

可視光通信

中村 彰之, 澁谷 翔吾

Akiyuki NAKAMURA, Shogo SHIBUTANI

1 はじめに

携帯電話やコンピュータなど多くの機器で無線通信が行われている。無線通信には電磁波が多く利用されているが、長距離における無線通信は、光よりも波長の長い電波による通信が主流である。近年、近距離の通信において、赤外線による光無線通信が広く用いられている。また、光無線通信の中でも可視光による可視光通信が注目されている。

可視光通信の誕生は 1880 年と言われている。しかし、可視光通信に適したデバイスが無く、また無線通信に対する電波の有用性により、可視光通信が普及することは無かった。近年、可視光通信に適したデバイスの開発により、再び可視光通信は注目されつつある。

本稿では、可視光通信の仕組み、特徴について解説し、現状および今後の展望を述べる。

2 可視光通信

可視光通信とは、人間の目に見える光、「可視光」を使って通信を行う通信技術である。本章では、可視光通信の仕組み、および特徴について解説する。

2.1 可視光通信の仕組み

本節では、可視光通信の仕組みについて解説する。この可視光通信では、Light Emitting Diode(LED) という可視光素子を人の目には感じられない程、高速に点滅させることで通信を行う。通信を行うために、送信側では光を伝送する信号によって変調する。受信側では変調された光を受信し、信号を復調する。Fig.1 に可視光通信の様子を示す。

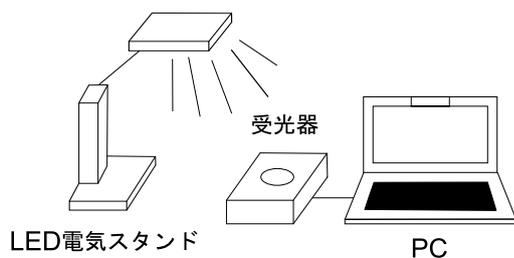


Fig.1 可視光通信の様子 (出典：自作)

- 送信側

可視光通信には、4 値パルス位置変調 (4PPM) をサブキャリア (副搬送波) 方式で変調し、送信する。

この変調方式について解説する。パルス位置変調とは、一定幅のパルスの位置により元の信号の波形振幅を表し、変調するものである。Fig.2 に 4 値パルス位置変調の方式を示す。

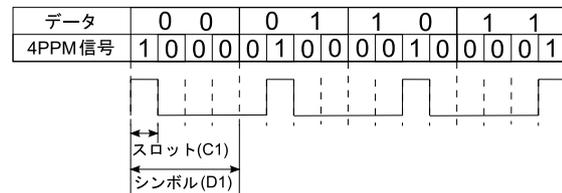


Fig.2 4 値パルス位置変調の方式 (出典：自作)

4 値パルス位置変調は、まずシンボル時間 (D1) として定義される一定の時間を、4 つのスロット (C1) に等分する。そして、1 シンボル時間につき 1 スロット幅のパルスを許容し、そのパルスの存在スロット時間に割り当てた 2 ビットの情報を送信する。この変調方式は、どのようなデータを変調しても、必ず 1 回点灯するような仕組みになっており、照明との併用に有効な方式である¹⁾。

次にサブキャリア方式について解説する。無線通信では、元の電気信号の周波数をキャリア (情報を乗せて送るための信号) の周波数に変換しなくてはならない。可視光通信においては、可視光がキャリアとなる。電波による無線通信では、この周波数を変えるためのデバイスが開発されているが、可視光は周波数帯域が電波の帯域よりも高い。これにより、光を位置変調するためのデバイスを入手することは困難となっている。そこで、可視光通信は、元の電気信号の周波数をキャリアの周波数に変換するために、まず中間の周波数帯の信号に変換する。この周波数帯の信号をサブキャリアと呼ぶ。そして、このサブキャリアを更に変調することによってキャリアを生成する²⁾。

- 受信側

光を電気信号に変換するには、センサ (受光素子) が必要であるが、主として、フォトダイオード (Photo Diode: PD) が用いられている。フォトダイオードでは、受光量に比例した電流量が発生する。この発生する電流量により信号が作られる。

2.2 可視光通信の利点

可視光通信の利点を赤外線通信と比較して述べる。赤外線通信はノートパソコンや携帯電話、リモコンなどで

用いられている。現在、様々な場所で普及している赤外線通信だが、広域で通信するには、至る所に送信機を設置する必要がある。一方、LED等を用いた可視光通信では、照明は至る所に設置されているため、既存の照明機器などに通信機能を付加するだけでワイヤレス環境の構築が可能となる。

次に、電波による無線通信と比べた時の利点について述べる。現在、携帯電話や無線LAN等で広く用いられている電波による無線通信だが、電波を用いると電波法による制約によって広帯域な無線周波数を自由に使うことができない。また、病院や宇宙船内では機器への影響から無線を使用することはできない。しかし、可視光通信は機器に悪影響を与えないので、これらの問題を解消できる。また、可視光は電波よりも直線的に進み、どの範囲まで光（データ）が届いているのかを視覚で確認できるため、盗聴を防ぎやすいという利点も持つ。

そして、赤外線通信と電波による無線通信には共通する問題点がある。それは、この2つの通信方法は、人体への影響から送信電力を上げることができない。しかし、可視光域は人間に安全なため、照明に用いている数ワットという高い電力でそのまま送信できる³⁾。

2.3 可視光通信の欠点

可視光は電波より波長が短い電磁波であるため、電波に比べて回折、散乱、および反射をしない。よって送信側からの光が遮られてしまうと通信ができない。また、可視光通信ではLED照明等を用いてユーザ端末に情報を送信することを主に研究開発されている。しかし、携帯端末からの可視光による通信は、携帯端末の電力の問題から現実的ではない。つまり、ユーザ端末から情報を送信することができず、一方向の通信しかできない。よって、双方向の通信が可能な可視光通信の開発が必要である。

3 可視光通信の現状と利用例

可視光通信の実現によって、ユーザの身の回りにおける様々なサービスが考えられる。しかし、可視光通信は未だ開発段階であり、一般ユーザを対象としたサービスはまだ実現していない。本章では、可視光通信技術の現状、利用例について解説する。

3.1 可視光通信の現状

LED照明を利用した可視光通信の通信速度は、送信側デバイスでは数Mbps程度から数百Mbps程度までの通信速度への適用が確認されている。送信側では、LEDの変調速度の改善による高速化が考えられている。可視光通信では、LEDの点滅速度の高速化が送信速度の高速化に直結する。これまでの白色LEDの点滅速度は数十MHzほどであった。赤色LEDならば、共振器型LEDという、共振器を用いて効果的な方式で鏡面に光を反射させるタイプのLEDが実用化しており、500MHz程度の点滅速度が可能となっている。しかし、受信側デバイスは高速通信に対応できていないのが現状である。

近年、ID情報を送信する可視光通信に関する規格、「可視光通信IDシステム」が標準化されたが、データレートは4.8kbpsと低速である。今後、通信速度の向上が望まれる。

また、通信を高速化するために、イメージセンサを受信デバイスとして可視光通信を行う研究がなされている。次節では、イメージセンサについて解説する⁴⁾。

3.2 イメージセンサ

イメージセンサとは、多数のフォトダイオードを敷き詰めたものである。つまり、フォトダイオードを備えた通信路が同時に多数あることになる。よって、送信側にも多数のLEDを配列したシステムでは並列通信が可能となり、通信速度の高速化が実現できる。伝送する情報は送信側でパケットに分割され、各LEDから並列に伝送される。それぞれのLEDからの分割されたパケットは、イメージセンサにより並列に受信される。そして、各ピクセルで独立かつ並列に復調処理を行い、最後に並列に処理された信号を直列に変換して伝送された情報を復元する⁵⁾。

また、イメージセンサを利用すると、空間分離により混信や干渉がない、送信機の位置が特定できるといった利点がある。Fig.3にイメージセンサによる可視光通信の様子を示す。

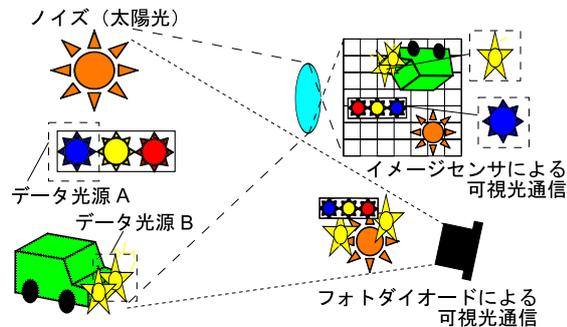


Fig.3 イメージセンサによる可視光通信 (出典：自作)

イメージセンサを用いた可視光通信では、レンズが映し出す画像の中の一点一点を、受光面の一点一点に対応させることができる。これにより、Fig.3におけるノイズである太陽光、データ光源AとBは別々のフォトダイオードで捉えられる。イメージセンサによる可視光通信では、原理的にそれぞれの信号が空間的に分離されているため、フォトダイオードによる可視光通信のようなノイズや混信の問題は発生しにくい。また、センサ平面上のどこで信号を受信しているかが分かるため、センサ平面上におけるデータ送信元の位置を検出できるといった利点がある。

次に、イメージセンサによる可視光通信の処理について解説する。まず、信号の領域を捕捉する。これは、時間変化する画像の中で、どこに信号があるかを決定するものである。次に、信号領域ごとの一元化を行う。ここ

では、信号群を二次元的な位置関係の情報により、一塊の同一光源からの信号としてまとめる。そして、一元化した信号に対して一般的な受信処理を行う。信号の位置把握が必要な場合には、得られた受信情報と画像を組み合わせた結果を提示する²⁾。

3.3 可視光通信の利用例

本節では、可視光通信の利用例について解説する。

● 情報提供

LEDを用いた照明器具などから端末へ情報を送信する。例えば、小売店などでの商品情報の提供、美術館などで展示物の紹介映像の伝送、LED型の信号機から交通情報や赤信号の待ち時間情報の伝達などがある。³⁾。

● 位置検出

屋内に設置されたLED型の照明器具により、携帯端末を持ったユーザの位置検出が可能である。地下街では、GPSによる位置検出は不可能であるが、照明器具を利用できる可視光通信であれば正確な位置情報を得ることが可能である。また、位置検出システムを応用し、視覚障害者への音声ナビゲーションシステムなどが実現できる³⁾。

● 限定的な情報伝達

可視光通信は可視光で通信を行うため、スポットライトで情報を伝達させると、伝達先を限定させることが可能である。例えば、ユーザに受光器付きのヘッドホンを持たせ、音声を情報として伝達するシステムが挙げられる。2人のユーザが至近距離にいたとしても、別々の情報を持った光を当てれば、2人に全く異なる音声を伝えることができる。このシステムによって、一つの空間での複数の異なった会議や講義が可能となる。

4 今後の展望

これまでに述べたように、可視光通信はまだ開発段階である。しかし、今後の通信の高速化、アプリケーションの開発、LED照明の増設などが進むにつれ、可視光通信は急速に普及すると考えられる。更に、今後、可視光通信による端末同士の双方向の通信が可能となれば、可視光通信によって更なるコピキタス社会が形成されると考えられる。可視光通信によるコピキタス社会は、「誰でも」繋がるのが可能となる。それは、通信相手の情報が何も無くても、自分の端末の照明を相手の端末の受光素子に当てれば通信が行えるからである。今後期待される、交通における情報通信システムの例を2つ挙げる。

1つ目は、走行中にブレーキを踏んだ際、LED型のブレーキランプによって後方を走る車に警告を伝えるシステムである。現在では、車間距離を人間が視覚で確認するしかない。これでは、脇見運転をしていれば、情報が伝わらずに事故を起こす危険性がある。可視光通信を用いれば、前後の自動車同士で車間距離のやり取りを行うため、ブレーキ情報が確実に伝わり、脇見運転による事

故を防ぐ事ができると考えられる。

2つ目は、進行先の渋滞情報や災害時の情報を、すれ違う対向車のヘッドライトから受け取るシステムである。現在のカーラジオやカーナビゲーションシステムによって得られる交通情報は、情報の収集、処理といった作業を経たものであり、タイムラグが生じる。可視光通信を用いたシステムになれば、リアルタイムな交通情報を取得することが可能となる。

このように、可視光通信はコピキタス社会を更に進化させる技術として期待できる。

参考文献

1) 可視光 ID システム

http://www.toshiba.co.jp/tech/review/2007/05/62_05pdf/f04.pdf

2) 中川 正雄：可視光通信の世界，2006

3) 中川研究室

http://www.nkgw.ics.keio.ac.jp/study/opt_basis/index.html

4) 可視光通信の標準化について

http://www.soumu.go.jp/joho_tsusin/policyreports/chousa/bbseibi/pdf/070427_2_si3.pdf

5) 中川研究室 情報工学科 慶應義塾大学

-Nakagawa Lab., Keio University-

<http://www.nkgw.ics.keio.ac.jp/projects/vlc.html>