

W-CDMA シグナリングテスト MD8480B の開発

MD8480B W-CDMA Signalling Tester

UDC 621.317.799 : 621.396.4

松下和広	Kazuhiro Matsushita	ワイヤレスメジャメント ソリューションズ	開発本部	第1 開発部
上條仁司	Hitoshi Kamijo	ワイヤレスメジャメント ソリューションズ	開発本部	第1 開発部
牧野直子	Naoko Makino	ワイヤレスメジャメント ソリューションズ	開発本部	第1 開発部
小林武史	Takeshi Kobayashi	ワイヤレスメジャメント ソリューションズ	開発本部	第1 開発部
代古輝雄	Teruo Daigo	ワイヤレスメジャメント ソリューションズ	開発本部	第1 開発部
山田 真	Makoto Yamada	ワイヤレスメジャメント ソリューションズ	開発本部	第1 開発部
加藤裕之	Hiroyuki Kato	ワイヤレスメジャメント ソリューションズ	マーケティング本部	第1 マーケティング部

1 まえがき

W-CDMA は、現在広く普及している PDC 方式携帯電話や簡易型携帯電話（PHS）などの第2世代移動通信方式から、モバイル&インターネットの本格的インフラとして高速大容量データ通信（マルチメディア化）、グローバルなシームレス通信（国際ローミング）を目的として 3GPP (3rd Generation Partnership Project) により標準化された。

日本では 2001 年 5 月末から NTT ドコモが、また、2002 年 12 月末から J-PHONE が W-CDMA 方式携帯電話サービスを開始した。さらに、2003 年度初旬から欧州でも開始される予定である。このような市場動向に沿って、チップセットメーカ各社からは W-CDMA の移動機のプロトコル試験に対するニーズ、移動機メーカ各社からはプロトコル試験に加えて移動機のアプリケーション（音声通話、データ通信、TV 電話等）試験に対するニーズ、事業者各社や認定機関からは 3GPP 規格の適合性試験に対するニーズが顕在化した。それらのニーズを満たすべく、3GPP 規格に準拠し、擬似基地局として移動機の試験を行う MD8480B W-CDMA シグナリングテストを開発したので報告する。

2 開発方針

2.1 ねらい・方針

W-CDMA のような新方式のシステムでは移動機やそのプロトコルを効率的に開発するために、基地局と同様の動

作を行う機器が必要である。開発にあたって、3GPP 規格自体も策定中であり、3ヶ月ごとに更新されていくものであったため、規格の変更に柔軟に対応できるように以下の方針で開発した。

- ・ C-PCI バスを使用し、ハードウェアをユニット式にする。
- ・ 信号処理部を FPGA と DSP で構成する（ソフトウェア無線技術）
- ・ GUI とシナリオ実行部を汎用の PC 上で動作させる

また、必要な機能を絞り込んで開発期間を短縮し早期にリリースをすること、移動機の開発スケジュールにあわせて順次機能を組み込んでいくことで、多くの W-CDMA 移動機の開発に貢献することを目標とした。

2.2 機能の概要

本シグナリングテストでは、あらかじめ動作を規定したシナリオを実行することにより、基地局の動作をシミュレートするものである。その主な機能と目的は以下の通りである。

1) 試験の再現性と自由度

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することにより、物理レイヤ動作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可能。

2) 問題点の解析と試験結果の保存

基地局-移動機間のメッセージの交換は制御 PC 画面上にリアルタイムで表示可能。また、ログの保存も可能なため。正常な場合との比較により問題点の

解析が可能。

3) 総合的な動作確認

音声通信、非制限デジタルデータ通信、パケットなどのアプリケーションの試験が可能のため、移動機の実使用状態での動作確認ができる。

4) ハンドオーバー試験が可能

最大で W-CDMA 3 基地局分と GSM 1 基地局の信号を制御できるため、SHO、HHO や、W-CDMA と GSM のシステム間ハンドオーバーなど各種ハンドオーバーの試験が可能。

3 システム構成

図 1 はシグナリングテスタのシステム構成図である。以下に各構成について説明する。

① W-CDMA シグナリングテスタ (MD8480B)

W-CDMA の物理レイヤ部(無線, Coding/Decode 処理), データリンクレイヤ (MAC, RLC) などを実装しているシグナリングテスタ本体である。最大で W-CDMA 3 基地局と GSM 1 基地局の信号を送受信する。

② 制御 PC (MX848000A 制御ソフトウェア)

MD8480B を制御するためにソフトウェア (MX848000A) がインストールされたパーソナルコンピュータ。このパーソナルコンピュータ上でシグナリングテスタの動作を規定したプロトコルシナリオを実行し、MD8480B の

制御を行う。また、基地局-移動機間のメッセージ交換をリアルタイムで表示する。

③ TE (Terminal Equipment)

移動機のアプリケーション試験には各種の通信データを伝送する必要がある。音声通話の試験にはハンドセット, データ通信には RS-232C, ISDN, Ethernet を使用して TE (ISDN 端末, データサーバ) を MD8480B シグナリングテスタに接続することにより、移動機と TE 間で各種データ通信試験ができる構成とした。

4 ハードウェアの構成と動作

4.1 リアルタイム拡散・逆拡散処理

MD8480B が基地局の動作をシミュレートするためには、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。MD8480B では拡散部・逆拡散部をそれぞれ TX Baseband・RX Baseband として実現し、いずれのユニットとも FPGA と DSP で構成して、3GPP 規格の変更に順応できるフレキシブルな構造にした。

RX Baseband 上の逆拡散部では、浮動小数点演算を採用して回路規模を押さえながら受信ダイナミックレンジ 40dB 以上の範囲で安定した受信動作を実現できた。図 2 に RX Baseband のブロック図を示す。受信 RF ユニットでダウンコンバートされた IF 信号を同ユニット上で A/D 変換し、デジタル演算処理により Baseband IQ 信号に変換した後

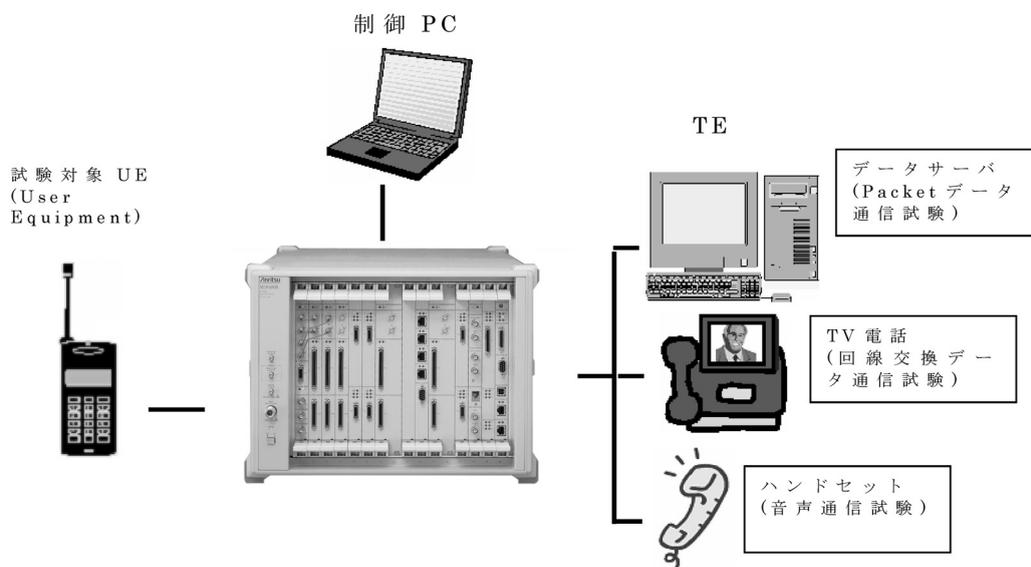


図 1 シグナリングテスタのシステム構成
System diagram of Signalling Tester

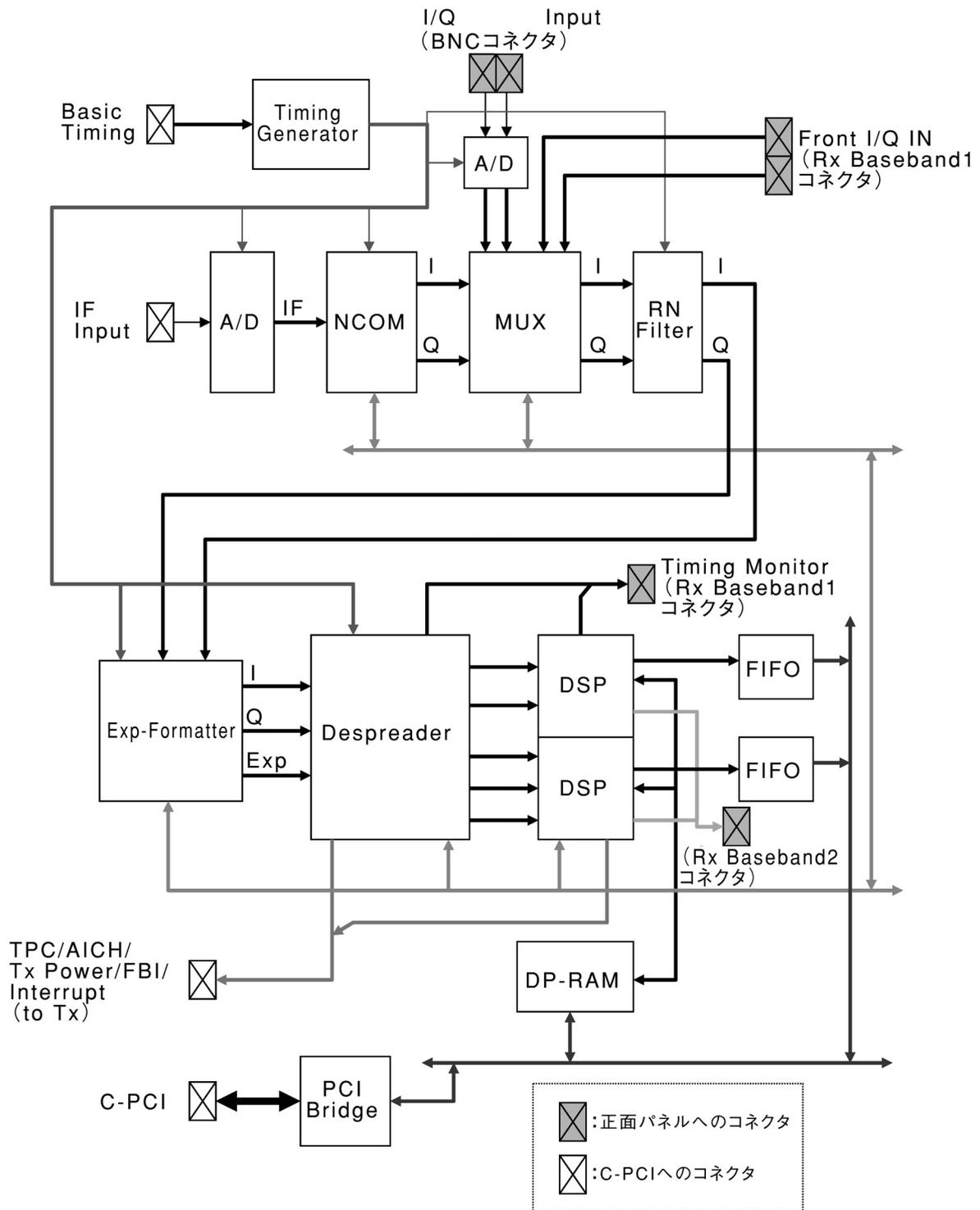


図2 RX Basebandのブロック図
RX Baseband block diagram

ルートナイキストフィルタ (RN Filter) 処理を行う。Exp-Formatter 部でこの Baseband IQ 信号を浮動小数点形式に変換して Despreader 部で逆拡散処理を施す。Despreader 内部には、浮動小数点形式で処理するマッチドフィルタおよび DLL (Delay Looked Loop) 処理回路を実装し、同期

捕捉、および同期追従処理を実現している。逆拡散後の信号は DSP プロセッサにより復調、復号する。

4.2 クローズドパワーコントロール

MD8480B では、Uplink および Downlink のクローズドループパワーコントロールを実現している。

- ・ Uplink クローズドパワーコントロール
Uplink の DPCCH の Pilot Symbol 部分のチャンネルパワーを測定し、これをユーザが設定した基準電力 (Reference Power) と比較して Downlink DPCCH 上の 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の固定パターンの TPC ビットを設定して Downlink DPCCH 上に送信を可能とした。
- ・ Downlink クローズドパワーコントロール
Uplink DPCCH に含まれる TPC ビットを復調し、それに応じて Downlink DPCH の送信パワーを更新する。また、OCNS (Orthogonal Channel Noise Simulator) を送信している場合には DPCH と OCNS のトータルパワーが一定となるようにパワーコントロールする。

4.3 ハードハンドオーバー・ソフトハンドオーバー

MD8480B では、オプションを追加することで最大 3BTS 分の信号を送信することができる。ただし、送信・受信の RF ユニットはそれぞれ 2 つまで搭載可能であり、送受信

可能な周波数は 2 波である。

- ・ ハードハンドオーバー
MD8480B では最大 2 系統の RF ユニートを搭載できる。この一方をハンドオーバー元、もう片方をハンドオーバー先に設定することでハードハンドオーバーを可能とした。
- ・ ソフトハンドオーバー
MD8480B では最大 3 枚の Tx Baseband を搭載できる。この 3 枚の Tx Baseband に同じ送信データを与えることによりソフトハンドオーバーを可能とした。

4.4 TX Diversity

オープンループおよびクローズドループの各種 TX Diversity 機能を試験することが可能である。TX Diversity で使用する 2 本のアンテナの信号を、それぞれ別々の送信 RF ユニートから出力できる。また、2 本のアンテナからの信号は、位相差をつけて生成しているため、一つの送信 RF ユニートからでも出力できる構成とした。

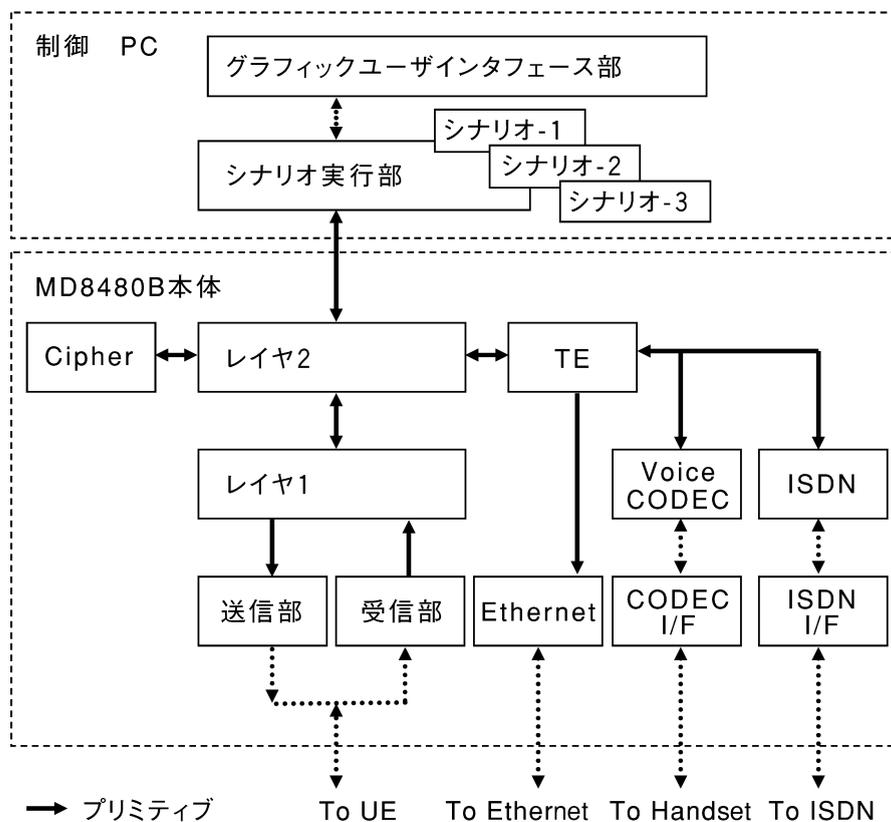


図3 ソフトウェアの構成
Software block diagram

5 ソフトウェアの構成と動作

5.1 ソフトウェア構成

図3にMD840Bシグナリングテストのソフトウェア構成を示す。

ユーザが指定したシナリオは制御PC上で実行する。シナリオは、記述に従い、シグナリングテスト本体に対してプリミティブを発行していく。シグナリングテスト本体は制御PCからプリミティブを受け取ると、その内容に従ってハードを制御する。

プリミティブは3GPP規格で記載されているプリミティブにMD8480B独自の命令を加えたものを開発した。

5.2 ソフトウェアによる物理チャンネルの実現

シグナリングテストのチャンネル構成を表1に示す。これらは、プロトコルを実現する際、必要最小限のチャンネルとして決定したものである。これらすべてのチャンネルのデータを処理するため、図4に示すように、各チャンネルにDSPを割り当てた。

各DSPでは表2の処理を分担している。処理を複数のDSPに分けることによって並列に実行し、高速化を実現した。

表1 チャンネル構成
Channel structure

	TrCH	PhCH
送信側	BCH	P-CCPCH
	PCH	S-CCPCH
	FACH	
	DCH	DPCH
	-	SCH
	-	CPICH
	-	PICH
-	AICH	
受信側	RACH	PRACH
	DCH	DPCH

表2 DSPの主な処理
Main DSP process

ユニット	主な処理
Tx Baseband	拡散, 変調
Rx Baseband	逆拡散, 復調
Frame Coder	Turbo/Viterbi 符号化, インターリーブ
Frame Decoder	Turbo/Viterbi 復号化, デインターリーブ

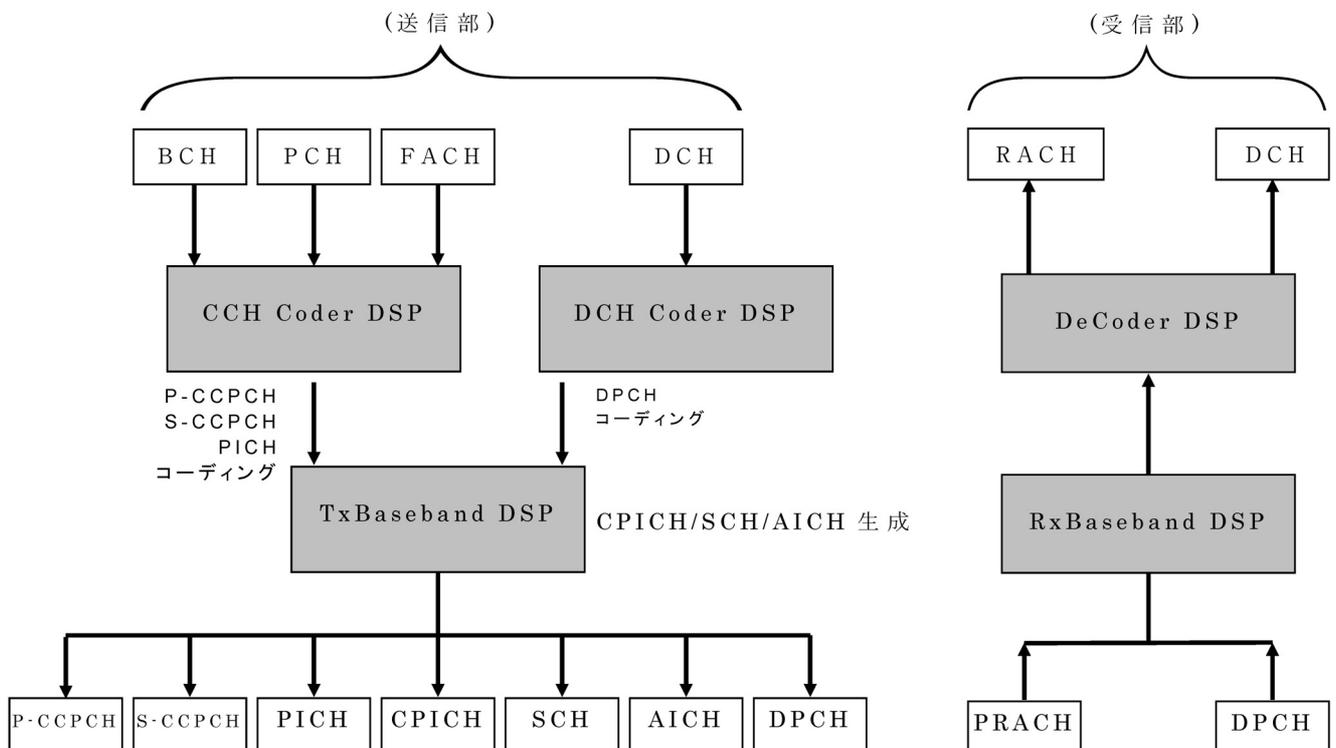


図4 DSPを使用した送受信部の構成
Block diagram of TX-RX using DSP

5.3 TE インタフェース

TE インタフェース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端末に接続する機能である。このTE インタフェースを使用して、アプリケーションの試験ができる構成とした。

5.3.1 ISDN 試験

シグナリングテストにTV 電話等を接続し、移動機とシグナリングテストへ接続したTV 電話の間で画像と音声の通信試験ができる。

5.3.2 AMR Voice 試験

シグナリングテストにハンドセットを接続し、移動機とシグナリングテストへ接続したハンドセット間で音声通話試験ができる。

ボイスコーデックはDSP のソフトウェアにて実現した。

5.3.3 Userdata 試験

シグナリングテストから送信する下りチャンネルに任意のデータを挿入することや、復調された上りチャンネルのデータを外部に取り出すことができる。

5.3.4 IP Packet, PPP Packet 試験

シグナリングテストにデータサーバとなるPCをEthernetまたはRS-232Cで接続し、IPプロトコルのデータ通信試験を行うことができる。図5にIP Packet 試験のイメージ図を示す。

Ethernetを使用した場合、高速(384kbit/s)の通信を可能とした。

5.3.5 移動機対向試験

シグナリングテスト2台をEthernetクロスケーブルで接続し、移動機2台での対向試験ができる。図6に移動機対向試験のイメージ図を示す。

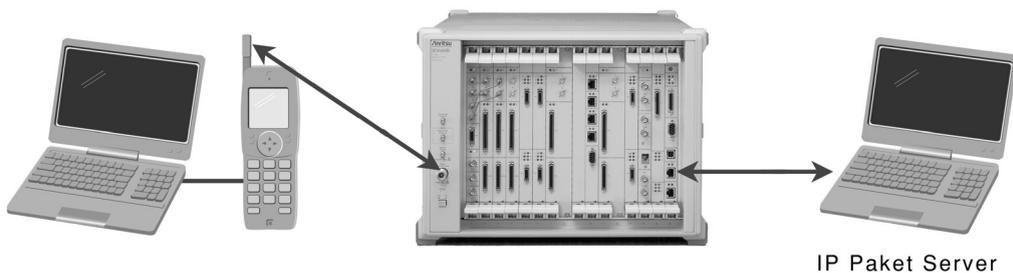


図5 IP Packe, PPP Packet 通信試験
Communication test of IP and PPP Packets

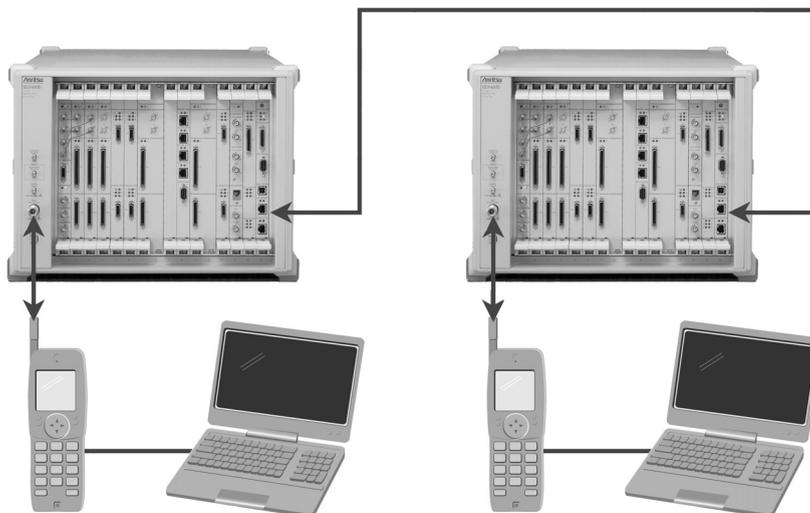


図6 移動機対向試験
MS-to-MS Communication test

6 動作概要

シグナリングテストでは、メッセージの送受信や各レイヤの制御機能等を C 言語で利用可能なライブラリ関数で用意した。

移動機との接続試験を行うためには、3GPP 規定のプロトコルを参照し、これらの関数を組み合わせてプロトコルを実現するシナリオを作成する。このシナリオは C 言語で記述し Visual C++ でコンパイルして実行形式 (DLL 形式) を作成して実行する。

シグナリングテストの動作を多くのユーザが取り組みやすく、自由に記述できるように C 言語でシナリオを作成するシステムに設計した。主なライブラリ関数として表 3 に示す関数を用意している。

表 3 主なシナリオライブラリ関数
Main scenario library functions

関数名	機能
SimulatorStart ()	シグナリングテストの起動処理
WaitTime ()	指定時間待ち
SequenceBtn ()	ボタンの表示と押し下げ待ち
SndMessage ()	メッセージの送信
RcvMessage ()	メッセージの受信
CphyRISetup ()	Baseband の設定
CphyTrchConfig ()	Frame Coder/Decoder の設定
CmacConfig ()	MAC の設定
CrlcConfig ()	RLC の設定
CteConfig ()	TE の設定
BtsPower ()	各 BTS の送信パワーの変更

以下に位置登録試験を例にシナリオとプロトコルについて説明する。

W-CDMA では位置登録時に図 7 に示すメッセージの交換が移動機とシグナリングテスト間で行われる。例として、この動作の後半部分を図 7 と図 8 の①、②に対比して説明する。この動作をシグナリングテストで実行する場合、RRC Connection Release 等の下りメッセージの送信には SndMessage () を使用 (①) し、RRC Connection ReleaseComplete 等の上りメッセージの受信には RcvMessage () を使用 (②) 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。

このように、メッセージの送受信関数とシグナリングテストの制御関数を適切な順に並べたシナリオを作ることによって、さまざまな試験を可能とした。

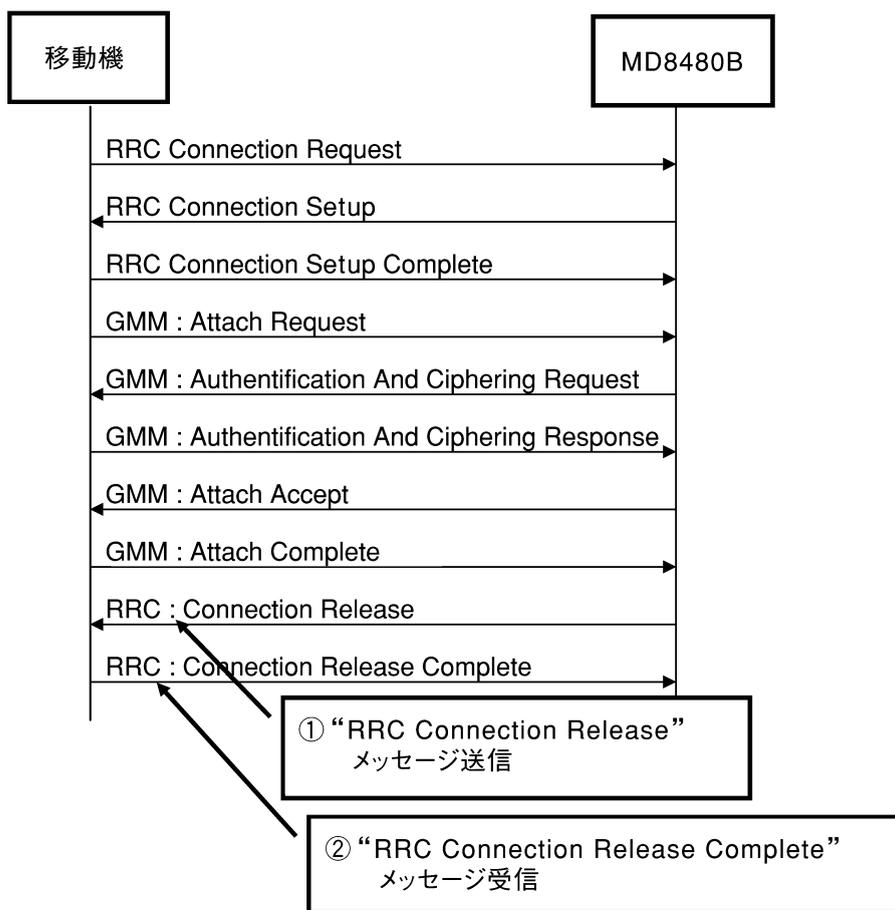


図7 シーケンス例 (位置登録)
Sequence example (Location)

```

/* Send Message:RRC Connection Release */
{
    UCHAR SndData[] = {
        0x36,0x00
    };
    SequenceDisp("send 'RRC:Connection Release'");
    SndMessage(UNIT_BTS1,RLC_UM_DATA_REQ,D_DCCH,0,SndData,sizeof(SndData)
);
};

/* Receive Message:RRC Connetion Release Complete */
{
    UCHAR RcvData[255] = {
        0x48
    };

    SequenceDisp("wait 'RRC:Connection Release Complete'");
    for(;;){
        RcvMessage(&BtsNo,&Frame,&Lo_Ch,&Lo_No,RcvData,NO_TIMEOUT);
        if((Frame==RLC_UM_DATA_IND)&&(Lo_Ch==U_DCCH)) break;
    };
};

```

①

②

図8 シナリオ記述例
Scenario example

7 主要規格

表4にMD8480Bの規格を記す。

表4 MD8480B 主要規格
MD8480B Specifications

総合	周波数範囲	Tx : 2110 ~ 2170 MHz, Rx : 1920 ~ 1980 MHz (W-CDMA) Tx : 300 ~ 3000 MHz, Rx : 350 ~ 550 MHz, 700 ~ 1100 MHz, 1400 ~ 2200 MHz (GSM)
	入出力コネクタ	メイン
		N型, インピーダンス: 50 Ω, VSWR : ≤ 1.3
		ダウンリンク1
		SMA型, インピーダンス: 50 Ω, VSWR : ≤ 2.0
		ダウンリンク2 (MD8480A-01追加時)
		SMA型, インピーダンス: 50 Ω, VSWR : ≤ 2.0
		アップリンク
		SMA型, インピーダンス: 50 Ω, VSWR : ≤ 2.0
	基準発振器	周波数: 10 MHz 起動特性: ≤ 5 × 10 ⁻⁸ /day (電源投入10分後, 電源投入24時間後の周波数を基準) エージングレート: ≤ 2 × 10 ⁻⁸ /day, ≤ 1 × 10 ⁻⁷ /year (電源投入24時間後の周波数を基準) 温度特性: ≤ 5 × 10 ⁻⁸ (0 ~ 50 °C, 25 °Cの周波数を基準) 外部基準入力: 10 MHz, 2 ~ 5 VP
送信特性 (W-CDMA)	周波数	範囲: 2110 ~ 2170 MHz, ステップ: 100 kHz
	出力レベル	最大出力レベル
		メイン: -25 dBm (各チャネル), -16 dBm (総合)
		ダウンリンク: -10 dBm (各チャネル), -1 dBm (総合)
		設定分解能: 0.1 dB
	精度: ± 1.5 dB (+18 ~ +28 °C)	
	拡散	コード: スクランプリングコード, チャネライゼーションコード, シンクロナイゼーションコード チップレート: 3.84 MHz
変調	変調方式: QPSK 変調帯域制限: ルートナイキストフィルタ (α=0.22) EVM: ≤ 10 %rms	
AWGN	設定分解能: 0.1 dB	
受信特性 (W-CDMA)	周波数	範囲: 1920 ~ 1980 MHz, ステップ: 100 kHz
	入力レベル	範囲: -30 ~ +40 dBm (メイン), -50 ~ +20 dBm (アップリンク)
	同期	レイク受信: なし, 捕捉可能範囲: ± 200 チップ (DPCCH), ± 100 チップ (PRACH プリアンプル)
送信特性 (GSM)	周波数	範囲: 300 ~ 3000 MHz, ステップ: 200 kHz
	出力レベル	最大出力レベル
		メイン: -15 dBm
		ダウンリンク: 0 dBm
		設定分解能: 0.1 dB
	精度: ± 1.5 dB (+18 ~ +28 °C)	
シンボルレート	270.833 kHz	
変調	変調方式: GMSK, 位相誤差: ≤ 5.0 ° RMS	
受信特性 (GSM)	周波数	範囲: 350 ~ 550 MHz, 700 ~ 1100 MHz, 1400 ~ 2200 MHz, ステップ: 200 kHz
	入力レベル	範囲: -30 ~ +35 dBm (メイン), -50 ~ +15 dBm (アップリンク)
電源	AC 100 ~ 120 V/200 ~ 240 V (最大 250 V), 電圧自動切換式, 47.5 ~ 63 Hz, ≤ 430 VA	
温度範囲	0 ~ +50 °C (動作), -40 ~ +70 °C (保存)	
寸法・質量	426 (W) × 310 (H) × 500 (D) mm, ≤ 35 kg	
EMC	EN61326 : 1997/A1 : 1998 (クラスA), EN6100-3-2 : 1995/A2 : 1998 (クラスA), EN61326 : 1997/A1 : 1998 (付属書A) に適合	
LVD	EN61010-1 : 1993/A2 : 1995 (設置カテゴリ II, 汚染度 2) に適合	

8 むすび

W-CDMA 方式の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を開発した。

顧客の開発スケジュールに合わせるため、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。これにより、数多くの W-CDMA 移動機開発メーカーに開発当初から貢献できた。今後の国際ローミングの実現には、U.K.のアンリツで開発した PTS (Protocol Test System) を MD8480B で動作させることにより、3GPP 規格のコンFORMANCEテスト実行環境を提供していく。また、アプリケーション開発に応えるインターネット接続への対応や

標準シナリオセットの開発に積極的に取組んで、W-CDMA が世界標準の移動体通信システムとして発展していくことに貢献していきたい。さらに、3.5 世代といわれる高速通信 HSDPA シグナリングテストの開発を進め、モバイル&インターネットの発展に寄与するプロトコルテストソリューションを提供していく考えである。

参考文献

- 1) 立川, “W-CDMA 移動通信方式”, 丸善, 2002
- 2) Harri Holma, WCDMA FOR UMTS, WILEY, 2001
- 3) Jonathan P. Castro, The UMTS Network and Radio Access Technology, WILEY, 2001