

4値FSKデジタル携帯型無線機／無線モジュールの開発 Development of 4-Level FSK Digital Portable Radio/Module

田中 淳也 石原 健太郎 太田 未来
Junya Tanaka Kentaro Ishihara Miki Ohta
片柳 忍
Shinobu Katayanagi

要 旨

現在、国内の業務用無線機は、アナログ方式からデジタル方式への移行時期にある。

デジタル業務用無線機は、当初、 $\pi/4$ -DQPSK方式が主流であったが、安価なデジタル無線機の需要から4値FSK方式が認められ、ARIB STD-T102が2011年3月に策定された。

当社は、当社製業務用携帯無線機プラットフォームを利用した、端末同士の音声／データ通信だけでなく、親局－子局間における少量多頻度のデータ通信が可能な4値FSKデジタル携帯型無線機及び無線モジュールを開発した。

伝送効率は、少量多頻度のデータ通信を利用することにより、端末同士のデータ通信に比べ、3倍以上となった。

Abstract

Land Mobile Radio has been in the transformation period from Analog to Digital in Japan.

As for the Digital Land Mobile Radio, $\pi/4$ -DQPSK system have been regarded as the mainstream at first phase, however 4-level FSK system becomes crucial for the demand for low cost digital radio. Bearing this demand from Users, the specification called ARIB STD-T102 has been updated in March, 2011 in synchronization with this Technology move.

JRC has developed 4-Level FSK Digital Portable Radio and Module not only for Voice/Data Communications between terminals but also for Data Communication between Base Station and Terminal, handling small data size with more frequent communications based upon JRC land mobile radio platform.

The transmission efficiency became more than 3 times in data communication between Base Station and Terminal than the data communication between terminals.

1. まえがき

国内における業務用無線機において、タクシー無線、簡易無線などでは、アナログ無線機の使用期限が決められ、デジタル無線機への移行が進んでいる。

携帯電話やテレビ放送のように、変調方式をアナログ方式からデジタル方式に変更することは、周波数の狭帯域化による有限な資源である周波数利用効率の向上、伝送速度の高速化などのメリットがある。利用者の利便性を考えると、今後、さらにデジタル方式への移行が進むと考えられる。

当社は、上記の要望に応えるため、当社製ベースバンド信号用プラットフォームIC（以下SOC）と無線周波数信号用プラットフォームLSI（以下RFLSIモジュール）を採用し、4値FSK方式のデジタル業務用携帯型無線機、及び無線モジュールを開発したので紹介する。

2. 装置概要

今回開発した携帯型無線機／無線モジュールは、360～390MHz帯を利用している。本装置は、工事現場や工場における連絡用の音声通話、テレメータや車両の位置管理等のデータ通信に使用することができる。本装置の仕様を表1に示す。

表1 携帯型無線機／無線モジュールの装置仕様

Table 1 Specification of the Portable Radio/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 または2周波単信方式
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	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℃
外形寸法 (突起物含まず)	携帯型無線機 56(W)×104(H)×29.9(D)mm 無線モジュール 56(W)×123.6(H)×21(D)mm
適用規格	ARIB STD-T102

携帯型無線機は可搬用であり、電池パックから電源を供給して動作する。一方、無線モジュールは固定装置やさまざまな機器内に組み込むことを想定し、安定化電源から電源を供給して動作する。

従来のアナログ携帯型無線機の性能保証温度範囲は-10~+50℃であったが、寒冷地などでの使用範囲を拡大するため、-30~+60℃とした。

携帯型無線機と無線モジュールのプリント基板は、共通化を行い、実装部品を変更するだけで携帯型無線機と無線モジュールの両方に対応できるようにした。

図1は携帯型無線機及び無線モジュールの外観である。



図1 携帯型無線機/無線モジュール
Fig.1 Portable Radio/Module

図2は、無線モジュールを組み込んだ親局装置の外観である。親局装置の中には、送受信無線モジュールの他、無線機用電源、外部機器と接続するためのインタフェース変換器、高周波分配器が実装されている。



図2 親局装置
Fig.2 Base Station

3. 開発した機器の特長

本装置は、開発期間を短縮するため、既存の業務用携帯無線機プラットフォーム（日本無線技報 No.57 2010参照）を採用している。業務用携帯無線機プラットフォームは、ハードウェア部とソフトウェア部がある。ハードウェア部の特長は、当社で開発したSOCとRFLSIモジュール（日本無線技報 No.61 2011参照）の2つのLSIを使用している点である。また、ソフトウェア部の特長は、上記のハードウェア部に対して、共通化できるソフトウェアを選定して構築した点である。

3.1 ハードウェア

本装置のブロック図を図3に示す。

本装置は、受信部、送信部、PLLシンセサイザ部、制御部からなる。各ブロックの詳細は、以下の通りである。

(1) 受信部

受信部は、RFLSIモジュールに内蔵されているADCでIF信号をサンプリングし、デジタル信号処理する方式を採用している。RFLSIモジュールに基本的な受信回路が内蔵されているので、外部の部品点数を低減できた。ADCでサンプリングされたデータは、RFLSIモジュール内部でベースバンド信号に変換され、SOC内の信号処理部、DSPによって復調処理される。

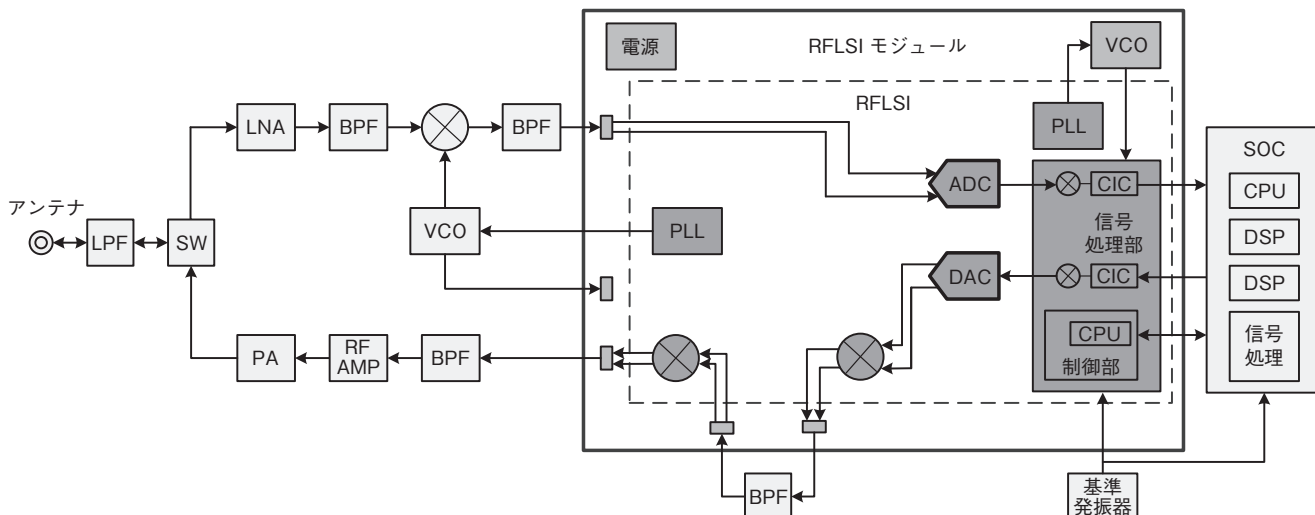


図3 本装置のブロック図
Fig.3 Block Diagram

信号帯域成分だけを取り出すチャンネルフィルタ部を信号処理部で実現することにより、ハードウェアの変更をせずに、ソフトウェアの変更のみで、占有帯域幅が異なる信号の復調処理が可能となる。したがって、今回開発した4値FSK方式だけではなく、アナログFM方式、 $\pi/4$ -DQPSK方式など、複数の変調方式への対応が容易に実現できる。

(2) 送信部

送信部は、SOCからのベースバンド信号がRFLSIモジュール内部の直交変調器で直交変調処理され、IF信号となる。その後、外部のBPFにて不要信号の除去を行い、RFLSIモジュール内部のミキサで送信周波数に変換される。後段のアンプで送信出力レベルまで増幅され、空中線より送信する。

直交変調方式を採用することにより、受信部同様に、4値FSK方式だけではなく、アナログFM方式、 $\pi/4$ -DQPSK方式など、複数の変調方式に対応できる。

(3) PLLシンセサイザ部

PLLシンセサイザ部は、送受信で共用し、1系統のみの構成としている。

受信動作時は、受信用ローカル周波数を発振し、送信動作時は、送信用ローカル周波数を発振する。

PLLシンセサイザ部の基準発振器は、制御部クロックと共用している。基準発振器は、周波数許容偏差の規格を満足させるため、高精度品を採用した。

(4) 制御部

制御部は、メインプロセッサとして、当社で開発したSOC(図4)を採用した。SOCは、パッケージサイズが $17 \times 17\text{mm}$ であり、1つのCPU、2つのDSP、デジタル信号処理部を内蔵している。

本装置では、MMI、呼制御処理をCPUで行い、変復調処理と音声処理(AMBE++)を2つのDSPで行っている。

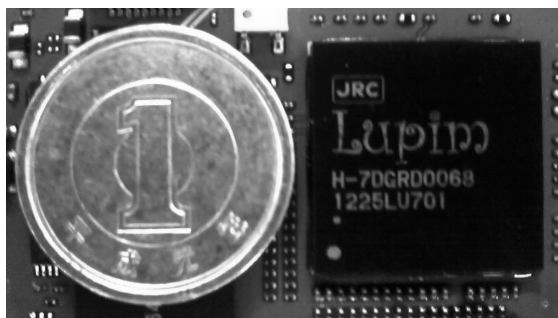


図4 当社製SOC

Fig.4 SOC made by JRC

(5) 付加機能

本装置には、当社製GPS(CCA-600)、Bluetooth IC、3軸加速度センサを搭載している。

GPSを搭載しており、位置情報管理システム用無線機として利用することができる。携帯型無線機の場合は、無線機内部にアンテナを搭載している。無線モジュールの場合は、外部アンテナを使用する。

携帯型無線機にはBluetooth ICを搭載しており、外部機器との通信に利用することができる。

3軸加速度センサは、移動や傾き検出等に利用できる。

3.2 ソフトウェア

(1) CPUソフトウェア

メインプロセッサとして当社製SOCを採用したことにより、既存の業務用携帯無線機プラットフォームのソフトウェアを利用できた。

プラットフォームソフトウェアを採用することにより、機種に依存する部分だけが新規のソフトウェア開発となる。

ハードウェアを直接制御するドライバ部は、プラットフォームからの変更部分のみを修正した。このとき、ドライバの上位に当たるミドルウェアは、既存の業務用携帯無線機プラットフォームをそのまま使用できるように考慮した。

ソフトウェアのプラットフォーム化により、ソフトウェアの開発期間を従来の半分以上に短縮することができた。

(2) 信号処理ソフトウェア

信号処理部のソフトウェアについてもプラットフォーム化を行っており、CPU/音声処理 DSP/RFLSIとのインタフェース部、フィルタ処理など、プラットフォームソフトウェアを使用した。

今回はARIB STD-T102の4値FSK方式の開発を行ったが、FM方式、 $\pi/4$ -DQPSK方式への対応も可能である。

(3) RFLSIソフトウェア

RFLSIモジュールは、プロセッサを内蔵しており、無線制御を担当している。

RFLSIソフトウェアは、RFLSIとSOCの動作タイミングを同期させ、送受信周波数設定、送受信切替処理等を行う。

3.3 機能

本装置は、端末同士の音声／データ通信だけではなく、親局-子局間における少量多頻度のデータ通信に対応した。

少量多頻度のデータ通信は、車両の位置管理システムなどで使用されており、今後利用の範囲が拡大されると考えられる。

適用規格であるARIB STD-T102では、端末同士の音声／データ通信で使用する信号フォーマットとは別に、親局-子局間におけるデータ通信(バースト動作)で使用可能な信号フォーマットとしてUDCH2が定義されている。

当社は、この信号フォーマットを利用した少量多頻度のデータ通信を可能とした。親局、子局間で送信フレームタイミングを合わせることで、1フレームでデータの送受信を行う。

端末同士の通信の場合、伝送したい情報を搭載したフレームの前後に、それぞれ同期用フレーム、終話フレームを付加する必要がある。そのため、1フレームのみの情報を送信する場合でも、最低3フレーム分占有してしまい、伝送効率が悪い。

一方、親局-子局間におけるデータ通信(バースト動作)の場合、後述する同期用のフレームを受信することによりあらかじめ受信タイミングが合わせられるため、伝送したい情報を搭載したフレームのみを送信すればよい。親局-子局間において20byte程度の少量データを送受信する場合、端末同士の通信に比べ、伝送効率が3倍以上となる。

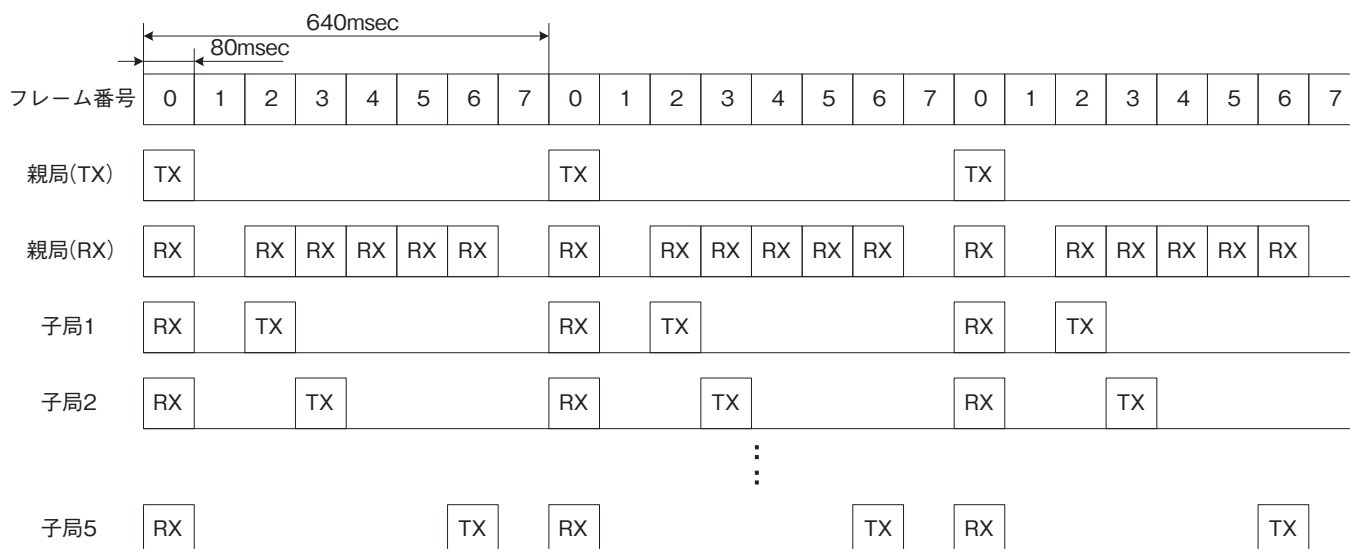


図5 フレームの使用例

Fig.5 Use example of the frame

フレームの使用例を図5に示す。

図5は、8フレーム毎に親局の送信用無線機から同期用信号を送信する例である。

フレームに0~7の番号を振り、親局の送信用無線機は、フレーム0のタイミングで定期的に同期用信号を送信する。同期用信号は、単にフレームタイミングを合わせるだけに使用されるのではなく、子局に対する制御情報も付加して送信する。

親局の受信用無線機、及び子局は、親局の送信用無線機からの同期用信号を受信することにより、親局-子局間でフレームタイミングを合わせることができる。これにより、親局、子局共に、相手局からの送信タイミングに合わせて、受信動作を行うことが可能となり、必要最低限の送信のみで少量多頻度のデータ通信を行うことができる。

図5は、フレーム2~フレーム6を使用して、子局が送信する例である。子局の台数を増やす場合、親局の送信用無線機からの同期用信号の送信間隔を延ばすことにより対応可能である。

4. あとがき

本稿では、当社で開発した業務用携帯無線機プラットフォームを利用した4値FSKデジタル携帯型無線機、及び無線モジュールを紹介した。

今回は、4値FSK方式、FM方式、及び $\pi/4$ -DQPSK方式など複数の変調方式への対応が可能なハードウェアを開発した。

今後は、本装置を必要とするお客様のご要望に沿うような無線システムを提案していく。

参考文献

- (1) ARIB STD-T102 1.1版, 2011-07
- (2) 菅沼元, 中込哲也, 大門浩, “業務用携帯無線機プラットフォームの開発”, 日本無線技報, No.57, 2010-41
- (3) 渡辺修, 安食収, 原口哲, “業務用無線機用RFLSIモジュールの開発”, 日本無線技報, No.61, 2011-54

用語一覧

4値FSK: 4-Level Frequency Shift Keying
ADC: Analog to Digital Converter
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
BPF: Band Pass Filter
CPU: Central Processing Unit
DSP: Digital Signal Processor
FM: Frequency Modulation
GPS: Global Positioning System (全地球測位システム)
IF: Intermediate Frequency
MMI: Man Machine Interface
$\pi/4$ -DQPSK: $\pi/4$ Differential Quadrature Phase Shift Keying
PLL: Phase Locked Loop
SCPC: Single Channel Per Carrier
SOC: System On the Chip
UDCH2: User Data Channel 2