

## 同期式 CDMA の相関特性を用いた伝送特性向上に関する研究

板橋 卓哉<sup>†</sup> 望月 寛<sup>†</sup><sup>†</sup> 日本大学大学院理工学研究科

## 1. はじめに

CDMA は拡散符号による拡散変調を行うことによって多重化を実現していることが知られている。その拡散符号の代表例としてアダマール行列により生成された直交符号を採用する手法が挙げられ、それらによって拡散変調された全てのチャンネルの信号を同期して多重化する方式を同期式 CDMA と呼ぶ。本研究では、直交符号によって多重化された各チャンネルの相関特性に着目した伝送特性向上手法について提案し、計算機シミュレーションにより評価した。具体的には、受信器側で各チャンネルの相関特性から伝送路での雑音算出を行った結果に基づいて、拡散符号の同期捕捉、および誤り訂正機能を実現する。

## 2. 相関特性を用いた伝送路の雑音算出手法

ここでは、相関特性を用いた伝送路の雑音算出手法について示す。なお、今回の検討において、直交符号長 64 で 64 チャンネルを多重化する伝送について検討する。直交符号の  $i$  チャンネル目を  $h_i$  とし、ある時刻で得られる  $j$  番目の相関値出力について考える。受信器には CDMA 多重化信号が入力され、相関値出力  $c_{i,j}$  が得られるが、ここで、多重化信号には雑音  $n_j$  が含まれているため、送信時の CDMA 多重化信号を真値とし、これを  $s_j$  とすると式(1)のように表せる。

$$\begin{aligned} c_{i,j} = & h_{i,1}(s_{j-63} + n_{j-63}) \\ & + h_{i,2}(s_{j-62} + n_{j-62}) \\ & + \dots + h_{i,k}(s_{j+k-64} + n_{j+k-64}) \\ & + \dots + h_{i,64}(s_j + n_j) \end{aligned} \quad (1)$$

この式(1)を信号成分、雑音成分に分けて整理すると以下ようになる。

$$c_{i,j} = \sum_{k=1}^{64} h_{i,k} s_{j+k-64} + \sum_{k=1}^{64} h_{i,k} n_{j+k-64} \quad (2)$$

ここで、式(2)の第 1 項は直交符号の同期がとれていた場合、64 または -64 のいずれかをとる。また、デジタルデータは相関値の正負判定によって得られるので、それを  $d_{i,j}$  とし式を整理すると以下ようになる。

$$\sum_{k=1}^{64} h_{i,k} n_{j+k-64} = c_{i,j} - 64d_{i,j} \quad (3)$$

そして、式(3)を全てのチャンネルに対して拡張すると、下記に示すような行列を生成することができ、雑音  $n_j$  を算出することが可能となる。

$$\begin{pmatrix} h_{1,1} & \dots & h_{1,64} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ h_{64,1} & \dots & h_{64,64} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} n_{j-63} \\ \vdots \\ n_j \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} c_{1,j} - 64d_{1,j} \\ \vdots \\ c_{64,j} - 64d_{64,j} \end{pmatrix} \quad (4)$$

## 3. 雑音算出に基づいた伝送特性向上に関する評価

式(4)における雑音算出はデジタルデータ  $d_{i,j}$  に基づいて行っているため、そのデータ判定に誤りがない場合は正しく算出できるのに対して、誤りがあった場合は正しく算出できなくなる。この性質を利用して、誤り訂正機能を実現する手法について示す。なお、今回の検討では、CDMA により多重化された 0~63 までの 64 値の振幅値を QAM の各シンボルに割り当てて伝送を行う CDMA-QAM 方式<sup>[1]</sup>を対象とした。式(4)で得られた雑音とのノルムを算出し、これが小さい場合は正しい雑音算出がされている、すなわち、データ誤りがないと判定し、大きい場合はデータ誤りがあると判定することとした。そして、データ誤りがあると判定した場合、式(4)中の  $d_{i,j} \sim d_{64,j}$  のいずれか 1 ビットが誤っていると仮定し、これらを 1 ビットずつ反転させた 64 パターンについて、同様に式(4)を用いた雑音およびノルムを算出し、それらの中から最小のノルムを取るパターンを誤り箇所と断定し、誤り訂正を行うこととした。図 1 に QAM の I 相方向へのシンボル誤り率 (SER) を変化させた時のビット誤り率 (BER) 特性を示すが、この図より、従来の誤り訂正機能を用いない手法に比して、1 ビットの誤り訂正機能を有する手法の BER 特性が向上していることを明らかにした。

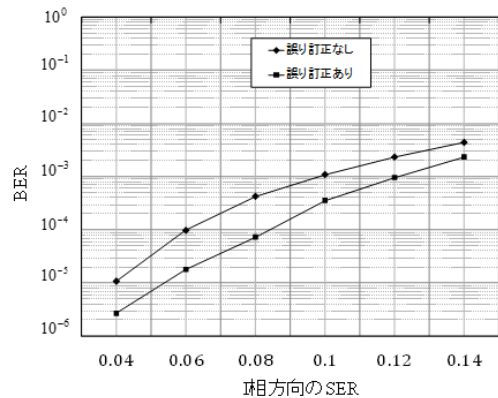


図 1 I相方向のSERに対するBER特性

## 4. まとめ

本研究では、受信器側での各チャンネルの相関特性を利用して伝送特性を向上させる手法について、特に相関特性を用いた誤り訂正符号を用いない誤り訂正機能の実現手法を提案した。現在は 1 ビットに対する訂正のみのため、今後は複数ビットに対する誤り訂正機能について検討するとともに、FPGA などを用いたハードウェア化を行った上で性能評価する必要がある。

## 参考文献

[1] 望月他, “CDMA-QAM 方式の鉄道信号システムへの適用に関する一検討”, 電学論 D, Vol.126, No.3, pp.337.344 (2006)