

CDMA-QAM 伝送方式における QAM のシンボル配置に関する検討 A Study on a Symbol Allocation of QAM in CDMA-QAM Transmission System

○菊地祐貴¹, 望月寛², 高橋聖², 中村英夫²

Yuki kikuchi¹, Hiroshi Mochizuki², Sei Takahashi², Hideo Nakamura²

Abstract: In previous researches, CDMA-QAM transmission scheme combined CDMA (Code Division Multiple Access) used by mobile phone and QAM (Quadrature Amplitude Modulation) used by Wireless LAN was 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. In addition, we evaluated bit error rate characteristics when the proposed method was applied to railway signaling such as digital ATC (Automatic Train Control) systems.

1. はじめに

現在、携帯電話などで広く用いられている CDMA (Code Division Multiple Access:符号分割多重接続) と、無線 LAN など用いられている QAM (Quadrature Amplitude Modulation:直交振幅変調) とを組み合わせた CDMA-QAM 伝送方式を提案している。そして、列車制御を目的とした鉄道信号システムを対象とした計算機シミュレーションなどにより、その有用性を確認している^[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。したがって、システム全体の BER 特性が良好となるような QAM のシンボル配置を検討することが重要である。以上のことを踏まえて本研究では、特に CDMA 多重化信号の振幅分布の不均一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 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することによって送信データを受信することで通信を行っている。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]。

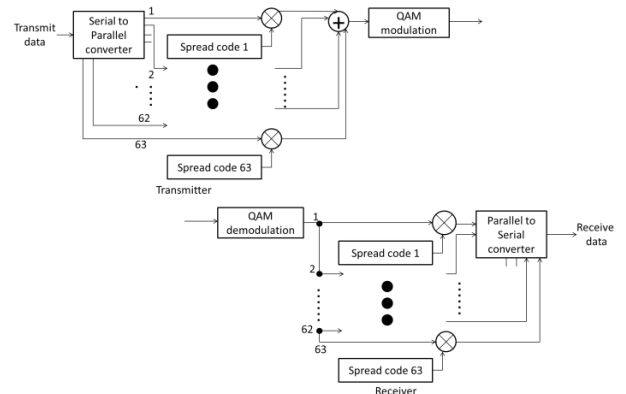


Figure 1 Block diagram of CDMA-QAM transmission.

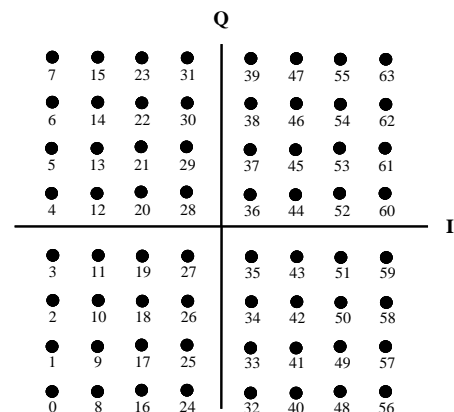


Figure 2 Symbol allocation of CDMA-QAM.

3. CDMA 多重化信号の特性とシンボル配置の提案

図 3 に生成された多重化信号における振幅値の頻度分布を示す。先行研究より、CDMA 変調により生成

1 : 日大理工・学部・子情 2 : 日大理工・教員・情報

された多重化信号の振幅値は 32 を中心とした不均一な分布となることが明らかとなっている。このような出現分布となる原因として、CDMA 変復調に使用されている 64ch の Walsh 符号において、1 と -1 の出現頻度が均等な関係となっているため、その和を取り多重化信号を生成すると 64 チャネルの半分である 32 を中心とした出現分布となり、また、極端に小さい値や大きい値はほとんど出現しない。このことから、本検討では、CDMA により生成される多重化信号の出現範囲である 16~47 までの 32 個の信号を QAM シンボルに割り当て、64 個のシンボル数を割り当てる図 2 に示す配置と比べ、シンボル数を削減した。この時のシンボル配置を図 4 に示す。

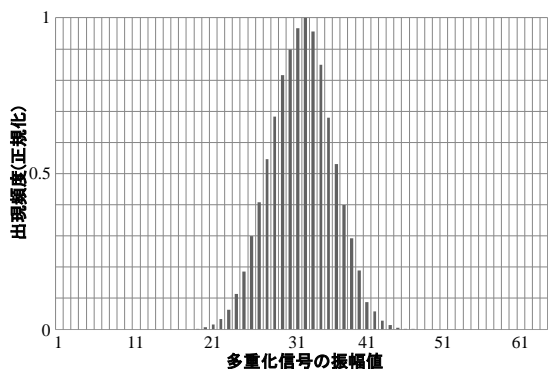


Figure 3 Frequency characteristics of multiplexed CDMA signal.

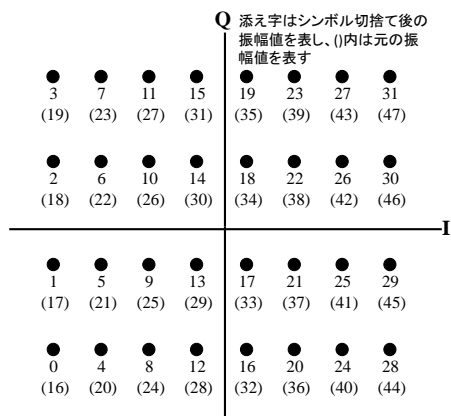


Figure4 Symbol arrangement that was created

4. 鉄道信号システムを想定した BER 特性の評価

今までの検討を含めて、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用いて CDMA-QAM 伝送システムを構築し、図 4 に示す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、図 2 に示すシンボル配置との比較を実施した。ここで、従来のシンボル配置では図 3 のような不均一な分布の場合 Q 軸付近のシンボルに集中するため、Q 相側のシンボル誤

りに比して、I 相側のシンボル誤りが与える振幅値の変動分が大きくなるので、I 相は Q 相と比べてシステム全体の BER 特性に与える影響が大きい。そこで I チャネルのシンボル間隔を Q チャネルよりも広く取る 4:1 とし、BER 特性を向上させている。

図 5 に測定ブロック構成を、図 6 に図 5 の構成で測定した各 SN 比における BER 特性を示す。図 6 より、図 4 に示す配置にした場合、IQ 相の比を 2:1 とすると、従来手法の BER 特性とほぼ同様の、SN 比が 11[dB]以上のときに鉄道信号の目安である 10^{-5} を満たすという結果が得られた。今回の提案手法である図 4 のシンボル配置は、CDMA 多重化信号が出現する振幅値のみにシンボルを割り当てているため、従来の図 2 の配置と同程度の BER 特性を実現できたならば、CDMA-QAM 伝送方式において効率良く伝送することが可能となる。

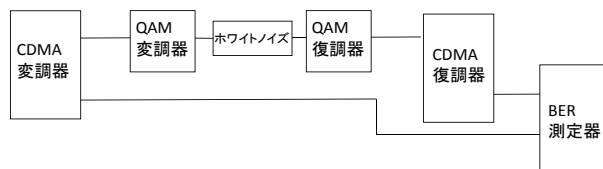


Figure 5 Block diagram of computer simulation environment.

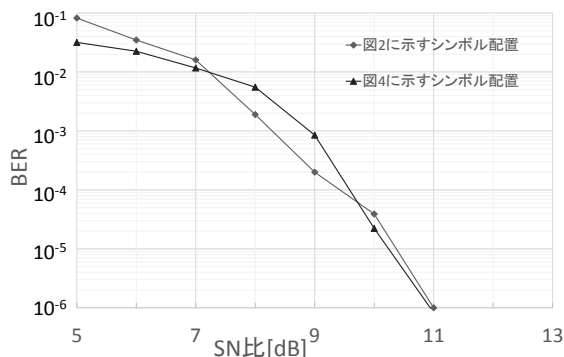


Figure 6 BER measurement characteristics.

5. まとめ

本研究では、CDMA 多重化信号の不均一性に対して効率的な CDMA-QAM 伝送方式のシンボル配置を提案、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、IQ 比を 2:1 とした場合に従来のシンボル配置の場合と同等の BER 特性が得られた。今後、FPGA 等によりハードウェア化し、BER 特性等を評価する。

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)