

無線システムの開発

Development of Radio System

片柳 忍 菅沼 元 松山 昌夫
Shinobu Katayanagi Gen Suganuma Akio Matsuyama

要 旨

国内における業務用無線機は、総務省策定の周波数再編アクションプランにより、周波数の有効利用と効率化を目的に、将来的にデジタル方式へ移行される計画が発表されている。

当社は、デジタル方式への要望に応えるため、360MHz～390MHz帯の4値FSK変調方式と $\pi/4$ -DQPSK変調方式の2種類のデジタル無線コアシステムを開発し、それを応用した無線システムを開発した。

無線システムは車両動態等をリアルタイムに管理することを可能とし、安全性の向上と業務効率を改善することができる。

本稿では当社が開発した無線システムの代表例として、車両テストコース向け安全管理システム、及び、プラント向け業務効率化システムを紹介する。

Abstract

Recently, Ministry of Internal Affairs and Communications announced its plan to shift Analog Land Mobile Radio into Digital on purpose to have efficiency use of spectrum in future, synchronizing with its Frequency Re-organization Project.

JRC has developed two kinds of Digital Radio Core Systems using 4-level FSK modulation and $\pi/4$ -DQPSK modulation applicable for 360MHz - 390MHz band to meet the demand and has developed Radio System which applied it.

The radio system is to enable user to perform Vehicle Condition Management in real time in order to improve Safety and Efficiency.

In this documents, the safety control system for vehicles test courses and business efficiency system for Industry Plants are introduced as Solution of this Radio System which JRC has developed.

1. まえがき

当社ではアナログ無線機を使用した無線システム及びデジタルタクシー無線システムの開発を行い、顧客に納入してきたが、一般業務用無線周波数帯のデジタル化が市場より要求されている。

一般業務用無線周波数帯で4値FSK変調方式と $\pi/4$ -DQPSK変調方式の2種類に対応したデジタル無線コアシステム及び、それを応用した無線システムを開発したので紹介する。

2. デジタル無線コアシステム

デジタル無線コアシステムを応用したシステム全体図を図1に記す。

デジタル無線コアシステムとは、業務用無線の自営通信網を構築できる基地無線機と端末無線機（携帯端末局、無線モジュール、車載端末局）をコアとした、音声通話とデータ通信を可能とした無線機と周辺機器で構成される。

このコアシステムの周辺にアプリケーション機器を接続することで、音声通話以外に業務効率化、安心/安全向上のための様々なシステム構築が可能になる。

また、専用波による自営通信網として構築できるため、非常時において回線が輻輳し回線が繋がらないという心配もなく、災害等に強い安定した通信路の確保が可能である。

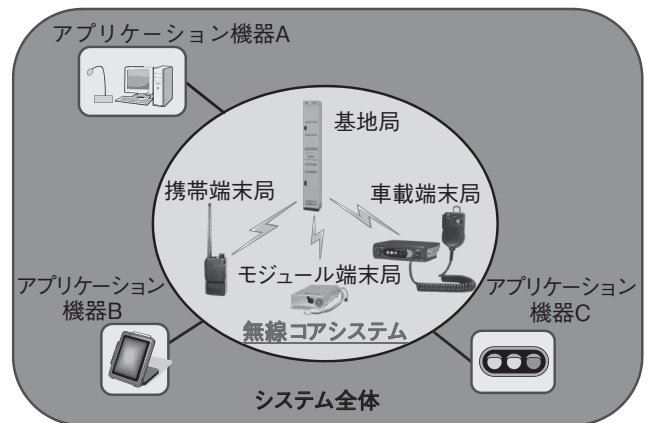


図1 デジタル無線コアシステム
Fig.1 digital radio core system

当社は4値FSK、 $\pi/4$ -DQPSKの2種類の無線変調方式に対応したデジタル無線コアシステムを開発し、納入を開始した。それぞれのデジタル無線コアシステムの特長を下記に示す。

(1) 4値FSKデジタル無線コアシステム

特長：携帯、モジュール端末局が利用可能。

端末局は高出力なため、長距離通信可能。

端末局にはGPS、3軸加速度センサ及びBluetoothモジュールを搭載し、これらを利用したアプリケーションに対応可能。

(2) $\pi/4$ -DQPSKデジタル無線コアシステム

- 特長：高速データ通信可能。
- データと音声の同時通信が可能。
- 車載端末局が利用可能。
- 端末局にはGPS搭載し、これらを利用したアプリケーションに対応可能。

3. 装置仕様

今回開発した4値FSKデジタル無線コアシステムの機器仕様を表1-1と表1-2に、 $\pi/4$ -DQPSKデジタル無線コアシステムの機器仕様を表2-1と表2-2に示す。

(1) 4値FSKデジタル無線コアシステム

4値FSKデジタル無線コアシステムはARIB（一般社団法人 電波産業会）の標準規格STD-T102に準拠したデジタル無線システムである。基地局は、冗長化のない現用ユニットのみで構成した1機種を開発した。

表1-1 4値FSKデジタル無線コアシステム仕様（基地局）
Table 1-1 Specification of the 4-Level Frequency Shift Keying digital radio core system (base station)

| | |
|-----------|------------------------------------|
| 送受信周波数 | 360~390MHz |
| 変調方式 | 4値FSK |
| 通信方式 | SCPCによる1周波単信 または2周波単信及び2周波半複信方式 |
| 最大空中線電力 | 5W |
| キャリア周波数間隔 | 6.25kHz |
| 信号伝送速度 | 4.8kbps |
| 音声コーデック | AMBE++ (DVSI社) |
| 電源電圧 | AC100V |
| 最大消費電力 | 30W以下（送信出力5W時） |
| 性能保証温度 | 0~+40℃ |

表1-2 4値FSKデジタル無線コアシステム仕様
（携帯、モジュール端末局）

Table 1-2 Specification of the 4-Level Frequency Shift Keying digital radio core system (handy transceiver, module)

| | |
|-----------|-------------------------------|
| 送受信周波数 | 360~390MHz |
| 変調方式 | 4値FSK |
| 通信方式 | SCPCによる1周波単信 |
| 最大空中線電力 | 5W |
| キャリア周波数間隔 | 6.25kHz |
| 信号伝送速度 | 4.8kbps |
| 音声コーデック | AMBE++ (DVSI社) |
| 電源電圧 | DC+6.0~+8.9V |
| 最大消費電力 | 14.8W以下（電源電圧7.4V, 送信出力5W時） |
| 性能保証温度 | -30~+60℃ |

(2) $\pi/4$ -DQPSKデジタル無線コアシステム

$\pi/4$ -DQPSKデジタル無線コアシステムはARIBの標準規格STD-T611に準拠したデジタル無線システムである。基地局は、冗長化のない現用ユニットのみの機種と送受信機及び電源ユニットを冗長化構成とした機種の2機種を開発した。

表2-1 $\pi/4$ -DQPSKデジタル無線コアシステム仕様（基地局）
Table 2-1 Specification of the $\pi/4$ Differential Quadrature Phase Shift Keying digital radio core system (base station)

| | |
|-----------|------------------------------------|
| 送受信周波数 | 360~390MHz |
| 変調方式 | $\pi/4$ -DQPSK |
| 通信方式 | SCPCによる1周波単信 または2周波単信及び2周波半複信方式 |
| 最大空中線電力 | 20W |
| キャリア周波数間隔 | 6.25kHz |
| 信号伝送速度 | 9.6kbps |
| 音声コーデック | AMBE++ (DVSI社) |
| 電源電圧 | AC100V |
| 最大消費電力 | 180W以下（送信出力5W時） |
| 性能保証温度 | 0~+40℃ |

表2-2 $\pi/4$ -DQPSKデジタル無線コアシステム仕様（端末局）
Table 2-2 Specification of the $\pi/4$ Differential Quadrature Phase Shift Keying digital radio core system (mobile)

| | |
|-----------|------------------------------|
| 送受信周波数 | 360~390MHz |
| 変調方式 | $\pi/4$ -DQPSK |
| 通信方式 | SCPCによる1周波単信 |
| 最大空中線電力 | 2W |
| キャリア周波数間隔 | 6.25kHz |
| 信号伝送速度 | 9.6kbps |
| 音声コーデック | AMBE++ (DVSI社) |
| 電源電圧 | DC+13.8V ± 10% |
| 最大消費電力 | 70W以下（電源電圧13.8V, 送信出力2W時） |
| 性能保証温度 | -10~+50℃ |

4. 無線システムの例

4値FSKデジタル無線コアシステム、 $\pi/4$ -DQPSKデジタル無線コアシステムを応用した無線システムを開発したので以下に示す。

(1) 車両テストコース向け安全管理システム

車両テストコース安全管理システムを図2に記す。
車両テストコースでは、高速で車両を運行するため、安全管理が必要になる。当社は、狭帯域デジタル無線を使用した車両テストコース安全管理システムを開発し、

各自動車メーカーに納入を開始した。

従来のアナログ無線システムでは以下の問題点があり、4値FSKデジタル無線コアシステムを採用することで改善を行った。

[問題点]

- 信号伝送速度が遅く、限られた情報量しか伝送が出来なかったためリアルタイムに車両の動態管理、及び、走行履歴の収集・管理を行うことが出来なかった。
- 緊急事態発生時、アナログ方式ではテストコース内を走行中の各車両への緊急報知連絡が遅くなり、2次災害を防止する安全走行への切り替えが遅くなっていた。
- 車両転倒時に転倒検出機能がないために端末局からの自発発信ができず、保安要員配置が必要となり、コストの増加や、保安要員が事故に巻き込まれるリスクがあった。

[改善点]

- TDMA通信方式の採用により、全車両の動態情報を1秒毎に収集でき、リアルタイムに動態管理、及び、走行履歴の収集・管理が可能となった。
- 全車両の動態情報を1秒毎に収集可能としたことと指令室から全車両への緊急情報も2秒毎に報知可能としたことで、緊急報知の到達時間と安全走行への切り替え時間が短縮でき安全性が向上した。
- 端末局に内蔵した3軸加速度センサにより、端末局自体で傾き、振動、衝撃を感知し、緊急事態発生と判断したときに緊急信号を自発で発信することを可能とした。その結果緊急報知時間の大幅短縮とコースに配置する保安要員の削減、保安要員の安全性確保が可能となった。

当社の車両テストコース安全管理システムは、上記無

線コアシステム以外にも、無線LAN、マイクロ通信回線も併用することで、風量計、雨量センサ、湿度計、侵入物センサ、静止画カメラ、ゲートシステム等から得られる情報の一元管理を可能とし、さらに電光掲示板、サイレン付き表示器等の制御も可能とした。

本システムを導入し、テストコースにおける侵入物、故障車、事故等によるコース異常、気象状況悪化等テストコースの環境変化と車両の位置状況を一元管理でき、事故の発生を未然に防ぐことが可能となる。さらに、車両の走行履歴の収集及び管理も可能となる。当社の無線コアシステム、及び、車両テストコース安全管理システムのノウハウにより、テストコースの安全運用に貢献し、テストコースの保安要員の省力化を可能にしている。

(2) プラント向け業務効率化システム

プラント向け業務効率化システムを図3に記す。

テストコース向け安全管理システムの応用として、各種プラント向け業務効率化システムへの展開が可能である。

各プラントでは、プラント内での資材・製品等の物流移動が必要であり、それに伴い、安全管理、業務管理と効率化が必要になっている。このような用途に車両テストコース向けシステムを応用することで、プラント内における資材運搬車両の運行管理や積載状況の管理、資材の入出庫状態管理、車両の走行履歴の収集等を一元管理することが可能となり工場内の無駄を省き、業務効率化の改善が可能となる。

従来のアナログ無線システムでは以下の問題点があり、 $\pi/4$ -DQPSKデジタル無線コアシステムを採用することで改善を行った。

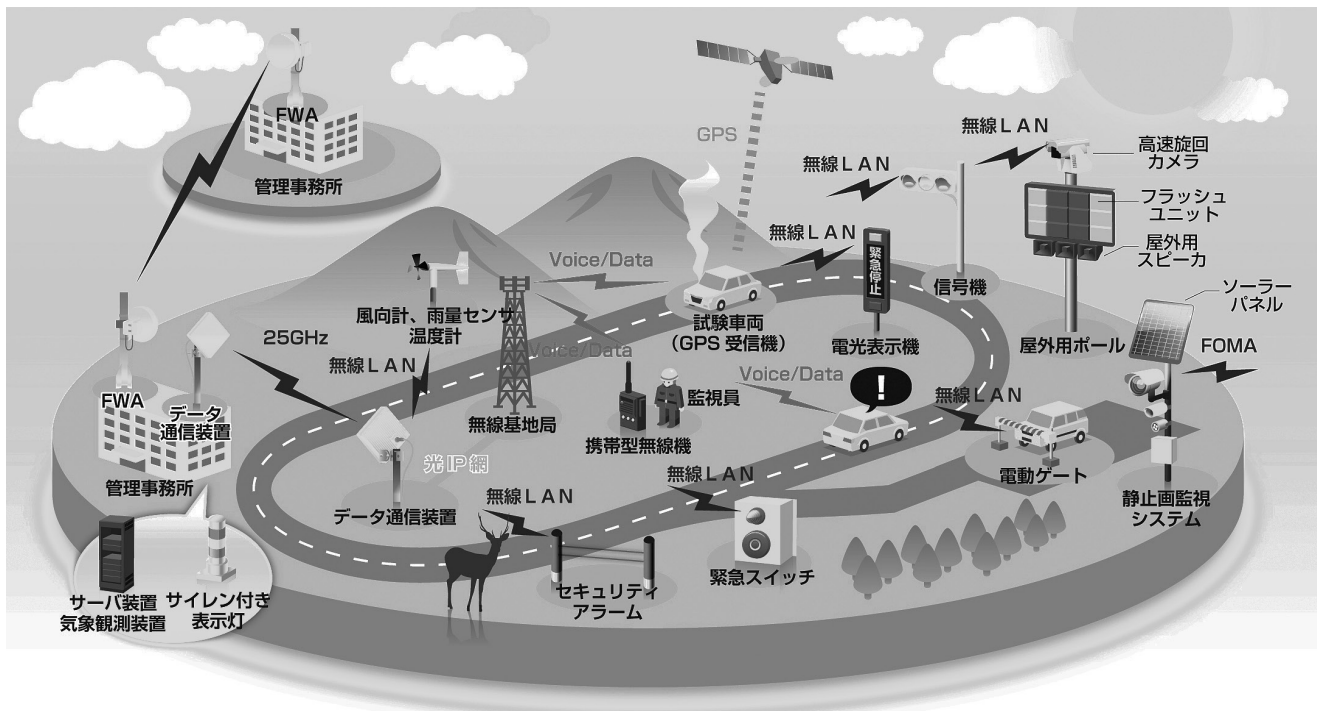


図2 車両テストコース安全管理システム

Fig.2 vehicle test course safety management system

[問題点]

- アナログ方式では音声とデータの同時通信が不可能であり、音声通話中の端末局以外の端末局でデータ通信が行えなかったため、業務効率が悪化していた。
- アナログ方式ではデータ伝送速度が遅く、リアルタイムに多くの情報を管理することが困難であった。

[改善点]

- $\pi/4$ -DQPSK方式の採用により、音声通話中のデータ通信や、音声通話中の端末局以外の端末局からのデータ通信も可能となり、業務の効率が改善する。
- デジタル無線の採用によりデータ伝送効率が向上し、リアルタイムに動態管理、及び、走行履歴の収集・管理さらに指令室からの業務指示が可能となる。

上記無線コアシステムのデジタル化の改善以外にも、当社の端末局はGPS受信機を内蔵しており、位置情報を基地局へ送信が可能で、その情報を元に車両の動態管理、走行履歴管理が可能となる。また、様々な外部業務機器が接続可能であり、音声通話と同時にデータの通信も可能となるため、外部業務機器からのリアルタイムのデータの一元管理も可能となる。更に、センサを接続することにより作業員やプラント内製造機器の異常検出、及び、指令室からの緊急停止等の遠隔制御等も可能となる。また、タッチパネル付表示機の利用も可能であり、指令局から車両搭乗者への業務指示、また、搭乗者からの指令局への業務進捗報告が簡単な操作で実現可能とする。当社機器は、劣悪な環境での使用も考慮しており、広温度範囲、防塵等にも対応している。

当社の無線コアシステム及びプラント向け業務効率化システムのノウハウにより、より確実に、そして効率的

な業務を可能にしている。

5. あとがき

本車両テストコース安全管理システムは、ヤマハ発動機様のご協力を頂き、2013年度導入済みである。今回紹介したシステムは、一例であり4値FSK、 $\pi/4$ -DQPSK変調方式のデジタル無線コアシステムを使った無線システムは、各種ユーザ要求によるカスタマイズ対応により、様々な顧客要望に応えられるシステムとして、順次拡販する予定である。

参考文献

- (1) ARIB STD-T102 1.1版, 2011-07

用語一覧

- 4値FSK: 4-Level Frequency Shift Keying
- AMBE++: Advanced Multi Band Excitation (DVSI社が開発した音声圧縮方式)
- ARIB: Association of Radio Industries and Businesses
- GPS: Global Positioning System (全地球測位システム)
- $\pi/4$ -DQPSK: $\pi/4$ Differential Quadrature Phase Shift Keying
- SCPC: Single Channel Per Carrier
- STD-T102: Standard-T102
- TDMA: Time Division Multiple Access
- 無線LAN: Wireless Local Area Network

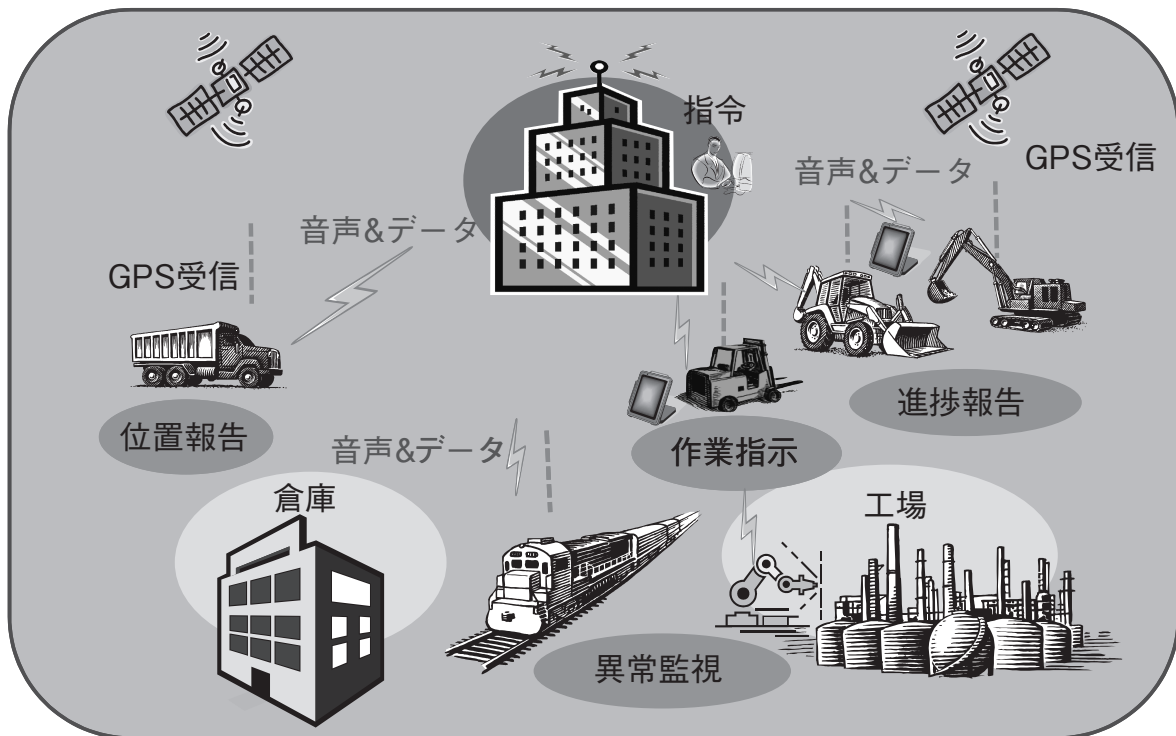


図3 プラント向け業務効率化システム
Fig.3 operational efficiency system for plants