

# 実証実験仕様に基づいた W-CDMA シグナリングテストシステム

W-CDMA Signalling Test System for System Experiment

UDC 621.317.799 : 621.396.4

安藤 守  
松下和広  
田中英樹  
小林武史

Mamoru Ando

Kazuhiro Matsushita

Hideki Tanaka

Takeshi Kobayashi

計測器事業本部 計測器事業部 第3開発部

計測器事業本部 計測器事業部 第3開発部

計測器事業本部 計測器事業部 第3開発部

計測器事業本部 計測器事業部 第3開発部

## 1 まえがき

現在広く普及しているPDC方式携帯電話や簡易携帯電話(PHS)は基本的な目的が音声通信であるため、大量の情報を通信するアプリケーションには不都合な面がある。また、これらの規格は基本的に日本国内用であるため、当然海外に持っていても使用することはできない。これらの弱点を補う次世代移動体通信システムはIMT-2000構想として規格が検討されているが、その中で有力なものとしてNTT DoCoMoが中心となって推進しているW-CDMAシステムがある。NTT DoCoMoは1998年6月から実機を用いたW-CDMAの実証実験を開始した。今回この実証実験規格に合わせて、基地局の動作をシミュレートし移動機の動作を試験する、MD8492A/MN8493A W-CDMAシグナリングテストシステムを開発したので報告する。

## 2 開発方針

### 2.1 ねらい・目標

W-CDMAシステムのような初期実験段階のシステムでは、移動機やそのプロトコルを開発するために、基地局と同様の動作をする機器が必要である。本シグナリングテストはW-CDMAシステムの動作をシミュレートし、接続した移動機のプロトコル試験が行えるものとして開発した。ただし、W-CDMAの規格自体に、プロトコルの規格など流動的な部分があるため、それらに柔軟に対応できるように考慮した。また、必要な機能を絞り込んで開発期間を短縮し、早期リリースをして多くのW-CDMAシステム用移動機の開発に貢献することを目標とした。

### 2.2 機能の概略

本システムは、移動機を接続してプロトコルシナリオを走らせることで基地局相当の動作を模擬するものである。その主な機能は以下の通りである。

- (1) シナリオ形式で基地局 - 移動機間の通信プロトコルを実行し、移動機と基地局が接続された状況の試験が可能。
- (2) 基地局 - 移動機間のプロトコルのやりとりは制御PC画面上にトレースとして記録することが可能。
- (3) 物理レイヤ確認用のチャネル張り切りシナリオから、実際のプロトコルに準じたシナリオまで自由に作成することが可能。
- (4) 音声、非制限デジタル、パケットの伝送試験が可能。
- (5) 2台分の基地局動作を制御できるため、各種ハンドオーバーの試験が可能。

## 3 設計の要点

### 3.1 システム構成

図1はシグナリングテストシステムのシステム構成図である。次のような各ユニットの組み合わせでシグナリングテストシステムは構成されている。

シグナリングテスト (MD8492A) :

W-CDMAの無線信号と送受信データをインターフェイスするための、RF/IF部+ベースバンド部である。このユニット1台が1基地局分のエアインターフェイス部に相当する。

TEインターフェイスアダプタ (MN8493A) :

RFインターフェイスで送受されるデータと、ハンドセットが接続されたVoice CODEC, 10BASE-T 端末, およびINSネットシミュレータとをインターフェイスする。

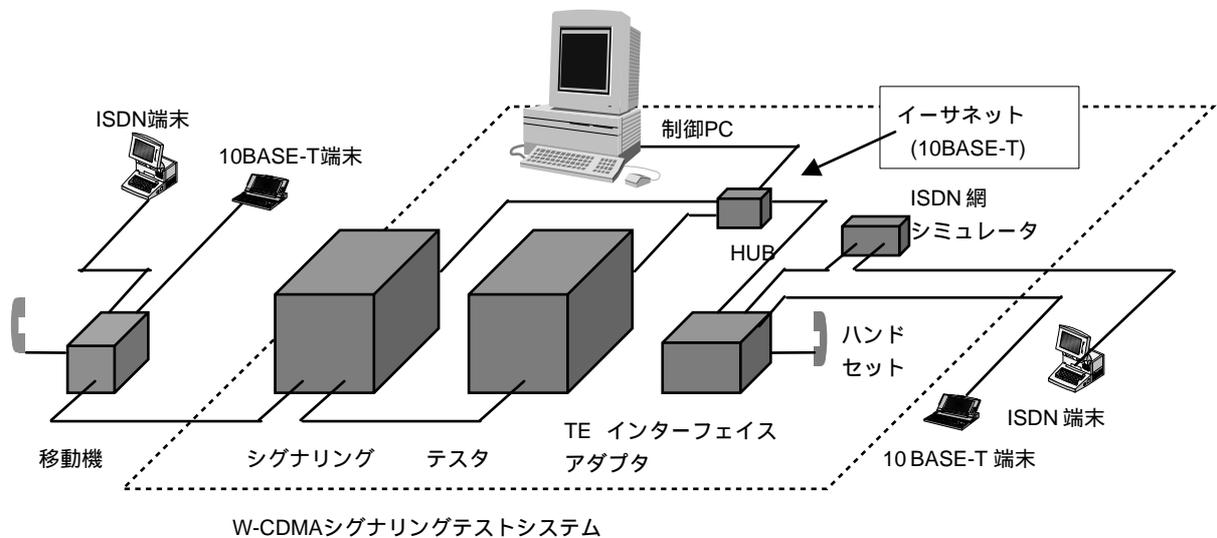


図1 W-CDMA シグナリングテストシステム構成図  
W-CDMA signalling test system

### 制御PC (MX849201A 制御ソフトウェア)

すべてのユニットを統括して制御するソフトウェアがインストールされたパーソナルコンピュータ。このディスプレイ上で全ての制御、および試験結果のトレース表示を行う。

### INS ネットシミュレータ (iNet-1000)

TE インターフェイスが終端する ISDN は、ISDN 網から見て端末側の信号である。ユーザーが ISDN 端末を接続して使用するには ISDN 網をシミュレートする装置を通す必要がある。この INS ネットシミュレータによって ISDN が終端され、W-CDMA シグナリングテストシステムに ISDN 端末を接続することが可能になる。

#### 3.1.1 イーサネットによる各ユニットの動作制御

制御PC、シグナリングテスタ、TE インターフェイスアダプタ間はイーサネットで接続され、TCP/IP のプロトコルで通信する。通信されるデータの中には、制御PC から送られる制御コマンドと W-CDMA 無線フレームに寄せられるデータそのものが含まれる。イーサネットによる接続を採用したことで、ユニット間の配線が簡易になった。また、使用しないユニットは接続する必要が無いので、最低限の構成として制御PC とシグナリングテスタのユニットがあれば、限定された範囲内での試験が可能となる。

#### 3.1.2 ソフトウェア構造

各部ハードウェアを円滑に動作させるため、それぞれのユニットにソフトウェアが存在し、お互いが通信し合って動作する。図2はこの関係を示したものである。

ユーザーが指定したシナリオは制御PC上で実行される。シナリオは記述に従い、各部に対してプリミティブ(制御命令)を発行していく。シグナリングテスタ、TE インターフェイスアダプタはプリミティブを受け取ると、その内容に従ってハードウェアを制御する。

### 3.2 シグナリングテスタ

#### 3.2.1 RF/IF 部回路再利用による信頼性向上

図3はRF/IF部(アナログ部)のブロック図である。この部分は過去に実績のあるユニットをベースに設計し、シグナルジェネレータクラスの精度・安定度を確保した。

#### 3.2.2 DSP による多チャンネル同時送受信能力の確保

シグナリングテスタのチャンネル構成を表1に示す。これらは、プロトコルを進めていく際、必要最小限のチャンネル構成として決定したものである。これらすべてのチャンネルデータを高速に処理するため、送信系と受信系の各チャンネル毎に1~3個のDSPが割り当てられている。(図4参照)

表1 チャンネル構成  
Channel structure

	CH	送信する論理チャンネル
送信側	CH1	BCCH (Perch1 + Perch2)
	CH2	PCH
	CH3	FACH
	CH4	DTCH + ACCH/UPCH/SDCCH
	CH5	DTCH + ACCH/UPCH
受信側	CH1	RACH
	CH2	SDCCH/DTCH + ACCH/UPCH
	CH3	DTCH + ACCH/UPCH

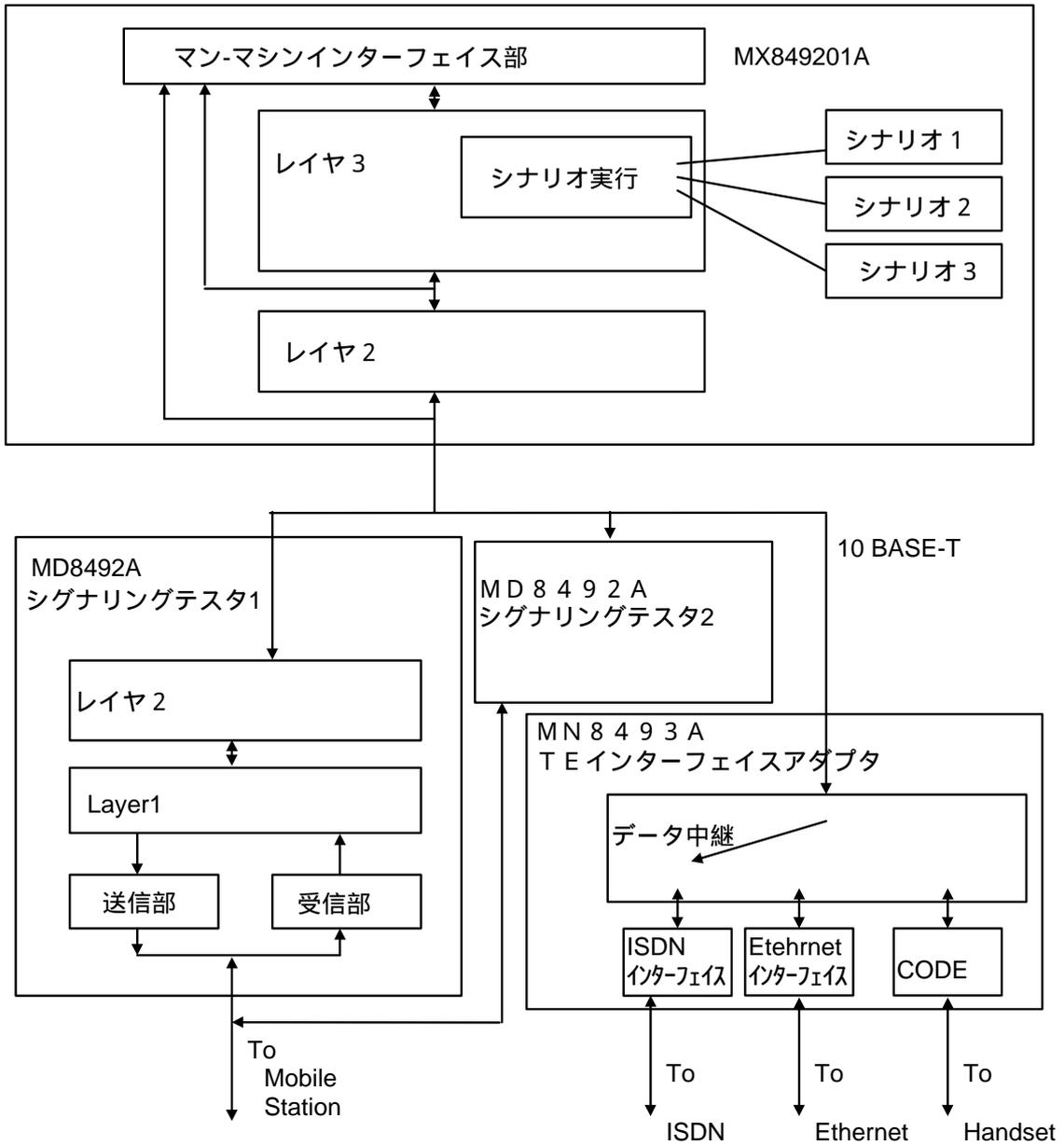


図2 ソフトウェアの関係  
System software structure

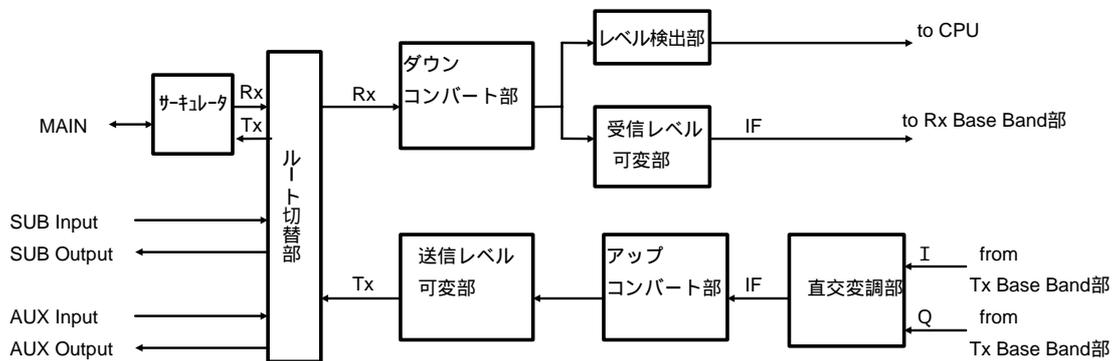


図3 RF/IF部ブロック  
Block diagram of RF/IF part

### 3.2.3 データ生成・復号

シグナリングテストが生成・復号する無線フレームフォーマットはNTT DoCoMoのW-CDMAシステム実験仕様に準じたものである。各チャンネルのデータ配列はもちろんのこと、折り返し地点 (RTP1, 2) の設定, 評価用PNパターンの挿入 (PNP1, 2) や畳込み符号化/ピタビ復号処理およびリードソロモン符号化/復号処理のOn/Offを設定することもできる。

### 3.2.4 リアルタイム拡散・逆拡散処理

プロトコルの動きをシミュレートする際, すべての拡散・逆拡散処理はリアルタイムで行う必要がある。図4, 図5に拡散部, 逆拡散部のベースバンドブロックを示す。本シグナリングテストは, FPGAを多用し大規模な拡散・逆拡散の回路をそれぞれ1枚 (A4判程度) のボードで実現した。

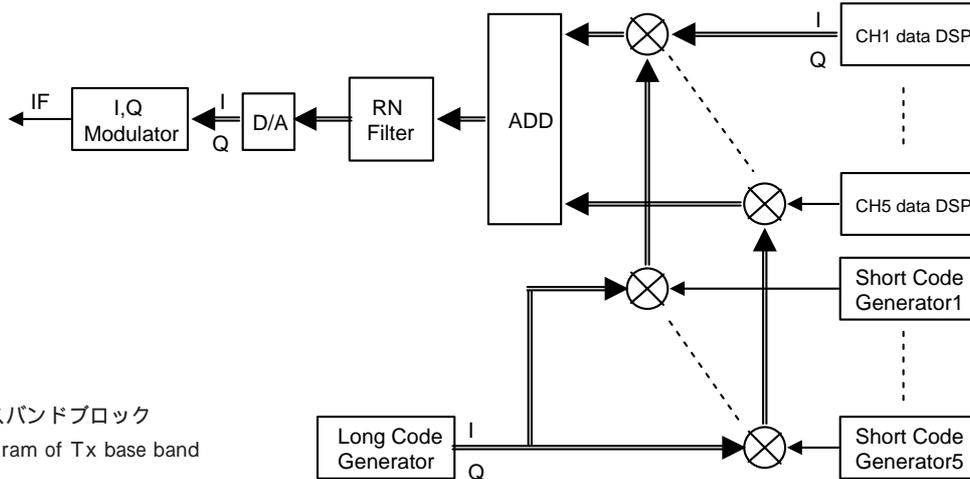


図4 送信ベースバンドブロック  
Block diagram of Tx base band

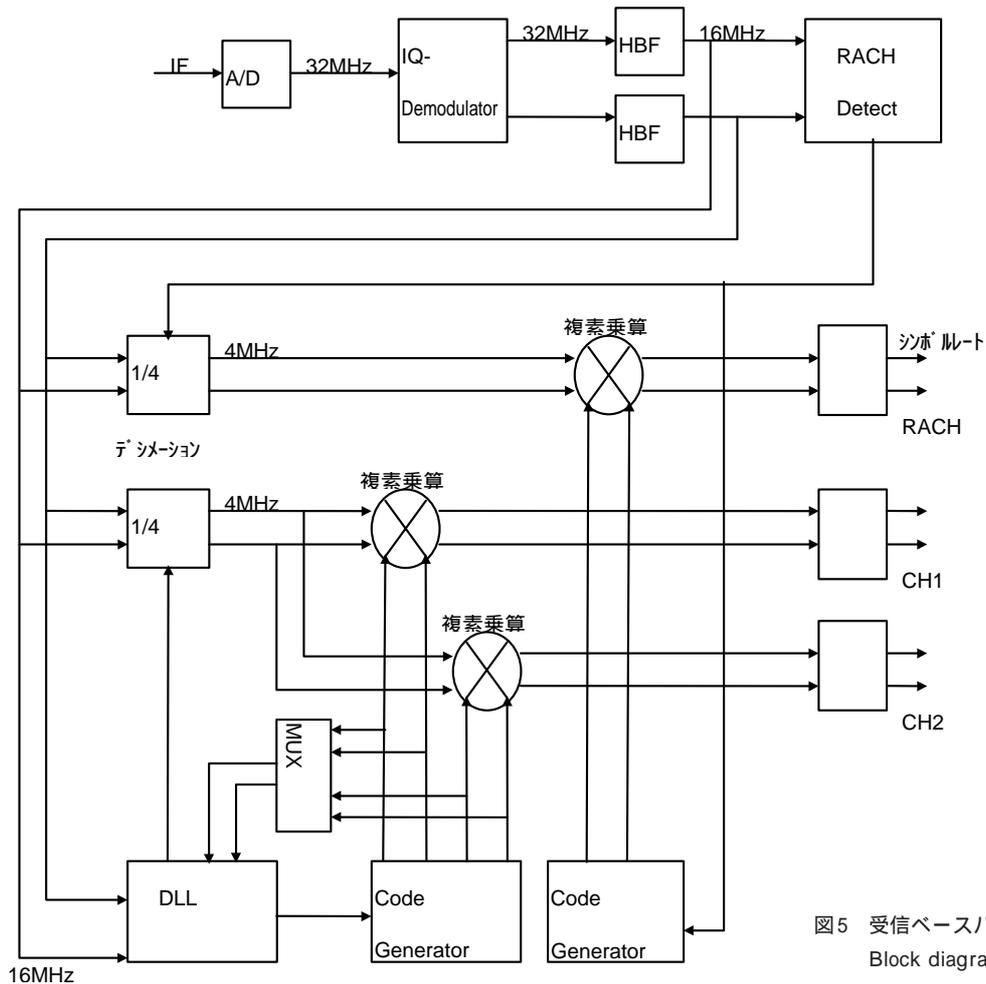


図5 受信ベースバンドブロック  
Block diagram of Rx base band

また、逆拡散部ではRAKE 受信回路を省き、パス選択受信方式を採用することで回路規模を押さえた。

### 3.2.5 マッチドフィルタを用いたRACH 捕捉

図5のブロック図で示すように、共通制御用物理チャネル (RACH) は、マッチドフィルタによる相関出力を利用して逆拡散コードの位相を検出している。この時、バーストの先頭部分でパワーの平均を算出し、その値を相関出力のピークを検出するスレッシュホールドに用いている。これにより、回路規模を押さえながら入力ダイナミックレンジ20dBの範囲で安定した受信動作を実現することが出来た。

### 3.2.6 クローズドパワーコントロール制御

本システムは簡易なクローズドパワーコントロールを行う。移動機の逆拡散後チャネル電力を測定し、これをユーザーが設定した基準電力 (Reference Power) と比較して下り信号のTPC ビットを決定する。また、測定値に関係なくシナリオ上から任意固定パターンのTPC ビットを設定することもできる。

### 3.2.7 ハンドオーバー時の2台同期動作

図6に示すように、2台のシグナリングテストは10MHzの基準クロックと、拡散/逆拡散コードの生成を開始するタイミング信号 (SFN RST) を共有することで、同期させて動作することができる。この時、2台の拡散/逆拡散コードが何チップずれて同期するかを設定することで、動作タイミングが異なる2台の基地局の動き<sup>1)</sup>をシミュレートすることができる。

## 3.3 TE インターフェイス アダプタ

TE インターフェイスアダプタはシグナリングテストが送受信するデータを、各アプリケーションのデータ形式に変換する。図7にその構成ブロック図を示す。

### 3.3.1 音声CODEC とのインターフェイス

G.729のCODECにW-CDMA用としてさらに誤り訂正を加えたアルゴリズムでデータを処理し、音声信号に変換する。これにより、TE インターフェイスアダプタに直接ハンドセットを接続し、移動機と対向で音声の確認をすることが出来る。DTCH32ksp (8.8kbps) とDTCH64ksp (14.8kbps) の両方に対応する。ただし、VOX 制御回路は装備していないため、移

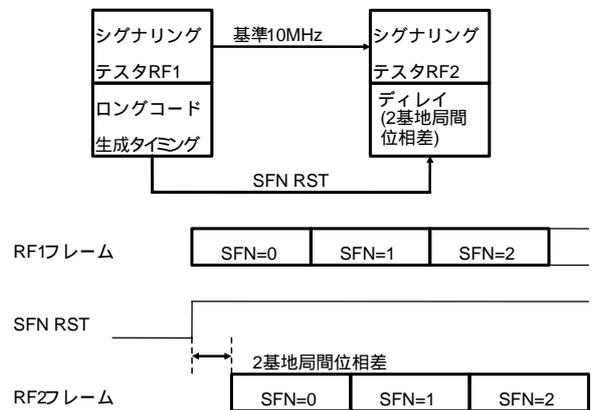


図6 2基地局動作のタイミングシミュレート  
To simulate 2 sets of base stations

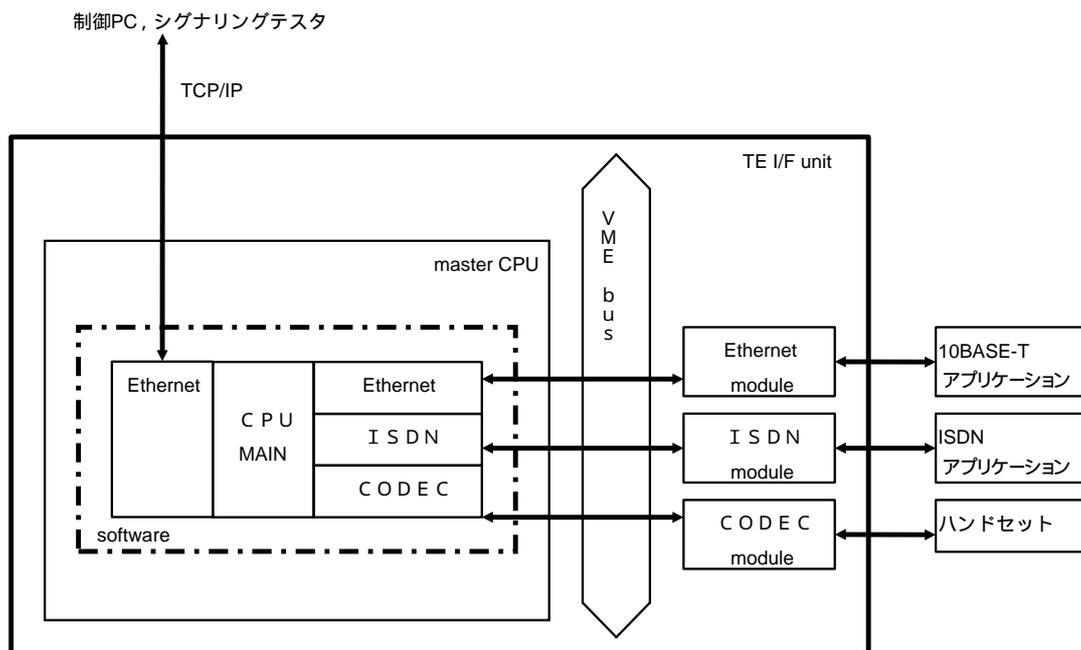


図7 TEインターフェイスアダプタ構成ブロック  
Block diagram of TE interface adapter

動機から送られたVOXデータもすべて音声CODECのアルゴリズムで処理される。

### 3.3.2 10BASE-T 端末とのインターフェイス

10BASE-Tにより、イーサネットインターフェイスを持つ端末機を接続することが出来る。ここにパソコンなどを接続し、移動機と対向でパケット通信等のアプリケーションを試験することが出来る。

### 3.3.3 ISDN 端末とのインターフェイス

ISDNのインターフェイスを装備しており、1B, 2Bのアプリケーションを接続することが出来る。ただし、ここでの信号はISDN網から見て端末側のものである。したがってISDN端末をTEインターフェイスアダプタに接続する場合は、INSネットシミュレータを経由する必要がある。

## 4 動作概要

シグナリングテストシステムではC言語のライブラリ関数によって、メッセージの送受信や各ユニットの制御などの機能が定義されている。したがって、移動機との接続試験を行うためにはこれらの関数を一連の手順(プロトコル)にしたがって記述した(並べた)シナリオ(プログラム)が必要である。このシナリオはC言語で記述しVisual C++でコンパイルすることにより作成できる。このようにC言語でシナリオを作成するシステムであるため、自由に動作を制御することができる。

主なライブラリ関数として表2の関数を用意している。その他にTPC bitの制御用の関数や送受信レベル変更の関数、レイヤ2の準正常用などの関数を提供している。

以下にSignalling試験時のデータの流れと制御例を位置登録とDHOテストを例に説明する。

### 4.1 位置登録例

W-CDMAでは位置登録時に図8に示すメッセージのやり取りが移動機とシグナリングテストシステム間で行われる。この動作をシグナリングテストシステムに行わせるためには、Signal Channel Setup Request, Terminal Association Setupなど移動機から送信されるメッセージの受信にはRcv Message()を使用する。また、Signal Channel Setup Response, SDCCH Releaseなど、シグナリングテストシステムからメッセージを送信するにはSnd Message()を使用する。これらの送受信関数を実行する順に並べたシナリオを作成することにより位置登録の試験ができる。

表2 ライブラリ関数例  
Library function examples

メッセージ送受信関数	
SndMessage( )	レイヤ2にメッセージの送信をする
RcvMeassge( )	レイヤ2からメッセージの受信をする
無線インターフェイス・TEインターフェイス制御関数	
ChannelIDLE( )	IDLEデータの送信, 受信処理を行う
ChannelACT( )	チャネルの起動を行う
ChannelDEA( )	チャネルの停止を行う
CH_connr( )	データの転送経路を設定する
TE_Connect( )	TEインターフェイスの呼接続を行う
TE_Release( )	TEインターフェイスの呼接続を解放する
シナリオ制御関数	
WaitTime( )	指定時間の経過待ちを行う
SequenceBtr( )	ボタンの表示を行う
RcvButtor( )	ボタン通知待ちを行う
SequenceDisp( )	文字列の表示を行う

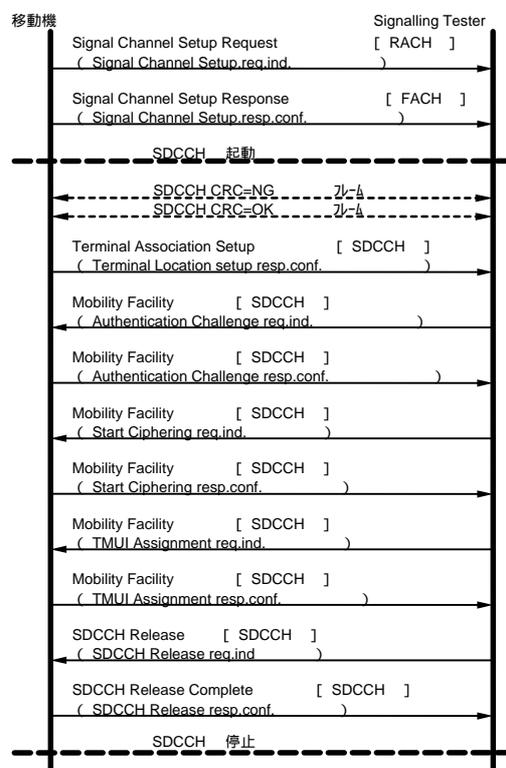


図8 シーケンス例(位置登録)  
Sequence example (Location)

### 4.2 DHO 試験例

W-CDMAではDHO(Diversity Hand Over)時にはハンドオーバー先と元に同時に送受信を行い、最大比合成を用いてデータの欠落を防止する。シグナリングテストシステムでこの動作を行なわせるには、図9に示すように2台のシグナリングテ

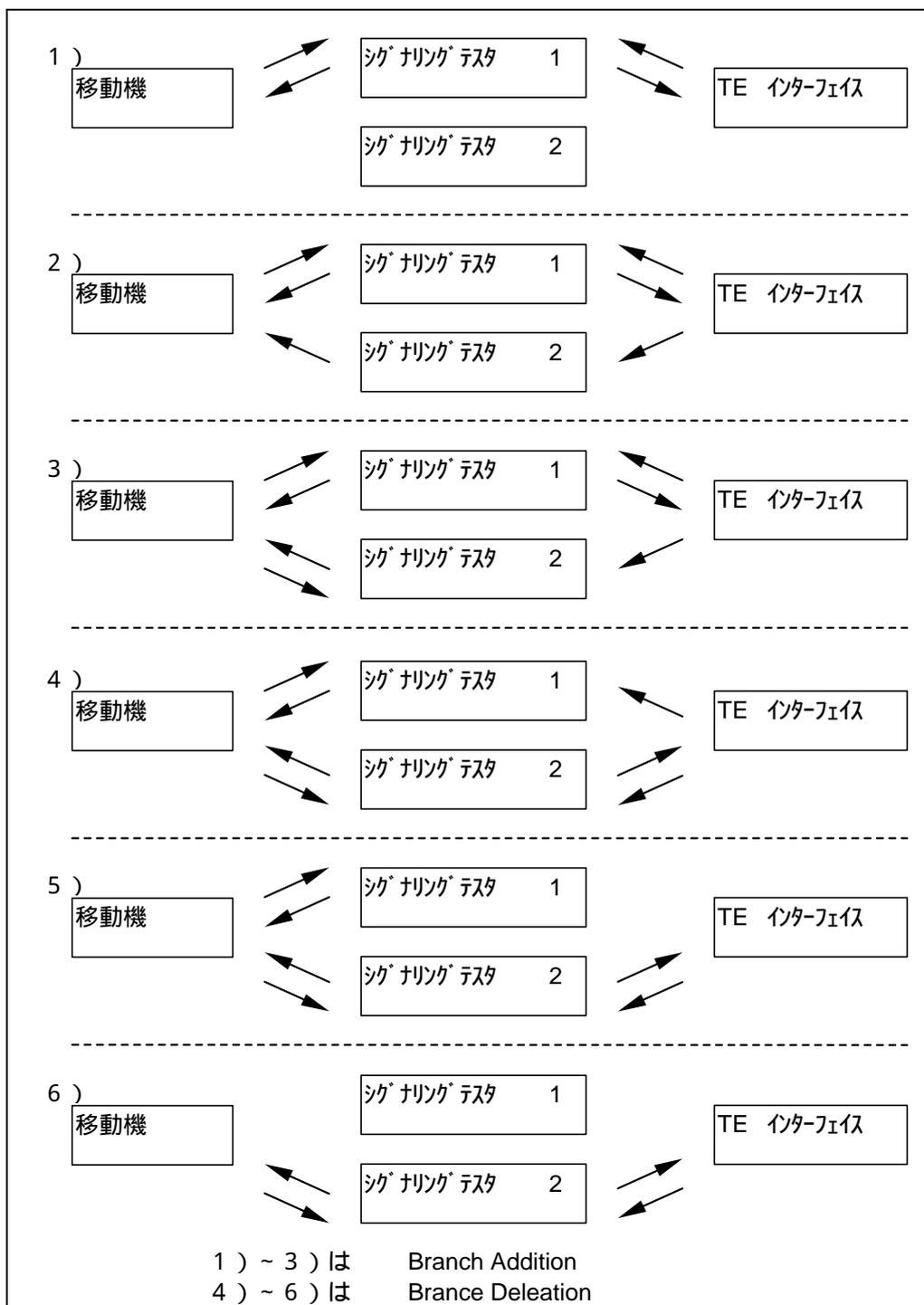


図9 DHOテスト時のデータの流れ  
Date flow of DHO test

スタを使用し、TEインターフェイスとのデータ通信経路を切り替えることにより実現する。このデータ通信経路を切り替えるにはCH\_conn ( ) 関数を使用する。CH\_conn ( ) 関数ではTEインターフェイスとの間でデータの送受信を行なう経路(主経路)と主経路と同様なデータの送信のみを行なう経路

(副経路)の指定を行なう。

このデータの送受信の経路の指定をハンドオーバー時の移動機とのメッセージのやりとりの各段階にあわせてシナリオに記述する。

# 5 主要規格

## MD8492A シグナリングテスト

送信部		
周波数範囲	範囲	2152.5 ~ 2167.5MHz
	設定分解能	5MHz step
出力コネクタ		N型コネクタ (MAIN, AUX, SUB) 50 , VSWR 1.5 (MAIN コネクタ)
基準発振器	周波数	10MHz
	起動特性	$5 \times 10^{-8}$ /日 (電源投入10分後, 24時間動作した後の周波数を基準)
	エージングレート	$2 \times 10^{-8}$ /日 $1 \times 10^{-7}$ /年 (電源投入24時間後の周波数を基準)
	温度特性	$5 \times 10^{-8}$ (5 ~ 40 ) (25 の周波数を基準)
送信レベル	外部基準入力	10MHz ( ± 10ppm 以内) 入力レベル: 2 ~ 5V <sub>p-p</sub>
	平均送信電力	- 26 ~ 0dBm/ch SUB コネクタ - 32 ~ - 6dBm/ch MAIN コネクタ * ATT0dBの時
	送信電力可変範囲	平均送信電力に対して1dBステップで0 ~ 40dB
	レベル確度	± 4dB
最大送信チャネル数		5ch
送信ON/OFF比		最大平均送信電力で70dB以上 (キャリアON/OFF時)
変調方式		QPSK 変調
チップレート		4.096Mcps
変調帯域制限		ルートナイキストロールオフ ( = 0.22 相当)
変調精度		信号ベクトルの誤差の2乗平均が12.5% rms以下
隣接チャネル漏洩電力		5MHz 離調で 45dB/5MHz 最大送信電力 ~ - 12dB
受信部		
周波数	周波数範囲	1962.5 ~ 1977.5MHz (送信周波数 - 190MHz)
	設定分解能	5MHz step
入力コネクタ		N型コネクタ (MAIN, AUX, SUB) インピーダンス50 , VSWR 1.5 (MAIN コネクタ)
受信レベル	範囲	- 40 ~ 0dBm MAIN コネクタ - 46 ~ - 6dBm SUB コネクタ
	電力	± 2dB * 総受信電力
制 御		10BASE-T RS-232C
電 源		100 ~ 120V/200 ~ 240V 電圧自動切替式 47.5 ~ 63Hz, 320VA
寸法, 重量		354mm(H) × 426(W) × 551mm(D), 35kg 以下
動作温度範囲		5 ~ 40

## MN8493A TE インターフェイスアダプタ

外部基準入力	10MHz, TTL レベル
電 源	100 ~ 120V/200 ~ 240V 電圧自動切替式 47.5 ~ 63Hz, 260VA
寸法, 質量	221.5mm(H) × 426mm(W) × 450mm(D), 18kg 以下
動作温度範囲	5 ~ 40

## 6 むすび

NTT DoCoMoのW-CDMAシステム実証実験に合わせて、基地局の動作をシミュレートし移動機のプロトコルを試験する、W-CDMAシグナリングテストシステムを開発した。W-CDMAの基地局に必要な基本機能を装備し、その動作を制御するシナリオは一般的なプログラミング言語であるC言語で記述される構成にした。そのため試験シナリオは極めてフレキシブルに作成することが可能で、プロトコルの開発から移動機の開発まで広範囲にカバーすることができる試験器となった。また、必要な機能を絞り込んで開発期間を短縮し、早期リリースを実現したため、数多くのW-CDMAシステム用移動機開発に貢献することができた。

本シグナリングテストの開発で培ったW-CDMAに関する技術を活用し、今後もW-CDMAシステムが世界標準の移動体通信システムとして発展していく後押しをしていきたい。

### 参考文献

- 1) 樋口, 佐和橋, 安達: “DS-SS-CDMA基地局間非同期セルラ方式におけるロングコードの2段階高速初期同期法”, 信学技報, RCS96-12 (May 1996)