

PDC方式の周波数拡大特集

—アナログ帯域のデジタル化—

Special Issue of Expansion of Frequency Band in PDC Digital Cellular System
—PDC Digital Cellular System in Frequency Band Used in Analog Cellular Systems—

2 ネットワーク装置

2 Network Equipment

急増する加入者数に対応して、デジタル移動通信システムの周波数拡大が急務であり、現在アナログシステムで利用している周波数のデジタル化を行うシステムを開発した。本稿では、このアナログ帯域のデジタル化に対応したネットワーク装置類の構成と機能概要および特徴的な技術を紹介する。

In order to expand the capacity of the digital cellular system, we have developed the digital cellular equipment in frequency band used analog cellular systems. From the view of realization, this paper describe techniques and also configuration for the network equipment.

笹木 正美
Masami Sasaki

渡邊 靖之
Yasuyuki Watanabe

友田 祐章
Hiroaki Tomoda

勝田 守利
Moritoshi Katsuta

まえがき

当社では、先に800MHz帯域（以下デジタル帯域）および1.5GHzデジタル移動通信方式フルレートシステムのハーフレート化を行い、急増する加入者の収納能力の拡大を行ってきた。加入者数は伸び続け、現在の周波数におけるシステム容量の不足が予想される。また、高品質のサービス提供の立場から現行の大容量自動車電話方式に利用している周波数帯域（以下アナログ帯域）のデジタル移動通信方式への移行が考えられる。今回開発したアナログ帯域のデジタル化ネットワーク装置類は、ハーフレートデジタル通信方式を基本に設計開発した。

本稿では、アナログ帯域のデジタル化を実現したネットワーク装置、特に基地局装置、基地局制御装置および制御方法について構成、機能概要を述べる。

基地局装置の構成と機能

アナログ帯域のデジタル化導入をスムーズに実現するために次の点を考慮して開発を行っている。すでに、当社の800MHzデジタル帯域ハーフレートシステムが同エリアをカバーしているため、交換機をはじめとする呼処理システム、保守監視システムに大幅な変更を必要としないことが条件となる。これらの条件から、移動機が待ち受け、発着信に用いる制御チャンネルはデジタル帯域の既存システムを利用すること、装置はハーフレート装置と極力互換性を持たせることにより、導入を容易とした。

今回新たに開発した装置は、先のハーフレートデジタル通信方式の装置を基本にすることで開発コストの削減、開発期間の短縮、装置の低価格化を実現した。基地局装置は基地局変復調装置（MDE）および基地局送受信増幅装置（AMP）から構成される。図1に構成、表1に機能をそれぞれ示す。

■基地局変復調装置（MDE）

本装置の主な機能は、携帯電話などの移動局と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とRF分配成分部、TRX部からなる。

本装置は単独で移動局が待ち受けできる制御チャンネルを送信して用いることは可能であるが、既存のサービスとの関係で通常制御チャンネルは、デジタル帯域の装置で用意し、本装置では利用しない。したがって通信チャンネルのみの利用となる。具体的な説明は後で述べる。

監視制御部・インタフェース部の各カードは、デジタル帯域ハーフレート装置と完全互換であり、同一のカードを用いることが可能である。監視制御部は単独で上位装置と接続され、装置内の各カードの監視制御を一括して処理する。制御機能は各カードのリセット、現用／予備切替、閉塞を単独もしくは上位装置の司令により実施する。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

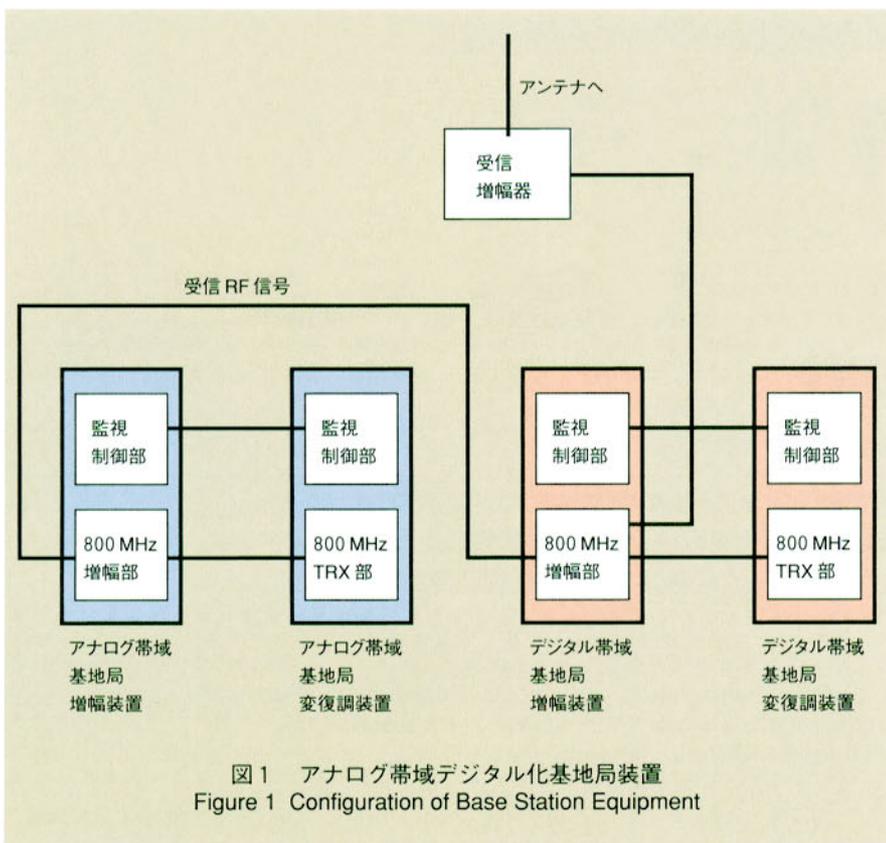


図1 アナログ帯域デジタル化基地局装置
Figure 1 Configuration of Base Station Equipment

TDMAと6ch TDMAを各チャンネルごとに設定できる。アナログ帯域では、音声は6ch TDMA（ハーフレート方式）を利用する。またデータ通信などでは、3ch TDMAを用いる。無線の特性はデジタル帯域ハーフレートと同等の性能を実現している。

1装置当たり、TRX増設用の併設部を含めて、最大3セクタ構成で48キャリア（ハーフレートモードで換算して通信288チャンネル）を収容でき、基地局送受信増幅装置を含めた基地局装置全体を1架で収容できる構成である。図2にその外観を示す。上部は32W/セクタタイプの基地局送受信増幅装置で下部が基地局変復調装置である。

■基地局送受信増幅装置（AMP）

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移動局からのRF信号を増幅してMDEに送る機能と、MDEからの送信RF信号を一括して増幅してANTより移動局に送信する機構を有する。本装置は送信用増幅器と受信増幅器とそれらを監視制御する監視制御部から構成される。本装置は最大3セクタに対応している。

送信用増幅器は屋内に設置され、複数キャリアをセクタ単位で一括増幅する共通増幅器である。送信共通増幅器は複数のユニットから構成され、1セクタ当たりの最大実装数は4枚、最大送信出力は64W（16W/枚×4枚）であり、当初の2倍の出力を最新のデバイスを採用することで同じ大きさで実現している。装置当たり最大12枚実装可能である送信共通増幅器はハーフレート装置と同じく自己調整型フィードフォワード増幅器を使用し、小型な装置で低歪みを実現している。4W×16キャリア出力信号において30dB以上の歪改善および帯域外歪減衰量60dB以上を達成している。装置には、600mm幅の32W/セクタのものと800mm幅の64W/セクタの2つのタイプを用意し、サービスエリアの半径の大きさおよびキャリア数によって選択できるようになっている。また、装置の消費

表1 基地局装置の主な機能
Table 1 Main Specification of Base Station Equipment

周波数帯域	800 MHz帯 送信 870～885 MHz 受信 925～940 MHz
収容キャリア数	16キャリア×3セクタ/装置（併設部含む）
通信チャンネル数	6チャンネル/キャリア
送信出力	最大 64 W×3セクタ
送信帯域外歪減衰量	60 dB以上
受信感度 (BER=1%)	7 dB μ V（日本標準規格）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%)	16 dB（日本標準規格）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	一括・遠隔監視可能

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、逆にTRX部や監視制御部からの音声および制御信号を多重伝送する。TRX部に必要な各クロック、タイミングを生成する。

RF分配構成部は、AMPからの受信RF信号をセクタごとに分配し、各TRX部に入力する。TRX部からの複数の送

信RF信号を合成してセクタ単位でAMPに送出する。各セクタ最大16キャリアの分配合成が可能である。また、4キャリア単位で最大4までセクタへ割り当てられる構造である。

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、対向する移動局と3ch

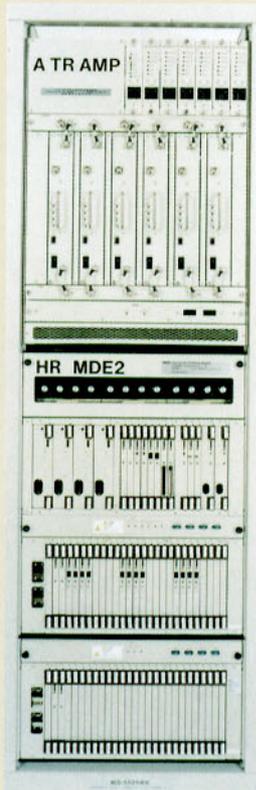


図2 アナログ帯域デジタル化基地局装置
Figure 2 Configuration of Base Station Equipment

電力も20%以上低減し、省エネルギー化を図っている。

屋外に設置される受信増幅器は、通常デジタル帯域用にすでに設置されているものを共通で利用することで経済化を図っている。図1に接続を示す。

監視制御部では、装置全体の保守監視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。受信増幅器をデジタル帯域装置と共用する場合は、本装置の受信増幅器監視機能を担当する監視パネルは実装されない。基地局増幅装置の監視制御部は基地局変復調装置の監視制御部に接続され、上位装置に監視情報を転送する。

基地局制御装置 (BCE) 開発のポイント

これまでのデジタル移動通信方式システムでは、800MHz帯域と1.5GHz帯と異

なる2つの周波数帯域でそれぞれ基地局を開発し、それぞれの特徴を活かしたサービス展開を図っており、このためサービスエリアも異なっている。

今回のアナログ帯域のデジタル化の開発では、800MHz帯域の既存デジタル帯域とアナログ帯域をデジタル方式のインタフェースで動作するデュアルバンドの移動機を開発し、ネットワーク側においてもアナログ帯域用の基地局で構成される無線ゾーンへのアクセスやアナログ帯域の無線ゾーンと、デジタル800MHz帯域の無線ゾーン間のチャンネル切替などの相互接続を可能とするシステムとして導入することを前提に開発が進められた。

アナログ帯域のデジタル化に伴う基地局制御装置の開発としては、ハードウェアの高性能・小型化を図り、ソフトウェアの面においてアナログ帯域のデジタル化に関する必要な機能を追加した。

アナログ帯域のチャンネル割当方法

■オーバレイ・ゾーン構成

アナログ帯域用の基地局で構成される無線ゾーンは、上記に示したシステム間の相互接続を考慮して、デジタル800MHz帯域システムの無線ゾーンに対して重ね合わせたオーバレイ構成をとる。さらにアナログ帯域の無線ゾーンには、とまり木チャンネルを含む制御チャンネルは設置せず、通話チャンネルのみの設置とすることで通話チャンネル容量の拡大を図った。

デュアルバンド移動機はデジタル800MHz帯域の無線ゾーンの制御チャンネルで待ち受け、通話チャンネルはアナログ帯域の無線ゾーンから割り当てるような制御方法について以下に述べる。

■アナログ帯域のチャンネル割当の概要

アナログ帯域のデジタル化を導入する場合、先にも述べたように既存のデジタル800MHz帯域と、アナログ帯域の両方の帯域で使用可能なデュアルバンド移動機の開発・導入およびアナログ帯域用の基地局が開発・導入される。従って、表2に示すように移動局と基地局はそれぞれ属性の違う種類が存在することになり、その属性によって使用可能な無線チャンネルも異なることになる。表1より、例えば、デュアルバンド移動機については、デジタル800MHz帯域とアナログ帯域それぞれの無線ゾーンにおいてチャンネル割当が可能となる。しかし、800MHz帯域専用の移動機はアナログ帯域の無線ゾーンでチャンネルを割り当てることはできないため、デジタル800MHz帯域の無線ゾーンでチャンネルを割り当てる必要がある。さらにデュアルバンド移動機に対しては両方の無線ゾーンでチャンネルを割当可能であるが、無線チャンネルの有効利用の観点より、アナログ帯域の無線チャンネルを優先して割り当てるような考慮も必要になる。無線チャンネルを割り当てる機能を有する基地局制御装置においては、移動局と無線ゾーンの関係を判断して、最適な無線ゾーンよりチャンネルを割り当てる機能を追加した。

表2 移動機属性と無線ゾーン属性の関係
Table 2 Possible Connection Type Variety between Mobile Station and Radio Zone Attribute

無線ゾーン \ 移動機	800 MHz 帯域移動機 (フルレート・デュアルレート)	デュアルバンド移動機
デジタル800 MHz 帯域	○	○
アナログ帯域	×	○

○：接続可能
×：接続不可

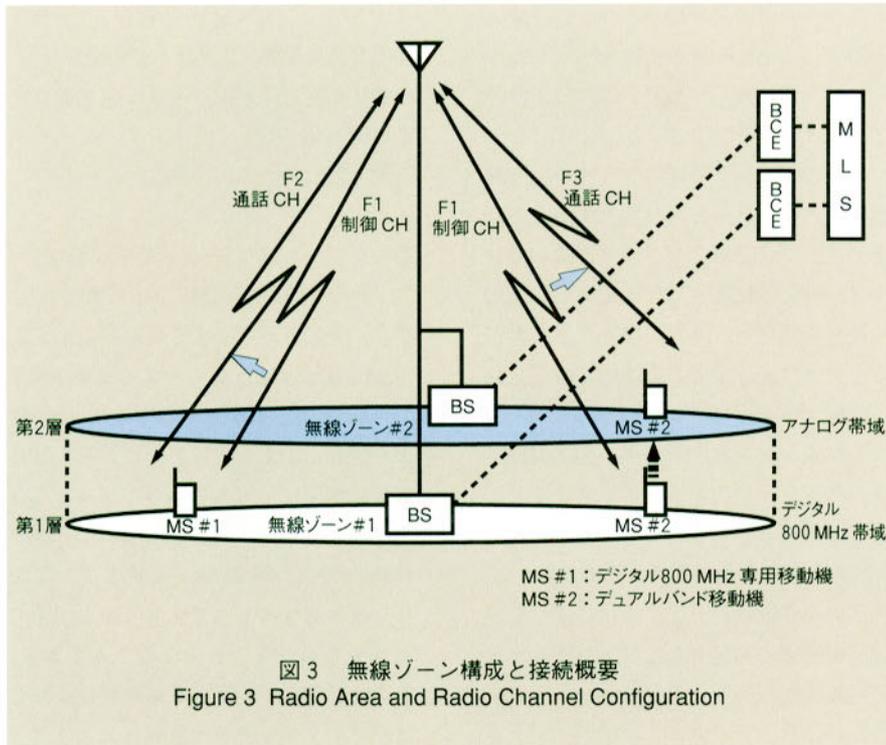


図3 無線ゾーン構成と接続概要
Figure 3 Radio Area and Radio Channel Configuration

■チャンネル割当の具体的な手順

基地局制御装置では移動機からの呼設定の要求に対して、以下の手順で無線チャンネルを割り当てる。無線ゾーンの構成を図3に示す。ここでは、第1層にデジタル800MHz帯域、第2層にアナログ帯域でオーバレイしているエリアがあると想定する。また、アナログ帯域の無線ゾーンには制御チャンネルを設置しないため、デュアルバンド移動機もデジタル800MHz帯域用の移動機同様、デジタル800MHz帯域の無線ゾーンに待ち受ける。

- (1) 移動機は制御チャンネルF1より呼設定の要求を網へと通知する。
- (2) 基地局制御装置では、呼設定を受け付けた移動機の種類（属性）を判断する。また、移動機が在圏した無線ゾーンの属性、さらに在圏する無線ゾーンに対してオーバレイされた無線ゾーンが存在するかどうかの判断、存在する場合にはそのゾーン属性を取得する。

図3の例では、移動機#1の種類はデジタル800MHz帯域用、移動機#2はデュアルバンド移動機であり、在圏する無線ゾーン#1にオーバレイされた無線ゾーン#2が存在し、無線ゾ

ン#1の属性はデジタル800MHz帯域、無線ゾーン#2の属性はアナログ帯域となる。

- (3) 移動局および無線ゾーンの属性より最適な無線ゾーンを選択する。ゾーン選択は移動機で測定した下り受信レベルが高い順に選択するが、オーバレイされたアナログ帯域の無線ゾーンはオーバレイ関係にあるデジタル800MHz

帯域と同一受信レベルという想定でゾーン選択候補となる。

チャンネル割当のアルゴリズムとしては、移動機がデュアルバンド移動機であれば、デジタル800MHz帯域のチャンネルよりもアナログ帯域のチャンネルを優先して割り当てる。

ここで、移動機#1の属性はデジタル800MHz帯域用であるため、デジタル800MHz帯域の無線チャンネルしか選択できない。従って、無線ゾーン#1より無線チャンネルF2を選択することになる。移動機#2の場合には属性がデュアルバンド移動機であるため、アナログ帯域の無線ゾーン#2のチャンネルF3を優先して割り当てる。仮に無線ゾーン#2に無線チャンネルが無い場合には、デジタル800MHz帯域の無線ゾーンよりチャンネルを選択する。

- (4) 通信中チャンネル切替における無線チャンネル選択に関しても、発着信と同様に移動局の属性および切替先の無線ゾーンの属性より、最適な無線ゾーンを選択し無線チャンネルを割り当てる。

デジタル帯域専用ブースタへの対応

デジタル移動通信方式システムでは、

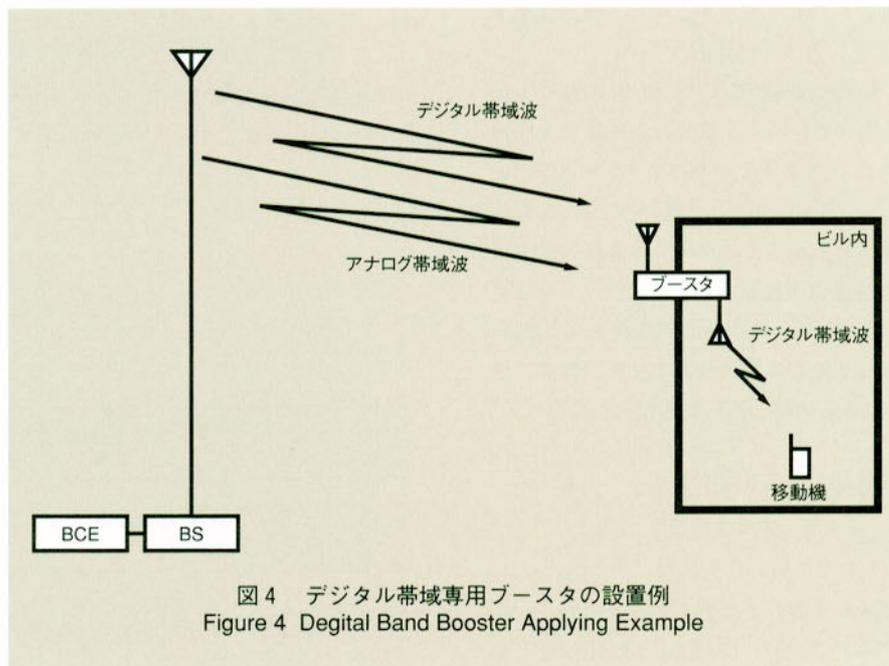


図4 デジタル帯域専用ブースタの設置例
Figure 4 Digital Band Booster Applying Example

図4に示すようなビル内などでの使用を目的としたデジタル帯域専用ブースタが開発されている。デジタル帯域専用ブースタはデジタル/アナログ帯域共用ブースタと比べて小型化・価格の低廉化が可能であるため、デジタル方式のサービスエリア拡大を経済的に実現してきた。

しかし、このようなデジタル帯域専用ブースタを設置したデジタル帯域の無線ゾーンに対して、アナログ帯域の無線ゾーンをオーバーレイさせた場合、オーバーレイ構成配下にある無線ゾーン間の下り受信レベルが必ずしも同一とならない状況が発生し、デュアルバンド移動機に対してアナログ帯域をチャンネルを割り当てた場合に、通信不能となる可能性が予想される。このため、以下に述べるアナログ帯域の各無線ゾーンの1波をパイロットTRXとして運用することにより、ブースタエリア内であっても、デュアルバンド移動機が通信可能となるような対策を図った。

■パイロットTRXの概念

パイロットTRXの機能はとまり木チャンネルの一部の機能を有していると考えてよい。とまり木チャンネルは制御チャンネルとしての機能と移動機の待ち受け判断や周辺ゾーンの状態監視のためのパイロット的な役割があり、パイロットTRX内のチャンネルは後者の役割を担っている。

パイロットTRXは、アナログ帯域の無線ゾーンよりチャンネルを割り当てる際に、移動機に対してパイロットTRXの下り受信レベルを測定させることで、移動機が通信可能かどうかを判断するために使用される。

■パイロットTRXの運用形態

アナログ帯域の無線ゾーンに設置されるパイロットTRXの運用形態を図5に示す。パイロットTRXは各スロットの使用状況に関わらず、常に全スロットともキャリアON状態とする。また、Tch用の周波数で運用されるため、呼の割当も可能であり、トラフィック容量を損なう

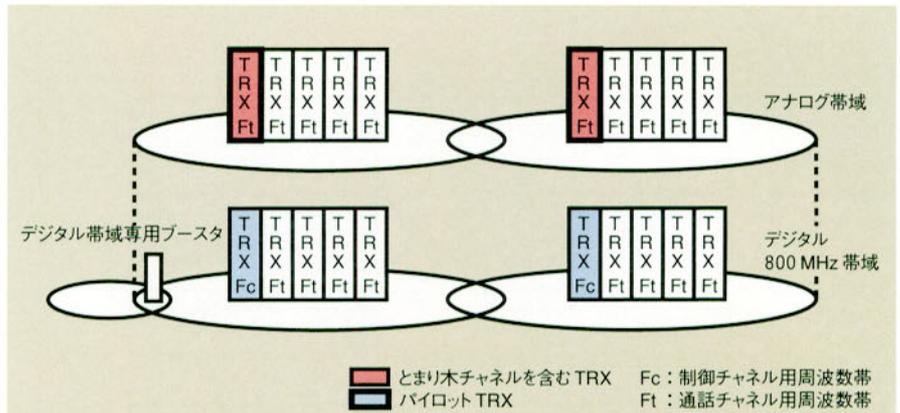


図5 パイロットTRXの運用形態
Figure 5 Radio Zone Image Applying Pilot TRX

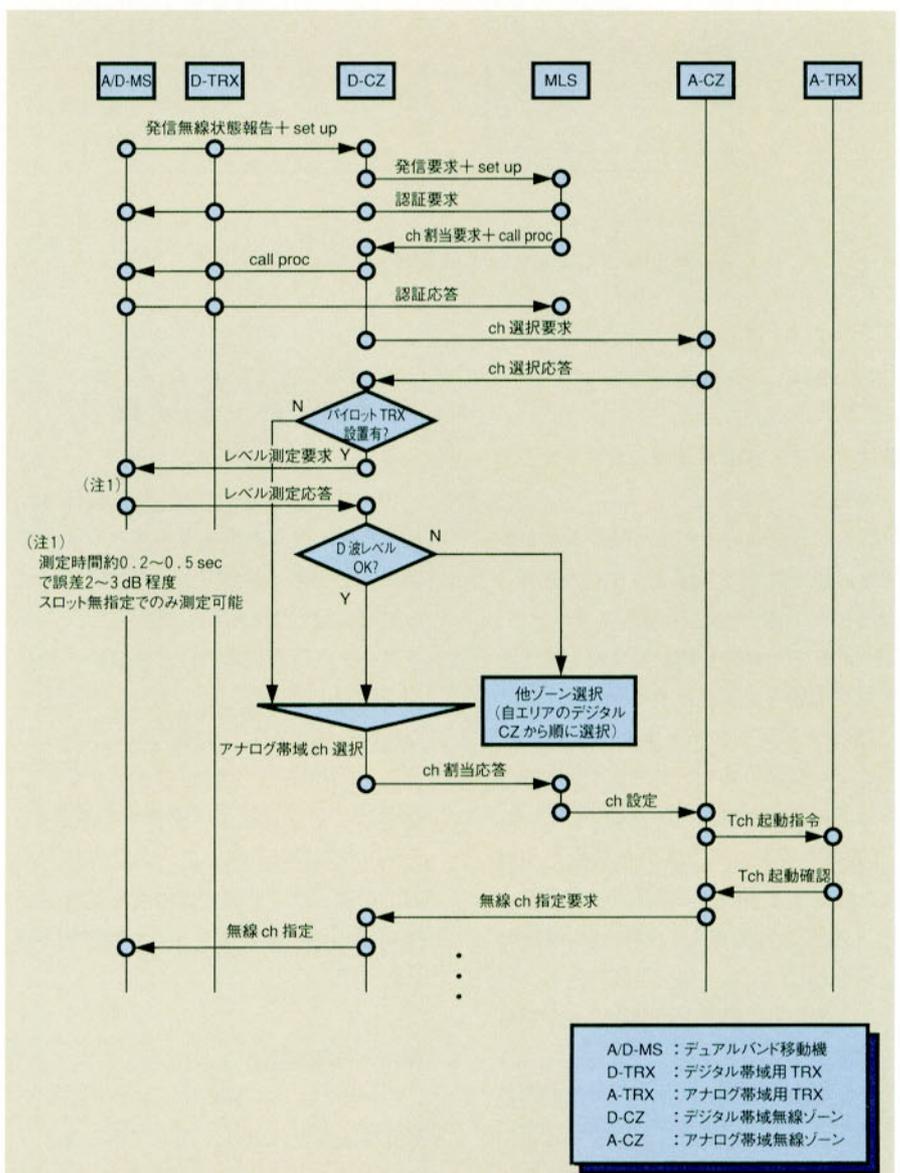
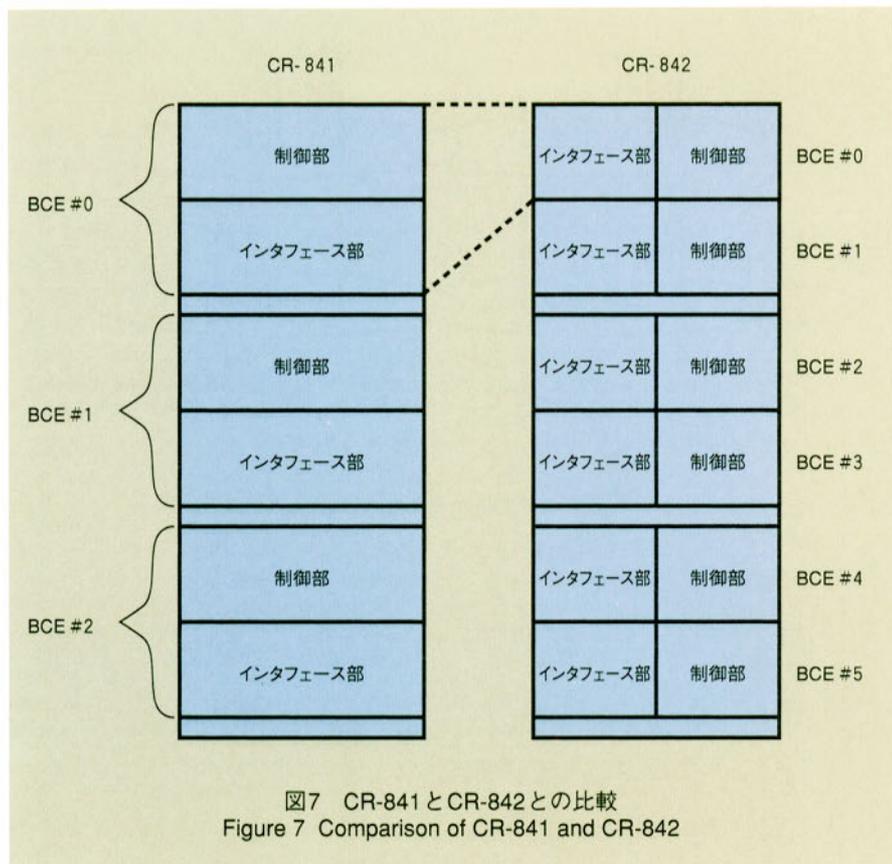


図6 パイロットTRXを用いた発信時のチャンネル割当シーケンス
Figure 6 Channel Assignment Sequence for Pilot TRX Function

- A/D-MS : デュアルバンド移動機
- D-TRX : デジタル帯域用TRX
- A-TRX : アナログ帯域用TRX
- D-CZ : デジタル帯域無線ゾーン
- A-CZ : アナログ帯域無線ゾーン



ことはない。

■パイロットTRXを使用したチャンネル割当方法

図6に発信時のチャンネル割当シーケンスを、以下にパイロットTRXを使用したチャンネル割当の概要を示す。

- (1) デュアルバンド移動機に対してアナログ帯域の無線チャンネルを割り当てる際には、BCEはチャンネル選択後に当該ゾーンにパイロットTRXが設置されているかを判断し、設置されていれば、パイロットTRXの下り受信レベルの測定を移動機に対して要求する。
- (2) BCEは移動機からのレベル測定結果をもとに、アナログ帯域の無線ゾーンでチャンネル割当が可能かどうか判断する。
- (3) 移動機からのレベル測定結果が所定の受信レベルに満たない場合には、アナログ帯域の無線ゾーンにおけるチャンネル割当を中止して、第1層のデジタル帯域の無線ゾーンよりチャンネルを割り当てる。

ハードウェアの 高性能・高密度化

アナログ帯域のデジタル化に象徴されるように、近年の大幅なトラフィックの増加に伴い、ネットワーク上の装置に対する処理負荷も増大している。また、ネットワーク系設備の増設による装置の設置場所問題も深刻化している。以上のような状況を踏まえて、従来のハードウェアであるCR-841と比較してカードを小型化することで設置スペースも半減させ、カードを高性能化することで処理能力の向上を図った、小型で高密度な基地局制御装置のハードウェア・CR-842を開発した(図7)。

■カードの小型化

ハードウェアを構成する各カードを小型化することにより、図6に示したように現在の3システム/1架から2倍の6システム/1架の収容を可能とした。

例えば、Bch/CchのLAB-Bを制御するインタフェースカードであるRDU、

BDUそれぞれのカードを小型化し、さらに従来の1カード当たり1chのみの制御から1カード当たり2chの制御を可能とする変更を実施した。その結果、RDU、BDUそれぞれのカードを1/2に減らすことが可能になり、インタフェースカードを実装するためのスペース削減が図られた。

■カードの高速化

CPUを68030/20MHzから68030/40MHzへ変更し、クロック速度を2倍に高めた。これに併せて内部SRAMも高速アクセスチップを採用した。さらにCPUを実装したCPカードについては内部高速化のための回路系をLSI化することによって部品数を削減し、基板の簡略化処理の高速化を図ることにより、CP内部処理時間を約40%短縮した。その結果、ハードウェア全体の処理能力を従来の約1.7倍に高速化することが可能となった。

また、基地局制御装置の装置内バスとしては、非同期バス制御方式を採用している。この特徴を活かし、CPUのクロック倍速化による他カードの改造およびソフト改造も不要としたことにより、現状のCR-841のシェルフにおいても利用できるような互換性を保つCPカードの開発を行った。

■アプリケーション管理の容易化

これまで基地局制御装置のアプリケーションをCR-841にローディングする場合、安価な媒体という点を考慮してフロッピーディスクを使用していた。しかし、ハーフレート化、アナログ帯域のデジタル化などの機能追加により、アプリケーションの規模が膨大となり、フロッピーディスク数枚にわたってローディングする必要が生じ、ローディング時間を短縮する必要が発生した。

一方、最近ではフロッピーディスク以外にも安価で管理も容易な媒体が普及している。そこでCR-841においては、ローディング媒体をPCMCIAのフラッシュメモリカードに変更することで、ローディ

ング時間を1/7程度に抑えることを可能とし、基地局制御装置のアプリケーションを更新する際の作業時間の短縮を図った。さらに、アプリケーションを1枚のフラッシュメモリカードに保存できるため、アプリケーション管理の容易さも図られた。

あとがき

アナログ帯域のデジタル化を実現したネットワーク装置、基地局増幅装置、基地局変復調装置および基地局制御装置の構成、機能、制御方式についてを述べた。本装置は昨年秋より首都圏でサービスを開始し、全国への展開が予定されている。