

周波数拡大に対応した新 PDC 方式基地局装置・ 端末類の概要

—追加 2MHz 帯域の PDC 方式への適用—

PDC Base-Station Equipments and Mobile Phones for Extended Frequency Bands

— PDC System Operating in Added 2MHz Bands —

DoCoMo では 1993 年 3 月よりフルレート方式デジタル移動通信サービスを開始して以来、ハーフレート化、アナログ方式で使用していた周波数帯の PDC 方式への適用など容量拡大を図ってきた。そして更なる容量拡大を図るために追加された 2MHz 帯 (838 ~ 840MHz, 893 ~ 895MHz) をカバーする PDC 方式を開発した。本稿では、このシステムの特徴と装置概要を述べる。

Since starting full-rate digital cellular service in March 1993, system capacity has been extended by converting to a half-rate digital cellular system and by using the frequency band used in analog cellular system. To achieve further extension, a digital cellular system that operates in the 2MHz Bands (838 ~ 840MHz and 893 ~ 895MHz) has been developed. This paper describes the equipment used in this system and the system's characteristics.

渡邊 理
Makoto Watanabe

太田 信浩
Nobuhiro Ohta

深澤 賢司
Kenji Fukazawa

田中 学
Manabu Tanaka

高谷 淳
Jun Takaya

まえがき

日本におけるここ数年の携帯・自動車電話ユーザの増加は目覚ましいものがある。1979年に開始した携帯・自動車電話サービスはサービス当初の予想を大きく上回り、1998年末、ユーザ数が約4,000万の市場へと成長した。DoCoMoでは、1993年3月より800MHz帯域でフルレート方式デジタル移動通信サービスを開始し、1995年10月からは従来のフルレート方式の2倍のユーザを収容可能なハーフレート方式を提供し、さらに1996年10月からはアナログ方式で使用していた周波数帯でデジタル移動通信サービスを開始し、需要増に対応してきた。そして、郵政省によって新たに追加された2MHz帯域(838~840MHz, 893~895MHz)が携帯・自動車電話サービス用として追加割り当てされ、日本の

デジタル自動車電話方式(PDC: Personal Digital Cellular Telecommunication System)の標準化機関である(社)電波産業会の「デジタル自動車電話システム標準規格(RCR STD-27)」にこの帯域が追加された[1]。DoCoMoでは急増するユーザに対応するため、本規格に基づき、この追加帯域を使用したデジタル移動通信システムを開発した。

本稿では、本システムの構成、基地局装置、移動機について、その技術的特徴を述べる。

システム概要

■主要諸元

デジタル自動車電話システム標準規格の主要諸元を各国のセルラー方式と併せて表1に示す。2MHz帯域(838~840MHz, 893~895MHz)を使用するDoCoMoのPDCシステムはハーフレ

ート方式を使用している。また、図1に800MHz帯域の周波数割当を示す。

■システム構成

図2にDoCoMoのPDC方式のシステム構成例を示す。公衆網や他の移動通信網と接続するための移動中継交換機配下に移動通信制御局(MCC)および基地局(BS)が設置され、移動機(MS)との接続を行う。MCCは呼制御およびサービス制御をつかさどる移動加入者交換機(MLS)、無線区間音声用の符号化・復号化および誤り制御を行う音声処理装置(SPE)、無線回線のリソース管理およびチャンネル切替などの制御を行う基地局制御装置(BCE)から構成される。BSは音声/制御信号の変復調および無線回線の維持などを行う基地局変復調装置(MDE)、複数の無線信号を一括して増幅する基地局送受信増幅装置(AMP)から構成される。

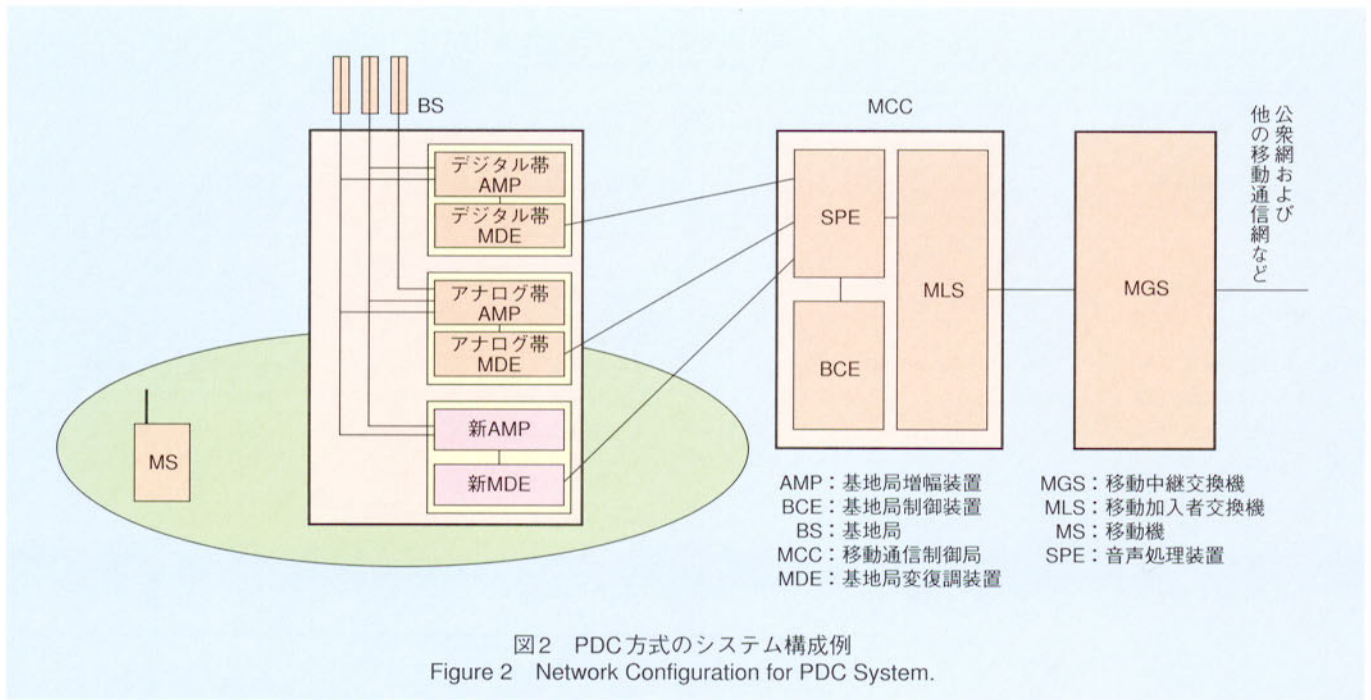


表2 MDE主要諸元
Table 2 MDE Main Specification.

周波数帯域	800MHz帯 送信838MHz~840MHz 受信893MHz~895MHz
収容キャリア数	24キャリア×3セクタ/装置 (併設部を含む) (最大32キャリア/セクタも可能)
通信チャンネル数	6チャンネル/キャリア
最大送信電力	4W/キャリア
受信感度 (BER=1%)	7dB μ V (RCR STD-27) 以下 (フェージング下, ダイバーシチ受信, 非保護信号)
CIR特性 (BER=1%)	16dB (RCR STD-27) 以下 (フェージング下, ダイバーシチ受信)
シーケンスソフト 制御パラメータ	外部装置より転送可能
保守・監視機能	一括・遠隔監視可能

って通信チャンネルのみに使用するため、既存のデジタル帯域のセクタに追加帯域のセクタをオーバーレイすることにより利用することができる。本装置の外観図を写真1に示す。

本装置の主な機能は、携帯電話などのMSとの無線インタフェースを確立し、固定網との間の音声および制御信号を中継することであり、構成は、監視制御部、上位装置とのインタフェース部、送受信 (TRX) 部およびRF分配合成部からなる。

■監視制御部およびインタフェース部 監視制御部およびインタフェース部

の各カードは従来の装置と同等の機能を持つが、構成を大きく変更した。従来のMDEは機能ごとに8~9種類のカードにより監視制御部が構成されていたが、LSI技術の発達に伴い、表3に示すように新MDEでは機能を統合して3種類のカードにより構成されている。

監視制御部は装置全体の監視処理を行う。また、上位装置からの指令により各カードの閉塞、リセット、現用/予備の切り替えの制御を実施する。

インタフェース部は本装置と伝送路との間の信号変換機能を持ち、伝送路中の音声および制御信号をTRX部や

監視制御部に分離分配し、TRX部や監視制御部からの音声および制御信号を伝送路へ多重伝送する。TRX部に必要な各クロック、タイミングを生成する機能も有する。

■TRX部

TRX部は無線インタフェース部とベースバンド部およびそれらを制御する制御部から構成される。無線区間インタフェースは、対向するMSと3ch TDMAと6ch TDMAを各チャンネルごとに設定できる。無線特性はデジタル帯域およびアナログ帯域MDEと同等の性能を実現している。TRXカードの構成は、従来の1キャリア/TRXカードから2キャリア/TRXカードとしている。そのため従来の装置では必要なキャリア数分のTRXカードを実装する必要があったが、本装置では必要なキャリア数の1/2のTRXカード実装枚数でよい。2キャリアTRXカードの構成を図3に示す。

■RF分配合成部

RF分配合成部には各セクタ最大16キャリアの分配合成部と32キャリアの分配合成部の2タイプがある。受信

基地局送受信増幅装置 (AMP)

■装置概要

本装置の主な機能は、アンテナ (ANT) より入力される携帯電話などのMSからのRF信号を増幅してMDEに送る機能と、MDEからの送信RF信号を一括増幅してANTからMSに送信する機能である。

本装置は、屋外に設置される屋外受信増幅部、屋内に設置される送信増幅部ならびにそれらを監視・制御する監視・制御部により構成される。

■主要諸元

AMPの主要諸元を表4に示す。

■送信増幅部

送信増幅部は、最大3セクタに対応している。各セクタではマルチキャリアを一括で増幅できる共通増幅器を使用しており、最大32キャリア、最大共通増幅出力32Wである。従来装置では、複数枚の送信共通増幅器でセクタを構成していた。今回の装置では、PDCで初めて (N+1) 構成を採用し、送信共通増幅器は3枚 (セクタあたり1枚) 使用。それ以外に送信共通増幅器が異常時に使用される予備増幅器が搭載され、合計4枚の送信共通増幅器で構成されている。予備増幅器は待機時においても通電されており、ホットスタンバイ状態となっているため、運用中の増幅器異常時は瞬時に運用状態に移行することができる。

従来装置でセクタあたりの最大共通増幅出力32Wを得る場合、最大共通出力16Wの増幅器が6枚 (セクタあたり2枚) 必要であったのに対し、新装置では最大共通増幅出力32Wの増幅器が4枚のため、装置あたり15%程度の低消費電力化が図られている。

送信共通増幅器には、既存AMPで実績のある自己調整型フィードフォワード方式を採用しており、32キャリ

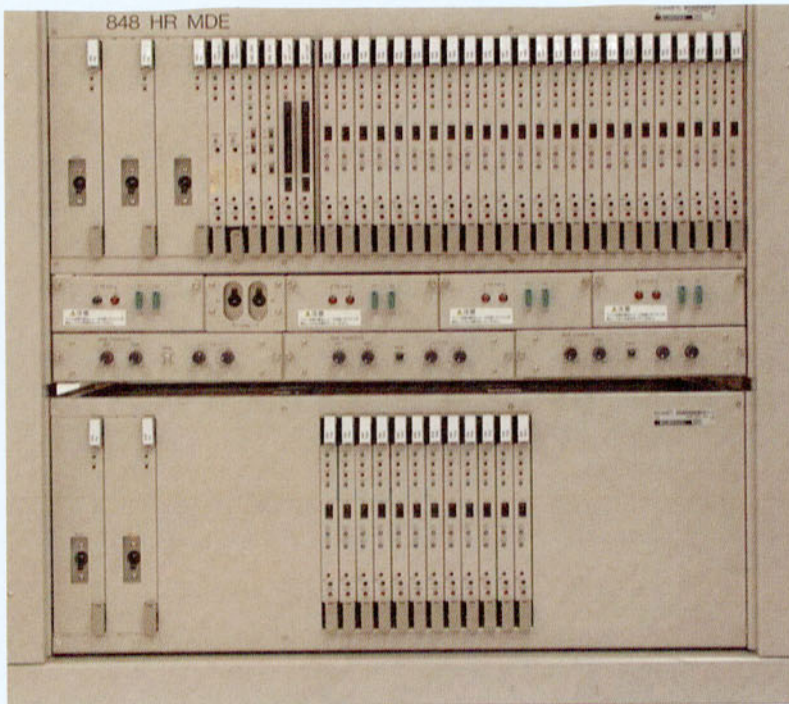


写真1 基地局変復調装置 (MDE)

Picture 1 Modulation and Demodulation Equipment (MDE) .

表3 監視制御部およびインタフェース部の構成
Table 3 Structure of Supervision Part and Interface Part.

監視制御部およびインタフェース部の処理機能	旧カード	新カード
装置全体の保守監視制御	SV-CONT	BS-CONT
監視制御部やTRX部のプログラムとシステムデータ記憶機能	SDM	
AMPやTTRのインタフェース	PORT/INF	
制御信号の信号中継機能	D-REP	HW-IF
伝送路との音声信号中継機能	TDC	
無線チャンネル用のクロックの生成および供給	TSISYNC	TSISYNC
装置内バス制御	B-CONT S-CONT	

AMPから送出されるセクタごとの受信RF信号を、TRXカードの実装枚数により4または8分配し、さらにTRXカードごとに分配する。TRX部からのRF信号については、まず4キャリア単位で合成して、その合成したRF信号をさらにセクタ単位で合成して送信AMPに送出する。このような2段階方式を採用することで、RF分配合成部のサイズを押さえたまま、装置内キャリアの柔軟なセクタ割当を可能としている。1装置あたりTRX増設用の併設部を含めて最大3セクタ構成で72キャリアを収容できる構成であるが、

分配合成部は1セクタあたり最大で32キャリアまで対応可能であるため、セクタごとに不均等にキャリアを割り当てることも可能になっている。

上記のように本装置は従来の装置と基本的には同一の機能を持たせることにより、上位装置との互換性を実現しており、また、監視制御部およびインタフェース部のカードの統合やTRX部のカードの2キャリア化、さらに2段階方式化によるRF分配合成により装置の小型化および低価格化を実現している。

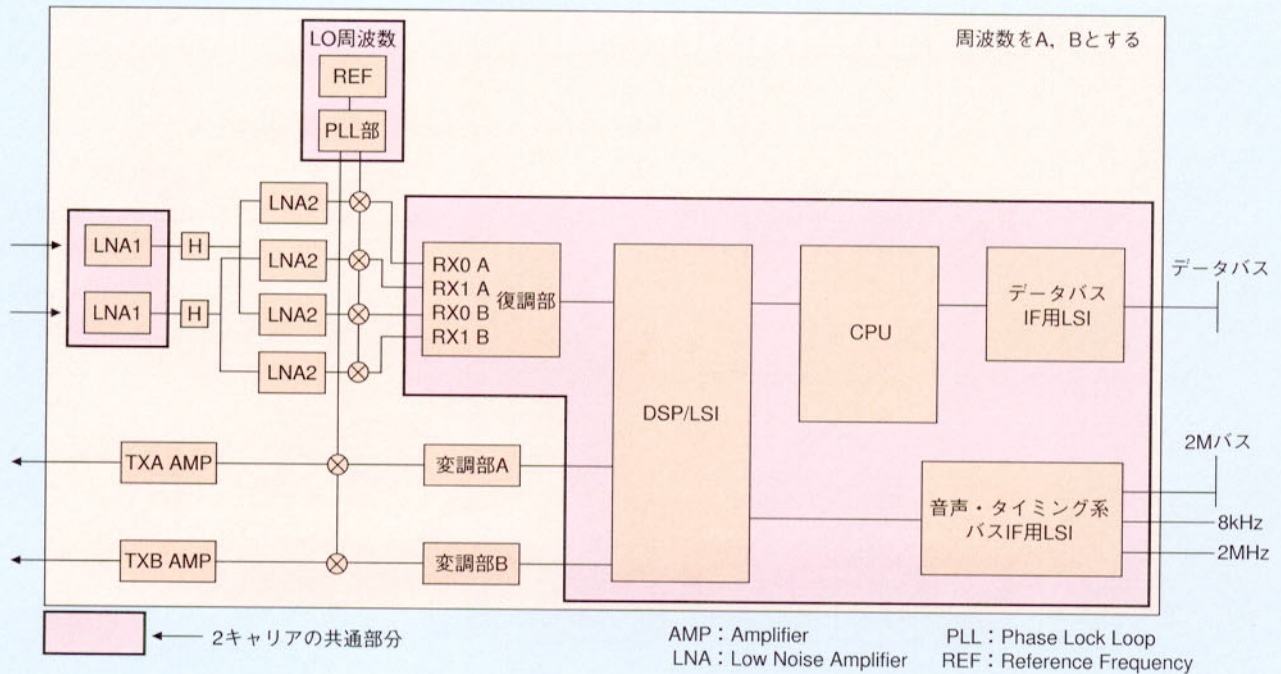


図3 2キャリアTRXカード構成図
Figure 3 Configuration of 2 Carrier TRX Card.

ア増幅時においても帯域外歪み減衰量 60dB 以上を実現している。

■受信増幅部

受信増幅部では、従来から使用されている帯域と今回追加された帯域を区別することなく、同一の受信増幅器で増幅することによりANTや給電線の共用化を図っている。なお、屋外受信増幅器は、複数の受信増幅器で二重化構成であり、故障発生時に全断となることを防止している。

屋外増幅器への電源供給はファントム給電により屋内装置から給電線を利用して行われており、専用の電源線や装置を屋外に設置する必要がない。

■監視・制御部

監視・制御部では、装置全体の保守監視、送信共通増幅器異常時の切替動作の実施を行うと同時に上位装置との間で定期報告および装置異常時における緊急報告を行っている。上位装置との通信はMDEを経由して行われている。

表4 AMP主要諸元
Table 4 AMP Main Specification.

送信増幅部	送信利得	40dB
	最大送信キャリア数	32/セクタ
	最大共通増幅出力	32W/セクタ
受信増幅部	受信利得	43dB
	NF	4dB以下

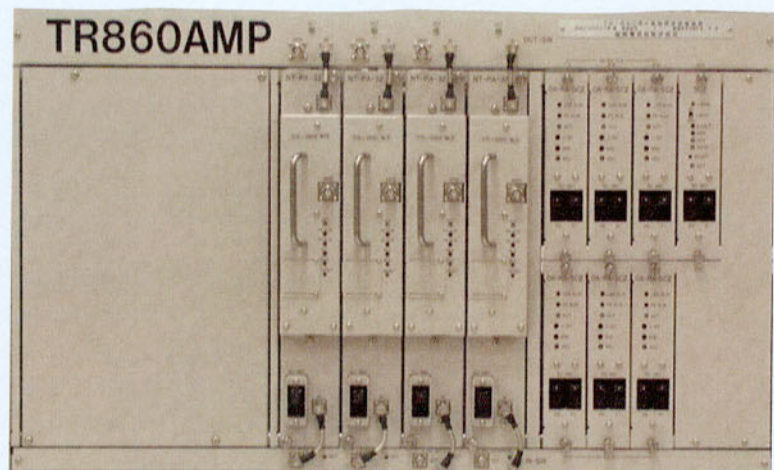


写真2 基地局送受信増幅装置 (AMP)
Picture 2 Transmit/Receive Amplifier (AMP).

■ (N+1) 構成の特徴

従来、16W、32W出力の送信共通増幅器を複数枚並列運用（冗長構成）することにより、所要の送信出力を得ると同時に、増幅器異常時にサービス断とならない構成となっていた。しかし、異常発生時には送信出力の低下を伴っていた。一方、(N+1)構成においては、図4に示すとおり運用中の各増幅器以外に予備増幅器を備えており、故障時においてRF接続を自動的に切り替えることにより予備増幅器が送信増幅動作を代行する。そのため、異常発生時においても故障前と同等のサービスを提供することができる。

移動機 (MS)

1993年よりサービス開始した800MHz帯PDCシステム[1]は図1に示すとおり、1996年にアナログ帯域の追加[2]（デジタル・ムーバ201シリーズ）を行い、さらに1997年にデジタル帯域の拡張（デジタル・ムーバ203シリーズ）を行ってきた。

MSに要求された機能は、従来の800MHz帯域（デジタル帯／アナログ帯）と同時に今回の追加帯域もカバーすることであった。

開発した移動機の主要諸元を表5に、ハードウェア基本構成を図5に示す。

本移動機では、追加帯域対応するにあたり、変更を要する箇所は主に無線部であったが、従来での帯域拡張時に要求された増幅器、アイソレータなど各部品の広帯域化以外に、新たに以下の事項に関する検討が必要となった。

図1のように、追加帯域上り（送信：893～895MHz）と既存アナログ帯域下り（受信：870～885MHz）が非常に近接な配置となっている。このような配置の場合、追加帯域チャンネルを送信する移動機が、数メートル程度離れた場所にあるアナログ帯域使用移動機へ及ぼす干渉影響を考慮する必要が生じ、移動機送信時における送信周

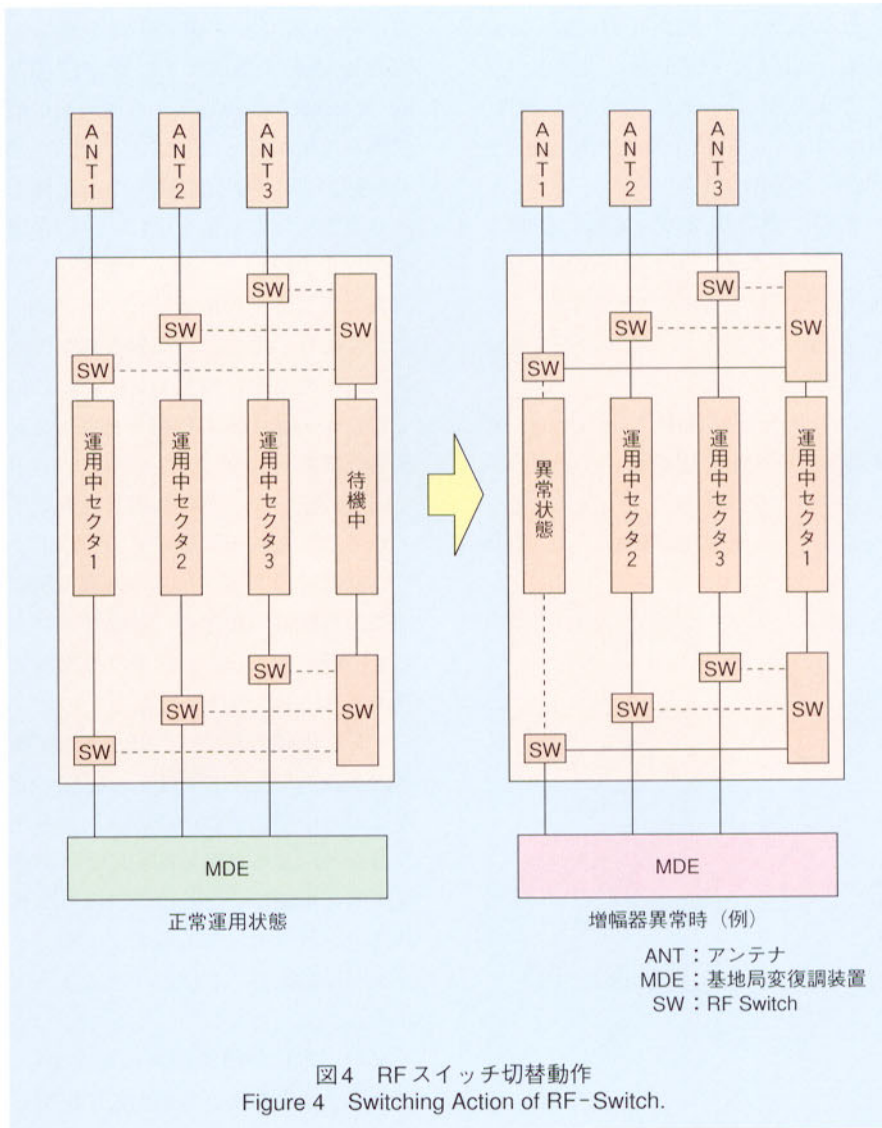


図4 RFスイッチ切替動作
Figure 4 Switching Action of RF-Switch.

表5 移動機主要諸元
Table 5 Mobile Phone Main Specification.

項目	諸元
無線周波数帯 (移動機送信)	940～958MHz (デジタル帯)
	925～940MHz (アナログ帯)
	893～895MHz (追加帯域)
送受周波数間隔	130MHz (デジタル帯)
	55MHz (アナログ帯)
	55MHz (追加帯域)
最大送信電力	0.8W
変調方式	$\pi/4$ シフトQPSK
キャリア周波数間隔	50kHz (25kHzインタリーブ)
	718 (デジタル帯)
	598 (アナログ帯)
キャリア数	79 (追加帯域)
	3チャンネル／キャリアおよび6チャンネル／キャリア
アクセス方式	V-SELP (11.2kbit/s) PSI-CELP (5.6kbit/s)

波数近傍のノイズ削減が新たに必要となった。

移動機無線送信部の構成を図6に示す。図のように、直交変調器の後段において、増幅器までの伝送路を2系統化し、送信する周波数により伝送路を切り替える構成とした。それぞれの伝送路には、低ロスかつ急峻な減衰特性をもつフィルタを採用した。図6のフィルタAの周波数特性例を図7に示す。2系統化した2つのフィルタは約3mm角の1つのカバーにパッケージングされており、従来機種に内蔵されていたものと同体積を維持している。

これにより、追加帯域周波数（893 MHz）送信時、最も近接したアナログ帯（885MHz）の送信ノイズを-110 dBm/Hzまで削減することができた。代表例を図8に示す。

さらに受信部においては、従来より、デジタル帯/アナログ帯用に2系統化されていた1st ミキサ前段までのトップおよび段間フィルタの周波数特性を変更することで対応した。

このほか、追加帯域対応のため、従来の無線部から変更を要した主な箇所について以下に述べる。

送信部の高効率線形増幅器は、整合

素子の追加による構成変更や最適なFETを選択することで、従来機種と同等の効率を維持しながら周波数帯域拡大が可能になった。アイソレータは共振回路部のGND接地、中心電極部長さ変更などの構造変更により広帯域小型化を実現した。ホイップアンテナにおいては従来の帯域拡大で広帯域化されており、整合部の簡易な調整のみで対応できたが、内蔵アンテナにおいては従来の2共振切替型を拡張し3共振切替構造とした。

周波数拡張のほかに採用した新機能としては充電制御機能がある。以前より一部機種のみ採用していた充電制御回路の移動機内蔵化を、本シリーズから全機種必須とした。従来、充電制御機能はAC/DC急速充電器などのオプションに内蔵されていたが、充電制御部内複数モジュールの1チップ化の実現による小型化、および電流制御方法改善などによる発熱量抑制により移動機内蔵を可能にした。これにより、移動機の形状変更に関わらず、充電アダプタが後継機種でも使用できるようになる。

また、本移動機は従来移動機から、更なる小型化および省電力化を実現した。省電力化にあたっては無線素子構成の見直しによるドライバICの削減や、無線部各部品、LSIモジュールの低電力化が挙げられる。さらに、変調部および受信IF部の一部統合化、増

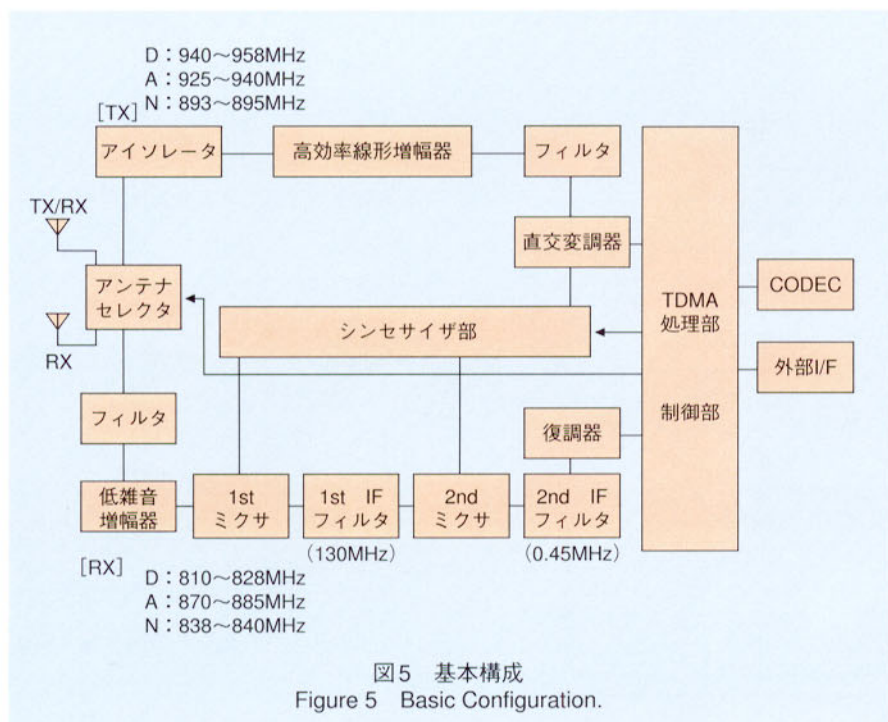


図5 基本構成
Figure 5 Basic Configuration.

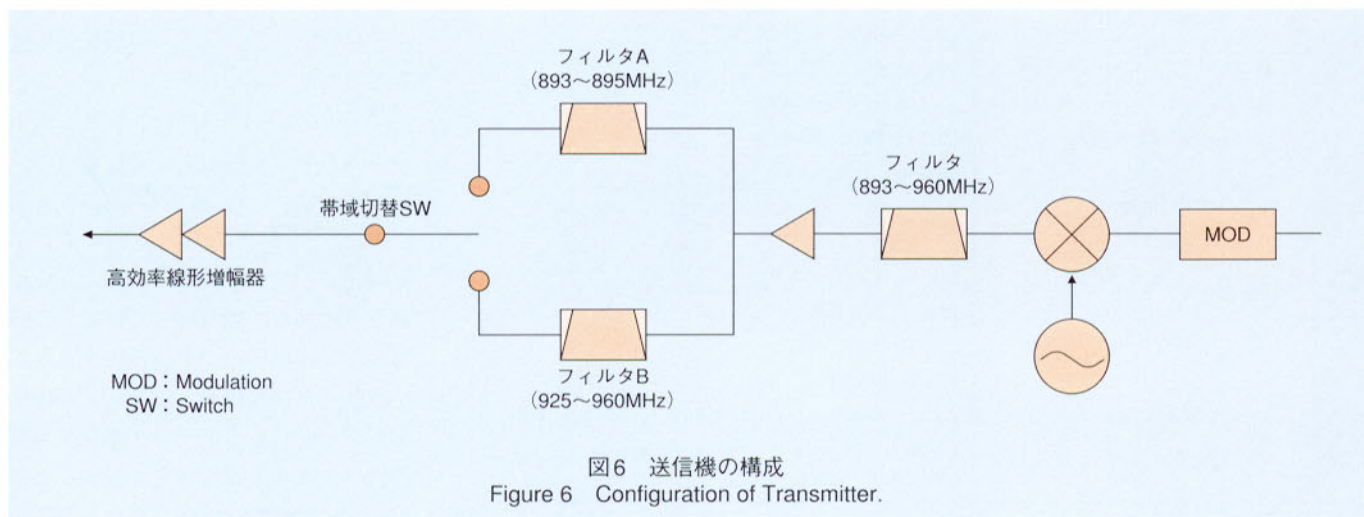


図6 送信機の構成
Figure 6 Configuration of Transmitter.

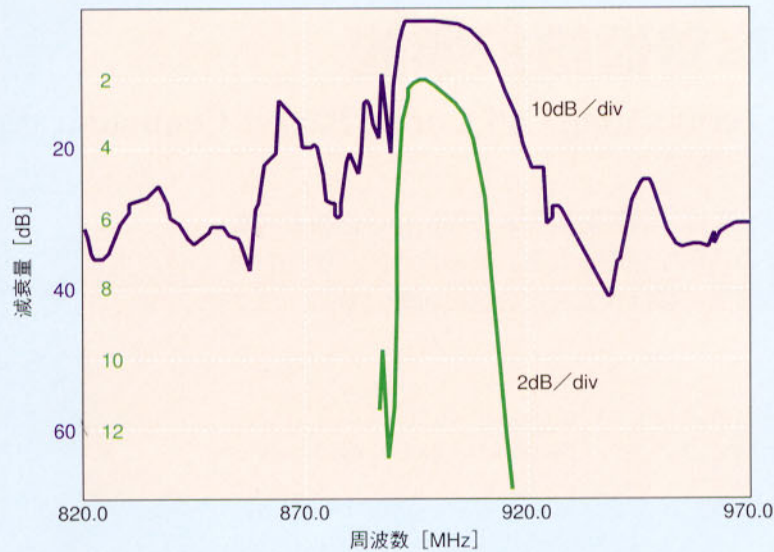


図7 送信フィルタの特性
Figure 7 Characteristic of Transmitting Filter.

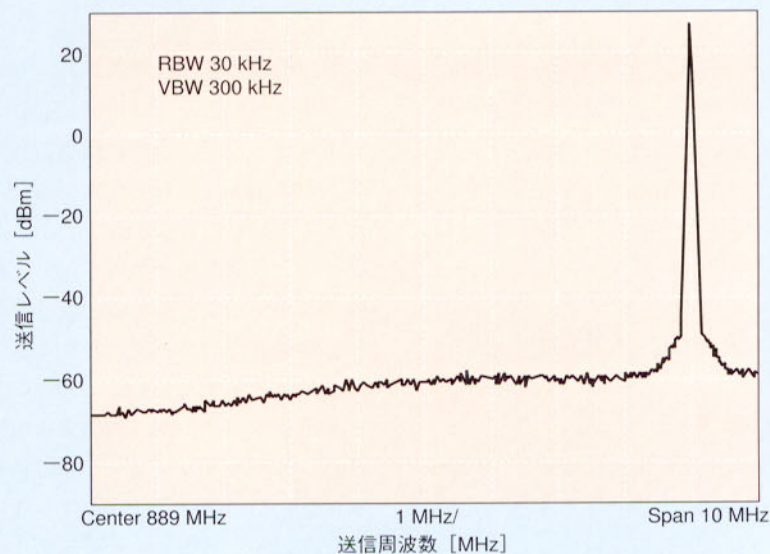


図8 移動機の送信雑音特性
Figure 8 Transmitter Noise Characteristic of Mobile Phone.

幅器、コンデンサなど各 부품の小型化により、体積約70～80cc程度の小型移動機で、待ち受け200時間以上、連続通話時間110分以上の性能を実現した。

あとがき

新たに追加割当が行われた800MHz帯対応のPDC基地局装置、端末につ

いて、その概要を述べた。本システムは、急増するユーザに対して経済的に対応できる優れた特徴を持っている。

文献

- [1] 社団法人 電波産業会：デジタル方式自動車電話システム標準規格，RCR STD-27H.
- [2] 千葉，平見玉，矢崎，武田，白井："PDC方式の周波数拡大特集 -アナログ帯域のデジタル化- 「3 移動機」"，本誌，Vol.4，No.4，pp.16-19，Jan.1997.