

54 並列組合せSS方式の同期追跡法の検討

新田善己 佐々木重信 菊池久和 渡辺弘道 朱近康* 丸林元**
 新潟大学工学部 *中国科学技術大学 **創価大学工学部

1. まえがき

スペクトル拡散(SS)拡散通信方式が持つ、耐干渉性等のメリットを損なうことなく、高速のデータ伝送が可能な通信方式として、並列組合せSS(PC/SS)通信方式^[1]が提案されている。PC/SS方式では、データに応じて複数の拡散系列を組合わせて送信するため、データによって送信する拡散系列が異なり、SS通信の際に必要な同期が問題となる。

この問題点を改善するための方法として、PC/SS方式の拡散系列に対し、Hadamard行列の1行を外系列、M系列等のPN系列を内系列とする接続系列^[1]を用いる方法が提案されている。同期には、同期捕捉と同期追跡の2つのプロセスがある。PC/SS方式の同期については、これまでマッチドフィルタによる同期捕捉法^[2]について検討されてきたが、同期追跡についてはほとんど検討されていない。本報告では、PC/SS方式の同期追跡の方法として、前記の接続系列の特徴を生かした遅延ロックループ(DLL)を用いることを提案し、その同期追跡性能について検討する。

2. PC/SS通信システムと接続系列の構成

PC/SS通信方式は、kビットの入力データによって、用意していたM個の拡散系列からr個を選出し、これに各系列の状態を表す+1、-1のデータを乗じ、線形合成して出力する方式である。また受信側においても、同期をとる際に、同じM個の拡散系列を用意しておく必要がある。

PC/SS方式での同期を簡単に実現するために、PC/SS方式の拡散系列として、接続系列を用いる方法が提案さ

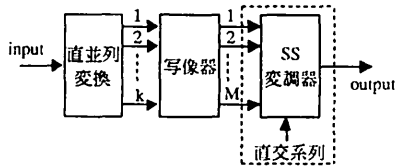


図1 PC/SS通信システムの送信モデル

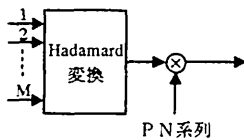


図2 接続系列を用いた場合の図1の点線部分

$$\begin{bmatrix} PN_1 \\ PN_2 \\ PN_3 \\ PN_4 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} +m & +m & +m & +m \\ +m & -m & +m & -m \\ +m & +m & -m & -m \\ +m & -m & -m & +m \end{bmatrix}$$

図3 接続系列の例

れている。接続系列を用いることにより、図1の点線部分は、図2のように簡単に構成することができる。図3には、接続系列の例を示す。ここでは、4次のHadamard行列を用いており、mはM系列などのPN系列を表す。図のように、各行それぞれが、PC/SS方式での拡散系列に相当する。

3. 同期追跡性能の考察

前節で述べたシステムでは、外系列であるHadamard行列と内系列であるPN系列、それぞれの同期を取る必要がある。しかし、事前に同期捕捉が行われているものと仮定すると、外系列については同期が取れていると考えられるので、同期追跡は内系列についてのみ行えばよい。本報告では、同期追跡を行うために、図4のようなDLLを用いて行うことを提案する。図4の点線部分は、図5のような構成であって、Dは内系列であるPN系列の1周期分遅延させることを表し、また、Hadamard行列の次数分だけ遅延器がある。図4においては、受信した信号に対して内系列であるPN系列で相関を取り、PN系の1周期分の積分を行い、送信する際の正負の影響を取り除くためにそれを2乗する。そこで出た結果に対しそれぞれのピークを足し合わせるために図5のようなシステムを使う。

次に、提案するDLLの性能について考察する。文献[3]から、この場合の同期追跡性能を表す追跡誤差の分散の理論式は、式(1)のように表すことができる。但し、 σ_d / Δ は追跡誤差を表している。

$$\left(\frac{\sigma_d}{\Delta}\right)^2 = \frac{B_L N_0}{2P} \left\{ 1 + 2 \left(\frac{N_0 B}{P} \right) \right\} \quad (1)$$

- P : PN信号の電力
- B_L : 片側ループ雑音帯域幅
- B : BPFの帯域幅
- N_0 : 両側電力スペクトル密度

$P/N_0 B$ は、直接スペクトル拡散(DS/SS)通信においては、拡散復調後の変調波のSN比と見ることができる。また、拡散復調後の変調波のSN比を SN' 、伝送路にお

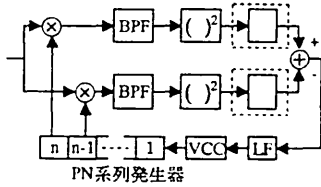


図4 提案する遅延ロックループの構成

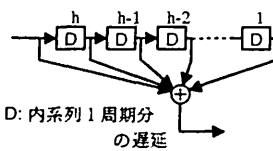


図5 図4の点線部分

るSN比をSNとし、伝送路中のSS信号の帯域幅を B_s とすると、それらのSN比は次のように書き表すことができる。

$$SN = \frac{P}{N_0 \cdot B_s} \quad (2)$$

$$SN' = \frac{P}{N_0 \cdot B} \quad (3)$$

式(2)、(3)を用いて、2つのSN比の関係を表すと次のようになる。

$$SN' = \frac{B_s}{B} SN = G_p \cdot SN \quad (4)$$

ここで、 G_p は処理利得と呼ばれ、DS/SS方式においては、逆拡散した後の信号と、SS信号との拡散比であり、拡散系列の系列長と等しくなる。本方式では、この処理利得は、内系列であるPN系列の系列長を、Hadamard行列の次数分だけ乗じたもの、つまり接続系列の系列長と等しくなる。そこで、拡散系列長が l_{PN} 、Hadamard行列の次数 h である接続系列の場合には、処理利得は次のように表すことができる。

$$G_p = l_{PN} \cdot h \quad (5)$$

式(4)、(5)を用いて式(1)を変形すると次のようになる。

$$\begin{aligned} \left(\frac{\sigma_{\Delta}}{\Delta}\right)^2 &= \frac{1}{2} \frac{1}{G_p \cdot SN} \frac{B_s}{B} \left\{ 1 + 2 \left(\frac{1}{G_p \cdot SN} \right) \right\} \\ &= \frac{1}{2} \frac{1}{l_{PN} \cdot h \cdot SN} \frac{B_s}{B} \left\{ 1 + 2 \left(\frac{1}{l_{PN} \cdot h \cdot SN} \right) \right\} \end{aligned} \quad (6)$$

式(6)を用いて、 $M=8$ 、 $r=2$ 、 $l_{PN}=15$ 、 $h=8$ 、の場合の $B_s/B=10^{-1}$ 、 10^{-2} 、 10^{-3} における追跡誤差の分散を求めた結果を図6に示す。

追跡誤差は約0.2以下であるならば、同期から外れることがほとんど無いことが認められているので、 $B_s/B=10^{-3}$ の場合には、グラフからSN比が-30dB弱程度までは同期が保たれると考えられる。

4. まとめ

本報告では、Hadamard行列とPN系列の接続系列を用いたPC/SS方式の同期追跡システムとして、接続系列の特徴を生かしたDLLを用いることを提案し、その同期追跡性能について評価を行った。

入力データにより、出力する信号が変化してしまうPC/SS通信方式は、同期を取る操作が難しくなり、またシステムも複雑になるという問題点があった。しかしながら、本同期追跡システムを用いることによって、簡単に同期追跡を行うことが可能となり、また同期追跡システムも簡単に構成することが可能と考えられる。

今後は、本報告で示している遅延ロックループを用いた場合の理論値と計算機シミュレーションによるデータの比較を行う予定である。

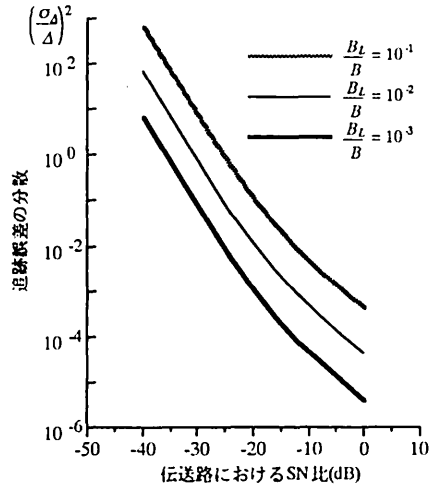


図6 追跡誤差(理論値)

謝辞

本研究の一部は、文部省科学研究費(課題番号0675036)、ならびにテレコム先端技術研究支援センターの援助により行われた。

参考文献

- [1] 朱 近康、佐々木重信、丸林 元、“並列組合せSS通信方式の提案”、信学論(B・II) J74-B-II, No.5 pp207-214(1991-5)
- [2] 前田俊宏、朱 近康、丸林 元、“並列組合せSS通信方式における同期の検討”、信学信越支部大会、19(1991-10)
- [3] 佐々木重信、菊池久和、渡辺弘道、朱 近康、丸林 元、“並列組合せSS通信方式の同期に関する一検討”、信学技報、SST93-89(1993-12)
- [4] 横山光雄 著、“スペクトル拡散通信システム”、科学技術出版社
- [5] 中川正雄 監修、“スペクトラム拡散通信の基礎と応用”、トリケップス(1991)