

シンボル配置を変更した CDMA-QAM 伝送方式の評価

Evaluation of CDMA-QAM Transmission System Applying a Modified Symbol Allocation

○菊地祐貴¹, 望月寛², 高橋聖², 中村英夫²Yuki Kikuchi¹, Hiroshi Mochizuki², Sei Takahashi², Hideo Nakamura²

Abstract: In previous researches, CDMA-QAM transmission scheme in which CDMA (Code Division Multiple Access) and QAM (Quadrature Amplitude Modulation) are combined has been proposed. In this scheme, it is important for improving bit error rate characteristics to study a symbol allocation of QAM. In this paper, we proposed a new symbol allocation for CDMA-QAM transmission system by considering ununiformity of multiplexed CDMA signal distribution. Based on this idea, we evaluated bit error rate characteristics of the proposed method compared with conventional CDMA-QAM transmission scheme by carrying out computer simulations.

1. はじめに

先行研究において、CDMA (Code Division Multiple Access: 符号分割多重接続) と、QAM (Quadrature Amplitude Modulation: 直交振幅変調) とを組み合わせた CDMA-QAM 伝送方式を提案し、その性能を計算機シミュレーションによって評価している^[1]。ここで、CDMA-QAM 伝送方式においては CDMA 多重化信号が QAM の各シンボルに配置されているため、QAM におけるシンボル誤りの大きさがシステム全体のビット誤り率(Bit Error Rate: BER)特性に大きく影響を与える。

以上のことを踏まえて、システム全体の BER 特性が良好となるようなシンボル配置を検討する。本研究では、特に CDMA 多重化信号の振幅分布特性に着目したシンボル配置を提案し、鉄道信号システムへの応用を想定した計算機シミュレーションを実施した。

2. CDMA-QAM 伝送方式

CDMA-QAM 伝送方式では、CDMA により多重化された信号を QAM の各シンボルに割り当てて伝送を行う方式を採用した。具体的には、図 1 に示すように送信データをパラレルデータに変換し、各チャンネルで拡散変調を行い、多重化を行う。また、多重化された信号を図 2 に示すシンボル配置に基づき QAM による変調を行い送信信号とする。受信部では、QAM 復調を施した後に逆拡散処理を行い、パラレルデータからシリアルデータに変換ものを受信データとする。ここで本方式において、64QAM の各シンボルに割り当てられているのは、送信データそのものではなく、拡散変調によって多元化された CDMA 信号であるので、仮に受信部での QAM 復調時にシンボルを誤ったとしても、CDMA 復調によって吸収できる範囲内であれば、送信データは誤りなく受信できる特長を有している^[1]。

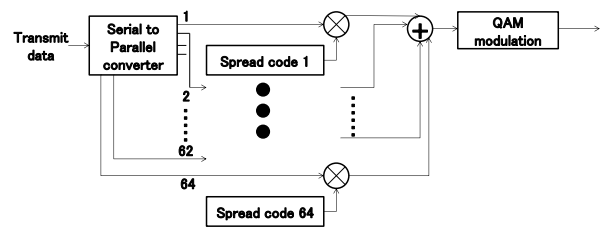


Figure 1 Block diagram of CDMA-QAM transmitter.

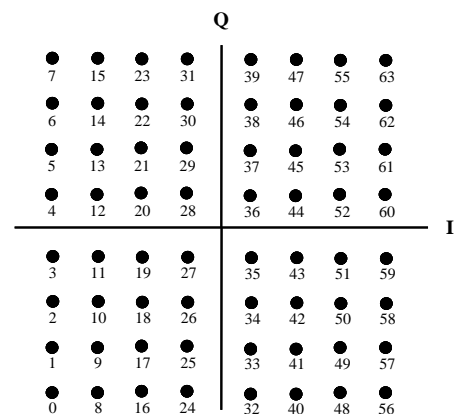


Figure 2 Symbol allocation of CDMA-QAM.

3. CDMA 多重化信号の特性を考慮したシンボル配置の変更

先行研究より、多重化信号における振幅値の出現頻度分布が 32 を中心とした不均一な分布となることが知られており、これを考慮したシンボル配置を検討した。まず、図 3 に CDMA-QAM の受信波形の一例を示すが、この図の通り、実際に使用されるシンボルは Q 軸付近にあるシンボルのみしか使用されないため、まず、図 2 に示したシンボルのうち、多重化信号の振幅値が 16~47 までのもののみを使用することとした。さらに、本研究で拡散符号として用いている直交符号に含まれる 1 の数が偶数である性質より、送信データ

1: 日大理工・院 (前) 情報 2: 日大理工・教員・情報

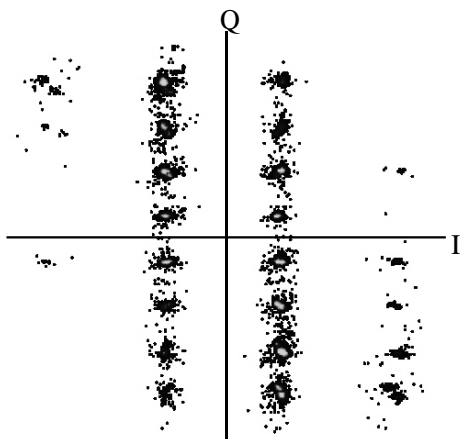


Figure 3 An Example of received CDMA-QAM signal.

($d_1 \sim d_{64}$)に含まれる 1 の数を偶数とすると, CDMA 多重化信号の振幅値は必ず偶数になる. したがって, d_{64} を $d_1 \sim d_{63}$ に対するパリティビットとして扱うことによって, 常に 1 の数を偶数個となるよう調整する. 以上, この方式によって, 伝送速度が $63/64$ となるものの, CDMA 多重化信号の取りうる振幅値が偶数のみとなるため, 先の振幅値制限と合わせて, 16~46 までの偶数のみの 16 値, すなわち従来手法の $1/4$ のシンボル数で伝送できる可能性がある. また, これら 16 シンボルの具体的なシンボル配置について検討する. 本研究では, 隣り合うシンボルとの差ができるだけ小さくなるようにするため, 図 4 のように I 相に 3 ビット, Q 相に 1 ビット割り当てたシンボル配置を作成した. なお, 図 4 中のカッコ内の数値が CDMA 多重化信号の振幅値を表す. また, その他のシンボル配置として, 図 5 に示すように振幅成分を用いず位相成分を用いた多値 PSK(Phase-Shift Keying)を用いたシンボル配置についても合わせて検討した.

4. 鉄道信号システムを想定した BER 特性の評価

今までの検討を踏まえて, 実際の鉄道雑音を模擬した擬似雑音を発生させることによって, 鉄道信号システムを想定した計算機シミュレーションを実施し, 前章で示したシンボル配置に変更した場合の SN 比に対する BER 特性を算出, 各手法の比較を行った. 図 6 に計算機シミュレーションによって得られた各 SN 比における BER 特性を示す. この図より, 16QAM にした場合, 他のシンボル配置より相対的に BER が向上した. これはシンボル数を削減したことによりシンボル間隔が広がったため, ノイズの影響を軽減できたことが考えられる. また, 16PSK を用いた手法では, 位相成分のみにデータを割り当てるため QAM と比べてシンボル間隔が狭くなってしまい, 良い BER 特性を得ることができなかった. ただし, 振幅成分を用いていな

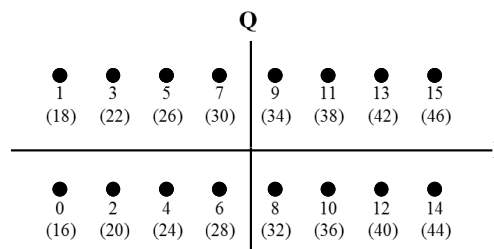


Figure 4 Modified symbol allocation using 16QAM.

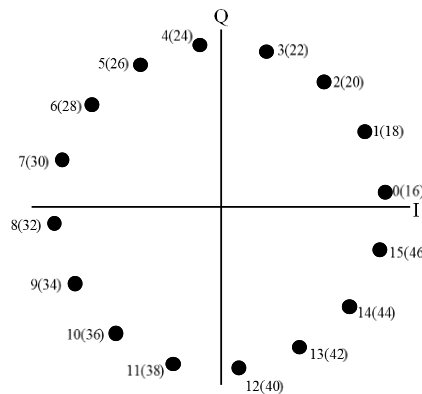


Figure 5 Modified symbol allocation using 16PSK.

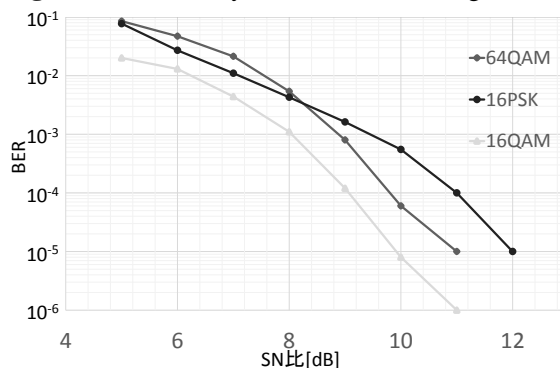


Figure 6 Comparison of BER characteristics.

い PSK では, アダプティブフィルタなどの導入が QAM に比べて容易であるため, これを用いることによって更なる BER 特性の向上を図れる可能性がある.

5. まとめ

本研究では, CDMA 多重化信号の不均一性及び送信データと直交符号の関係を用いた効率的な CDMA-QAM 伝送方式のシンボル配置を提案し, 計算機シミュレーションにより BER 特性を評価した. その結果, 従来の 64QAM に対して $1/4$ のシンボル数となる 16QAM とした場合に良好な BER 特性が得られた.

今後の課題として, CDMA の逆拡散処理時に吸収できる誤りを定量的に評価し, これを用いて更に効率の良い伝送ができるシンボル配置を検討する.

6. 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)