マルチバンド業務用車載無線機の開発
Development of Multiband Radio Equipment

柴　沼　　　徹
Toru Shibanuma

技術論文

要　旨

大規模な自然災害や事故が発生した際に警察や消防などの複数組織が連携して対応を進めるためには，円滑な相互コミュニケーションが重要である。しかし，業務用無線通信においては使用する周波数帯が組織ごとに異なるため，通信相手に応じて異なる周波数帯の無線機を使い分ける必要があり，円滑な相互コミュニケーションの妨げとなっていた。

当社はこの問題を解決する需要に応えるため，1台で136 MHzから944 MHzまでの広範囲な通信バンドに対応し，単一通信バンド対応型の従来モデルと同等サイズのマルチバンド業務用車載無線機を開発した。

Abstract

When a large-scale natural disaster or accident occurs, smooth mutual communication is important in order for multiple organizations such as the police and fire fighting to cooperate and advance measures. However, in radio communication, since the frequency band to be used differs depending on the organization, it was necessary to use different frequency bands depending on a communications partner, hindering smooth mutual communication. In order to meet the demand to solve this problem, JRC has developed a multiband radio equipment that has a wide communication band from 136 MHz to 944 MHz on a single unit and is the same size as a conventional model with a single communication band.

1. まえがき

業務用無線機は，警察，消防・救急，電気，ガス，水道，道路など，公共保安やライフラインの分野において広く利用されている。通信周波数は使途や地域により決められ，136 MHzから944 MHzの帯域が分割されて割り当てられている。従来，1台の無線機が担う通信周波数は基本的に単一のバンドであるため，複数のバンドを使用する地域においては複数台の無線機を車両に搭載する必要があった。このため，据付場所の確保や複雑な配線作業といった煩雑な設置工事への対応が課題となっており，この課題を解決するマルチバンド無線機の需要が高まっていた。また無線機販売業者にとっても，取り扱う機種数減により管理コストが削減できるメリットがある。

本稿では，業務用車載無線機をマルチバンド化に向けた開発及び評価に関する取り組みについて紹介する。

2. マルチバンド業務用車載無線機の概要

当社が新たに開発したマルチバンド業務用車載無線機は，北米市場をターゲットとした公共保安業務（警察，消防など）及び緊急業務向けの無線機で，APCO P25，P25 Phase2及びアナログFM通信方式に対応する。

マルチバンド業務用車載無線機は，当社製の従来モデル5機種が各々対応するVHF-H，UHF-L，UHF-H，700/800 MHz帯，900 MHz帯の各バンドの送受信対応を1台で実現する。

3. RF回路のマルチバンド化

筐体寸法を従来モデルと同等（1DINサイズ）に抑えるため，下記3項を実現することにより，RF回路を小型化した。

1）パワーアンプの広帯域化
2）ダイレクトコンバージョン方式の採用
3）分周器の採用による局部発振部の小型化

3.1. パワーアンプの広帯域化

従来，当社製車載無線機は「VHF-H」「UHF-L」「UHF-H」「700/800 MHz帯」「900 MHz帯」の5種類のバンドに対する個別モデルがあり，各バンド専用のパワーアンプ（規定の送信出力レベルまで信号を増幅するための回路）を搭載する。本開発においては，上記の全バンドに対応するマルチバンド化に向け，品種削減のためパワーアンプを広帯域化する。従来モデルとマルチバンド化モデルのパワーアンプの対応周波数帯域を表1に示す。

表1のとおり，VHF-Hは従来モデル同等のパワーアンプの性能で問題ないが，UHF-L及びUHF-H，700/800 MHz帯及び900 MHz帯は従来モデルの2バンドを一つのパワーアンプで対応するため広帯域化が必要となる。

表1　パワーアンプ対応周波数帯域
Table 1　Supported frequency band of each power amplifier

周波数バンド	従来モデルの対応周波数[MHz]	マルチバンド化モデルの対応周波数[MHz]
VHF-H	136-174	136-174
UHF-L	378-470	378-522
UHF-H	430-522	
700/800 MHz	764-870	763-944
900 MHz	896-944	

3.2.　ダイレクトコンバージョン方式の採用

従来モデルは受信回路にダブルスーパーヘテロダイン方式を採用し，RF（高周波）回路及びIF（中間周波数）回路に各々アンプとフィルタを搭載していたが，新開発のマルチバンド無線機は，VHF-H，UHF-L，UHF-Hの各バンドの受信回路にダイレクトコンバージョン方式を採用した。ダイレクトコンバージョン方式はIF回路を必要とせず，小型化・低消費電力化・低コスト化を可能とする利点があり，本方式の採用により回路の小型化を実現する。マルチバンド無線機の受信回路構成図を図1に示す。

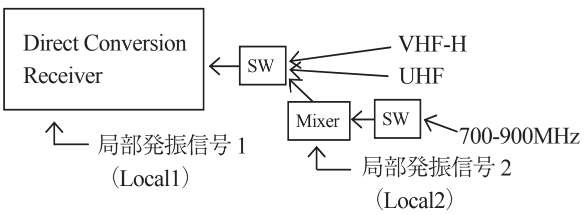

図1　マルチバンド無線機の受信回路構成図
Fig.1　Receiver Circuit Block Diagram of Multiband Radio Equipment

3.3.　分周器採用による局部発振部の小型化

マルチバンド無線機の局部発振信号には広い周波数レンジが求められる。本開発においては，一つのシンセサイザ回路から広い周波数レンジ局部発振信号を生成するため，シンセサイザ回路（発振器を制御し所望の周波数の信号を生成する回路）の出力に分周器（Divider）を設けた。シンセサイザ回路を複数使用した場合の局部発振部構成図と一つのシンセサイザ回路の出力に分周器を配置した場合の局部発振部構成図を図2に示す。

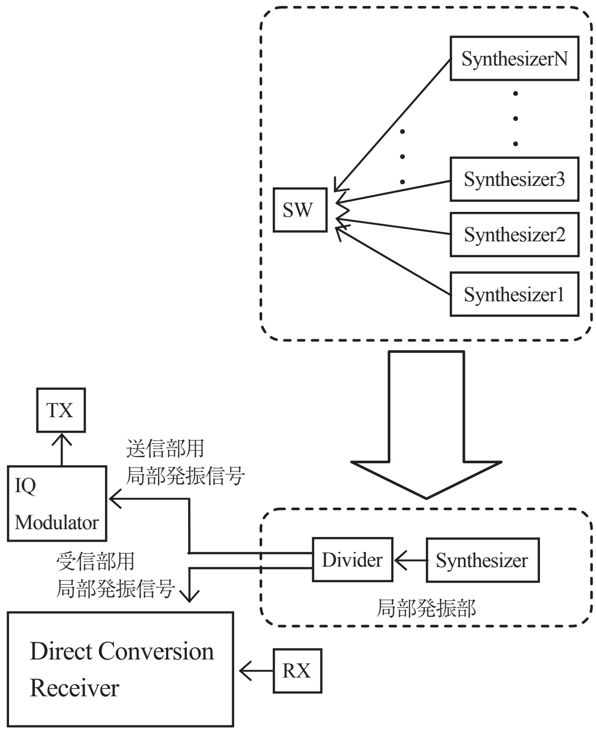

図2　複数のシンセサイザ回路を使用した局部発振部構成図と分周器を追加した局部発振部構成図
Fig.2　Block diagram of Local Oscillator with multiple synthesizer circuits and Local Oscillator with divider

4.　評価結果

4.1.　送信出力レベルの評価結果

評価機にて「UHF-L」「UHF-H」「700/800 MHz帯」「900 MHz帯」の各バンドにおけるパワーアンプの能力が所望の送信出力レベルを満足できることを確認した。各バンドの送信出力レベル評価結果を図3，図4に示す。

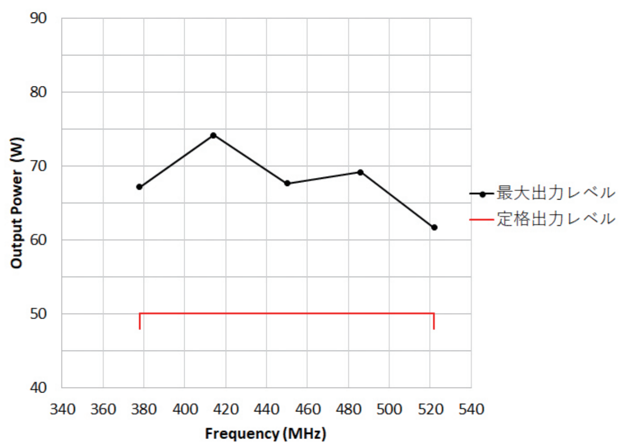

図3　UHF帯（300-500 MHz）送信出力レベル
Fig.3　UHF band（300-500 MHz）output level of radio equipment

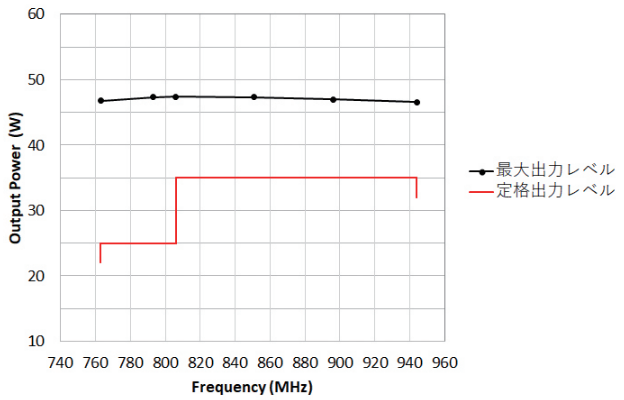

図4　700-900 MHz帯送信出力レベル
Fig.4　700-900 MHz output level of radio equipment

4.2. 受信感度の評価結果

マルチバンド業務用車載無線機における各バンドの受信感度測定結果を表2に示す。

全てのバンドにおいて，受信感度は仕様で定める値を満たす。

表2　12 dB SINAD受信感度測定結果
Table 2　Measurement result of reference sensitivity (12 dB SINAD)

受信感度の要求仕様	受信感度の実測値（12 dB SINAD）				
VHF-H < -119 dBm	136.1 MHz	155.1 MHz	173.9 MHz		
	-122.5 dBm	-123.0 dBm	-123.5 dBm		
UHF < -119 dBm	378.1 MHz	453.1 MHz	521.9 MHz		
	-121.5 dBm	-121.5 dBm	-120.0 dBm		
700-900 MHz < -119 dBm	763.1 MHz	775.9 MHz	860.5 MHz	869.9 MHz	943.9 MHz
	-122.0 dBm	-122.0 dBm	-120.0 dBm	-120.0 dBm	-121.5 dBm

4.3. 分周器の採用による局部発振部の小型化

マルチバンド化の過程で，シンセサイザ回路を従来のようにバンド毎の構成とすると16回路を必要とするが，本開発においては分周器の採用によりシンセサイザを2回路とし，局部発振部の小型化を実現した。

従来モデル（全5機種）と，本開発によるマルチバンド業務用車載無線機の搭載シンセサイザ回路数の比較を表3に示す。

表3　シンセサイザ回路搭載数比較
Table 3　Comparison of synthesizer circuit quantities

周波数バンド	従来モデルの無線機（5機種の総和）			マルチバンド車載無線機		
	RX	TX	搭載数	Local1	Local2	搭載数
VHF-H	2	1	3		-	-
UHF-L	2	1	3		-	-
UHF-H	2	1	3	1	-	-
700/800 MHz	3	1	4		1	-
900 MHz	2	1	3			-
合計	11	5	16	1	1	2

※マルチバンド車載無線機でのLocal1及びLocal2はTX/RXで共通

技術論文

5. マルチバンド業務用車載無線機の仕様

5.1. 無線機概要

図5にマルチバンド車載無線機の外観，表4に無線機の仕様を示す。

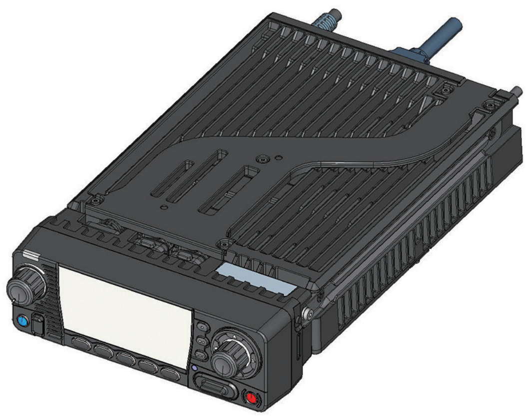

図5　マルチバンド業務用車載無線機の外観
Fig.5　Outside view of Multiband Radio Equipment

表4　マルチバンド業務用車載無線機の仕様
Table 4　Specification of Multiband Radio Equipment

項目	仕様
周波数	VHF-H帯：136-174 MHz UHF帯：378-522 MHz 700/800 MHz帯： TX：763-776，794-806， 806-825，851-870 MHz RX：763-776，851-870 MHz 900 MHz帯： TX：896-902，935-944 MHz RX：935-944 MHz
変調方式	FM, P25, P25 Phase2
送信出力電力	VHF-H帯，UHF帯：50 W 700 MHz帯：25 W 800 MHz帯 900 MHz帯：35 W
電源電圧	+12 VDC
通信方式	PTT : Push to Talk
動作温度範囲	-30 ～ +60 ℃
防塵，防水性能	IP54
環境性能	MIL-STD-810G
外形寸法	50 (H)×175 (W)×288 (D)　[mm]

6. あとがき

業務用車載無線機のマルチバンド化は，従来モデルと外形寸法を同等とすることを前提とした要求であり，本開発に際してはこの要求を満たすためRF回路の小型化を図った。本稿では，小型化の方策としてパワーアンプの広帯域化，ダイレクトコンバージョン方式の採用及びシンセサイザ回路への分周器の採用について報告した。また記載した取り組みのほかにも，放熱設計の小型化，プリント基板上における妨害波干渉対策など，多くの課題に対処した。

今後も当社が強みとする無線技術を駆使し，顧客の要求に沿った無線機器の開発に取り組み，安全・安心な社会の構築に貢献する所存である。

用　語　一　覧

APCO P25: Association of Public safety Communications Officials international Project 25
（米，豪等の公共安全機関で使われる通信方式）
APCO P25 Phase2: Association of Public safety Communications Officials international Project 25 Phase 2
（「Phase1」と呼ばれるFDMA（周波数分割多元接続）技術の次に規格化されたTDMA技術を採用した規格）
VHF: Very High Frequency（超短波）
UHF: Ultra High Frequency（極超短波）
TX: Transmitter（送信機）
RX: Receiver（受信機）
FM: Frequency Modulation（周波数変調）
RF: Radio Frequency（無線周波数）
IF: Intermediate Frequency（中間周波数）