

階層型通信のための MPPM-SIK 方式の提案

7309080 高橋 良介

1 背景と目的

光無線通信において、空間的な範囲に応じて異なるデータを同時に伝送する階層化配信法が検討されている[1]。本研究では、階層化実現法として、特に2種類の情報変調法を融合する方式に着目し、MPPM(Multi-pulse Pulse Position Modulation)方式[2]と、変形擬直交 M 系列対を適用した SIK(Sequence Inversion Keying)方式とを組み合わせた階層型 MPPM-SIK 方式を提案する。

そして、 E_b/N_0 (1ビットあたりの送信信号エネルギー対雑音電力密度比)とシンボル誤り率との関係を評価する。

2 従来の方式

• PPM(Pulse Position Modulation)

パルスの位置によって変調する方式。時間軸を M 個のスロットに等分しそれを 1 フレームとする。そして、送信情報 ($\log_2 M$ [bit/frame]) に応じてパルスを立てるスロットを選択する方式。図 1 に PPM の信号例を示す。

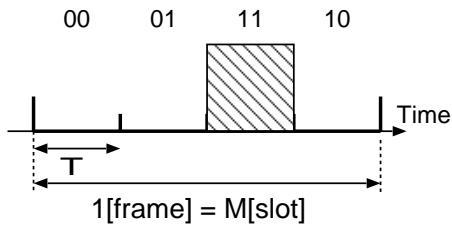


図 1: PPM の信号例 (M=4)

• MPPM(Multi-pulse Pulse Position Modulation)

送信情報 ($\lfloor \log_2(M C_m) \rfloor$ [bit/frame]) に応じて、1 フレーム内の M 個のスロットの中から m 個のスロットを選択する方式。図 2 に MPPM の信号例を示す。

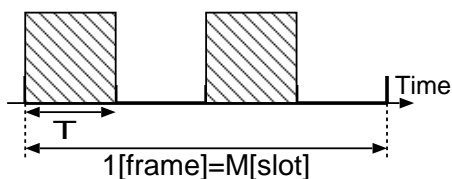


図 2: MPPM の信号例 (M=4, m=2)

• SIK(Sequence Inversion Keying)

送信情報 (1 [bit/frame]) に応じて 2 つの系列 (M_A と $\overline{M_A}$) を切り替える方式。

系列の生成には、互いに直交するような系列 (M 系列, Gold 符号など) が使用される。図 3 に、 $M_A = (1001)$, $\overline{M_A} = (0110)$ の場合の信号例を載せる。光通信では 1 をパルスによって表現することができ、このとき M_A と $\overline{M_A}$ は系列中の 1 と 0 を反転した関係となっている。図 3 に SIK の信号例を示す。

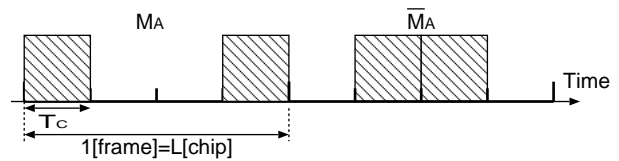


図 3: SIK の信号例 (L=4)

3 階層型 MPPM-SIK 方式

提案する階層型 MPPM-SIK 方式は、従来の方式を組み合わせることによる変調方式である。図 4 に、第 1 変調法として MPPM, 第 2 変調法として SIK を採用した階層型 MPPM-SIK 変調システムを示す。

送信機側では、MPPM 方式では送信情報 Data1 に応じて、1 フレーム内の M 個のスロットの中から m 個のスロットを選択する。SIK 方式では送信情報 Data2 に応じて 2 つの符号を切り替える。本稿では SIK で用いる符号に変形擬直交 M 系列対 [3] を用いており、選択された符号を第 1 変調法である MPPM の m 個の選択スロットに生成する。つまり、スロット幅と符号長 L は等しい。

変形擬直交 M 系列対は、長さ L_M チップのポーラ信号形式の M 系列に "-1" の付加チップを追加した符号長 $L = L_M + 1$ の変形 M 系列 OM と、この変形 M 系列の "-1" を "0" に変換した系列 M_A と M_A の "1" と "0" を交換した $\overline{M_A}$ から成る。このとき、 M_A と $\overline{M_A}$ は OM と擬直交関係にある。

受信機側では、受信した信号を MPPM と SIK で別々に復調を行う。MPPM 側では、受信信号に対して各スロット毎に積分を行い、各スロットの積分出力値を比較する。そして、値が大きいスロットにパルスが立っていると判断し、Data1 の復調を行う。

SIK 側では、受信信号に対してスロット毎に参照信号

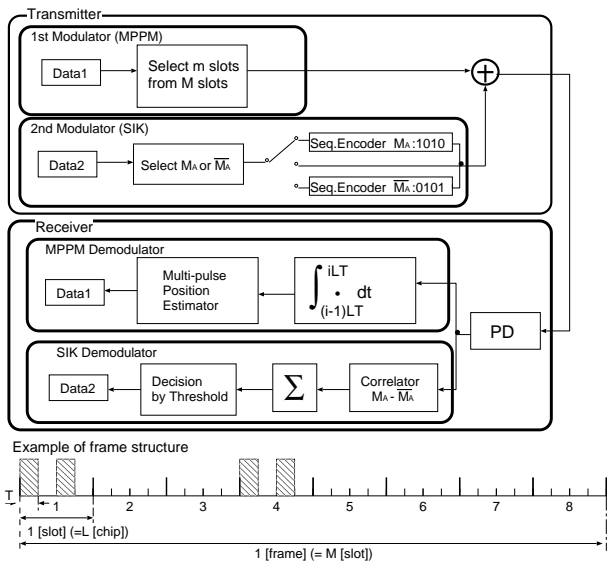


図 4: MPPM-SIK システム構成 ($M=8, m=2, L=4$)

OM との相関をとる。そして、それらの相関値の総和の正負を判断することにより Data2 の復調を行う。

以上より、受信信号からデータを別々に復調することが可能となる。

4 シンボル誤り率の評価

白色ガウス雑音が支配的な場合の提案方式の E_b/N_0 とシンボル誤り率との関係を図5に示す。また、フレーム同期は取れているものとする。このとき、MPPM のスロット数 $M=8$ 、SIK の符号長 $L=4$ 、で MPPM のパルス数 m を 1~4 の間で変化させている。

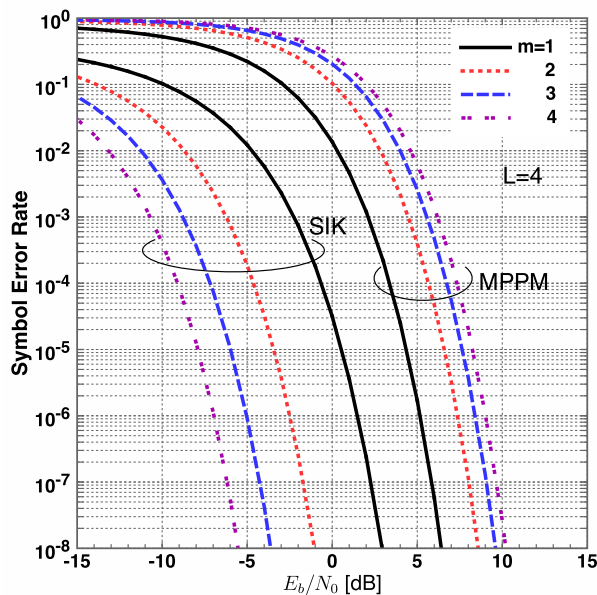


図 5: $M=8, L=4$ のシンボル誤り率特性

図5より、 m の値が増大するごとに MPPM の性能は劣化するが、SIK の性能は改善されることがわかる。しかしながら、 m の値を増やすことにより MPPM の情報

量が増えるので、 m は組み合わせの最も多くなるような値 $m = 4 (= M/2)$ を選ぶことが最適だと考えられる。

また、これらの性能の差を利用することにより、送信機からの空間的な距離が近い受信者は MPPM の Data1 と SIK の Data2 の両方 ($\lceil \log_2(MC_m) \rceil + 1$ [bit/frame]) を復調することができる。一方、距離が遠い受信者は SIK の Data2 (1 [bit/frame]) のみを復調できると考えられる。

5 結果

本研究では、変形擬直交 M 系列を用いる階層型 MPPM-SIK 方式を提案し、白色ガウス雑音が支配的な場合のシンボル誤り率を評価した。

MPPM と SIK のシンボル誤り率の性能の差を利用することで、それらの組み合わせによって階層型通信を行うことが可能であると考えられる。

今後は、背景光や回路雑音などを考慮した可視光通信への応用を図る。

参考文献

- [1] 岡, 羽瀨, 小澤, 橋浦, 大内, "光無線通信を用いた路車間通信における階層化変調法による信頼性向上法の検討", ITS シンポジウム 2009, 1-c-04, PP.49-54 (Dec.2009)
- [2] 新宮, 蒲池, 大槻, 笹瀬, "マルチパルス位置変調を用いた光符号分割多重方式", 電子情報通信学会論文誌, Vol.J82-B, No.9, PP.1689-1701 (Sept.1999)
- [3] 小澤, 羽瀨, "変形擬直交 M 系列対を用いた光空間 N -CSK 方式の一検討", 電子情報通信学会ソ大会, P.89 (Sept.2010)