

FPGAによる光空間通信におけるPC/SS方式送受信機的设计

7309032 大越 史移

1 はじめに

高い情報伝送効率を達成するために、電気通信で検討されている並列組み合わせスペクトル拡散 (Parallel Combinatory Spread Spectrum : PC/SS) 方式 [1] が注目されている [2]. PC/SS 方式は互いに直行する拡散系列集合 (系列数: M 個) から送信情報に応じて N 個の拡散系列を選択し、その各々を $+1$ または -1 で変調し並列に組み合わせることで、符号長あたりの送信情報量は $[\log_2(MC_N)] + N[\text{bit}]$ となり、CSK 方式より増大することが可能である。しかし、この方式では選択した拡散系列を $+1$ または -1 で変調しているため、そのまま光通信に適用することは困難であるため、拡散系列を $+1$ または -1 で変調するのではなく変形擬直交 M 系列対を用いた SIK 方式と CSK 方式を拡張した N-CSK (N parallel Code Shift Keying) 方式と融合した変形擬直交 M 系列対を用いた光空間 PC/SS 方式が検討されている [2].

そこで本校では、変形擬直交 M 系列対を用いた光空間 PC/SS 方式の送受信機を FPGA を用いた設計を行う。

2 システム構成

本節では、まず変形擬直交 M 系列対について述べ、変形擬直交 M 系列対を用いた N-CSK 方式のシステム構成について示す。

2.1 変形擬直交 M 系列対

変形擬直交 M 系列対はオンオフ信号形式型の拡張 M 系列とポーラ信号形式型の直交 M 系列で形成されている [3]. まず系列長が L_M の M 系列 $(x_1, x_2, \dots, x_{L_M})$ を用意する。このとき、 x_i ($i = 1, 2, \dots, M$) は $+1$ もしくは -1 で形成されている。次にこれを巡回シフトすることで L_M 個の M 系列が出来る。この M 系列に平衡チップ -1 を負荷することでポーラ信号形式型直交 M 系列 OM_i ($i = 1, 2, \dots, L_M$) となる。

$$\begin{cases} OM_1 &= \{ x_1, x_2, \dots, x_{L_M-1}, x_{L_M}, -1 \} \\ OM_2 &= \{ x_2, x_3, \dots, x_{L_M}, x_1, -1 \} \\ \vdots & \\ OM_{L_M} &= \{ x_{L_M}, x_1, \dots, x_{L_M-2}, x_{L_M-1}, -1 \} \end{cases} \quad (1)$$

各直交 M 系列間の相互相関値はいずれも 0 となり、オンオフ信号形式型の拡張 M 系列はこのポーラ信号形式型直交 M 系列を元に作成する。これらの系列の -1 チップを

0 に置き換えた系列を M_{Ai} とし、この M_{Ai} の $+1$ チップと 0 チップを反転した系列を $\overline{M_{Ai}}$ とする。この二種類の系列がオンオフ信号形式型 M 系列である。また、系列長 L は $L = L_M + 1$ となり、

$$M_A OM^T = \left(\frac{L}{2}\right)E \quad \dots \quad (2)$$

$$\overline{M_A} OM^T = \left(-\frac{L}{2}\right)E \quad \dots \quad (3)$$

$$OM = M_A - \overline{M_A} \quad \dots \quad (4)$$

となる特徴を持つ。ただし、 E は単位行列、 OM^T は OM の転置行列である。

2.2 変形擬直交 M 系列対を用いた光空間 PC/SS 方式

変形擬直交 M 系列対を用いた光空間 PC/SS 方式では、 $M (= L-1)$ 個のオンオフ信号形式型の拡張 M 系列 (M_A) を送信側の拡散符号系列として割り当て、 M 個のポーラ信号形式型の直交 M 系列 (OM) を受信機の参照系列として使用する。送信機では、まず $[\log_2(MC_N)]$ [bit] の情報に応じて M_{Ai} ($i = 1, 2, \dots, L-1$) の中から N 個の拡散系列が選択される。さらに、残りの N [bit] の情報情報に応じて、 N 個の拡散系列をそれぞれ M_{Ai} , または $\overline{M_{Ai}}$ に切り替える。最後に、この N 個の拡散符号系列を並列に送信する。受信機ではチップレベル検波器により、受信信号をチップ感覚毎に光電変換する。光電変換した電気信号は各直交 M 系列ぶ対応した M 個の拡散系列復調器へ分配され、一列長毎に受信信号は各参照系列との相関検波を行う。送信情報は各相関器出力値の絶対値とその極性情報から復調される。まず、 M 個の相関器出力の絶対値より N 個選択することで送信された N 個の系列を推定し、さらにその N 個の相関器出力の極性情報より各系列が M_{Ai} か $\overline{M_{Ai}}$ を推定する。

3 FPGAによる設計

拡散系列の信号長は $L = 8$ として設計を行った。1 シンボルあたりの送信情報は 9 [bit] であり、選択系列数は 4 で

3.1 送信システム

送信システムではまず、シフトレジスタと Ex-OR を使用して 7 種のオンオフ信号形式型拡張 M 系列 (M_{Ai}) を

表 1: 開発系の諸元

FPGA 評価ボード	ML605
FPGA	Virtex-6 XC6VLX240T-1FFG1156
開発環境	ISE Design Suite: Logic Edition
シミュレータ	ISE Simulator
開発言語	VHDL
動作クロック	200[MHz]

生成し、拡散系列として使用する。送信情報の前方 5[bit] に応じて 7 個の拡散系列から 4 個を選択する。その後、選択した各拡散系列を後方 4[bit] に応じて $\overline{M_{A_i}}$ に切り替える。FPGA の出力に多値信号は利用できないため、それぞれの信号を 4 チャンネルで出力する。

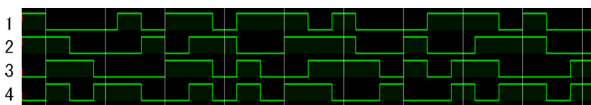


図 1: 送信情報

3.2 受信システム

送信信号を一つに合算し、多値信号として入力する。1 シンボルごとに入力された信号とあらかじめ用意されている 7 種の拡散系列 (OM_i) との相関検波を行う。相関器出力の絶対値と極性を読み込み、絶対値の大きい順に並び替える。並び替えたものから大きいものを 4 個選択することで、送信された拡散系列を推定し、極性情報から各系列が M_{A_i} か $\overline{M_{A_i}}$ を推定する。

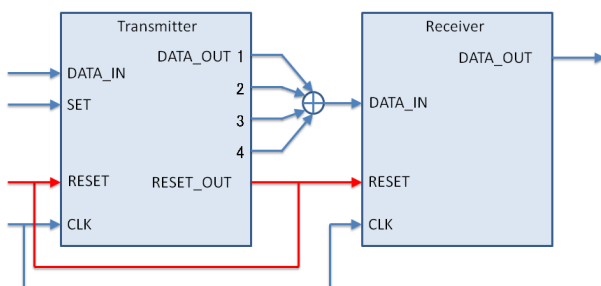


図 2: FPGA 内部ブロック図

4 まとめ

本稿では、電気通信で検討されている PC/SS 方式を光空間に拡張した変形擬直交 M 系列対を用いた光空間 PC/SS 方式の送受信機的设计を行った。FPGA 内に送信システム・受信システム的设计を行い、送信情報の波形と入力データ・出力データ的一致が確認できた。今後は、LED 駆動回路と PD 駆動回路、AD 変換のシステムを制作しシステムの評価を行う。

入力データ



出力データ

図 3: 入力データ・出力データ

参考文献

- [1] 朱近康, 佐々木重信, 丸林元, ” 並列組み合わせ SS 通信方式の提案 ”, 電子情報通信学会論文誌, VOL. J74-B, No5, PP207-214 (May 1991)
- [2] 小澤佑介, 羽瀨裕真, ” 光空間通信における並列組み合わせ SS 通信方式の一検討 ”, 電子情報通信学会技術研究報告. WBS 110(444), PP131-135, (Feb 2011)
- [3] 羽瀨 裕真, ” オンオフ信号形式型 M 系列を用いる多値変調法の一検討 (信号処理, スペクトル拡散, 及び一般) ” 電子情報通信学会技術研究報告. WBS, ワイドバンドシステム 106(171), 31-34, 2006-07-13