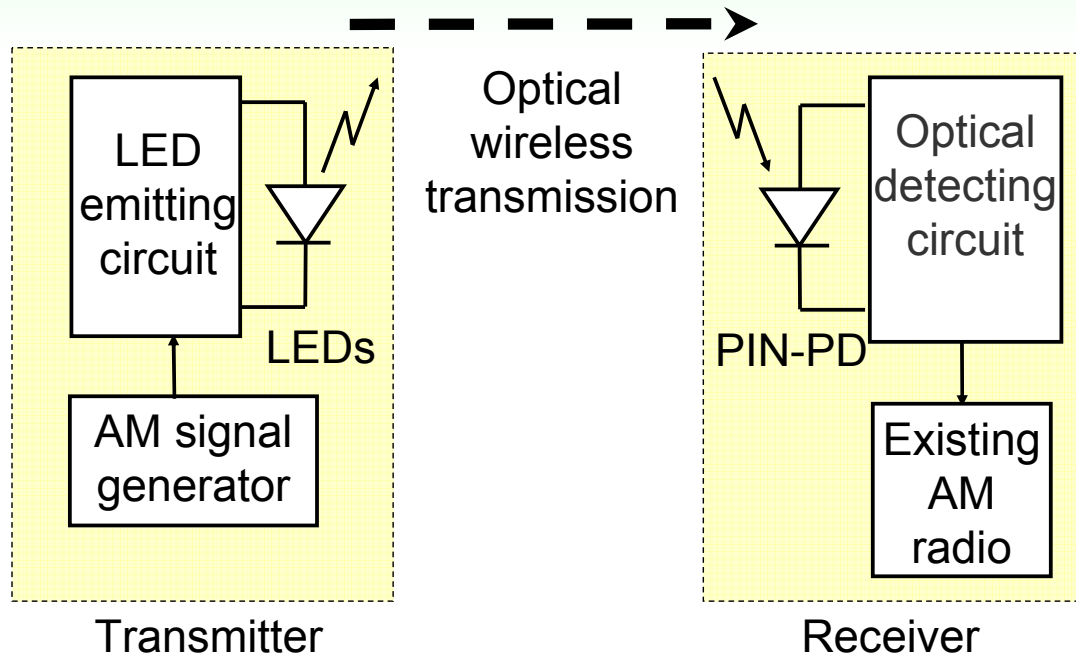


既存の中波AM放送用ラジオを利用した
光AM空間通信システムを試作
→ 実験的に評価

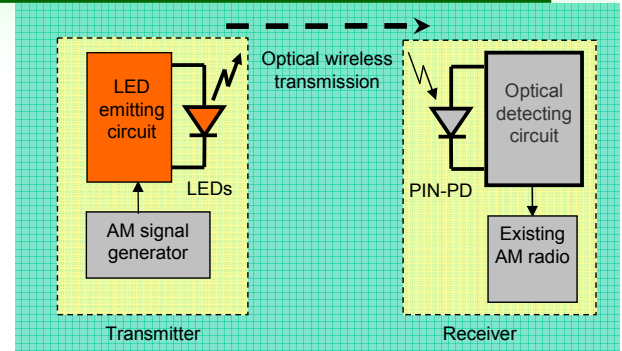
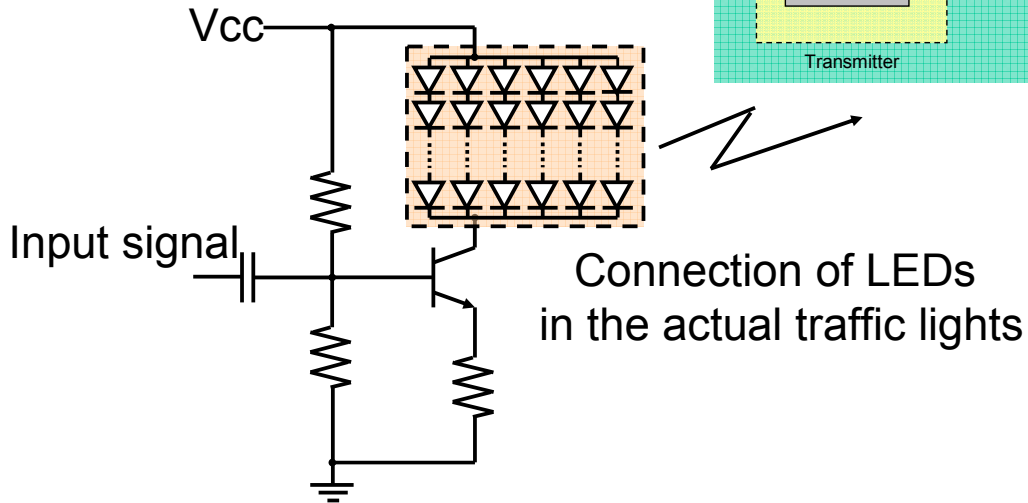
・光AM空間通信システム



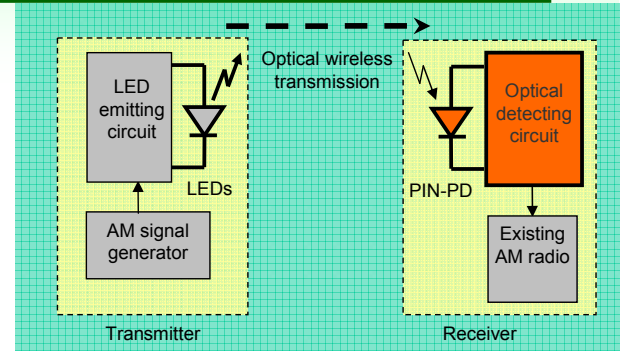
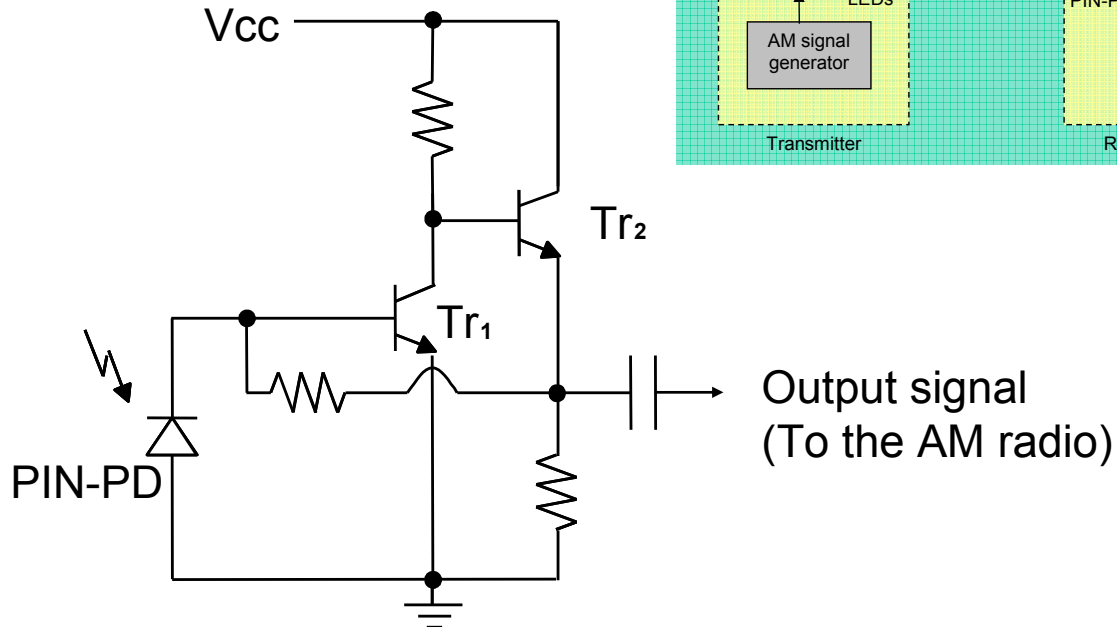
・試作した光AM空間通信システム



・送信機(LED駆動回路)



・受信機(変調光検出回路)



・特性評価

➤ 評価条件

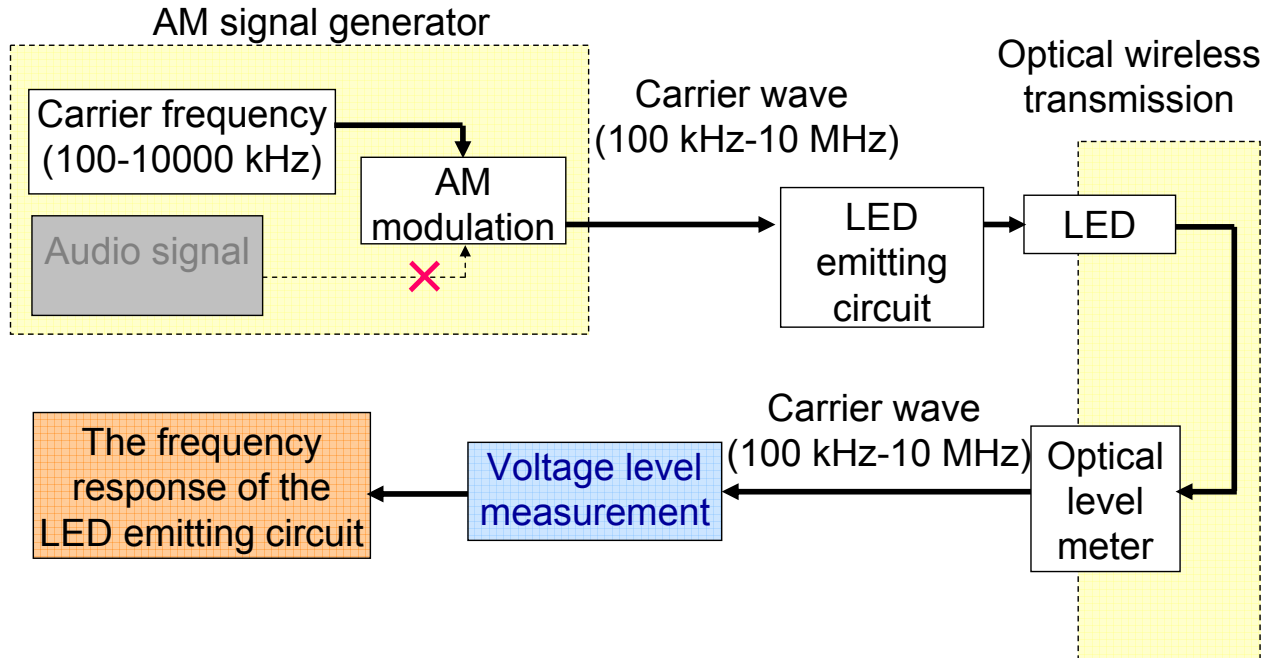
- ・LED: 赤色(歩行者用LED型交通信号機)
- ・測定環境: 周囲光なし

➤ 評価項目

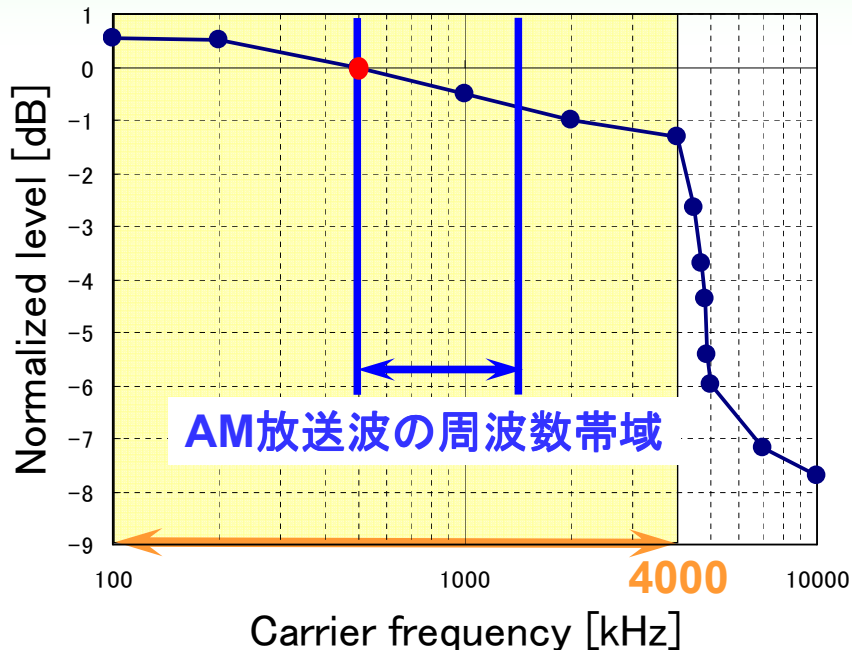
- (1) LED駆動回路の周波数特性
 - ➡ 中波AM波の周波数帯域で利用可能か
- (2) 伝送距離特性
 - ➡ 通信可能距離はどれくらいか

・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



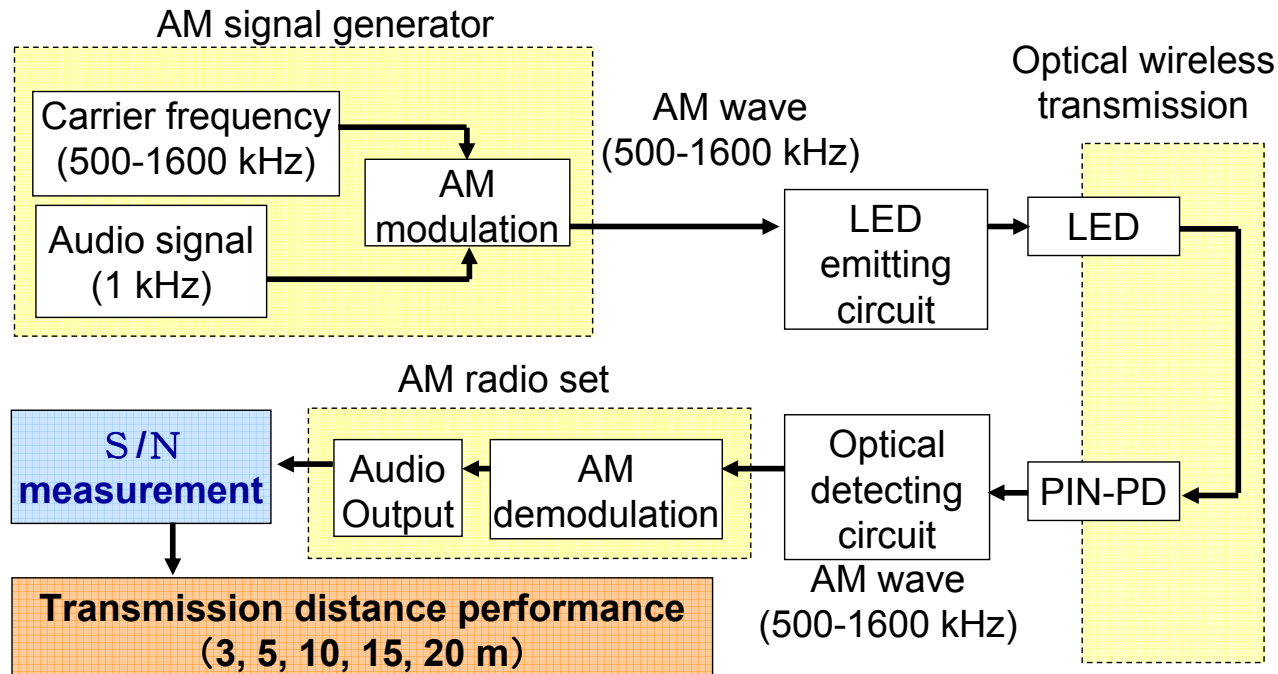
▪ (1) LED駆動回路の周波数特性



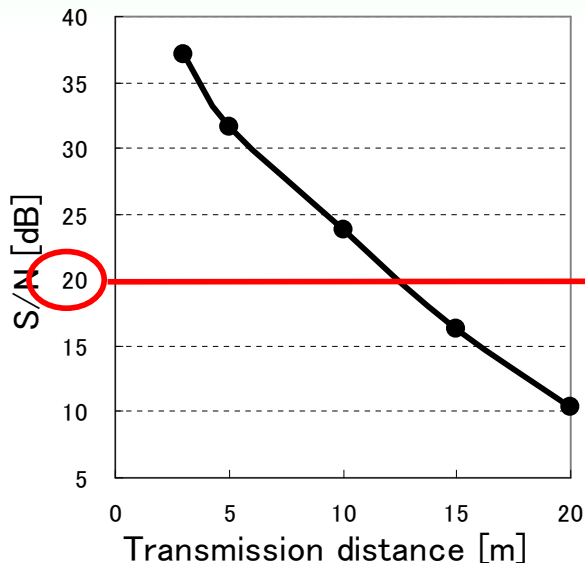
AM放送波の周波数帯域ではほぼ一定の周波数特性

・特性測定ブロックダイアグラム

(2) 伝送距離特性



・(2) 伝送距離特性



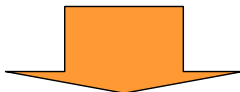
➤ AM波の条件

- 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

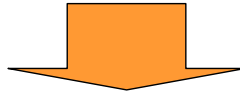


- 中波AM波の周波数帯域では
S/N = 20 dB で10 m強
の伝送距離

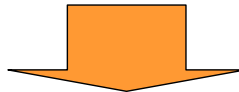
以下予備スライド

・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



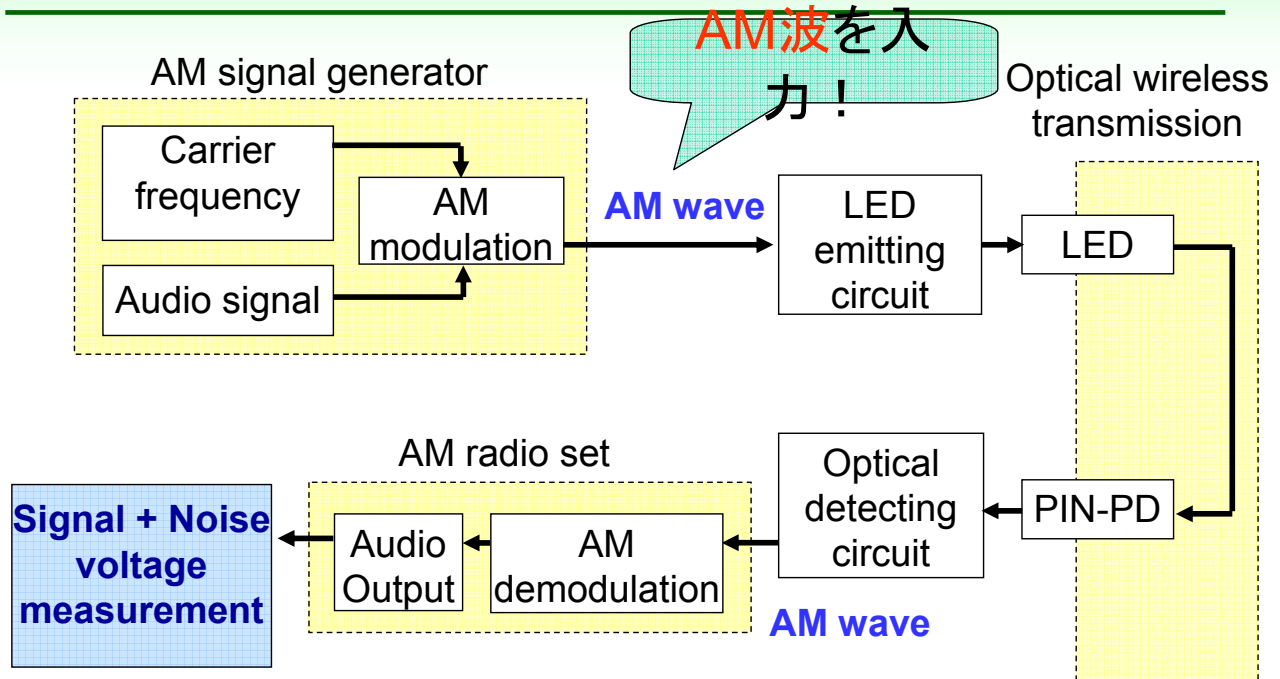
- (1) 音声信号電圧 + 雑音電圧1 ($S + N_1$) を測定
- (2) 雑音電圧2 (N_2) を測定



$N_1 = N_2$ と仮定

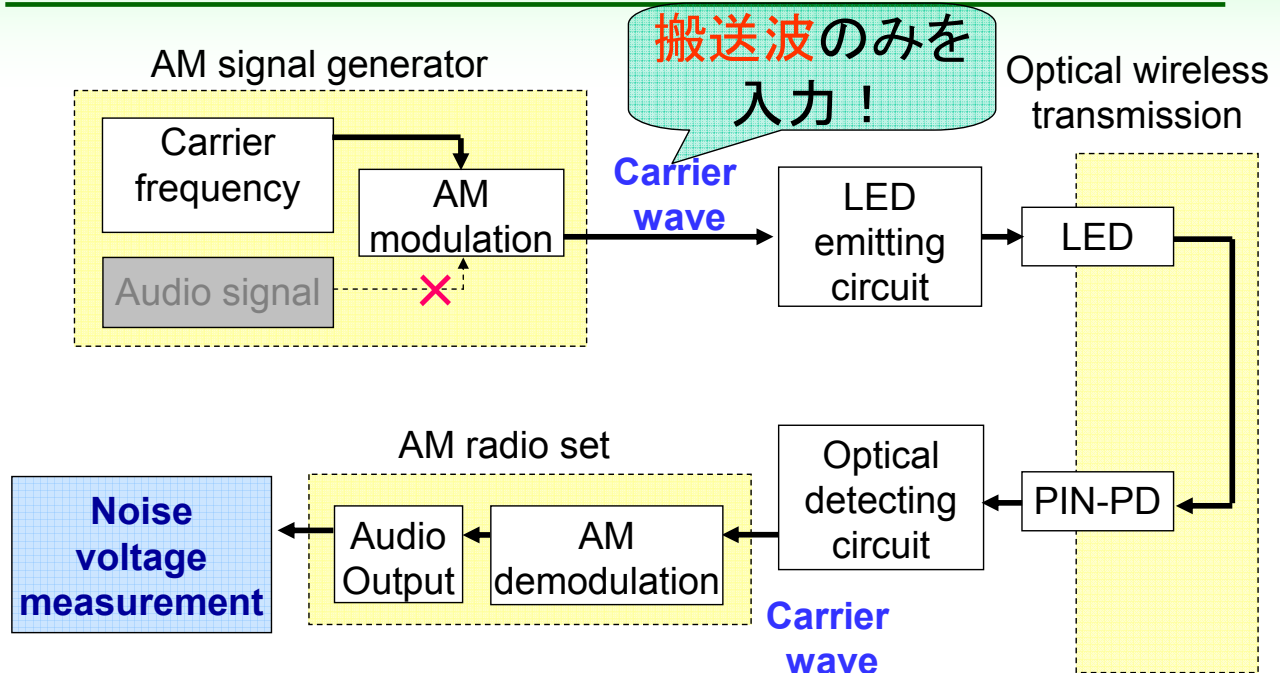
$$\frac{S}{N} = \frac{(S + N_1) - N_2}{N_2}$$

・(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

・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