

○伊藤 裕希 (日大) 正 [電] 望月 寛 (日大)

正 [電] 高橋 聖 (日大) 正 [電] 中村 英夫 (日大)

正 [電] 石川 了 (京三) 正 [電] 佐野 実 (京三)

正 [電] 西田 賢史 (京三)

Quantitative evaluation of CDMA-QAM transmission devices for railway signaling

Yuuki ITOU, Nihon University 7-24-1, Narashinodai, Funabashi City

Hiroshi MOCHIZUKI, Nihon University

Sei TAKAHASHI, Nihon University

Hideo NAKAMURA, Nihon University

Ryou ISHIKAWA, Kyosan Electric Mfg. Co., Ltd.

Minoru SANO, Kyosan Electric Mfg. Co., Ltd.

Satoshi NISHIDA, Kyosan Electric Mfg. Co., Ltd.

ATC has been introduced as automatic train control system .And digital ATC calculating the optimal speed pattern from the distance information has been attracting attention in recent years .In the ATC system ,the rail is used to control signal transmission medium .But rail transit is inferior to the high-frequency characteristics .So transmission is difficult in the high frequency band .In previous research ,CDMA-QAM transmission scheme combined CDMA used by mobile phone and QAM used by Wireless LAN was devised .So I verify the feasibility of the CDMA-QAM by BER(Bit Error Rate) and constellation

Keywords : digital ATC, CDMA, QAM, BER, constellation

1. はじめに

現在の日本の鉄道信号システムでは、自動列車制御装置(Automatic Train Control: ATC)が用いられている。近年では地上装置から停止点までの距離情報により、車上装置が最適な速度パターンを計算するデジタル ATC が注目されている。このデジタル ATC システムでは、制御信号の伝送媒体としてレールを用いている。ただし、レールは高周波通過特性に劣り、伝送帯域として AF(Audio Frequency)帯を使用しなければならないため、高速伝送が困難となり、現在実用化されているシステムの伝送速度は 300bps 程度となっている。

このことを踏まえて本研究では、レールを用いた列車制御信号の伝送方式として、携帯電話などに用いられている CDMA(Code Division Multiple Access)と無線 LANなどに用いられている QAM(Quadrature Amplitude Modulation)とを併用した方式を提案した。ここでは、DSP等によって開発した伝送装置について、BER(Bit Error Rate)特性等により評価したので報告する。

2. CDMA-QAM 伝送装置

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、Fig.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、64QAM の各シンボルに割り当てられているのは、拡散変調によって多元化された信号であるので、受信部での QAM 復調時にシンボルを誤ったとしても、CDMA の逆拡散処理によって、送信データは誤りなく受信できる特長を有している。また、Table 1 にその仕様を示す。

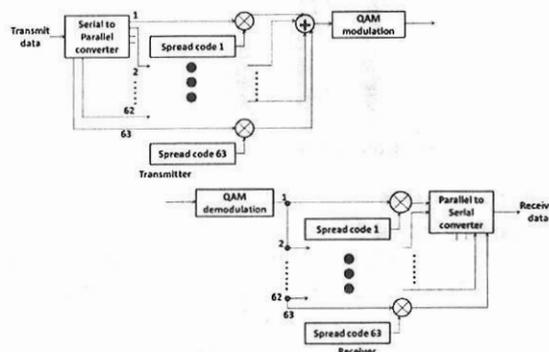


Fig.1 Configuration of a CDMA-QAM method.

Table 1 Specifications of CDMA-QAM transmission scheme.

Parameter	Values
Carrier frequency	3000Hz
The number of multiple access	64
Transmission speed for each channel	23.4375bps
Total transmission speed	1500bps
Sampling frequency	48kHz

3. QAM 復調後のコンスタレーション

Fig.3 に Fig.2 の構成で測定した QAM 復調後のコンスタレーション特性を示す。また、本測定では送信信号として符号長 255 の PN 符号を採用した。

Fig.3 から、QAM 復調器において CDMA-QAM 変調信号にホワイトノイズを付加した状態でノイズレベルを大きくした結果、Q 相方向のシンボル誤りが多く発生するのに対し、I 相方向について良好なコンスタレーションが得られることを確認した。シンボルの I 相方向は CDMA に多重化信号の上位ビットを割り当てているため、結果として QAM 復調時に CDMA-QAM 変調信号にホワイトノイズを付加した状態においても、良好な BER 特性が得られる見通しを得た。

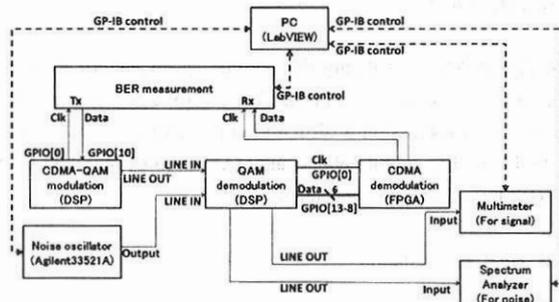


Fig.2 Block diagram of automatic measurement system.

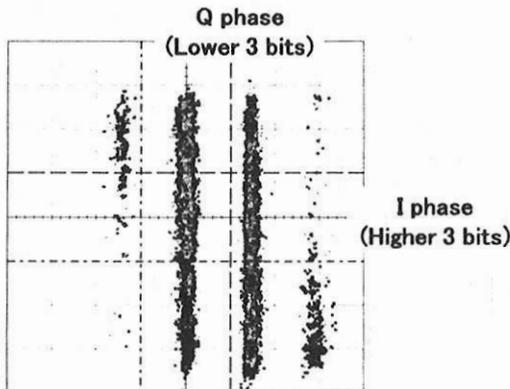


Fig.3 Constellation characteristics.

4. BER 特性の評価

4.1 自動測定系の構築

Fig.2 に示すような構成で BER における自動測定系を構築した。具体的には、Fig.4 に示すように、マルチメータとスペクトラムアナライザを用いることによって、受信器から出力された信号とノイズのレベルを測定する。そして、マルチメータ及びスペクトラムアナライザの測定値から SN 比を算出することで、PC 側で任意に設定した範囲における各 SN 比に対する BER を測定する。また、開発した自動測定系では帯域幅を制限したレベルが測定

可能であるスペクトラムアナライザを用いてノイズレベルの測定を行う。

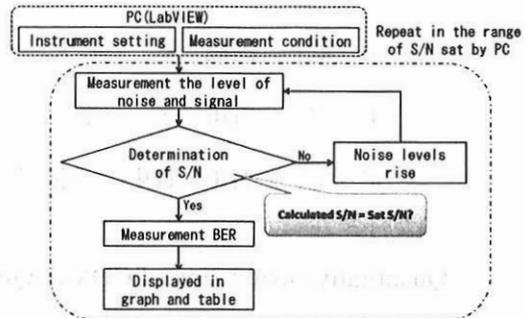


Fig.4 Algorithm of automatic measurement system.

4.2 BER における測定結果

Fig.5 に Fig.2 の構成で測定した各 SN 比における BER 特性を示す。ノイズ測定の際には CDMA-QAM 変調波のメインロープの帯域幅である 1.5kHz~4.5kHz で測定した。Fig.5 から、SN 比によって BER が変化することを確認し、例えば、SN 比が 13[dB] の時、鉄道の制御信号における BER の目安は 10^{-5} 程度の BER が得られることを確認した。

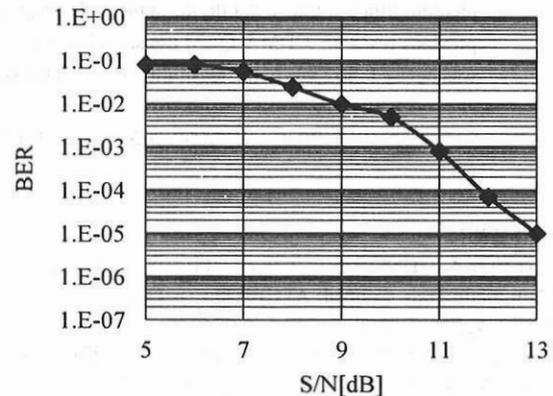


Fig.5 BER measurement result.

5. まとめ

今回、デジタル ATC の多情報化を目的として、CDMA と QAM とを併用することで、低周波数帯域における高速伝送の実現方法を提案した。そして、DSP により CDMA-QAM 変調器および QAM 復調器を、また FPGA によって CDMA 復調器の開発をそれぞれ行った。次に、開発した伝送装置について、ホワイトノイズを付加した時のコンスタレーションの観察を行い、BER 特性に大きな影響を与える I 相について良好なコンスタレーションが得られることを確認した。また、CDMA-QAM 伝送装置の実用性を定量的に評価するために、自動測定系を開発し各 SN 比に対応する BER 測定を行った。

今後はレール雑音や実際のレールを用いたフィールド試験の実施し、さらなる研究の深度化を図りたい。

参考文献

- 1) 石川他:「鉄道信号システムの高機能化を実現する伝送方式の検討」電気学会論文誌 C, Vol.130, No.7, pp.1125-1131 (2010).