

在来線におけるソフトウェア定義列車無線の開発

[電] 森 崇*

鷲見 宣幸

[電] 延原 隆良

(西日本旅客鉄道株式会社)

Development of Software Defined Radio for Conventional Lines

Takashi Mori, Noriyuki Washimi, Takayoshi Nobuhara

JR-West is developing the new radio for conventional lines. In order to convert from analog FM radio to digital one, we have some strategy to adapt new technologies. The major technology is software defined radio. The modulated and de-modulated signal is generated by calculation using Field Programmable Gate Array. In case of changing the signal from FM to digital, it is easy to convert each other to replace the gate array programming.

キーワード: ソフトウェア定義無線、 $\pi/4$ シフト QPSK、イーサネット、IP、列車無線

Key Words: Software Defined Radio, $\pi/4$ shift QPSK, Ethernet, IP, train radio

1. はじめに

鉄道の運行品質向上のための移動体情報通信の重要性がますます増大しつつある今日、乗務員と地上係員の情報共有システムである無線システムの重要性はますます増しつつある。

当社の列車無線システムは、1986年に一斉に敷設され、一部区間から順次老朽取り替えを行っているが、今後その取り替えのペースアップを図る必要がある。今回、列車無線の質的向上及び取り換えの容易さに着眼し、当社京阪神線区用(以下アーバンネットワークという)後継列車無線の開発を行っている。今回、新しく開発している列車無線について紹介させていただく。

2. 既存列車無線の構成と課題

アーバンネットワークで使用されている B タイプと呼ばれる列車無線は、400MHz 帯周波数を用い、アナログである FM 変調方式を使用している。図 1 に示すとおり、指令所にある中央装置と、2-5 km おきにある基地局が通信回線(4 芯の音声回線)で接続されており、この音声回線の非直線性によるひずみの蓄積や、基地局が同一周波数で送信を行っていることによる相互干渉問題が過去から発生している。

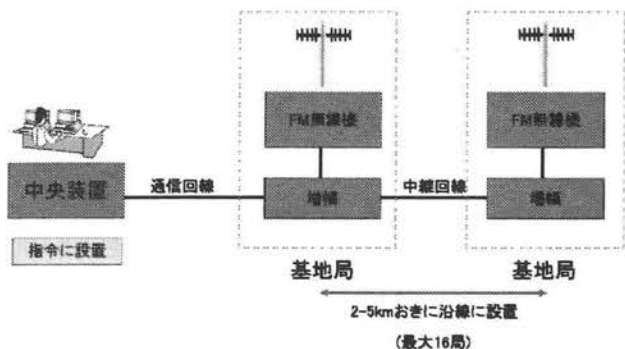


図 1 列車無線システムの概略構成

図 2 に 2 局からの電界強度を同一とした場合の受信機 AF 出力の周波数解析を行った結果を示す。

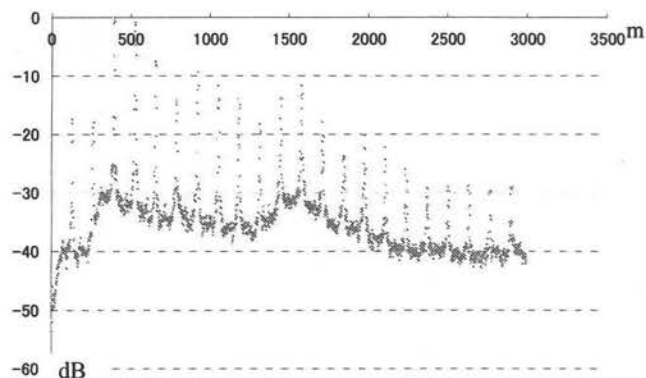


図 2 2局干渉時の受信機 AF 出力周波数解析

この周波数解析では、1.3Hz から 3000Hz まで受信機 AF 出力を 1.3Hz 刻みで最大の出力スペクトル(394.3Hz)を 0dB として表したものである。これによると、列車無線のゾーンを識別する信号 131.8Hz のハーモニクスが連続的に観測されている。これは基本波に重畳されている成分は受信機フィルタによりカットされているが、3 次成分以降は非常に強く観測されている。これは受信 BPF の帯域内であるためであると類推される。

また、今回の周波数解析には含まれていないが、1Hz 程度の 2 基地局の周波数ずれの値であると類推される値が強度に含まれている。

これらは干渉として、非常に耳ざわりな音として通信を阻害している。

3. ソフトウェア定義での無線

ソフトウェア定義無線とは、波形の発生、変調、復調などを数値演算で行い、その演算処理ロジックを変更することにより、変調方式や伝送速度などを変更できる無線システムをいう。

図 3 にソフトウェア定義無線の考え方を示す。今までの無線装置は、電子回路により電波の発生や受信方法が決め

られていたため、電子回路全体を変更しない限り電波の形式を変更することはできなかった。このため、デジタル無線装置に移行する場合は、既存のシステムを保持しつつ、新たにデジタル無線装置の工事をを行い、列車に搭載する移動局の工事が完了するまで両方のシステムを保持する必要があった。

今回、ソフトウェア定義無線を導入することで、ソフトウェアを入れ替えることにより、現行の FM の無線装置から、 $\pi/4$ シフト QPSK デジタル無線装置に変更することができ、将来のデジタル無線装置の運用を見越したシステム構成とすることが可能となる。

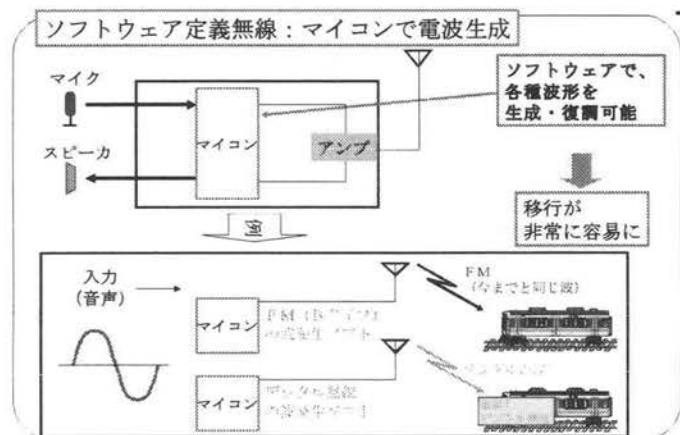
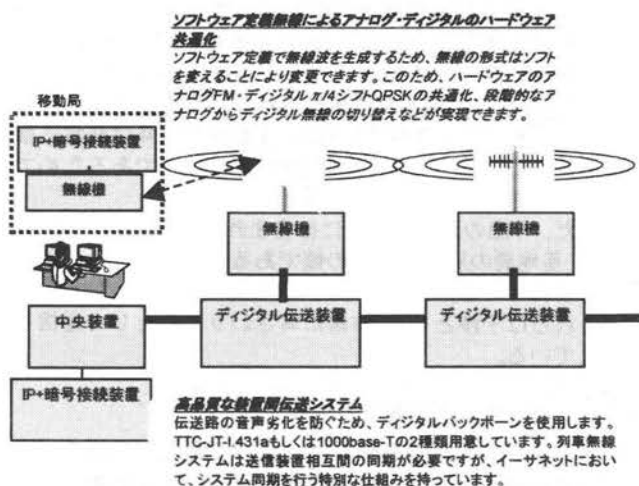


図3 ソフトウェア定義無線の考え方

また、単純にソフトウェア定義無線を実現するのではなく、無線局間の伝送の高品質化・IP化、Ethernetによる同期信号の送出、IPネットワーク接続性と暗号化検討など、将来の列車無線に必要なと思われる機能を具備・計画している。Ethernet同期などについては、参考文献を参照されたい。



IP接続性と暗号化

各種装置と接続するため、IP接続性を提供します。また、安全のための暗号化します。

図4 開発を行う機能(暗号化については計画中)

このシステムを導入することで、一気に列車無線デジタル化を進めるのではなく、既存の基地局を老朽取り替えて撤去しつつ、新しい列車無線で当面現行FMの電波で運用しておき、車両装置の増備完了を待ってからデジタル無線へ移行するという戦略を描くことも可能である。

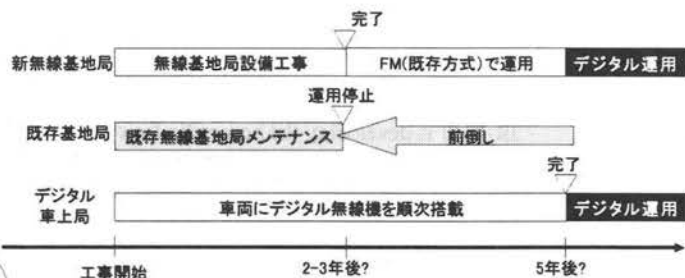
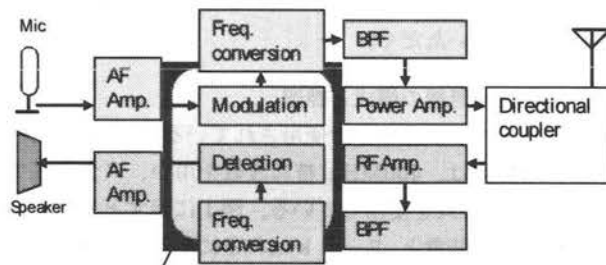


図4 デジタル無線への移行イメージ

このため、まずアナログの定義を入れておき、車両搭載装置のデジタル化が完了した後に、デジタルの定義に入れ替えることにより切り替えをすることができる。

本システムでは、デジタル移行の際に必要な変調器(Modulator)と検波器(Detector/De-modulator)についてソフトウェア化することとし、高周波増幅器(Radio Frequency Amplifier)や終段のパワーアンプについてはPSK変調に必要な直線性を確保した。



These functions are software defined.

図5 今回開発したSDR無線装置のブロック図

本来ソフトウェア定義無線において、アンプ部以外はすべて処理をソフト定義することにより自由度は高まるが、今回は切り替えを頻繁に行わないことやコスト面での要求により、必要最小限のソフトウェア定義無線とすることにした。

4. 終わりに

今回、開発したソフトウェア定義無線システムにより、より安全な鉄道を構築していく一助としたい。関係各位のご指導を切にお願いしたい。

参考文献：

- 1) 森、鷺見、延原：TER-08-12 ソフトウェア定義列車無線の開発、電気学会研究会、2008.6
- 2) 山田他：NTPハードウェア実装(HwNTP)を用いたIP網クロック配信技術 NTT技術ジャーナル 2008.3