

ML8720B W-CDMA エリアテストの開発

ML8720B W-CDMA Area Tester

UDC 621.317.32 : 621.396.4

稲垣 浩道	Hiromichi Inagaki	東北アンリツ株式会社	技術部
浜尾 昇治	Shoji Hamao	東北アンリツ株式会社	技術部
佐藤 武彦	Takehiko Sato	東北アンリツ株式会社	技術部
橋本 正勝	Masakatsu Hashimoto	東北アンリツ株式会社	技術部
吉田 孝	Takashi Yoshida	東北アンリツ株式会社	技術部

1 まえがき

1990年代に始まった第2世代と呼ばれるPDC、PHS利用者の飛躍的増大を背景に、モバイル環境においても固定網におけるインターネットと同様に本格的マルチメディアサービスに対するニーズが高まっている。それらのニーズに対応すべく、第3世代移動通信システム（IMT2000：International Mobile Telecommunications 2000）が3GPP（3rd Generation Partnership Project）によって規格化されている。日本では世界に先駆け2001年5月からIMT2000のアクセス方式の一つであるデータ転送速度が最大2Mbit/sのW-CDMA（Wideband-Code Division Multiple Access）方式を採用した試験サービスが始まった。

アンリツは、従来第1世代アナログ式の携帯電話システムや第2世代のPDC、PHSシステムに対応した電界強度測定器（ML8750シリーズハンディメジャリングレシーバ等）を製品化してきており、携帯電話の基地局建設や保守に大きく貢献してきた。このノウハウを継承し、今回W-CDMAシステムに対応できる性能と機能を備え小型・軽量でバッテリーでの動作が可能であるML8720B W-CDMA エリアテストを開発した。

ML8720Bは基地局建設および保守時に電波伝搬特性（受信レベル、コード間干渉、不要波の確認等）を評価するための測定器である。W-CDMA基地局建設後のサービスエリアの調査・確認およびサービスエリアの最適化、不通話ポイントの調査・修正用として使用できる。

以下にML8720Bの開発方針、ユニット構成、測定原理および主要規格について述べる。図1にML8720Bの外観を示す。



図1 装置外観

External view of ML8720B W-CDMA Area Tester

2 開発方針

2.1 3GPP 対応

ML8720B W-CDMA エリアテストの主目的は、IMT2000における通信方式の一つとして承認されているW-CDMAシステムの信号を測定することである。

W-CDMAシステムに関する規格は、通信事業者、通信機器メーカーおよび各国の標準化組織が集まって構成された3GPPにより策定されている。

W-CDMAシステムの信号を受信するためには3GPP規格への対応が必須で、以下の項目に対応することを基本目標とした。

- (1) CPICH（Common Pilot Channel）のRSCP、Ec/No、SIRを測定
 - * RSCP : Received Signal Code Power
 - * Ec/No : The received energy per chip divided by the power density
 - * SIR : Signal to Interference Ratio

(2) 送信ダイバーシチ信号の測定

1つの基地局から2つのアンテナで異なるコードを送信する送信ダイバーシチ信号に対応するため、2コードを同時に測定・合成するためのオプションユニットを開発することによって実現する。

2.2 小型・軽量、バッテリー動作

基地局を設置する上でサービスエリア内の電波伝搬特性を調査することは大変重要である。

特に建物内・地下街などでは建物の構造が様でないために電波伝搬が複雑な様相を呈し、シミュレーションが困難なため、実際の電波を測定することはエリア内の電波状態を把握するのに大変有効な方法の一つである。

このような環境において使用される測定器には、人が容易に持ち運べる形状および質量が要求される。そこで本器は以下を目標とした。

- ・形状：A4判サイズ（アンリツの小型標準筐体を使用）
- ・質量：4kg以下

また、フィールドで使われることを目的とした測定器ではバッテリー動作時間が大変重要な性能の一つである。回路の低消費電力化やソフトウェアによる非測定時の動作停止（スリープ機能）により3時間以上の動作時間を実現する。

2.3 車載を考慮した設計

サービスエリアの調査では、測定器を自動車に載せ、広いエリアを調査する作業が大半を占める。その際、測定したデータを地図上にプロットし視覚的に評価することは、エリア調査において有効な手法の一つである。これらを実施するための機能として以下の要件が必要とされる。

(1) 車速パルスをトリガとした測定

測定データを地図上にプロットする場合、一定距離ごとに測定したデータが要求される。本装置では自動車から一定距離ごとに出力される車速パルスを外部トリガとして入力できるようにBNCコネクタを用意し、本要件を実現する。

(2) 位置情報（緯度・経度）と連動した測定データ

測定データを地図上にプロットする場合、緯度・経度情報と連動した測定データが必要である。緯度・経度情報を入手するためのGPSインタフェースには、多くのGPSが対応している米国のNMEA（National Marine Electronics Association）規格であるNMEA 0183を採用し、RS-232C経由で本装置に

GPSを接続することで、位置情報付の測定データを生成・出力し、本要件を実現する。

(3) 高速移動測定

車載による測定を行う場合、移動に伴うフェージングおよびドップラー効果の影響が無視できなくなる。時速100km/hまでのレベル変動、周波数変動に対応できる機能をAGC（Automatic Gain Control）、AFC（Automatic Frequency Control）等により実現することで、RSCP ± 2dB、SIR ± 3dBの確度での測定を可能とする。

3 ユニット構成

3.1 筐体

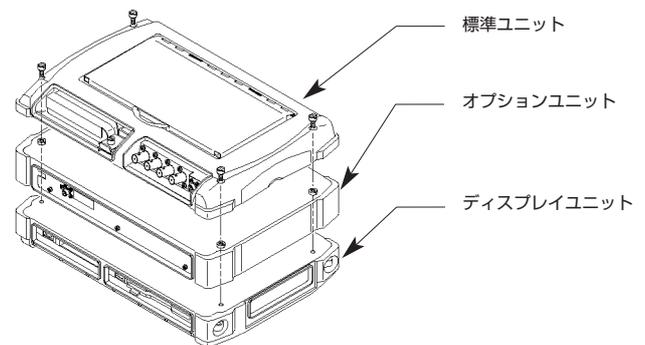


図2 ユニット構成
Unit structure

ML8720Bは、ディスプレイユニット、標準ユニット、オプションユニットで構成している。さらに、標準ユニット、オプションユニット共に構造を工夫することで基板を共通なものとし、部品点数を削減した。

3.2 ディ스플레이ユニット（MU250000A）

表示用LCD、キーおよびロータリーノブ、外部電源の入力端子、PCと接続してリモート制御を行うRS-232C-1、GPS受信機からの位置情報の取得するためのRS-232C-2、測定条件および結果の保存・読み出しのためのFDD、PC Cardスロット、外部CRT接続用CRT端子、測定条件のコメント入力のためのキーボード接続端子、画面出力のためのプリンター接続端子を持つ。

キー操作に対して標準ユニットのDSP部へ制御指示を出し、標準ユニットのDSP部から測定結果を受け取り、LCDに表示する。

FDD, PC Card スロットにより, 多量の測定データの保存が可能である。

3.3 標準ユニット (RF Module, DSP Module)

W-CDMA の CPICH 信号を受信し, 最終的に RSCP, Ec/No, SIR を測定する測定ユニットで, RF Module と DSP Module で構成されている。

(1) RF Module

搬送周波数で設定された周波数を 190MHz の IF 信号にダウンコンバートし, 4MHz 帯域の BPF で不要な信号成分を除去し, AGC により DSP 部で処理するための最適なレベルに変換する。次にベースバンド信号 (I, Q 信号) に直交復調する。

(2) DSP Module

ベースバンド信号をサーチ用 MF (マッチドフィルタ) で逆拡散し信号をサーチする。サーチした信号の情報をもとに追従用 MF で追従し, 電力を算出する。そのデータをもとに RAKE 合成し, RSCP, Ec/No, SIR を算出する。

また, オプションユニットの DSP 部へ制御指示を

出し, オプションユニットの DSP 部から測定結果を受け取る。

3.4 オプションユニット

送信・受信ダイバーシチ機能を使用するとき使用するユニットで, 標準ユニットと同じ回路構成になっている。

送信ダイバーシチの場合, 標準ユニットから I, Q 信号がオプションユニット側の DSP Module に分配され, オプションユニット側の DSP Module で送信信号のアンテナ 2 側の RSCP, Ec/No, SIR を測定する。

受信ダイバーシチの場合, オプションユニット側の RF Module を通過した RF Input2 の信号を, DSP Module で測定する。

4 測定原理

4.1 W-CDMA 下り CPICH と SCH について

CPICH は固定のレート (30kbps, 拡散率 256) であり, あらかじめ定義されたビット/シンボル系列を送信するチャネルである。送信ダイバーシチを用いる場合, CPICH はど

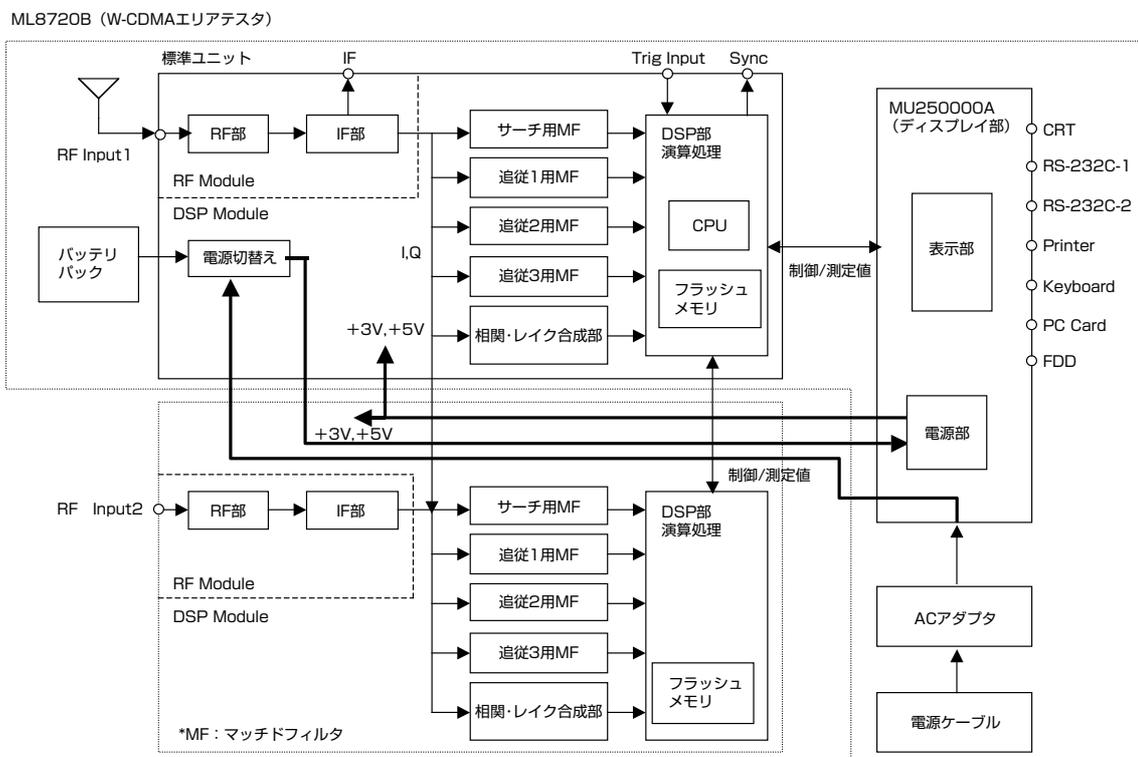


図3 ML8720B ブロック図
Block diagram of ML8720B

これらのアンテナに対しても同じチャネライゼーションコードとスクランプリングコードが使用されるが、シンボル系列はアンテナ1とアンテナ2で異なる。図4にCPICHのフレーム構成図、図5にアンテナごとのCPICHシンボル系列を示す。SCHはP-SCHとS-SCHで構成され、セルサーチに利用されるチャンネルである。図6にSCHのフレーム構成を示す。P-SCHは各セル共通256長のコード(PSC)で拡散されていて1スロットに1回送信される。スロットタイミングを検出するために用いられる。S-SCHはスクランプリングコードグループごとに割り当てられている256長のコード(SSCセット)で拡散されていて、スクランプリングコードグループの判定およびフレームタイミングの検出に用いられる。上記CPICHとSCHのフレームのタイミングは同期している。

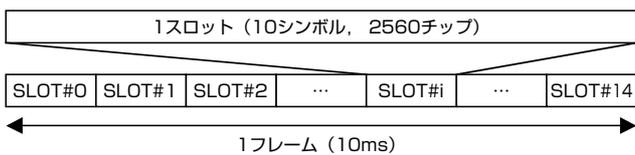


図4 CPICH フレーム構造
Frame structure of CPICH

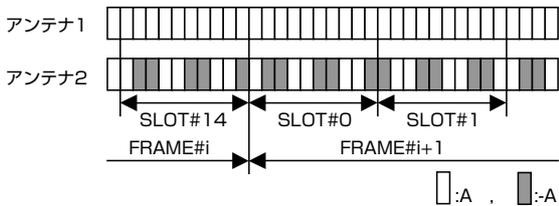


図5 アンテナごとのCPICHシンボル系列
Modulation pattern of CPICH

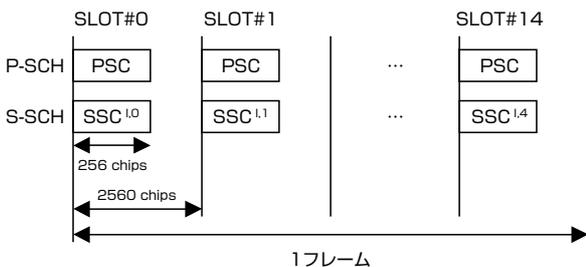


図6 SCH フレーム構成
Structure of SCH

4.2 RSCP, Ec/No, SIR 算出方法

所望のCPICHを逆拡散した場合のシンボル点は干渉波がない場合には複素平面上で同一のポイントに集中し、干渉波が大きくなるにつれ理想とするシンボル点を中心として干渉波の強さに比例した広がりを持って分布する(図7参照)。

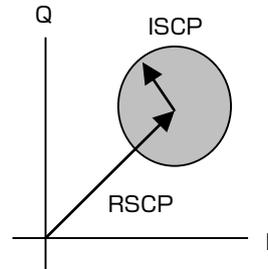


図7 逆拡散後のシンボル点
De-spreading symbol point

RSCPはその平均電力、ISCP(干渉波電力)はそのばらつきの平均電力、SIRはRSCPとISCPの比、 E_c/N_0 はRSCPと逆拡散前の帯域内全電力 N_0 (RSSI)の比で算出する。逆拡散前のA/Dコンバータでサンプリングしたデータを (i_i, q_i) 、逆拡散後のデータを (I_i, Q_i) とすると、 N_0 は式(1)、逆拡散後のデータを (I_i, Q_i) とすると、RSCPは式(2)、シンボル点の分散であるISCPは式(3)、SIRは式(4)、 E_c/N_0 は式(5)となる。 n はサンプル数。

$$N_0 = (1/n) * \sum \{i_i^2 + q_i^2\} \dots\dots\dots(1)$$

$$RSCP = I_{ave} + Q_{ave} = (1/n) * \sum I_i^2 + (1/n) * \sum Q_i^2 \dots\dots(2)$$

$$ISCP = (1/n) * \sum \{(I_i - I_{ave})^2 + (Q_i - Q_{ave})^2\} \dots\dots(3)$$

$$SIR = RSCP/ISCP \dots\dots\dots(4)$$

$$E_c/N_0 = RSCP/N_0 \dots\dots\dots(5)$$

4.3 セルサーチ

CPICHサーチ方法(CPICHを直接検出する方法)とSCHサーチ方法(3GPPで提案されている3段階セルサーチ法)を用いて検出する方法を用いている。

4.3.1 CPICHサーチ方法

マッチドフィルタを用いて256チップ間の相関波形を40シンボル分積分し、その結果からピークレベルとタイミングを検出する。次に受信信号と受信回路のチップレートずれをカバーするためにマッチドフィルタに与える逆拡散コードを数チップオーバーラップさせながら、再度ピーク

レベルとタイミングを検出する。前回のレベルと比較し大きい方を保持する。このスライディング処理を 160 回行うことにより、最大のレベルが得られるタイミングを所望の CPICH フレームタイミングとすることができる。

4.3.2 SCH サーチ法

SCH サーチ方法は下記①～③の 3 段階の処理で行う。

①第 1 段階：スロットタイミング検出

マッチドフィルタに逆拡散符号として P-SCH のコードを与え、2560 チップ間の相関波形を得る。その間のレベルの大きいタイミングを基地局のスロットタイミングの候補とする。

②第 2 段階：グループの判定とフレームタイミング検出

第 1 段階で得られたスロットタイミングで S-SCH のすべてのコードで相関演算（240 回：15 スロット * 16SSC コード）を行い、各スロットで最大の相関レベルが得られる SSC コードとあらかじめ内部に保有している 64 種類の SSC コードセットで相関をとり、スクランプリングコードグループの判定とフレームタイミングの検出を同時に行う。

③第 3 段階：スクランプリングコード検出

第 2 段階で得たフレームのタイミングにて、判定したスクランプリングコードグループ内の 8 種類の CPICH コードを順次マッチドフィルタに与えて相関をとり、レベルが最大になるチャンネルを測定チャンネルの候補とする。

4.4 測定

指定基地局の場合は CPICH サーチ法、無指定基地局の場合はユーザが選択した CPICH サーチ法または SCH サーチ法によりセルサーチを行い、それにより得られたフレームタイミングに同期させて逆拡散符号をマッチドフィルタに与える。マッチドフィルタの相関波形を 40 シンボル分積分し遅延プロファイルデータを取得する。遅延プロファイルデータからパス推定を行い 6 個の相関器にそれぞれのタイミングを設定し、再度 40 シンボル分の相関演算を行う。同タイミングで逆拡散前のデータから N_0 を算出する。40 シンボルの相関結果と N_0 を元に前述した RSCP, E_c/N_0 , SIR を算出する。同時に周波数ずれを算出し AFC を実施している。図 8 に測定のタイミングを示す。

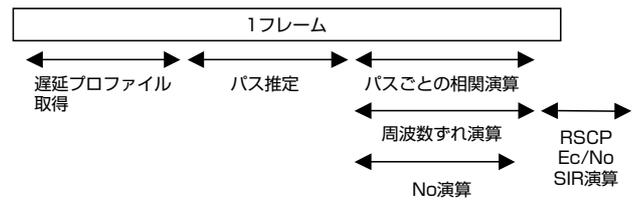


図 8 測定のタイミング
Timing of measurement

4.5 RAKE 合成

パスごとに RSCP と ISCP を算出し、RAKE 合成後の RSCP は各パスの RSCP の和、ISCP は各パスの ISCP の平均値とする。最大パス数は 6 とした。

5 機能

5.1 測定モード

ML8720B の測定モードには、「無指定基地局測定」、「指定基地局測定」および「スペクトラムモニタ」の 3 種類がある。以下に各測定モードの概要を述べる。

5.1.1 無指定基地局測定

測定するチャンネルのスクランプリングコードを指定せず、ML8720B が受信可能なチャンネルをサーチして測定するモードである。スクランプリングコードの範囲を限定して特定のグループのみを測定するように設定することも可能である。また、必ず測定したいコードを最大 32 チャンネル入力しておき、ビル外や対岸からの予想外の信号に関しては自動サーチにより検出・測定するハイブリッド測定も可能である。

サーチ方法としては、移動機と同じように SCH を使用して高速にサーチする方法（SCH サーチ法）と、SCH を使用せず直接 CPICH に対してスライディング相関を行う方法（CPICH サーチ法）があり、どちらか一方を選択することができる。両者の違いは、セル範囲が狭く頻繁にコードが変わるようなエリアにおいては、高速サーチが要求されるため SCH サーチ法が有効で、SCH の衝突が発生している領域においては SCH の検出に依存しない CPICH サーチ法が有効である。

5.1.2 指定基地局測定

ユーザが指定したスクランプリングコードのチャンネルのみを、測定するモードである。測定チャンネル数が一定で、

常に同じチャンネルを繰り返し測定するため、特定チャンネルの到達エリアや測定データの処理が容易になる等、あらかじめ測定エリア内で受信できるチャンネルがわかっている場合には有効な測定である。

5.1.3 スペクトラムモニタ

2110.0 MHz から 2200.0 MHz の帯域のスペクトラムを、4MHz, 10MHz および 90MHz のスパンでモニタすることができる。主に W-CDMA 信号のスペクトラム確認や、帯域内の不要波や妨害波の確認に用いられる機能である。

5.2. 基地局測定画面表示

無指定基地局測定および指定基地局測定における測定結果の画面表示例を図 9 ～ 図 13 に示す。

5.2.1 全チャンネル表示

測定している全チャンネル（最大 32 チャンネル）の RSCP, Ec/No または SIR を棒グラフで表示する。測定値のリミット値を設定し、レベルチェック機能を有効にして測定すると、設定範囲外のチャンネルは朱色で表示するため、視覚的に電波状況を把握することができる。図 9 に全チャンネル表示画面例を示す。

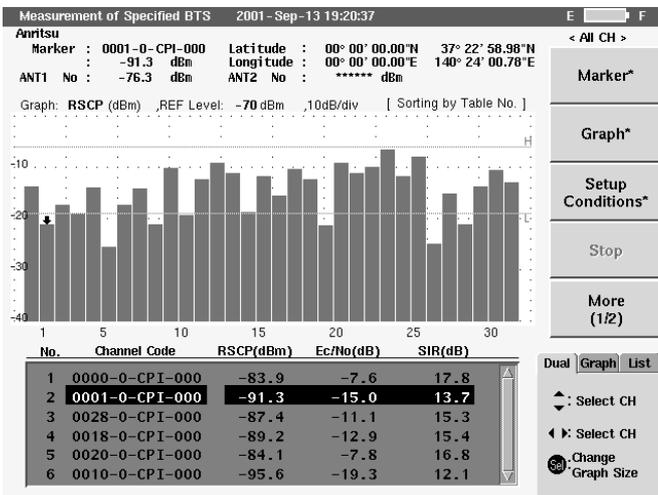


図 9 全チャンネル表示画面例
Example of all channels displayed

5.2.2 遅延プロファイル表示

測定しているチャンネルのうち 1 つをマークで選択し、そのチャンネルの遅延プロファイルを表示する。横軸には、時間、距離およびチップを選択することができる。遅延プロファイルを表示することにより、マルチパスの状況を視覚的に確認することができる。図 10 に遅延プロファイル表示画面例を示す。

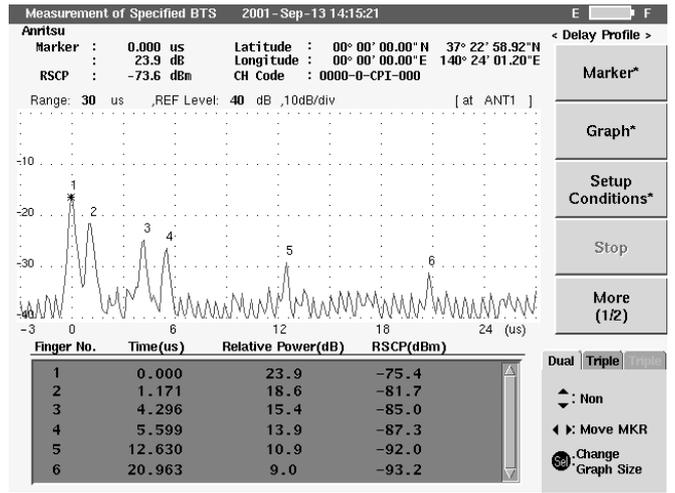


図 10 遅延プロファイル表示画面例
Example of delay profile displayed

5.2.3 フィンガ別表示

測定しているチャンネルのうち 1 つをマークで選択し、そのチャンネルのフィンガ別 RSCP を棒グラフで表示する。レイク合成前の各フィンガごとの RSCP とレイク合成後の RSCP 値、また受信アンテナダイバーシチや送信アンテナダイバーシチに対応した測定では、アンテナ合成後の RSCP 値を 1 画面内で確認することができる。図 11 にフィンガ別表示画面例を示す。

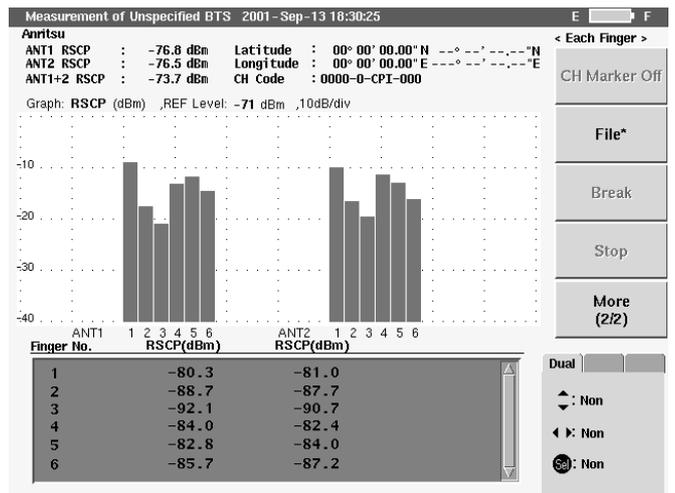


図 11 フィンガ別表示画面例
Example of each finger displayed

5.2.4 時間変動表示

指定基地局測定では、測定しているチャンネルから最大 6

チャンネルを選択し、選択したチャンネルの RSCP, Ec/No, または SIR の時間的変動を、横軸に時間、縦軸に測定値としたグラフ上にリアルタイムに表示する。画面をスクロールさせることにより、測定開始時から現在の状態までを確認することができる。移動しながら測定した場合、複数のチャンネルのレベルが交差するようなクロスポイント（ハンドオーバーが行われる地点）の確認に利用できる。また、特定の地点に静止して測定した場合は、その地点における電波伝搬の時間的変動を確認することができる。図 12 に時間変動表示画面例を示す。

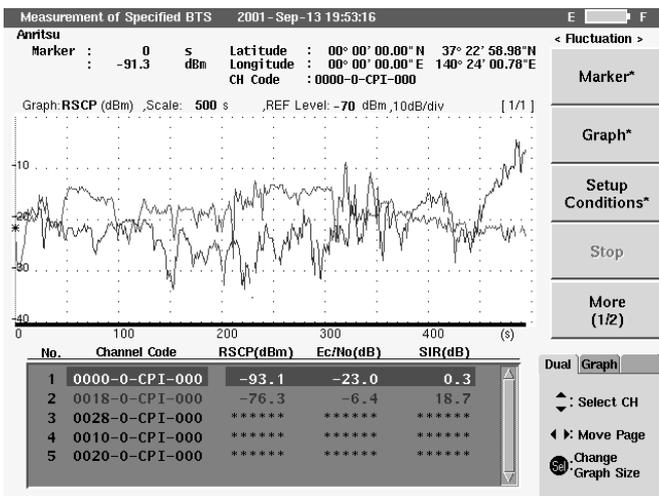


図 12 時間変動表示画面例
Example of fluctuation displayed

5.2.5 SCH 遅延プロファイル表示

無指定基地局測定で SCH サーチ方法を選択した場合、P-SCH の遅延プロファイルを表示することができる。これにより基地局間のフレームタイミングのずれを確認することができる。図 13 に SCH 遅延プロファイル表示画面例を示す。

6 応用

図 14 に ML8720B の測定結果を MapInfo (米国マップインフォ社製ソフトウェア) を使用して地図上にマッピングした例を示す。測定条件は以下の通りである。

- 測定モード : 無指定基地局測定
- SCH サーチ, 15 チャンネル測定
- 測定周期 : 1 秒 (平均値)

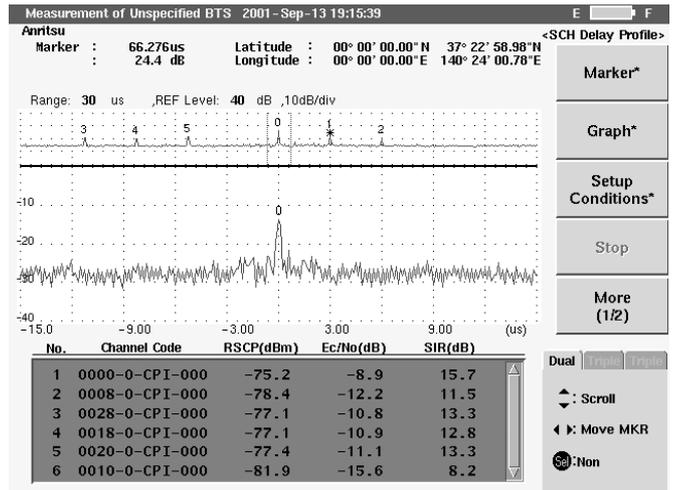


図 13 SCH 遅延プロファイル表示画面例
Example of SCH delay profile displayed

- アンテナ : 標準添付アンテナ (Z0404A),
およびアンテナ台座 (Z0517)
- GPS : Garmin GPS III Plus
- 測定エリア : 東京都新宿区 四ツ谷駅周辺
- マップデータ : 測定チャンネル (P-CPICH)
測定データ (RSCP)

測定データとともに出力される緯度・経度情報により、地図上に RSCP 測定値をその大きさに応じて色分けしてプロットすると、実際に測定したコースで RSCP がどのように変化していったかを読み取ることができる。



図 14 測定結果のマッピング
Mapping measurement data

7 規格

表 1 に ML8720B W-CDMA エリアテスタの主要規格を示す。

表 1 主要規格
Specifications of ML8720B

周波数範囲	2110MHz ~ 2200MHz	
入力インピーダンス	50 Ω (SMA 型コネクタ)	
周波数設定分解能	200kHz (W - CDMA 測定モード), 1kHz (スペクトラムモニタモード)	
基準発振器	エージングレート: $\pm 1 \times 10^{-6}$ /year	
受信信号	P-CPICH, S-CPICH	
電力測定	測定範囲	W-CDMA 測定モード - 117 ~ - 33dBm スペクトラムモニタモード - 123 ~ - 33dBm
	分解能	0.1dB
	表示単位	dBm, dB μ V, dB μ V/m (スペクトラムモニタモード)
	確度	± 2dB (RSCP)
	ノイズレベル	- 127 dB (代表値, RBW : 4kHz, スペクトラムモニタモード)
	SIR 確度	± 3 dB (ダイナミックレンジ: - 100 ~ - 40 dBm, SIR : 5 ~ 20 dB のとき)
	動特性	0 ~ 100km/h 走行時の RSCP, SIR 測定 (平均化距離 50m)
測定項目	指定基地局測定, 無指定基地局測定, スペクトラムモニタ	
基地局測定	測定項目	希望波受信電力 (RSCP), 帯域内総受信電力 (No), Ec/No, 希望波受信電力対干渉信号電力比 (SIR)
	測定モード	時間変動 (内部トリガ), 距離変動 (外部トリガ)
	サンプリング間隔	最小 10ms (1 チャネル測定時)
	測定チャネル数	最大 32 チャネル
	同期捕捉時間	600ms × (検索チャネル数)
	基地局サーチ方法	CPICH モード, SCH モード (無指定基地局測定のみ)
	データ処理方法	平均値, 中央値, 最大値, 最小値, 10 %, 20 %, 30 %, 40 %, 60 %, 70 %, 80 %, 90 %
	測定画面表示	全チャネル表示, 遅延プロファイル表示, フィンガごと表示, 時間変動表示距離変動表示, SCH 遅延プロファイル表示
スペクトラムモニタ機能	周波数スパン	4MHz, 10MHz, 90MHz
	分解能帯域幅	4kHz
その他の機能	マスタースレーブ機能	複数の ML8720B をデジタイゼーション接続し並列測定が可能
	GPS 接続	NMEA-0183 形式に対応
	リモート制御機能	RS-232C 経由で本器をリモート制御
	ファイル入出力	測定条件読込, 測定結果ファイル出力
	ダイバーシチ機能	送信ダイバーシチ機能, 受信アンテナダイバーシチ機能 (オプション 01)
インタフェース	IF 出力	10dB μ V 以上 (190MHz), BNC コネクタ
	外部基準入力	2 ~ 5Vp-p (10MHz), BNC コネクタ
	外部トリガ入力	1.5Vdc ± (2 ~ 13Vp-p), BNC コネクタ
	同期出力	TTL レベル, BNC コネクタ
	RS-232C-1	ホストコンピュータ接続用 (最大 115.2k bit/s), D-sub9p コネクタ
	RS-232C-2	GPS 接続用 (NMEA-0183 形式対応), ミニ DIN8p コネクタ
	プリンタ	8 bit パラレルインタフェース (セントロニクス準拠), D-sub25p コネクタ
	キーボード	101/106 キー対応, ミニ DIN6p コネクタ
	外部モニタ	VGA, ミニ DIN10p コネクタ
記憶装置	FDD (3.5 インチ 2HD), PC Card スロット (ATA フラッシュカード)	
表示器	640 × 480 ドット, 8.4 インチカラー液晶	
環境条件	温度・湿度	0 ~ +40 °C, ≤ 85 % (動作時) - 25 ~ +60 °C, ≤ 85 % (保管時)
	振動	MIL-T-28800E クラス 3 に適合
	落下	76cm 落下 (Bellcore 規格)
	EMC	EN61326 : 1998 Class A, EN61000-3-2
電源	DC	10 ~ 26.4 V
	AC (定格)	100 ~ 240 V, 50/60 Hz, (専用 AC アダプタ使用時)
	電池	リチウムイオンバッテリーパック (Z0404A)
使用消費電力	最大 35W (バッテリーパック充電時), 標準 20W, オプション 01 付: 標準 30W	
バッテリー連続動作時間	3h (代表値), オプション 01 付: 2h (代表値)	
寸法・質量	290 (W) × 194 (H) × 78 (D) mm, ≤ 4.0kg	
	290 (W) × 194 (H) × 123 (D) mm, ≤ 5.0kg (オプション 01 付)	

8 むすび

ML8720B W-CDMA エリアテストは基地局建設時のエリア調査だけでなく保守現場での測定に十分な性能と機能を有し、さらに形状および質量、バッテリー動作時間も当初の目標をクリアしたことで小型・軽量のハンディタイプ測定器としてビル内や地下街でも使用できる性能を実現した。

今後は、より多くのユーザと連携をとりながら、新たな機能追加や操作性の向上を図ることで、市場に適応した測

定ソリューションの提供を行っていく方針である。

今回開発した ML8720B W-CDMA エリアテストが、日本国内はもとより海外における W-CDMA システムの実用化に貢献できれば幸いである。

参考文献

- 1) 藤井ほか：“ML8750 シリーズハンディメジャリングレシーバ”，アンリツテクニカル，72号（1996.9）