

## G-2

## デジタル方式とアナログ方式を両立させた鉄道信号システム用伝送装置の開発

## Development of a railway signaling device using mixed digital and analog methods

○小篠大輔<sup>1</sup>, 石川了<sup>2</sup>, 佐野実<sup>2</sup>, 望月寛<sup>3</sup>, 高橋聖<sup>3</sup>, 中村英夫<sup>3</sup>\*Daisuke Koshino<sup>1</sup>, Ryo Ishikawa<sup>2</sup>, Minoru Sano<sup>2</sup>, Hiroshi Mochizuki<sup>3</sup>, Sei Takahashi<sup>3</sup>, Hideo Nakamura<sup>3</sup>

Abstract: Automatic train control (ATC) systems for controlling train speed. At present, there have been many studies on digital ATC that transmits train control information by using digital signals based on phase shift keying (PSK), and these systems are employed in some railway lines. However, it is difficult to install digital ATC because it is impossible to ensure another transmission band for digital ATC signals due to the existing track circuit configuration and interoperability conditions. To overcome this restriction, we proposed a digital-analog ATC system using mixed digital and analog methods. We developed a device for digital-analog ATC systems using DSP. And we evaluated the transmission characteristics by conducting a basic experiment.

## 1. はじめに

日本の鉄道における列車制御には、自動列車制御装置(Automatic Train Control :ATC)システムが使われている。現在多く利用されているアナログ ATC システムは地上にある ATC 装置から各列車へ制限速度情報を送信している。このとき通信にはレールを使い、AM 変調を用いたアナログ信号によって行っている。近年、高度な列車制御が求められており、地上の装置と列車上の装置が PSK などのデジタル変調方式を用いて、データ通信を行うデジタル ATC システムの研究や導入進められている<sup>[1]</sup>。しかし、アナログ ATC からデジタル ATC への移行は、信号設備の構成や相互乗り入れの関係により十分に進んでいないのが現状である。

そこで本研究では、デジタル ATC へのスムーズな移行を実現するため、同一周波数帯にデジタルとアナログ双方の信号を混在させる“デジアナ信号”方式を提案し、DSP によるハードウェア化および基礎試験による性能評価を行った。

## 2. ATC システムの概要

ATC システムとは先行列車との間隔、前方の速度制限の有無、その他の条件を考慮し、決められた区間を制限速度で走行するように列車へ指示を行うシステムである。また、地上設備から列車へ情報を伝送する時にはレールを伝送媒体として利用している。これは、無線通信に比べて通信妨害への配慮が容易であり、鉄道の安全を守る ATC システムのような安全に直接かかる制御を行う上で有利であるためである。

次に、ATC システムの導入に関する現況について示す。現在、新設された線区を除き、ほとんどの鉄道路線がアナログ ATC を利用している。この方式は AM 変

調方式に依りて事前に制限速度が決められており、それを元にブレーキ制御を行っている<sup>[2]</sup>。

現在では、ATC システムの更なる高機能化を目的としてデジタル変調をベースとしたデジタル ATC の導入が進められているが、伝送媒体が狭帯域な伝送特性を持つレールであるため新しい周波数帯の確保が困難であり、このことがデジタル方式への移行の妨げとなっている。

## 3. デジタル・アナログ ATC

本研究では同一搬送波上にデジタル信号とアナログ信号を混在させたデジアナ信号を開発し、アナログ ATC からデジタルを ATC へのスムーズな移行を実現するためデジタル・アナログ ATC を開発した。

Figure 1. にデジアナ信号生成のブロック図を示す。

デジアナ信号では、搬送波に PSK 変調を行った信号を用い、これを AM 変調することにより、同一搬送波上にデジタル成分とアナログ成分の含まれたデジアナ信号となる。

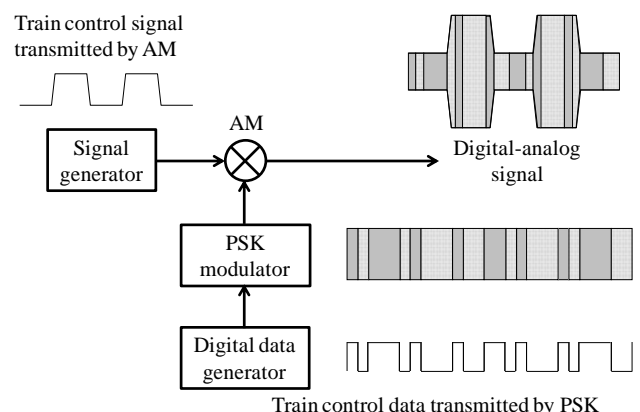


Figure 1. Generation of digital-analog signal

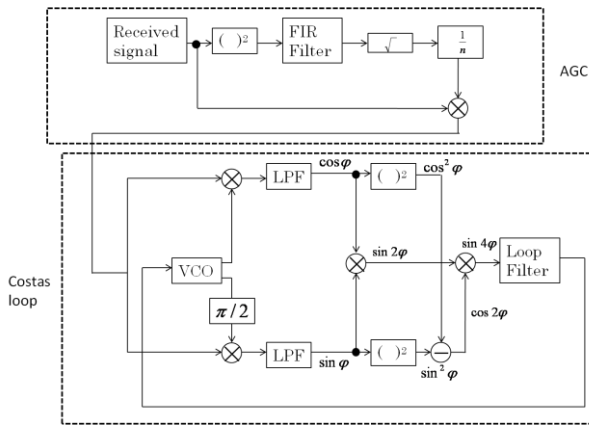


Figure 2. Receiver of Digital-Analog ATC

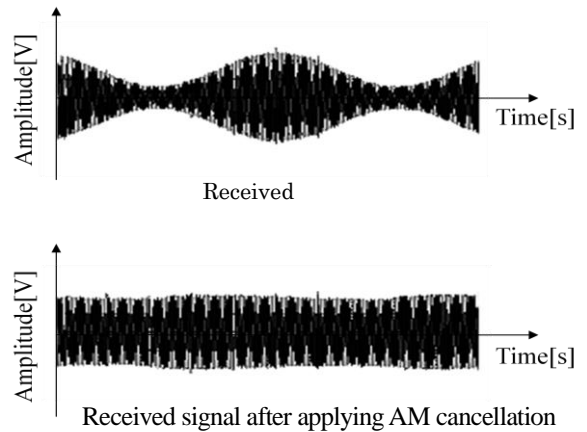


Figure 4. Waveforms at the digital ATC receiver

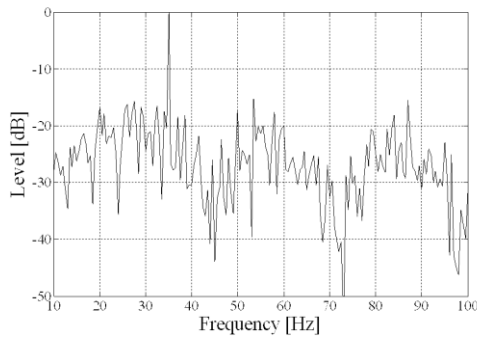


Figure 3. Spectral distribution of AM demodulation

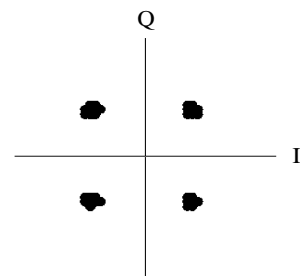


Figure 5. Constellation characteristics after QPSK demodulation

#### 4. 開発と評価

##### (1) DSP を用いた開発

デジアナ信号を用いたデジアナ ATC 送受信器は DSP によって開発を行った。

まず送信器では、従来のアナログ ATC の信号とデジタル信号を組み合わせることでデジアナ信号を生成し、列車へ送信する。

次に Figure 2 に受信器のブロック図を示す。この受信器では、AGC により不要な振幅成分をカットし、PSK のみの信号にする。その後、コスタスループにより同期を行い、デジタル信号を復調する。

##### (2) アナログ ATC 受信器による評価

特性評価をする上で搬送波 3150Hz、AM 変調周波数 35Hz で行った。開発した送信器より送信されたデジアナ信号のスペクトラムを Figure 3 に示す。AM 信号の周波数である 35Hz でピークが得られ、実際のアナログ ATC 受信器で動作確認を行った結果、対応した制限速度情報が得られた。

##### (3) デジタル ATC 受信器の特性評価

受信器ではデジアナ信号から Figure 4 のように AM 成分を取り除き、コスタスループによって QPSK の同期を行い、Figure 5 に示すような良好なコンスタレーションが得られることを確認した。

#### 5. まとめ

本研究では、従来多く利用されているアナログ ATC システムからデジタル ATC システムへの移行をスムーズに行うために同一搬送波上にデジタル信号とアナログ信号を混在させたデジアナ信号を提案した。

また、そのデジアナ信号を用いた ATC システムであるデジタル・アナログ ATC システムを DSP で開発した。送信器は従来のアナログ信号とデジタル信号である PSK を組み合わせ、伝送路へ送信し、受信器ではデジタル信号を抽出して復調できることを明らかにした。

また、実際のアナログ受信器においても受信できることが実証された。

今後は、アナログ成分がデジタル信号のビット誤り率特性に与える影響や、実際の路線での測定、フィールド試験による性能評価を実施する予定である。

#### 6. 参考文献

- [1] 望月寛 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」、電気学会論文誌，Vol.126-D，No.3，pp.337-344，2006-3
- [2] 電気鉄道ハンドブック編集委員会：「電気鉄道ハンドブック」、コロナ社，2007。