

路車間通信環境における光無線階層化 MPPM-SIK 方式の性能評価

7311052 小池 智之

1 背景と目的

路車間通信において空間的な範囲に応じて異なるデータ(狭域/広域データ)を同時に伝送する光無線階層化配信法が検討されている [1]. 本研究では, この階層化配信法実現のために 2 種類の光強度変調方式を組み合わせた配信法に着目し, 特に背景光による影響を軽減可能な, 変形擬直交 M 系列対を用いる SIK(Sequence Inversion Keying) 方式と MPPM(Multi-pulse Pulse Position Modulation) 方式を組み合わせた階層化 MPPM-SIK 方式 [2] に着目している.

図 1 に階層型変調方式のイメージを示す.



図 1 階層型変調方式のイメージ

しかしながら, これまでの検討では路車間通信環境を想定した詳細な解析は行われておらず, 背景(太陽)光の影響についての考慮も不十分である.

本研究では, 送信機として LED 信号機, 受信機として自動車のフロントパネルに設置したフォトダイオードを用いた際の路車間通信環境を想定し, 時刻によって変化する背景光を考慮した誤り率性能を理論解析により評価する.

2 階層化 MPPM-SIK 方式

MPPM-SIK 方式は従来の変調方式である MPPM 方式と SIK 方式を組み合わせた変調方式である.

- MPPM(Multi-pulse Pulse Position Modulation)
送信情報 ($\lceil \log_2(MC_m) \rceil$ bit) に応じて, 1 フレーム内の M 個のスロットの中から m 個を選択する方式. 図 2 に MPPM の信号例を示す.

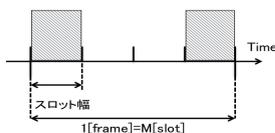


図 2 MPPM の信号例 (M=4, m=2)

- 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, $M_A = [1, 0, 0, 1]$, $\overline{M}_A = [0, 1, 1, 0]$ 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.

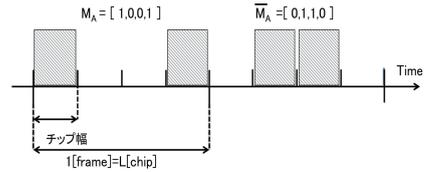


図 3 SIK の信号例 (L=4)

階層化 MPPM-SIK 方式では, MPPM 方式で選択した m 個のスロットに SIK 方式の符号を生成する事で送信信号とする.

3 システム構成

図 4 に, 第一変調法として MPPM, 第二変調法として SIK を採用した階層化 MPPM-SIK 変調システムを示す. 本研究では SIK で用いる符号に変形擬直交 M 系列対 [2] を用いている.

変形擬直交 M 系列対とは, 長さ L 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+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"を変換した \overline{M}_A から成るものである [2].

送信機では MPPM 方式は送信情報 Data1 に応じて, 1 フレーム内の M 個のスロットの中から m 個を選択する. SIK 方式では送信情報 Data2(1bit) に応じて M_A と \overline{M}_A を切り替え, 第 1 変調部で選ばれた m 個のスロットに対して符号を生成する. 受信機では, 受信した信号を MPPM と SIK で別々に復調する. MPPM 方式ではスロット毎に積分を行い, それらの出力を比較し大きい順に m 個のスロットを選択し Data1 を復調する. SIK 方式では参照符号 OM に対して各スロット毎に相関をとり, 相関器出力の総和をしきい値(正負)判定することにより Data2 を復調する. これにより, Data1 と 2 を別々に取り出すことが可能となる.

また, 本研究では selective combining 受信法を適用している [3]. 図 5 に selective combining 受信法の受信機構造を示す. 従来の 1 つしか用いない受信機構造と異なり, 青色専用と赤黄専用の受信機に分けて 2 つ用いる事で必要とする帯域幅を狭くし, 背景光雑音の影響を軽減している. 信号をどちらかの受信機で受信した後, selective combining circuit[4] で信号の送られているものを選択し, 復調する.

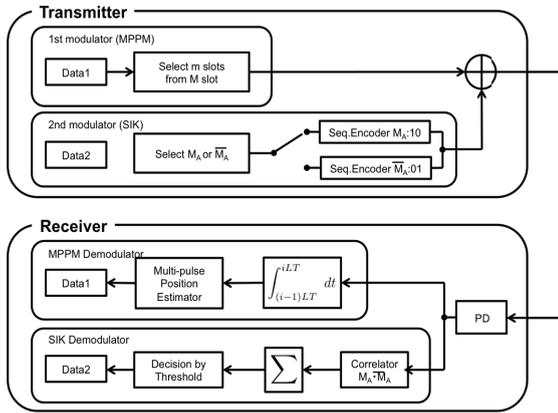
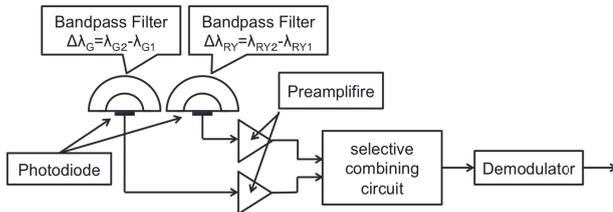


図4 システム構成



$\Delta \lambda_G$:青色受信機の帯域幅 λ_{G2} :帯域幅の上限 λ_{G1} :帯域幅の下限
 $\Delta \lambda_{RV}$:黄、赤色受信機の帯域幅 λ_{RV2} :帯域幅の上限 λ_{RV1} :帯域幅の下限

図5 提案方式の受信機構造

4 評価

図6に路車間通信環境を示す。送信機にLED信号機、受信機に車のフロントパネルの中心に設置したフォトダイオードを用いる。 ϕ は送信機の放射角、 ψ は受信機への入射角を示す。また送受信機の位置は表に示してある値を使用する。

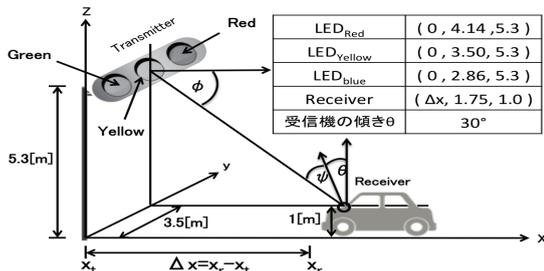


図6 路車間通信環境

図7に送信機を青色信号とした各時刻における階層化 MPPM-SIK(M=8,m=4,L=2)と従来方式である MPPM(M=8,m=4)についてSER(Symbol Error Rate)= 10^{-3} を達成する最大距離を示す。比較する際、情報伝送効率を各方式毎に100Mbpsとした。ただし階層化 MPPM-SIK方式は各変調方式独自に復調できるため、MPPMを $\frac{300}{4}$ Mbps,SIKを $\frac{100}{4}$ Mbpsとした。また、雑音は熱雑音、時間毎に導出した背景光(太陽光)雑音による

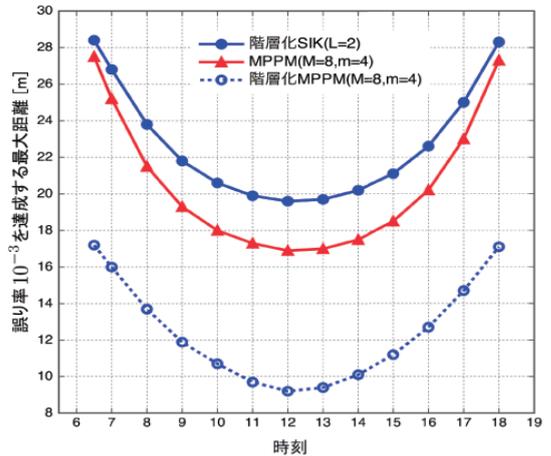


図7 各時刻におけるSER= 10^{-3} を達成する最大距離

ショット雑音を考慮している[3]。また、ここで用いる背景光(太陽光)雑音は太陽放射から求める事ができ、東京でも交通量の多い日比谷交差点における9月のデータを用いて計算している[3]。

この結果から、階層化のSIK方式は従来方式のMPPM方式に比べてより遠い距離で復調が可能である事が分かる。また、階層化のMPPM方式は性能が劣化しているが遠い距離で復調できるSIK方式と組み合わせ、SIK方式を広域情報、MPPM方式を狭域情報として階層型変調が可能であると考えられる。

5 むすび

本研究では、路車間環境を考慮し、光無線階層化MPPM-SIK方式の性能を評価した。背景光雑音下でも誤り率を達成する距離の差からMPPMを狭域情報、SIKを広域情報として送信する階層型通信を行う事が可能であると考えられる。今後はシャドウイングや環境光を考慮し、更に実際の通信環境を実現する。

参考文献

- [1] 羽瀧 裕真, 小澤 佑介, “光無線通信におけるPN符号を用いる階層化変調法”, 信学論 Vol.J96-B No.5 pp.509-517, May 2013.
- [2] 高橋 良介, 小澤 佑介, 榎田 洋太郎, “光無線通信のための階層型MPPM-SIK方式の提案”, 信学会総合大会講演論文集, P107, March 2013.
- [3] Lee, I.E ; Sim, M.L. ; Kung, F.W.L, “Performance enhancement of outdoor visible-light communication system using selective combining receiver”, IET (Volume:3, Issue: 1) Optoelectronics, February 2009.
- [4] IBRAHIM M.M.,IBRAHIM A.M., “Performance analysis of optical receivers with space diversity reception”, Proc.IEE Communications,pp.369-372,December 1996.