

拡散符号を拘束したスペクトル拡散通信方式の提案  
 正員 羽瀧 裕真<sup>†</sup> 正員 長谷川孝明<sup>††</sup>

Proposal of Spread Spectrum Communication Constrained Spreading Code  
 Hiromasa HABUCHI<sup>†</sup> and Takaaki HASEGAWA<sup>††</sup>, Members

<sup>†</sup> 茨城大学工学部情報工学科, 日立市  
 Faculty of Engineering, Ibaraki University Hitachi-shi, 316 Japan  
<sup>††</sup> 埼玉大学工学部電気電子工学科, 浦和市  
 Faculty of Engineering, Saitama University Urawa-shi, 338 Japan

あらまし 本論文では、複数の拡散符号から選択した符号を一定区間利用するスペクトル拡散通信方式を提案している。本方式は従来の M-ary スペクトル拡散通信方式と同様に誤り率特性を改善することができ、更に従来方式に比べ装置を簡易にできる。

キーワード スペクトル拡散通信, 倍直交方式, M-ary 直交変調方式, シャンオンリミット

1. まえがき

近年、複数の拡散符号を用いる M-ary 直交変調方式や倍直交方式によるスペクトル拡散 (Spread Spectrum: SS) 通信方式が検討されている<sup>(1)~(6)</sup>。これらの方式は送受信側で利用する拡散符号数を多くすることにより白色ガウス雑音下で誤り率特性をシャンオンリミットに近づけることが可能となり、よりいっそう良好な特性を得ることができ。しかしながら、拡散符号数を多くすることによって、受信側には送信側で用いた拡散符号数と同数の相関器が必要となり、また拡散符号長も長くなるため、装置規模が膨大になってしまう問題がある。そのため、いかに装置を簡易にするかが一つの課題となっている。

本論文では、その問題の解決策の一つとして複数の拡散符号の中から伝送データにより一つを選択し、その拡散符号で複数のデータを拡散する方式<sup>(6)</sup>を提案する。本方式は、特別な場合として、一つの拡散符号だけを利用する SS 通信方式、M-ary 直交変調方式によるスペクトル拡散 (M-ary/SS) 通信方式や倍直交方式を含んでおり、直接拡散のスペクトル拡散通信方式を一般的に含む方式である。

2. システム構成

2.1 M-ary/SS 通信方式と倍直交方式<sup>(1),(2)</sup>

M-ary/SS 通信方式は、M 個の拡散符号の中からいずれか一つの拡散符号を送信情報により選択し、伝送する方式であり、1 フレーム当り  $\log_2 M$  [bit] のビット数をもつ。また、倍直交方式は M 個の各拡散符号に対

してその符号反転を含めた  $2M$  個の拡散符号 (倍直交符号) を利用するものである。これらの方式では送受信側に用意する拡散符号数を多くすることによりビット誤り率特性を改善することができるが、それに伴って装置が複雑になってしまう問題がある。

次節に、この問題の解決策の一つとして拡散符号を拘束するスペクトル拡散通信方式を示す。

2.2 SS-CSC 通信方式<sup>(6)</sup>

本方式は複数の拡散符号の中から伝送情報により一つを選択し、その拡散符号で複数のデータを拡散するものである。一定区間は同一の拡散符号に拘束されることから本方式を SS-CSC (Spread Spectrum communication Constrained Spreading Codes) 通信方式と呼ぶことにする。SS-CSC 通信方式のシステム構成を図 1 に示す。図 2 には送信側の各部の波形を示す。

送信側において、入力データはデータ変換器により  $K$  [bit] +  $N$  [bit] に変換される。 $K$  [bit] のデータは拡散符号選択器に入力され、拡散符号選択用として利用される。つまり、 $K$  [bit] データによって  $M (=2^K)$  個の拡散符号の中から一つの拡散符号が選択される (図 2(b))。そして、その選択された拡散符号によって図 2(a) に示す  $N$  [bit] のデータを拡散する (図 2(c))。但し、この  $N$  [bit] のデータは  $\pm 1$  からなる 1 データ時間長  $T$  の信号  $N$  個から構成され、拘束された拡散符号を変調する。このとき、同一の拡散符号を利用する区間を拘束長  $L$  と呼び、それは式 (1) で定義される。

$$L = \begin{cases} 1 & (N=0) \\ N & (N \geq 1) \end{cases} \quad (1)$$

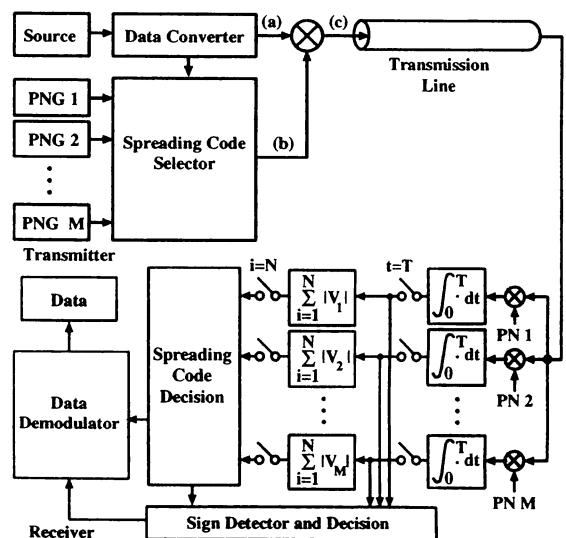


図 1 システム構成  
 Fig. 1 Structure of the SS-CSC system.

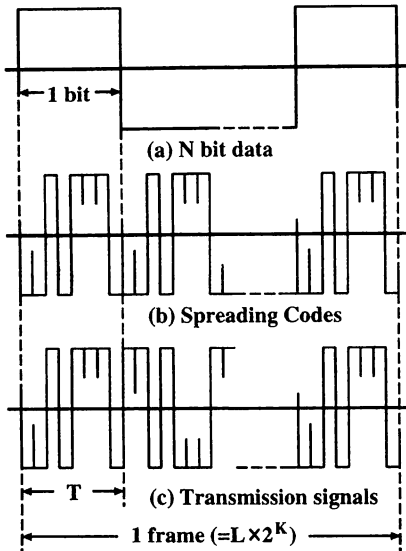


図 2 送信側の各部の波形  
Fig. 2 Signal structure at each part.

また、本方式で用いる  $M$  種類の拡散符号は符号長  $2^K$  [chip] の直交符号である。従って、1 フレームは  $K + N$  [bit] のビット数をもつ  $L \times 2^K$  [chip] の長さの信号で構成されることになる。

受信側においては、まず、送信側で用意した拡散符号と同一種類の拡散符号と各々相関をとる。次に、その相関出力の絶対値を各々  $N$  [bit] にわたって和し、それらの中から最大値を求める。但し、 $N=0$  [bit] のときは相関出力そのものの中から最大値を求める。そして、その最大の相関値を示す拡散符号を送信拡散符号として推定する。すなわち、送信された拡散符号の推定は 1 フレームの長さで行い、その推定した拡散符号に割り当てられているデータ (拡散符号を選択するための  $K$  [bit] データ) を取り出すものである。次に、推定された拡散符号に対応する積分放電フィルタの出力  $N$  個の各々の極性を判定する。つまり、各拡散符号周期  $T$  ごとに極性を判定することにより残りの  $N$  [bit] データを推定するものである。最後に、これらのデータを合成して  $(K+N)$  [bit] のデータとして復調する。

### 3. 性能評価

表 1 から、1 フレーム当りのビット数を同一にしたとき、本方式は  $N=1$  [bit] 以上で M-ary/SS 通信方式よりも装置を簡易にでき、 $N=2$  [bit] 以上で倍直交方式よりも簡易にできることがわかる。

図 3 に 1 フレーム当りのビット数を 6 [bit] としたときの本方式と M-ary/SS 通信方式と倍直交方式の平均ビット誤り率特性を示す。但し、拘束長  $L$  は  $3(N$

表 1 本方式と従来方式との比較

|               | フレーム長          | 相関器数        | $\eta$ [bit/sec/Hz]        |
|---------------|----------------|-------------|----------------------------|
| 本方式           | $L \times 2^K$ | $2^K$       | $\frac{K+N}{L \times 2^K}$ |
| 倍直交方式         | $2^{K+N-1}$    | $2^{K+N-1}$ | $\frac{K+N}{2^{K+N-1}}$    |
| M-ary/SS 通信方式 | $2^{K+N}$      | $2^{K+N}$   | $\frac{K+N}{2^{K+N}}$      |

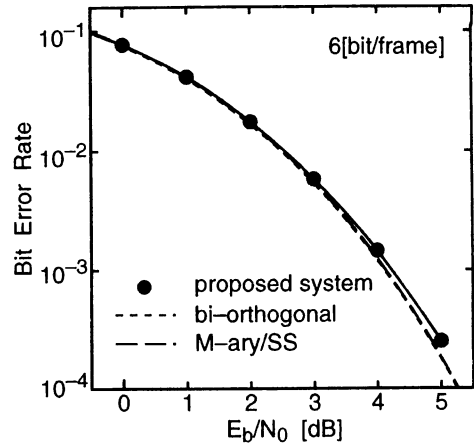


図 3 平均ビット誤り率特性(6[bit/frame])  
Fig. 3 Mean Bit error rates of the proposed system, the M-ary/SS system and the bi-orthogonal system at 6[bit/frame]

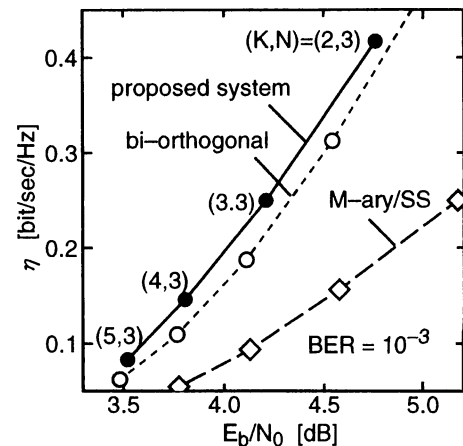


図 4 周波数利用効率特性における本方式と従来方式の比較 (BER= $10^{-3}$ ,  $N=3$  [bit])  
Fig. 4 Spectral efficiency for the proposed system and the conventional system when BER= $10^{-3}$  and  $N=3$  [bit].

$=3$  [bit],  $K=3$  [bit]) とし、縦軸は平均ビット誤り率 (Bit Error Rate: BER) であり、横軸は情報 1 [bit] 当りの送信信号エネルギー ( $E_b$ ) 対雑音パワースペクトル密度 ( $N_0$ ) 比である。図 3 より、本方式と従来方式とのビット誤り率特性は同程度であることがわかる。

図 4 に  $N=3$  [bit] (拘束長  $L=3$ )、平均ビット誤り

率 BER を  $10^{-3}$  に設定したときの周波数利用効率特性を示す。図 4 から、陪直交方式とは同程度、M-ary/SS 通信方式よりは良好な特性となることがわかる。

#### 4. む す び

拡散符号を複数データにわたって拘束する SS-CSC 通信方式を提案し、その基本特性について検討を行った。

本方式は、1 フレーム当りのビット数を同一にした M-ary/SS 通信方式や陪直交方式と同程度の特性をもつことがわかった。更に、それらの従来方式に比べて相関器数とフレーム長をともに減少させることができ、装置を簡易にすることができることがわかった。

今後は、拘束長  $L$  を変化させた場合の性能検討、同期を含めたシステムの性能検討、符号分割多元接続を行った場合の性能検討等を行う予定である。

#### 文 献

- (1) Cooper G. R. and McGillem C. D.: "Modern Communications and Spread Spectrum", McGraw-Hill International Editions.
- (2) 太刀川信一, 丸林 元: "M-ary/SSMA の周波数利用効率", 信学論(A), **J73-A**, 10, pp.1678-1687 (1991-10).
- (3) 矢野安宏, 村井英志, 田近壽夫, 藤野 忠: "M-ary/SS 通信における判定帰還型符号同期ループの一検討", 信学技報, **SST92-63** (1993-01).
- (4) Enge P. K. and Sarwate D. V.: "Spread-Spectrum Multiple-Access Performance of Orthogonal Code: Linear Receivers", IEEE Trans. Commun., **COM-35**, 12, pp. 1309-1319 (Dec. 1987).
- (5) 郭 黎利, 畔柳功芳, 末広直樹: "コードシフト変調方式の伝送効率について", 信学技報, **SST91-51** (1991-03).
- (6) 羽瀧裕真, 長谷川孝明: "拡散符号を拘束したスペクトル拡散通信方式の性能評価", 信学技報, **SST92-83** (1993-03).

(平成 6 年 5 月 26 日受付)