

空間分割型可視光通信におけるグレイ符号を拡張したマッピングによるMPPM方式の提案

A Proposal of MPPM using Gray-Code-like Mapping for Pixel-level Visible Light Communication

荒見篤郎 高橋一成 平木剛史 福嶋政期 苗村健
Atsuro Arami Issei Takahashi Takefumi Hiraki Shogo Fukushima Takeshi Naemura

東京大学
The University of Tokyo

1 はじめに

プロジェクタによる投影映像の各画素に異なる不可視情報を埋め込む空間分割型可視光通信 (PVLC: Pixel-level Visible Light Communication) [1] では、光パルスの ON/OFF をシンボルとしてデータ伝送を行っている。このため、データの内容がその画素の輝度に影響を及ぼさないように、符号語に含まれる ON/OFF の数がデータによらず一定でなければならないという制約がある。また、隣接画素からの光による混信が原因のシンボル誤りを低減するために、座標などの空間的に連続したデータを伝送する際には、グレイ符号のように隣接した符号語間のハミング距離が1であることが望ましい。そこで、本稿ではこれらの条件を満たしながら PVLC のデータ伝送速度を向上させるために、Multipulse Pulse Position Modulation(MPPM) 方式 [2] の導入と、そのマッピング手法を提案する。

2 PVLC への MPPM 方式の導入

PVLC のデータ伝送単位であるパッケージは同期部、データ部、輝度部からなり、データ部全体の ON/OFF の数が等しくなければならないという制約を設けている。そのため従来の PVLC では、データ部の前半は復号に用いる有効スロットとしてデータのビット列を On-Off Keying(OOK) 方式で変調し、後半は復号に用いない無効スロットとして前半をビット反転して変調していた。データ部のスロット数を D とすると、1 パッケージあたりのデータ伝送量は $\frac{D}{2}$ bit であった。

提案手法では、データ部全体の ON/OFF の数を保ちながらデータ伝送速度を向上させるために、パルスの位置の組み合わせでデータを表す MPPM 方式を導入する。MPPM 方式を用いると 1 パッケージあたりのデータ伝送量は $\log_2(D \cdot C \cdot \frac{D}{2})$ bit になり、図 1 のように従来手法と比べて 1 パッケージあたりのデータ伝送量が向上する。

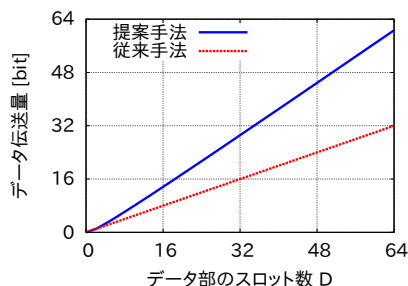


図 1 PVLC の 1 パッケージあたりのデータ伝送量

例えば $D = 4$ の場合、図 2 のように従来手法では 1 パッケージで表現できるデータは 4 通り (2bit) であったが、提案手法では表現できるデータは 6 通り (2.585bit) となる。

元のデータ	従来手法	従来手法 (グレイ符号化)	通常の MPPM	提案手法
0	00 11	00 11	0011	001 1
1	01 10	01 10	0101	011 0
2	10 01	11 00	0110	010 1
3	11 00	10 01	1001	110 0
4			1010	100 1
5			1100	101 0

隣接する符号語間のハミング距離が常に1

無効スロット

図 2 PVLC のデータ部 ($D = 4$) のマッピング手法 (1 は光パルスの ON, 0 は光パルスの OFF を表す)

3 MPPM 方式のマッピング手法の提案

従来の PVLC では、隣接画素からの光による混信が原因のシンボル誤りを低減するために、座標などの空間的に連続したデータを伝送する際には、送信データをグレイ符号化してから変調する手法が用いられていた。

しかし、MPPM 方式では ON/OFF の数は固定であるため、隣接する符号語間のハミング距離は最低でも 2 になり、グレイ符号をそのまま適用することはできない。そこで、本稿では図 2 のように、このハミング距離が常に 1 になる無効スロットを 1 スロット設けることで、残りの有効スロットのハミング距離が常に 1 になるようなマッピング手法を提案する。

具体的には、データ部のスロット数を D とすると、有効スロット内に ON が $\frac{D}{2} - 1$ 個で OFF が $\frac{D}{2}$ 個の符号語と、ON が $\frac{D}{2}$ 個で OFF が $\frac{D}{2} - 1$ 個の符号語を、隣接する符号語間の有効スロットのハミング距離が 1 になるように交互に配置する。また、無効スロットにはデータ部全体の ON/OFF の数が等しくなるようにシンボルを配置する。復号の際には有効スロットの光パルスのデータのみを用いることで、グレイ符号を用いた場合と同様に、隣接画素からの光による混信が原因のシンボル誤りを低減する効果があると考えられる。

参考文献

- [1] 北村ら: “DMD を...” 日本 VR 学会論文誌, 12(3), 381–388, 2007.
- [2] Sugiyama, et al.: “MPPM...”, IEEE Journal of Lightwave Technology, 7(3), 465–472, 1989.