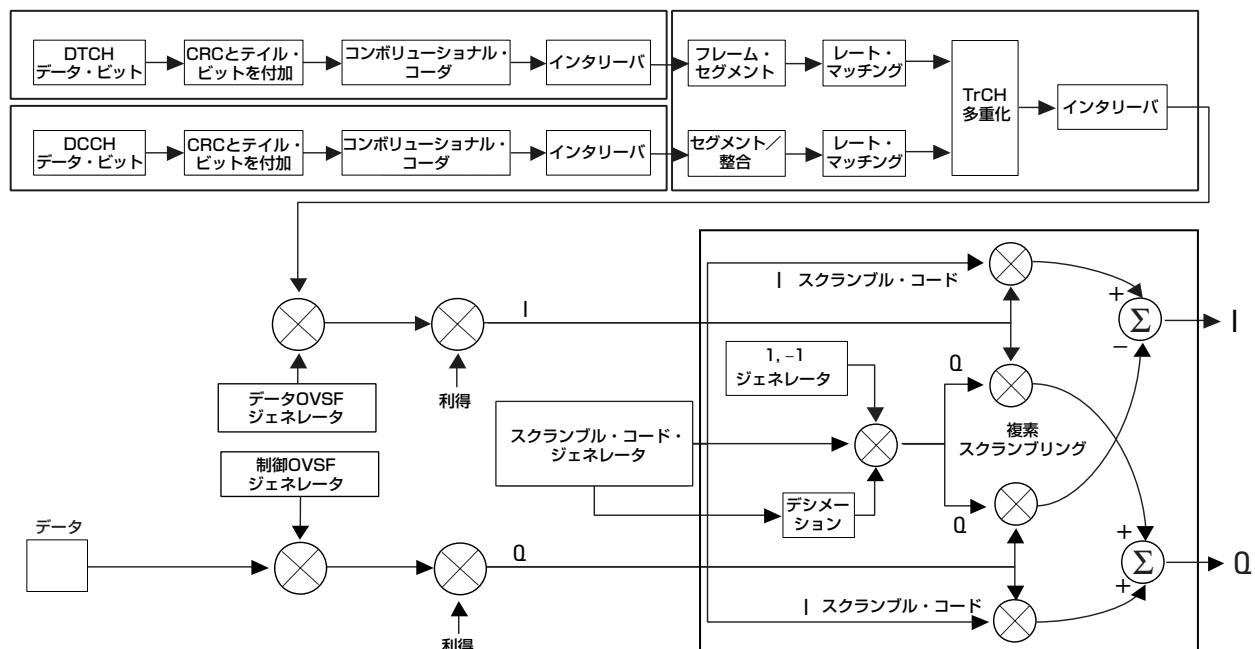


Agilent 3GPP W-CDMA携帯電話端末の デザインとテスト

Application Note 1356



Agilent Technologies

目次

はじめに	3
1 W-CDMAの基本概念	4
1.1 符号分割多元接続	4
1.2 無線基地局と携帯電話端末の識別	5
1.3 データのチャネル化	5
1.4 スロット、フレーム、パワー制御	7
1.5 プロトコル構造	7
1.6 論理チャネル、トランスポート・チャネル、物理チャネル	8
1.7 ダウンリンク物理チャネル	9
1.8 アップリンク物理チャネル	11
1.9 トランスポート・フォーマットの検出	12
1.10 ダウンリンクDPDCH/DPCCHのコーディングとエア・インターフェース	13
1.11 アップリンクDPDCH/DPCCHのコーディングとエア・インターフェース	14
1.12 リファレンス・メジャメント・チャネル	15
1.13 圧縮モード	16
1.14 非同期セル・サイト捕捉	16
1.15 非同期セル・サイト・ソフト・ハンドオーバ	17
2 デザインと測定に関する一般的な問題	18
2.1 干渉の制御	18
2.1.1 平均RFパワー	19
2.1.2 アップリンクのパワー制御	20
2.1.3 隣接チャネルの干渉	21
2.2 電池寿命の長時間化	23
2.2.1 相補累積分布関数(CCDF)	24
2.3 変調精度の測定	26
2.3.1 QPSK EVM	27
2.3.2 コンポジットEVM	28
2.3.3 コード・ドメイン・パワー	31
2.3.4 ピーク・コード・ドメイン・エラー	34
2.3.5 シンボルEVM	35
2.3.6 シンボル・パワー対時間	37
2.3.7 復調ビット	38
2.4 受信器機能および性能の測定	39
2.4.1 ビット・エラー・レート(BER)とブロック・エラー・レート(BLER)	39
2.4.2 BER測定のテスト・セットアップ	40
2.4.3 レシーバ特性試験のスティミュラス信号	41
2.4.4 付加白色ガウス・ノイズ(AWGN)干渉信号	42
2.4.5 ベースバンド機能の検証	42
2.4.6 圧縮モード機能の検証	43
2.4.7 タイムスロット同期テストとサーチャ・テスト	43
まとめ	44
付録A：リファレンス・メジャメント・チャネルの例	45
付録B：AgilentのW-CDMA携帯電話端末デザイン／テスト用ソリューション	47
略語解説	54
参考文献	55
関連カタログ	56
謝辞	56

はじめに

W-CDMAは、第3世代(3G)の携帯電話市場で採用が見込まれている広帯域ディジタル携帯電話テクノロジーの1つです。

日本のW-CDMA実験システムと、欧州のUMTS (Universal Mobile Telephone System)を基礎として、3GPP (Third-Generation Partnership Project)の監督のもとに、統一されたW-CDMAシステムの開発作業が進められました。3GPPの構成員としては、European Telecommunications Standard Institute (欧州電気通信標準化機関、ETSI)、日本の電波産業会 (ARIB)、日本情報通信技術委員会 (TTC)、韓国のTTA (Telecommunications Technology Association)、韓国情報通信技術協会、TTA)、米国T1委員会があります。統合システムは、先行する広帯域CDMAの各バージョンと区別するため、3GPP W-CDMAと呼ばれることもあります。

W-CDMAシステムは、周波数分割デュプレックス (FDD) と時分割デュプレックス (TDD) の2つのモードの広帯域CDMAを採用しています。本アプリケーション・ノートはFDDのみを対象としますが、内容のほとんどは両方のモードに当てはまります。本アプリケーション・ノートでW-CDMAという語を使う場合は、すべて3GPP (リリース99)仕様のW-CDMA FDDモードのことを指します。

本アプリケーション・ノートは、W-CDMA携帯電話端末 (UE)¹の物理層 (レイヤ1)について扱います。下記の内容があります。

- W-CDMAテクノロジーの概要
- このテクノロジーに関連したデザイン上の問題や測定に関する諸概念のうち、W-CDMAと第2世代の諸技術 (特にGSMおよびPDC)との違いのために、W-CDMAの携帯電話端末エア・インターフェースにおいて重要な意味を持つものの説明。このセクションでは、これらの測定が重要な理由と、デザインの特性試験とトラブルシューティングにこれらの測定を使用する方法を紹介します。これらの測定は、携帯電話端末の開発の全段階を通じて役立ちます。このセクションは適合試験および製造試験のための基礎知識として利用することもできます。
- W-CDMA携帯電話端末の物理層のデザインとテストに使用できるAgilent Technologiesのソリューション一覧。

3Gテクノロジーの詳細については、下記のURLをご覧ください。

<http://www.agilent.com/find/3G>

1. W-CDMA仕様では、携帯電話端末 (UE) という語で、移動電話機、無線機能付きコンピューティング・デバイス、その他W-CDMAシステムに無線アクセスを行うすべてのデバイスを指します。

1 W-CDMAの基本概念

W-CDMAは、同じRF搬送波を多くのユーザが効率的に共有できるようにするために、システム内の各ユーザの要求に正確に合わせてデータ・レートとリンク・バジェットを動的に再割当するよう設計されています。2Gや3Gの一部のCDMAシステムと異なり、W-CDMAはGPS (Global Positioning System)などの外部時間同期信号源を必要としません[1]。

1.1 符号分割多元接続

その名前からわかるように、W-CDMAは符号分割多元接続 (Code Division Multiple Access, CDMA) のシステムです。時分割多元接続 (Time Division Multiple Access, TDMA) と異なり、CDMAではすべてのユーザが同時に送信します。周波数分割は用いられます、非常に広い帯域幅で行われます。しかも、複数のユーザが同じ周波数の搬送波を共有します。各ユーザの信号は固有のコードを使用しており、正しい受信器以外にはノイズとして見えます。したがって、**チャネル**という語は搬送波周波数とコードの組合せを指します。受信器は相関 (コード・コリレーション) を利用して、同じ周波数で同時に送信されている多くの信号の中から1つをデコードすることができます。図1に、CDMAシステムの送受信プロセスを簡略化したものを示します。この例ではW-CDMAのデータ・レートと帯域幅パラメータを使用していますが、基本プロセスはすべてのCDMAシステムで同一です。W-CDMAと既存の2G CDMAシステム (IS-95) との違いの1つは、W-CDMAのほうが帯域幅が広い (3.84 MHz、IS-95は1.23 MHz) ことです。

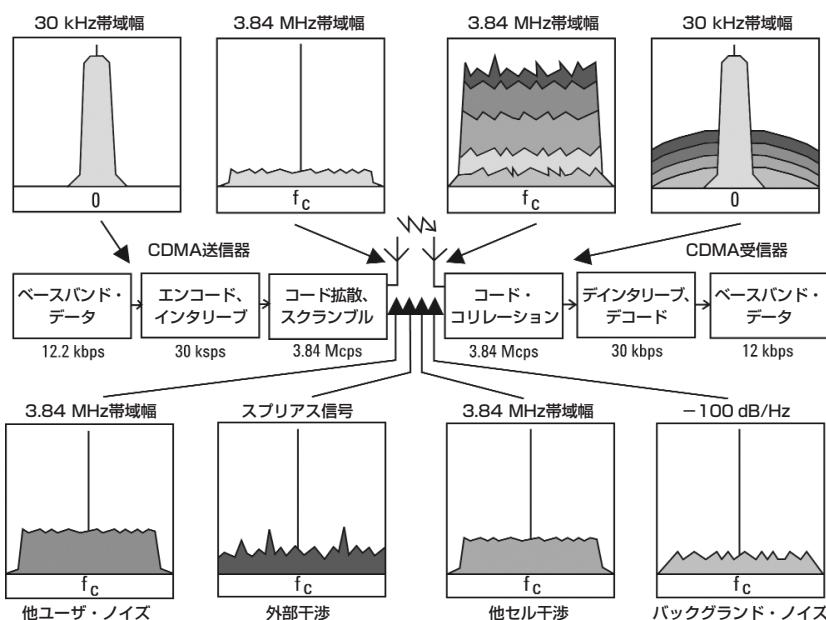


図1. CDMAの送受信プロセス

上の例では、W-CDMAシステムはデータ・レートが12.2 kbpsの狭帯域信号から出発します。実際にはこのデータ・レートは可変で、最大2 Mbpsです。コーディングとインタリーブの後、この例ではシンボル・レートは30 kpsになります。コード拡散により、これは3.84 MHzの帯域幅に拡散されます。拡散結果の最終的なビットはチップと呼ばれ、最終的な拡散レートはチップ毎秒で表されます (W-CDMAでは3.84 Mcps)。拡散後のデータ・レート (3.84 Mcps) とエンコード後のデータ・レート (この例では30 kps) のことを拡散利得と呼びます。拡散後のデータ・レートと初期データ・レート (この例では12.2 kbps) のことを処理利得 (全コーディング利得) と呼びます。CDMAシステムの場合、拡散利得が処理利得に大きく寄与します。受信器の相関器が目的の信号をノイズから取り出すことができる原因是処理利得のおかげです。送信されたCDMA信号には、他のCDMAユーザの信号を主体とする大きな干渉が生じます。この干渉には、同じセルの他のユーザから来るものと、隣接する他のセルから来るものの2種類があります。全体としての干渉には、バックグラウンド・ノイズと他のス

プリアス信号も含まれます。信号が受信されると、相関器が目的の信号をリカバし、干渉を除去します。これが可能なのは、各チャネルの固有のコードと干渉源との間に相関がないからです。W-CDMAの場合、各チャネルの固有のコードは、スクランブリング・コードと直交可変拡散率(Orthogonal Variable Spreading Factor、OVSF)コードとの組合せです。これについてはこのあとこの部分で説明します。

1.2 無線基地局と携帯電話端末の識別

他のCDMAシステムと同様W-CDMAでも、各無線基地局(BTS)の出力信号は、すべてのデータ・チャネルを固有の疑似ノイズ(Pseudo-Noise、PN)コードで乗算することによってスクランブルされます。このコードをW-CDMA仕様ではスクランブリング・コードと呼んでいます。携帯電話端末受信器は、受信信号のスペクトラムを目的の無線基地局で用いられているのと同じスクランブリング・コードと相関させることにより、無線基地局を識別することができます。同様に、各携帯電話端末の出力信号も固有のスクランブリング・コードでスクランブルされており、これによって無線基地局の受信器は携帯電話端末同士を区別することができます。スクランブリング・コードは3.840 Mcpsの固定レートで適用されます。スクランブリング・コードは直交していないため、2台の携帯電話端末の間で多少の干渉が生じる可能性があります。

1.3 データのチャネル化

CDMA受信器は、信号を送信している送信機を区別するだけでなく、同じ送信機から送信されている複数のチャネルを相互に区別しなければなりません。例えば、無線基地局は多くの移動機ユーザに対してそれぞれ固有のチャネルを送信しており、各携帯電話端末受信器は無線基地局が送信している他のすべてのチャネルから自分のチャネルを区別する必要があります。W-CDMAの場合、この機能のためにチャネル化コード、別名OVSFコードが用いられます。

OVSFコードは、IS-95やcdma2000で用いられているWalshコードに似た直交コードです。W-CDMAの無線基地局や携帯電話端末から送信される各チャネルは、異なるOVSFコードで乗算されます¹。IS-95の場合、Walshコードは長さ64チップに固定されていました。W-CDMAの場合、コードの長さ(拡散率(Spreading Factor、SF)とも呼ぶ)は4~512チップの範囲で可変で、生成されるダウンリンク(DL)シンボル・レートは3.84 Mcpsのシステム・チップ・レートをSFで割ったものになります。例えば、SFが4ならシンボル・レートは960 kbpsです。

OVSFコードの組全体は、各携帯電話端末および無線基地局で同一です。スクランブリング・コードが用いられるため、同じ地理的位置にある携帯電話端末や無線基地局が同じOVSFコードを再使用できます。すなわち、携帯電話端末と無線基地局との間で固有の通信チャネルを確立するのは、OVSFコードとスクランブリング・コードの組合せです。

1. 後で説明するように、同期チャネルは例外です。

無線基地局と携帯電話端末との間のW-CDMA無線リンクは、複数のデータ・チャネルを同時にサポートする必要があります。例えば3Gのコネクションには、双方向の音声、ビデオ、パケット・データ、バックグラウンドのシグナリング・メッセージなどが存在し、それぞれが固有のデータ・チャネルとして1つの周波数の搬送波で送信されます。

図2に示すのは、2個の無線基地局と4台の携帯電話端末からなるW-CDMAシステムです。携帯電話端末と無線基地局はスクランブリング・コード(SC)によって一意に識別されます。1つのセル内の携帯電話端末または無線基地局が伝送するチャネルは、OVSFコード割当てによって一意に識別されます。例えば、SC₃が無線基地局2を、SC₆がUE 4を識別します。無線基地局2はOVSF₄とOVSF₅を使って音声とシグナリング情報をUE 4に送信します。UE 4はOVSF₁とOVSF₂を使って音声とシグナリング情報を無線基地局2に送信します。他の無線基地局と携帯電話端末も同じOVSFコード(OVSF₁とOVSF₂)を使っていることに注目してください。これで問題が生じないのは、同じOVSFコードを再使用してもスクランブリング・コードのために相関がなくなるからです。

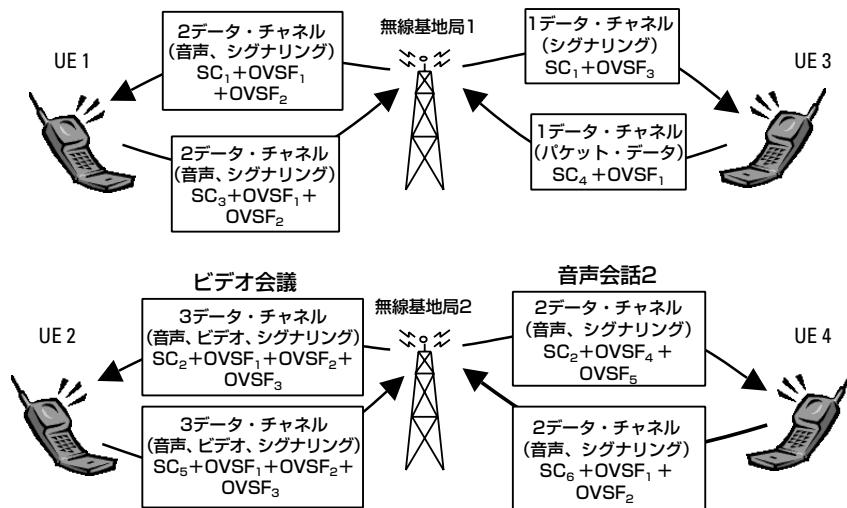


図2. W-CDMAのコード割当て

OVSFコードとスクランブリング・コードの組合せにより信号の拡散が行われ、受信器の相関器が目的の信号をノイズから取り出すために必要な拡散利得が得られます。拡散利得の大きさはSFによって決まります。データ・レートが高い信号の場合、SFと拡散利得は小さくなります。干渉が同じレベルの場合、ビットごとのエネルギーとノイズの比(E_b/N_0)をすべてのチャネルで等しくするには、データ・レートが高いチャネルの振幅を大きくする必要があります。

SFは10 msごとに再割当てが可能です。これにより、W-CDMAネットワークは帯域幅が無駄にならないように動的に再割当てを行うことができます。このため、W-CDMAの全データ容量の割当では、固定長の直交コードを使用する2G CDMAシステム (IS-95) に比べて効率的になっています。

1.4 スロット、フレーム、パワー制御

W-CDMAのアップリンク(UL)とダウンリンクの全データ・チャネルは、タイム・スロットとフレームに分割されています。スロットの長さは666.667 μsで、システム・チップ・レートの2560チップに相当します。タイム・スロットが15個組み合わされて10 msのフレームになります(図3)。フレームは、チャネルのコーディングとインターリーブのプロセスにおける基本的な時間単位です。ただし、パワー制御ビットなど一部のタイムクリティカルな情報は、すべてのタイム・スロットで送信されます。これにより、携帯電話端末のパワー制御を毎秒1500回のレートで更新でき、セル容量の最適化に役立ちます。



図3. W-CDMAのスロット/フレーム構造

あらゆるセルラCDMAシステムにおいて、基地局は携帯電話端末の送信パワーを高速かつ精密に制御することにより、リンク・バジェットを最適化する必要があります。これをULパワー制御と呼びます。その目的は、すべての携帯電話端末から無線基地局に到達するパワーを数dBの範囲内で一致させることです。これはアップリンクのスペクトラム拡散リンク・バジェットを最適化するために不可欠です。IS-95と異なりW-CDMAでは、携帯電話端末も無線基地局に対して同じレートでパワー制御ビットを送信し、無線基地局はそれに応じてそれぞれの携帯電話端末に向けたデータ・チャネルのパワーを調整します。これをDLパワー制御と呼びます。

1.5 プロトコル構造

W-CDMAシステムのプロトコル構造は、業界標準のOSI(Open System Interconnection)モデルに従っています。図4に下の3つのレイヤを示します。

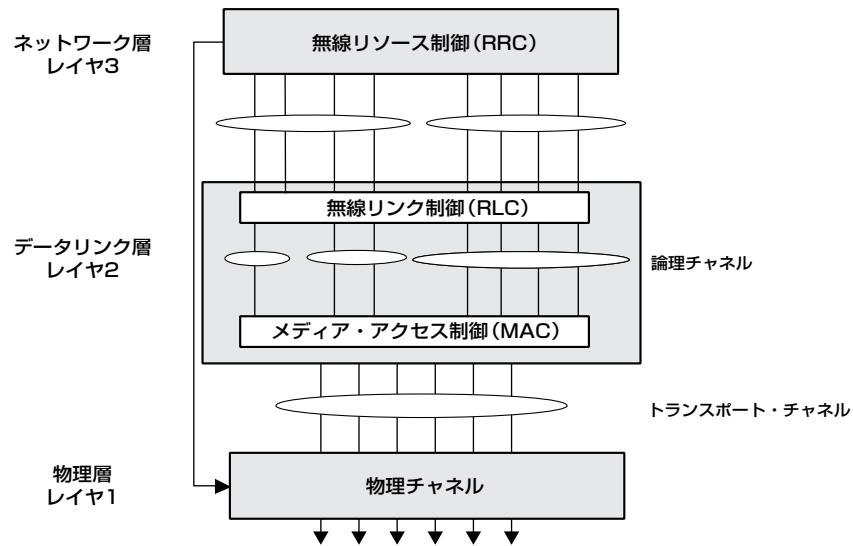


図4. W-CDMAのプロトコル構造

ネットワーク層(レイヤ3)は、主にGSM標準を元にしています。このレイヤはネットワークから携帯電話端末にサービスを接続する役割を果たします。データリンク層(レイヤ2)は、無線リンク制御(Radio Link Control, RLC)とメディア・アクセス制御(Medium Access Control, MAC)の2つの主要な機能ブロックから構成されます[3]。RLCブロックは、ユーザ・データ、エラー訂正、フロー制御、プロトコル・エラー検出/リカバ、暗号化を担当します。レイヤ2のMAC機能は、論理チャネルとトランスポート・チャネルの間のマッピング(このあとの部分を参照)を担当します。これには、さまざまな論理チャネルを1つのトランスポート・チャネルに多重化/逆多重化することが含まれます。物理層(レイヤ1)は、トランスポート・チャネルを物理チャネルにマッピングし、システムの

動作に必要なすべてのRF機能を実行します。これらの機能としては、周波数／時間同期、レート・マッピング、拡散と変調、パワー制御、ソフト・ハンドオフなどがあります。本アプリケーション・ノートでは主にレイヤ1を扱い、必要に応じてレイヤ2に簡単に言及します。レイヤ2の詳細については、[3]と[4]を参照してください。レイヤ3については[5]を参照してください。プロトコル・アーキテクチャの詳細については[6]を参照してください。

1.6 論理チャネル、トランスポート・チャネル、物理チャネル

論理チャネルとは情報の内容で、最終的には物理チャネル上で送信されます。論理チャネルとしては、Broadcast Control Channel (BCCH)、Paging Control Channel (PCCH)、Common Control Channel (CCCH)、Dedicated Control/Traffic Channels (DCCH、DTCH) などがあります。

W-CDMAでは、複数のサービスで物理リソースを共有するため、トランスポート・チャネルという概念を導入しています。データ、FAX、音声、シグナリングなどのサービスは、上位のシグナリング・レイヤによってそれぞれ別のトランスポート・チャネルに載せられます。これらのサービスは、データ・レートもエラー制御メカニズムもそれぞれ異なっています。これらのトランスポート・チャネルは必要に応じて多重化されてから、1つまたは複数の物理チャネルで送信されます。データ・レートが高いサービスや、低いレートのトランスポート・チャネルをいくつか組み合わせたものを、複数の物理チャネルに多重化することもできます。このような柔軟性により、データ・レートが異なるさまざまなトランスポート・チャネル(サービス)を効率的に物理チャネルに割り当てることが可能になります。トランスポート・チャネルを効率的に多重化することにより、システムの容量が最適化されます。例えば、3つのトランスポート・チャネルの総合データ・レートが1つの物理チャネルの最大値を超える場合、合計データ・レートが必要なレートにできるだけ近い2つの低レートの物理チャネルに載せることができます。トランスポート・チャネルには、Broadcast Channel (BCH)、Paging Channel (PCH)、Forward Access Channel (FACH)、Dedicated Channel (DCH)、Random Access Channel (RACH) などがあります[7]。

W-CDMAのダウンリンクは、いくつかの物理チャネルから構成されます。ダウンリンクの重要な物理チャネルとして、Common Pilot Channel (CPICH)、Primary Common Control Physical Channel (P-CCPCH)、Secondary Common Control Physical Channel (S-CCPCH)、Dedicated Physical Data/Control Channels (DPDCH/DPCCH) があります。アップリンクを構成するのは、Physical Random Access Channel (PRACH)、Physical Common Packet Channel (PCPCH)、Dedicated Physical Data/Control Channels (DPDCH/DPCCH) です。これらのチャネルについてはこのあと部分で説明します。

図5に示すのは、ダウンリンクのチャネル・マッピングの例です。携帯電話端末がアイドル・モードにある場合、基地局はDCCH論理チャネルからFACHトランスポート・チャネルを通じて専用シグナリング情報を送信します。この場合、情報はS-CCPCH物理チャネルにマッピングされて携帯電話端末に送信されます。携帯電話端末が専用接続モードにある場合は、同じシグナリング情報がDCHトランスポート・チャネルに載せられます。この場合、情報はDPDCH/DPCCH物理チャネルにマッピングされて携帯電話端末に送信されます。

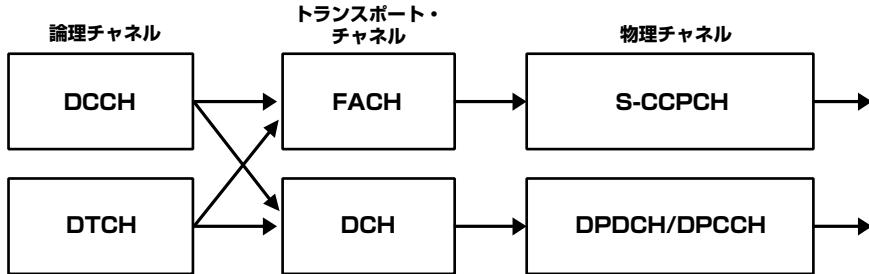


図5. 論理／トランスポート／物理チャネルのマッピング例(ダウンリンク)

1.7 ダウンリンク物理チャネル

図6に示すのは、CPICH、P-CCPCH、SCHのスロットおよびフレーム構造です。

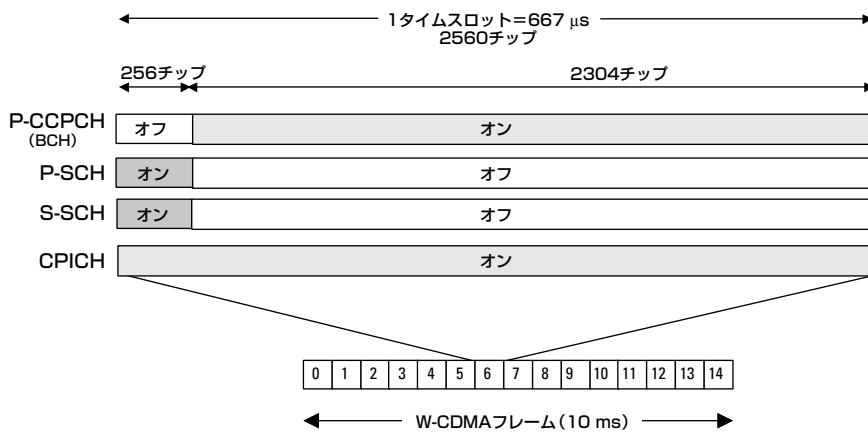


図6. CPICH、P-CCPCH、SCHのスロットおよびフレーム構造

CPICHは無線基地局スクランブリング・コードの連続ループ・ブロードキャストです。すでに説明したように、無線基地局の伝送はスクランブリング・コードによって識別されます。携帯電話端末は、CPICHを無線基地局の時間基準を精密に測定するためのコヒーレントな基準として使用し、セル・サイトのハンドオーバーの前と途中には周囲の無線基地局の信号強度を求めるために使用します。この信号には特に拡散が適用されないため、携帯電話端末はこの基準に容易にロックすることができます。他のすべてのチャネルを受信するためには、このロックが確立される必要があります。

P-CCPCHはSynchronization Channel (SCH)と時間多重化されます。これはシステム捕捉中に携帯電話端末が使用する重要なチャネルです。このチャネルは、Primary Synchronization Channel (P-SCH)とSecondary Synchronization Channel (S-SCH)の2つのサブチャネルを持ちます。これらのチャネルは Primary Synchronization Code (PSC)とSecondary Synchronization Code (SSC)という2つのコードから構成されます。PSCは256チップ固定のコードで、すべてのW-CDMA無線基地局によってブロードキャストされます。初期捕捉中に携帯電話端末はPSCを使ってW-CDMA無線基地局が存在するかどうかを判断し、基地局のスロット・タイミングを決定します。SSCは、コード・グループと呼ばれる長さ256チップの16個のサブコードのグループを表します。無線基地局は、フレームの各タイム・スロットごとに1個のSSCサブコードを、決められた順番で送信します。連続する15個のSSC送信をデコードした携帯電話端末は、無線基地局のフレーム・タイミングを決定でき、無線基地局スクランブリング・コードの識別に役立つ情報も得られます(第2章参照)。SCHは、P-CCPCHがオフになっている各タイムスロットの最初の256チップで送信されます(図6)。各スロットの残りの2304チップではP-CCPCHが送信されます。これには18ビットのブロードキャスト・データ (Broadcast Transport Channel(ブロードキャスト・トランスポート・チャネル、BCH)情報) が15 kbpsのレートで載せられます。セルのブロードキャスト・パラメータ・メッセージには18ビットでは足りないので、ブロードキャスト情報はいくつかのフレームにわたる場合があります。

Dedicated Physical Channel (DPCH) は、すべてのユーザ・データおよびユーザ・シグナリングと、スロット・フォーマットおよび携帯電話端末内部ループ・パワー制御用の物理チャネル制御ビットを传送します。DPCHはDPDCHとDPCCHから構成されます(図7)。DPDCHでは、ユーザのデジタル化された音声やディジタル・データと、レイヤ3のシグナリング・データが传送されます。ユーザ・データとシグナリング・データは、それぞれ別にエラー保護コーディングとインターリーブを施された後、互いに多重化されてDPDCHを構成します。次にDPDCHはDPCCHと多重化されます。DPCCHには、Transmit Power Control (TPC) ビット(携帯電話端末の送信パワーの制御用)、Transport Format Combination Indicator (TFCI) ビット(スロット・フォーマットとデータ・レートを通知)、埋込みパイロット・ビット(各スロットに埋め込まれた短い同期パターン)が含まれます。

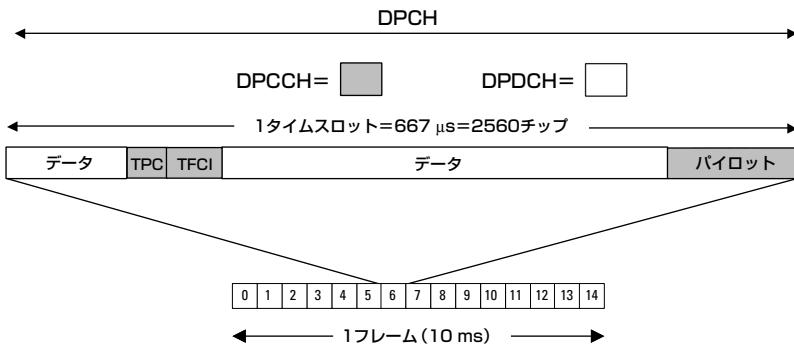


図7. DPCH (DPDCH/DPCCH) のスロットおよびフレーム構造

他のダウンリンク・チャネルを挙げれば、Secondary Common Control Physical Channel (S-CCPCH) はアイドル状態の携帯電話端末に対してページングとシグナリングを送信するために用いられます。Acquisition Indication Channel (AICH) は、携帯電話端末のアクセス要求に対する確認応答として用いられます。Paging Indication Channel (PICH) は、ページング・メッセージの到着を携帯電話端末に预告する役割を果たします。Physical Downlink Shared Channel (PDSCH) は、複数の携帯電話端末にパケット・データを送信するために用いられます。このほかに、1台の携帯電話端末に対するダウンリンクのデータ・スループットを上げるためにDPDCHが追加されることもあります。

1.8 アップリンク物理チャネル

PRACHはRACHトランスポート・チャネルを伝送します。このチャネルは、携帯電話端末がネットワークへの接続を要求するためと、低デューティ・サイクルのパケット・データなどの間欠的なサービスのために用いられます。PRACH伝送の最初には、PRACHアクセス・メッセージの到着を基地局に予告する短いプリアンブル・パターンが送られます。プリアンブルは、複雑なシグネチャとスクランブリング・コードから構成されます。シグネチャは16ビットの列で、1つのプリアンブルの中に256回繰り返されます[9]。すべての無線基地局は、同じ16個のシグネチャを使います。無線基地局は各携帯電話端末に対して使用すべきシグネチャを通知し、そのシグネチャを使って通信相手の携帯電話端末を識別します。スクランブリング・コードは、無線基地局が自分に向けられたPRACH伝送を識別するために使います。また、無線基地局が携帯電話端末のアクセス・クラスを知るためにも用いられます。アクセス・クラスとは、各携帯電話端末または各サービス・タイプごとのアクセスの優先度を決めるための方法です。一般に、プリアンブル伝送は任意の時点で開始してよいことになっているので、他のユーザと衝突する可能性があります。この場合、確認応答を受信するまで携帯電話端末は別のタイムスロットを使ってメッセージを再送信します。

メッセージ部は、携帯電話端末が無線基地局からダウンリンクAICHで確認応答を受信した後、PRACHの一部として送信されます。これは制御部とデータ部の2つの部分から構成されます。これら2つの部分は並列に送信されます。図8にメッセージ部の構造を示します。制御部はパイロット・ビットとTFCIビットを伝送します。データ部は、携帯電話端末がネットワークに送信する情報を含むデータ・ビットだけから構成されます。メッセージ部に用いられるスクランブリング・コードはプリアンブルに用いられるものと同じです。

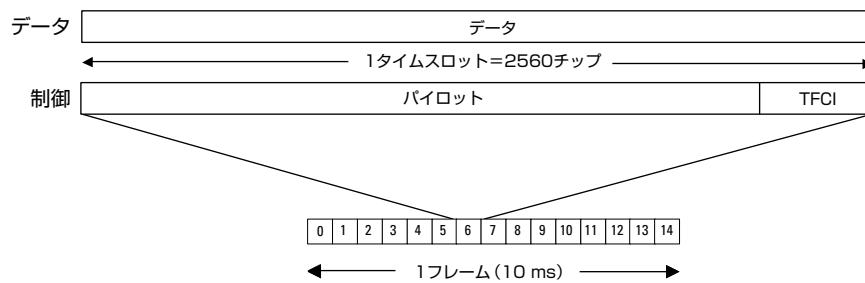


図8. PRACHのメッセージ部の構造

PCPCHはCPCHトランスポート・チャネルを伝送し、アップリンクのパケット・データ送信に用いられます。CPCHは専用データ・チャネルよりもシステム・リソースの要求が少ないため、アップリンクのパケット・データを送信する効率的な方法です。これはランダム・アクセス・チャネルで、RACHに似たアクセス手順を使用します。パケット送信は複数のフレームにわたる可能性があるので、無線基地局がPCPCHの送信パワーを制御する必要があります。CPCHアクセスに確認応答が返されると、携帯電話端末は送信を開始し、無線基地局はパワー制御ビットで応答します。送信パワーが安定化したら、携帯電話端末はマルチフレーム・パケットの送信を開始します。

アップリンクのDPDCH/DPCCHは、ユーザのデジタル化された音声およびデータのチャネルと、レイヤ3のシグナリング・データを伝送します。ペイロード・データとシグナリング・データ(DPDCH)はQPSK変調器のIバスで送信され、パワー制御、パイロット、その他のオーバヘッド・ビット(DPCCH)はQバスで送信されます。図9に、DPDCHとDPCCHのスロット構造を示します。DPDCHは複数送信することができます。この場合、DPDCHは続けてIバスまたはQバスに割り当てられます。各チャネルはOVSFコードで拡散され、それぞれの振幅は個別に調整可能です。複合された拡散後の信号は、変調前に特別な関数によってスクランブルされます。これは、IQ平面の原点を通る信号遷移と、0°位相シフトの遷移を最小化する役割を果たします。これにより、信号のピーク-平均パワー比が改善されます[8]。

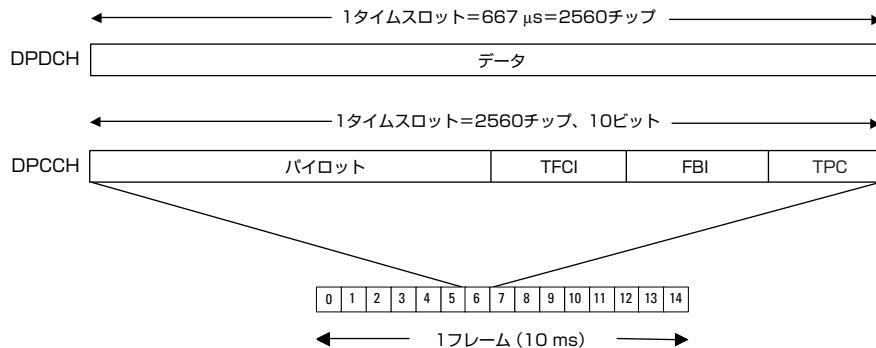


図9. DPDCHとDPCCHのアップリンク・スロット構造

1.9 トランスポート・フォーマットの検出

W-CDMAエア・インターフェースで可能な構成の数は数百万にも達しますが、特定の接続に必要なのは、その中のごく小さなサブセットに過ぎません。このサブセットはTFCS(Transport Format Combination Set)と呼ばれ、接続設定の際にネットワークから携帯電話端末に伝達されます。TFCSには、使用可能なすべてのトランスポート・フォーマット(TF)と、リンクに存在できるチャネルのそれぞれのデータ容量、およびリンクで使用可能なすべてのTFC(Transport Format Combination)が含まれます。ネットワークの無線リソース制御(RRC)エンティティが、この情報を下位レイヤに伝達します。携帯電話端末のRRCエンティティは、ネットワークからTFCSを受信した後で同じことを自分の下位レイヤに対して行います。

ネットワークと携帯電話端末の間でこの情報が共有されると、トランスマッタはこの情報と、上位レイヤからの伝送容量の要求に基づいて、どのチャネルを使用するか、各チャネルを無線フレーム中にどのように配置するかを決定できます。同様に、レシーバはこの情報を使って、どのチャネルが存在するか、各チャネルをどのように復元するかを決定できます。

W-CDMAシステムでは、この決定を行うために2つの方法を用意しています。第1の方法は、各無線フレームにTFCI(Transport Format Combination Indicator)を含める方法です。第2の方法は、BTFD(Blind Transport Format Detection)です。

TFCIを使用する場合、送信側はどのTFCを使用するかを決定します。TFCIは、TFCSの可能な組合せのリストのインデックスを示し、送信側は、TFCIをDPCHの制御部に含めて送信します。レシーバはTFCIを復元する方法が常にわかっているので、それを使ってどのチャネルを復元するか、そのチャネルをどのようにデコードするかを決定できます。

BTFDを使用する場合、レシーバはTFCS中の可能なTFCをすべて試してみて、最もエラーの少ないものを選ぶ必要があります。

1.10 ダウンリンクDPDCH/DPCCHのコーディングとエア・インターフェース

図10に示すのは、DPCHのコーディング、拡散、スクランブリングの例です。この例では、12.2 kbpsの音声サービスが、20 msのフレームを使用するDTCH論理チャネルで伝送されています。チャネルのコーディング後に、DTCHは1/3レートのコンボリューション・エンコーダでコーディングされます。この例では、データは次にパンクチャ(レート・マッチング)され、インタリーブされます。この時点では、DTCHは物理チャネルのフレーム・レートに合わせて10 msのフレームに分割されます。DCCH論理チャネルは、40 msのフレーム構造で2.5 kbpsのデータ・ストリームを伝送しています。DCCHはDTCHと同じ方法でコーディングされます。DCCHのフレーム分割では、物理チャネルのフレーム・レートに合わせてデータを4個の10 msセグメントに分けます。DTCHとDCCHは多重化され、コード化コンポジット・トランスポート・チャネル(CCTrCH)となります。CCTrCHはインタリーブされ、42 kbpsで動作するDPDCHにマッピングされます。

この例では、DPCCHは18 kbpsの速度で動作しています。DPDCHとDPCCHは時間多重化されて(DPCH) 60 kbpsのストリームとなります。このストリームは、それぞれ30 kpsのシンボル・レートで動作する独立したIチャネルとQチャネルに変換されます。DPCHは拡散率が128のOVSFコードで拡散されて目的の3.84 Mcpsとなります。このコードは、同じセルまたはセクタ内の他の信号からこの信号を区別する役割を果たします。このプロセスの後、信号は各セルまたはセクタを識別するコードでスクランブルされます。得られたIとQの信号は $\alpha=0.22$ のルート・ナイキスト(RRC)フィルタでフィルタリングされ、RF搬送波(図には示していない)を変調します。

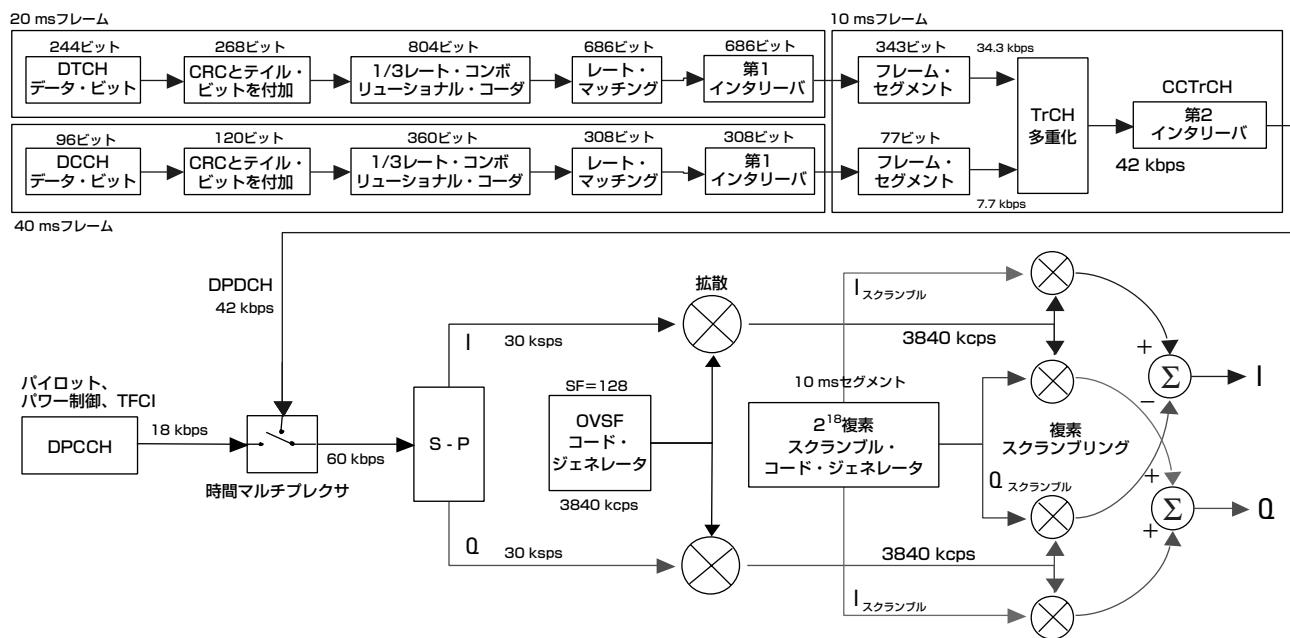


図10. ダウンリンクDPDCH/DPCCHのコーディング、拡散、スクランブリング(別の説明については[2]、[9]、[10]を参照)

1.11 アップリンクDPDCH/DPCCHのコーディングとエア・インターフェース

アップリンクのDPDCH/DPCCHで用いられる拡散とスクランブリングは、2つの重要な点でダウンリンクと異なっています。1つはI/Q多重化、もう1つはHPSK (Hybrid Phase Shift Keying、ハイブリッド位相シフト・キーイング) スクランブリング(複素スクランブリングでなく)です。図11に示すのは、アップリンクDPDCH/DPCCHのコーディングとエア・インターフェースの例です。この例では、論理DTCHが12.2 kbpsの音声チャネル、論理DCCHが2.5 kbpsのシグナリング・チャネルを传送します。これらの論理チャネルはそれぞれチャネル・コード化され、コンボリューション・コーダに通され、インターリーブされます。DTCHでは20 msのフレームが用いられます。フレーム分割の時点での物理層の10 msフレーム構造に合わせてDTCHは2つの部分に分割されます。DCCHは40 msのフレームで動作するので、4つの部分に分割され、各シグナリング・フレームが4個の10 ms無線フレームに拡散されます。これらのチャネルはその後パンクチャーリング(レート・マッチング)され、多重化されてから拡散されます。この時点での多重化されたデータのことをCoded Composite Transport Channel(コード化コンポジット・トランスポート・チャネル、CCTrCH)と呼びます。2回目のインターリーブの後、CCTrCHは60 kbpsで動作するDPDCHにマッピングされます。DPDCHは拡散率64のOVSFコードで拡散され、目的の3.84 Mcpsのレートになります。利得スケーリング(可変拡散率に合わせて送信パワーを調整するため)の後、拡散されたDPDCHはIチャネルに載せられます。

アップリンクDPCCHのデータ・レートは常に15 kbpsです。DPCCHのデータは、SF=256のOVSFコードで拡散されて3.84 Mcpsのレートに達し、この例ではDPDCHに対して-6 dBに利得スケーリングされます。その後、DPCCHはQチャネルに載せられます。追加のDPDCHが存在する場合、IまたはQに割り当てられ、適切なOVSFコードで拡散されます。複合された拡散後の信号は、変調前に特別な複素関数によってスクランブルされます。これは、IQ平面の原点を通る信号遷移と、0°位相シフトの遷移を制限する役割を果たします。これにより、信号のピーク-平均パワー比が改善されます。この関数は通常の複素スクランブリングの一種と見なすことができ、HPSKと呼ばれています。ただし3GPP仕様にはこの呼び方は出てきません。スクランブリング・ジェネレータは2つのランダム・シーケンス(ロング・スクランブリング・シーケンス)を使用する場合は標準で $C_{long,1}$ および $C_{long,2}$ と呼ぶもの[9]を生成します。2番目のシーケンスはデシメーションされ、関数{1,-1}および最初のシーケンスと乗算された後、複素スクランブルのQパスに載せられます。最初のシーケンスは複素スクランブルのIパスに載せられます。HPSKの詳細な説明については、[8]を参照してください。

得られたIとQの信号はRRCフィルタ ($\alpha=0.22$) でフィルタリングされ、RF搬送波(図には示していない)を変調します。

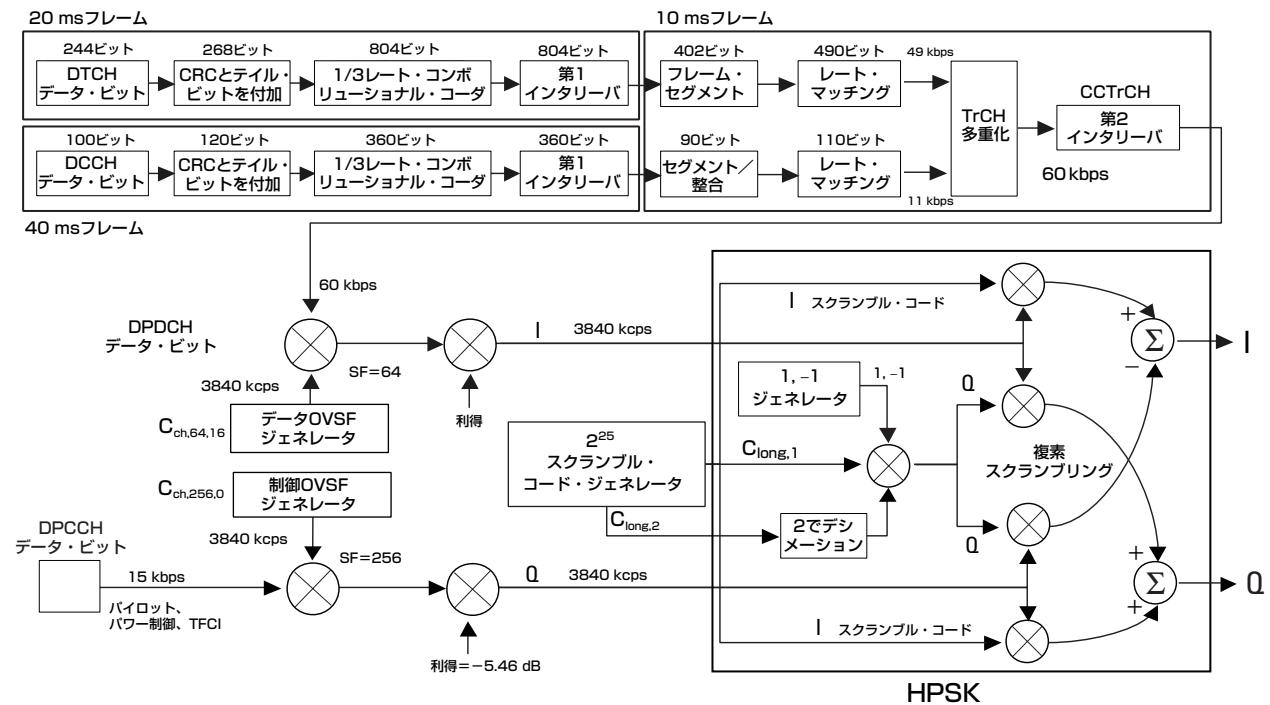


図11. アップリンクDPDCH/DPCCHのコーディング、拡散、スクランブリング(別の説明については[2]、[9]、[10]を参照)

1.12 リファレンス・メジャメント・チャネル

異なる機器メーカーの間であいまいさや矛盾が発生するのを避けるため、携帯電話端末送信機および受信機の適合試験に使用するアップリンクとダウンリンクのチャネル構成が3GPPで定義されています[12]。これらの構成はリファレンス・メジャメント・チャネルと呼ばれます。ダウンリンク・リファレンス・メジャメント・チャネルは4つ、アップリンク・リファレンス・メジャメント・チャネルは5つあります。これらはすべてDPDCHとDPCCHから構成されます。4つのダウンリンクまたは5つのアップリンク・リファレンス・メジャメント・チャネルの間の主な違いは、DTCH論理チャネルの情報ビット・レート(12.2 kbps、64 kbps、144 kbps、384 kbpsのどれか)です。アップリンクに限って、768 kbpsの情報ビット・レートも使用できます。

図10のチャネル構成例のデータ・レートは、12.2 kbpsのダウンリンク・リファレンス・メジャメント・チャネルに対応します。図11のチャネル構成例のデータ・レートは、12.2 kbpsのアップリンク・リファレンス・メジャメント・チャネルに対応します。12.2 kbpsのアップリンク(またはダウンリンク)リファレンス・メジャメント・チャネルは、大多数の送信機(または受信機)適合試験に対して標準で規定されているテスト・チャネル構成です。3GPP規格に記載された12.2 kbpsアップリンクおよびダウンリンク・リファレンス・メジャメント・チャネルの詳細な構造とパラメータの説明を付録Aに記します[12]。

1.13 圧縮モード

圧縮モードでは、無線基地局と携帯電話端末は特定のDPCHの送信を一時的に停止することができます。これにより携帯電話端末は、他の周波数の信号強度測定を行うことができます。これは、周波数間またはシステム間(ハード)ハンドオーバを実行するために必要となります。携帯電話端末がこの測定を実行するためには、1フレームあたり1~7スロットを割り当てる必要があります。これらのスロットは、1個のフレームの中央に置くことも、2個のフレームに分散させることもできます。パワーをオフにするフレームの部分のことを、仕様ではDTX(Discontinuous Transmission)と呼んでいます。

3GPP規格では、圧縮モードを実現するために3つの異なる方法を定義しています。

- SFを減らす(OVSFコードを短くする)。データ伝送速度を上げることでDTXの余地を作ります。
- エラー訂正エンコーダの出力をパンクチャしてシンボル・レートを下げ、フレームあたりのビット数を、圧縮モードの無線フレームで使用できる少ないシンボル数で伝送できる数にまで減らす。この方法はダウンリンクでのみ用いられます。
- 上位レイヤのスケジューリング。プロトコルの上位レイヤのデータ・レートを下げるため、使用可能なTFCを制限し、一部のデータの伝送を遅らせる。これにより、ユーザ・トラヒックのタイムスロット数が実効的に減ります。

圧縮モードの詳細については、[2]を参照してください。

1.14 非同期セル・サイト捕捉

他のCDMAシステムでは、GPSを使ってすべての無線基地局の時間基準と精密に同期しています。これには、捕捉とセル間ハンドオーバが簡単になるという利点があります。特に、IS-95の無線基地局で用いられるスクランブリング・コード(ショートPNコード)は、同じコードに固有の時間遅延を付加したものです。時間遅延されたPNコードは統計的に独立したコードとして振る舞うので、無線基地局を識別するために複数のコードの複雑なサーチを行わなくとも、単純な時間オフセット測定だけですみます。さらに、すべての無線基地局のフレーム・タイミングが同期されているため、ソフト・ハンドオーバが容易になります。この技術により、携帯電話端末の動作は単純になりますが、セル・サイト側ではGPS同期と、PNコード同士が伝搬遅延を経ても互いに混同されないようなコード・オフセットが必要になります。

W-CDMAのデザイン・ゴールの1つは、GPSの同期を不要にすることでした。GPSへの依存をなくすことにより、GPSが簡単に利用できないような場所、例えばビルの地下室や、一時的な場所にもシステムを展開することが可能になります。この非同期セル・サイト動作を、W-CDMAはいくつかの方法で実現しています。

第1に、W-CDMAのスクランブリング・コードはPNコードでなくGoldコードです。W-CDMAで用いられるGoldコードは、同じコードを時間オフセットしたものではなく、一意のコードです。したがって、セル・サイトの精密な時間同期は必要ありません。しかし、セル・サイトの分離のために割り当てる相異なるGoldコードは512通りもあります。携帯電話端末は、単に同じコードの異なる時間オフセットをサーチするのではなく、多数のスクランブリング・コードをサーチしなければならなくなります。この作業を容易にするため、S-SCHチャネルのSSCを使って、特定の64 Goldコードの組をサーチするように携帯電話端末に指示が出されます。それぞれの組は、8個のスクランブリング・コードのグループに対応します($64 \times 8 = 512$)。携帯電話端末は各コード・グループの8個のコードを1つずつ使って、BCHのデコードを試みます。BCH情報(システム・フレーム番号)をリカバできれば、同期プロセスは完了です。

1.15 非同期セル・サイト・ソフト・ハンドオーバ

CDMAソフト・ハンドオーバでは、1台の携帯電話端末が同時に複数の基地局との通信を確立することができます。ソフト・ハンドオーバ中には、各無線基地局からの複合信号が個別に相関され、その後に複合されます。この方法で、1つの無線基地局からの信号だけでは弱すぎて無線リンクを維持できない場合でも通信が可能になります。

非同期クロックで動作するW-CDMA無線基地局の場合、ソフト・ハンドオーバを複雑にする要素として、無線基地局のフレーム・タイミングが明示的に調整されていないことがあります。このため、異なる無線基地局からのフレームを携帯電話端末で複合することが困難になるおそれがあります。この問題を回避するため、W-CDMAの携帯電話端末は、起点の無線基地局とハンドオーバ・ターゲット無線基地局とのフレーム・タイミングの差を測定します。このフレーム・タイミングが携帯電話端末からネットワークに報告され、ネットワークはターゲット無線基地局にフレーム・タイミング修正コマンドを発します。ターゲット無線基地局は送信中のDPDCH/DPCCHチャネルのフレーム・タイミングを調整するので、携帯電話端末が受信するターゲット無線基地局フレームは起点の無線基地局からの対応するフレームと時間的に正確に一致するようになります。この時間アライメント機能により、携帯電話端末のレーキ受信器は両方の無線基地局からの受信信号をトラッキングすることができます。

2 デザインと測定に関する一般的な問題

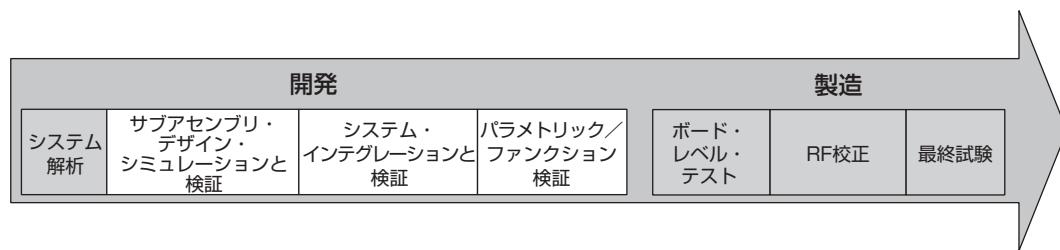


図12. 携帯電話端末の開発および製造の一般的なダイアグラム

図12に示すのは、携帯電話端末の開発および製造の一般的なダイアグラムです。この章では、図で白く強調表示されている開発フェーズを中心に扱います。ただし、ここに記された一般的な情報は、携帯電話端末のライフ・サイクルのあらゆる部分に携わるエンジニアに役立つはずです。

この章では、携帯電話端末のデザインと検証において必要となる最も重要なテストのいくつかについて説明します。これには、コンフォーマンス仕様[12]に記載された測定と、携帯電話端末の機能検証やデザインの問題のトラブルシューティングに必要なその他の測定が含まれます。対応するコンフォーマンス・テストが仕様に存在する場合は、その旨記します。

仕様で要求されるトランスマッタおよびレシーバのコンフォーマンス・テストを実行するには、呼を設定し、携帯電話端末をループバック・テスト・モードにする必要があります。このことは、システム・シミュレータ (SS) と呼ばれる1台の機器を使って適切な試験信号を送り、携帯電話端末からの応答を測定することが前提となっています。また、携帯電話端末のハードウェアと機能のすべてが使用可能であることも前提です。携帯電話端末のデザイン段階によっては、この前提は必ずしも満たされません。このため、本アプリケーション・ノートのテストの説明では、ループバック・テスト・モードの使用を前提としません。すなわち、本アプリケーション・ノートで説明するテストは、一般的に1台の機器 (ワンボックス・テスタまたはSS) で実行することも、2台の機器 (信号発生器とスペクトラム・アナライザまたはパワー・メータ) で実行することもできますが、2台の機器を使った場合は仕様で定義された手順を厳密には満たしません。ほとんどの測定は、シミュレーションで実行することさえ可能です。Agilentのワンボックス・テスタ (またはSS)、信号発生器、シグナル・アナライザ、パワー・メータ、デザイン/シミュレーション・ソフトウェアで使用できるW-CDMAテスト機能については、付録Bを参照してください。

2.1 干渉の制御

CDMAシステムでは、アクティブなユーザがすべて同時に同じ周波数で通信します。各ユーザは異なる拡散コードを使用するため、他のユーザにとってはランダムな干渉見えます。システムの容量を最終的に決定するのは、受信器の最小動作信号/干渉比 (SIR) です。しかし、パジェットがどうであれ、1つの周波数チャネルに同時に存在できるユーザの数は、各ユーザが生成する干渉のレベルに依存します。これは統計的な量で、ネットワーク・トポロジーからユーザの電話機の持ち方に至るまで、さまざまな要素に依存します。このため、システム・デザインには詳細なシミュレーションが不可欠であることが経験的に証明されています。

仕様化し、測定、制御が必要なパラメータとして、隣接チャネル干渉と平均パワーの2つがあります。隣接チャネルからのパワー漏れは、チャネルのノイズ・フロアに影響します。これにより有効マージンが直接に減少し、システム容量が低下します。また、高速で正確なパワー制御がCDMAシステムの性能には重要です。十分なエラー・レートを実現するのに必要なレベルよりも高いパワーで送信しているユーザは、例え短時間でも、システムの容量を低下させるからです。

以下の部分では、これらのRFパワーを評価するための主要なテストについて説明します。

2.1.1 平均RFパワー

平均RFパワーは、CDMAのような高度な変調方式の場合でも、製造試験における重要な測定の1つと見なされ続けるでしょう。しかし、どんな変調信号の場合でも、平均RFパワーだけで十分な情報を得ることはできません。研究開発に携わるエンジニアにとっては、ピーク・パワー、ピーク-平均パワー比(PAR)、そして特にCDMAの場合は、相補累積分布関数(CCDF)—これについてはこの章の後の方で説明—などのパワー統計が重要な意味を持ちます。比較的最近になって、これらの測定を可能にするパワー・メータやアナライザが登場してきました。

広帯域の被変調RF信号がパワー・メータとパワー・センサのデザインにもたらす問題について簡単に見ておくのが役立ちます。より詳細な説明については、[13]を参照してください。

一般的な用途に最も広く用いられるセンサは、熱電対センサとダイオード・センサです。熱電対センサは熱を利用したセンサなので、信号の帯域幅や変調の複雑さに関係なく、真のアベレージング・ディテクタとして動作します。しかし、ダイナミック・レンジは最大50 dBに制限されます。また、正確な測定値を得るには長いセトリング時間が必要です。このため、パルス(ピーク・パワー)測定には適しません。

ダイオード・センサは、ダイオードの伝達特性の2乗領域をディテクタとして使用します(図13参照)。

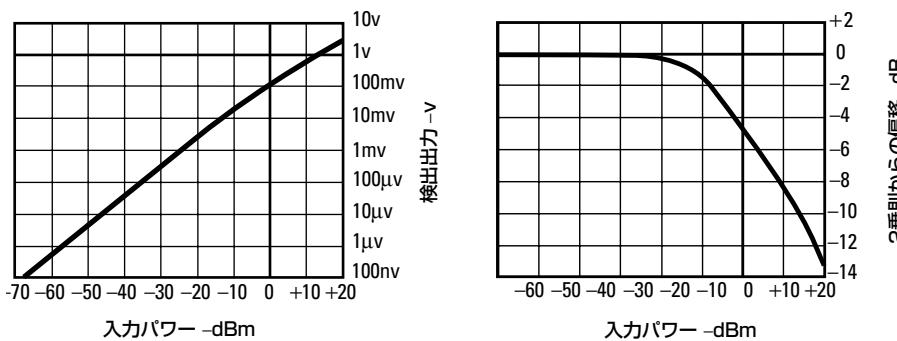


図13. ダイオードの検出特性が2乗則から遷移領域を経てリニア検出になる様子

検出後に補正することにより、ダイオード特性の遷移領域とリニア領域も検出に利用できます。これにより、代表的な場合で-70から+20 dBmまでの90 dBという広いダイナミック・レンジが得られます。ただし、信号が2乗領域(通常-20 dBm程度)より大きい場合、この方法で正確な結果が得られるのは連続波(CW)に対してだけです。

これとは別に、ダイナミック・レンジの全域にわたって真の2乗応答を実現するダイオード・パワー・センサが最近開発されています[14]。この方法を使えば、センサの周波数レンジ内のあらゆる帯域幅の信号に対して正確な平均RFパワー測定が可能になります。

パワー・メータを使う方法の主な利点は、注意して測定を行えば広いダイナミック・レンジでカンマ数dB単位の高い確度が得られることです。また、国家標準にトレース可能な測定結果が得られる利点もあります。欠点としては、パワー・メータでは広帯域測定が行われるため、不要な信号が含まれないように注意が必要になることです。

もう1つの方法は、チャネル・パワー測定機能を持つシグナル・アナライザで平均パワーを測定することです。この場合の振幅確度は測定器に依存します。一部のアナライザでは、絶対振幅確度が0.6 dBという小さい値になります(パワー・メータと同程度)。他の測定器では確度が±1 dBを超えるものもあります。ただし、相対確度は±1 dBよりずっとよいのが普通です。アナライザを使う方法の利点は、パワー統計や変調品質解析など、多種類の測定スイートを使用できる可能性があることです。

[12]の「5.2 最大出力パワー」の仕様では、チップ・レートの $(1+\alpha)$ 倍以上の帯域幅で、1タイムスロット以上の時間にわたってパワーを測定するように要求されています。

2.1.2 アップリンクのパワー制御

パワー制御は、送信パワー・レベルを制限することにより、干渉レベルを最小化し、システム容量を拡大する働きをします。アップリンクの場合、目的は各携帯電話端末が送信するパワーを最適化することで、正常な通信を維持することです。パワー制御のエラーが多すぎると、システム容量が減少します。アップリンクには3種類の異なるパワー制御ループが存在します。第1は外部ループ・パワー制御、第2は開ループ・パワー制御、第3は内部ループ・パワー制御です。外部ループ・パワー制御は、必要なQoS (Quality of Service)に基づいてネットワークが信号品質レベルを設定するため使用します[20]。

開ループ・パワー制御は、携帯電話端末からネットワークへの初期アクセスのときと、ハード・ハンドオフの場合のようにアップリンクの伝送を中断する必要があるときだけに用いられます。携帯電話端末が受信信号で測定したパワーと、無線基地局から伝達されたBCCH情報に基づいて、携帯電話端末がPRACH伝送のパワーを調整します。携帯電話端末の開ループ・パワー制御の許容範囲は、仕様に定められた値を超えてはなりません([12]の「5.4.1 アップリンクの開ループ・パワー制御」を参照)。図14に示すのは、PRACHの開ループ・パワー制御測定の画面です。

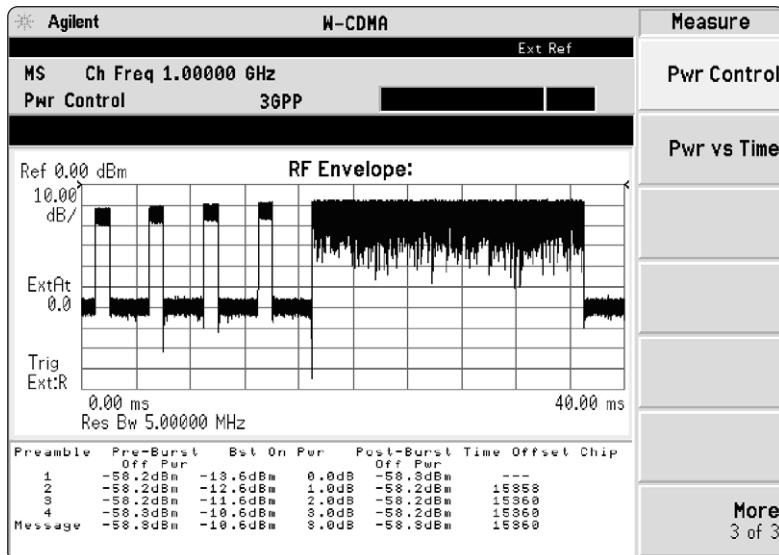


図14. 開ループ・パワー制御測定

内部ループ・パワー制御(高速閉ループ・パワー制御とも呼ぶ)は、必要な信号品質レベルを維持するためにリアルタイムで高速に動作します。アップリンクの内部ループ・パワー制御は、携帯電話端末からの通常の送信の際に用いられます。干渉を最小化するため、携帯電話端末のトランシッタはダウンリンクで受信したTPCコマンドに従って出力パワーを調整します。パワー制御コマンドはすべてのスロットで送信されます。携帯電話端末のトランシッタは、受信したTPCコマンドにしたがって、出力パワーを1 dB、2 dB、3 dB(後者は圧縮モードのみで使用)のステップ・サイズで変化させることができなければなりません。携帯電話端末の内部ループ・パワー制御サイズと応答は、仕様に記述された値を満たす必要があります([12]の「5.4.2 アップリンクの内部ループ・パワー制御」を参照)。このテストでは、受信したTPCコマンドを携帯電話端末が正しく処理できることも確認します。図15に、内部ループ・パワー制御測定の2つの例を示します。

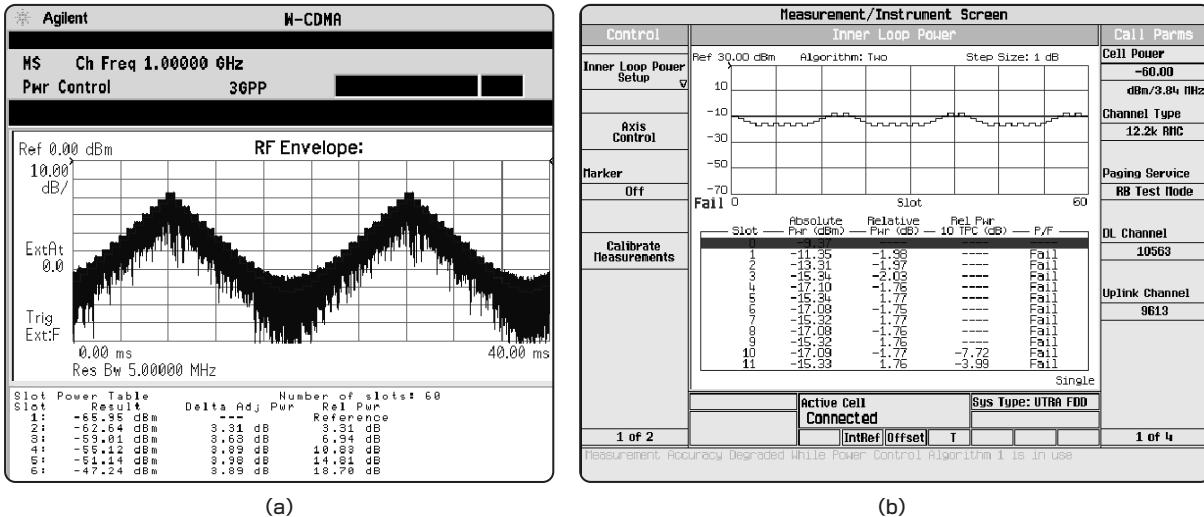


図15. 内部ループ・パワー制御測定の例 (a) スペクトラム・アナライザを使用 (パワー制御コマンドは信号発生器から供給) (b) ワンボックス・テスタを使用

2.1.3 隣接チャネルの干渉

ACP (R) という略語は、文脈に応じて、送信機測定である隣接チャネル漏洩電力(比) (Adjacent Channel Power (Ratio))を指すことも、受信器測定である隣接チャネル保護(比) (Adjacent Channel Protection (Ratio))を指すこともあります。このあいまいさを解決するため、3GPPは新しい用語として、ACLR (Adjacent Channel Leakage Power Ratio、隣接チャネル漏洩電力比)、ACS (Adjacent Channel Selectivity、隣接チャネル選択性)、ACIR (Adjacent Channel Interference Ratio、隣接チャネル干渉比)を導入しています。

ACLRは送信機性能の尺度です。その定義は、送信パワーと、受信器フィルタを通った後で測定される隣接RFチャネルのパワーとの比とされます。これは従来隣接チャネル漏洩電力比と呼ばれていたものです。

ACSは受信器性能の尺度です。その定義は、割当てチャネル周波数に対する受信器フィルタ減衰量と、隣接チャネル周波数に対する受信器フィルタ減衰量との比とされています。

ACIRはシステム全体の性能の尺度です。その定義は、信号源(無線基地局または携帯電話端末)から送信される全パワーと、送信機および受信器の欠陥から生じ、特定の受信器に影響する干渉の全パワーとの比と定義されます。ACIRが注目されるのは主に、干渉の原因ではなく、干渉全体の量が主要な問題となるネットワーク・シミュレーションにおいてです。これは従来隣接チャネル保護比と呼ばれていたものに相当します。

下記の式は、ACIR、ACLR、ACSの間の関係を示します。

$$ACIR = \frac{1}{\frac{1}{ACLR} + \frac{1}{ACS}}$$

隣接チャネル・リーケージ(ACL)の主な原因是、パワー・アンプ(PA)のノンリニア特性です。これは隣接チャネルにあるシステム同士の共存能力に直接影響します。パワー・リーケージは一般的なノイズ汚染で、隣接チャネルのシステムの性能を低下させます。はなはだしい場合は、「遠近問題」と呼ばれるものを引き起します。これは、近くの隣接チャネル携帯電話端末からのACLが大きいために、遠くにある無線基地局と携帯電話端末が通信できなくなる現象です。この問題はネットワーク・プランによって対処が可能ですが、それに伴うコストはACLR仕様の厳格さに直接的に依存します。したがって、ここにはニーズの衝突が存在します。機器デザインの観点からはACLR仕様が緩いほうが都合がいいのですが、ネットワーク・プランの観点からはACLが低いことがきわめて重要なのです。

3GPPでも、これについてはさまざまな議論がありました。現在の3GPP規格で携帯電話端末に対して規定されている値は、5 MHzオフセットで33 dB(または-50 dBm、対応する漏れ電力が小さい方)、10 MHzオフセットで43 dB(または-50 dBm、対応する漏れ電力が小さい方)です。

ACLR(またはACPR)の測定には、シグナル・アナライザまたは測定レシーバが一般に用いられます。この測定においては、主周波数チャネルのパワーと隣接チャネルのパワーの両方にフィルタが適用されます。ACLRの重要な要素として、測定フィルタの仕様、特にその帯域幅と形状があります。もともとのW-CDMAの仕様では方形フィルタを用いることとされていましたが、現在ではチップ・レートに等しい-3 dBの帯域幅を持つRRCフィルタに変更されています[12]。これにより、実環境での性能により近い結果が得られます。ただし、測定機器は精密な重み付けフィルタを使う必要があります。このため、W-CDMAのACLR機能を持たない既存のスペクトラム・アナライザでは測定が不可能になる場合があります。ただし、実際には測定結果の違いはわずか(0.1 dB前後)です。図16に示すのは、W-CDMA携帯電話端末送信機のACLR測定結果です。この測定は、規定された適切なRRCフィルタを装備するベクトル・シグナル・アナライザを使って行われました。(図16の「5.10 ACLR」を参照)

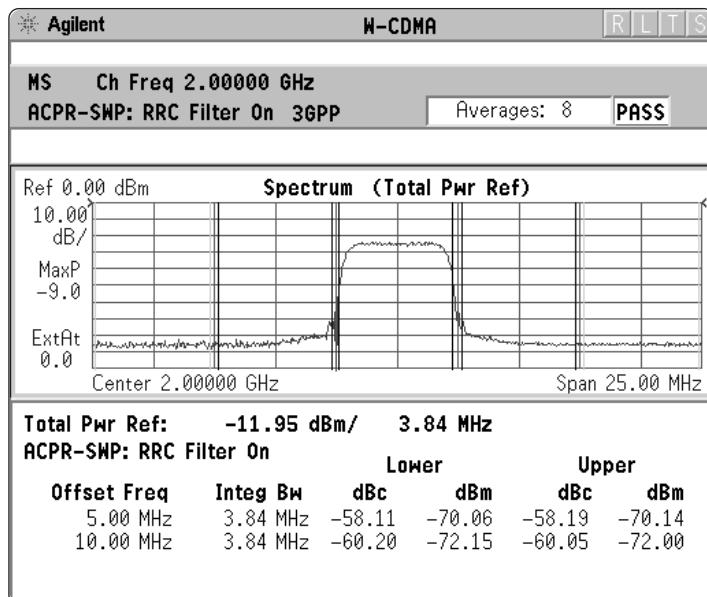


図16. W-CDMA携帯電話端末送信機に対する、規定されたRRCフィルタを使ったACLR測定結果[12]

2.2 電池寿命の長時間化

ACLRは重要なパラメータですが、W-CDMA携帯電話端末のACLR性能を維持するのはなぜそれほど困難なのでしょうか。

移動体通信用ハンドセットにとって、電池寿命は最も重要な特性の1つです。電池寿命の長時間化にとっては、パワーアンプの効率が重要な要素です。GSMで用いられているGMSK (Gaussian Minimum Shift Keying、ガウシアン最小シフト・キーイング)には、振幅エンベロープが一定であるという利点があり、これにより安価なノンリニアB級パワーアンプ(PA)が使用できます。

これに対してW-CDMAでは非固定振幅方式が用いられるため、より高価で効率の低いリニア・アンプを使用する必要があります。W-CDMAの場合、信号のPARが重要な問題です。PARとは、信号のピーク・エンベロープ・パワーと平均エンベロープ・パワーとの比と定義されます。信号のPARが大きいと、アンプに必要なヘッドルームが大きくなり、アンプの効率が下がります。2Gの非固定振幅フォーマット、例えばPDCで用いられる $\pi/4$ DQPSK (Differential Quadrature Phase Shift Keying、差分直交位相シフト・キーイング)では、0を通る信号エンベロープの遷移を避けることで、PARを最小化しています。

W-CDMAの携帯電話端末は、高いデータ・レートを可能にするため、複数のチャネルを送信する場合があります。QPSKと拡散／スクランブリング関数(HPSK)を組み合わせることにより、PARが最小化されます[8]。この方法により、基本構成(1つのDPDCHと1つのDPCCH)でのPARが3.6 dB以上になる時間は全体の0.1%になります(図17参照)。

ただし、HPSKでPARが下がるといっても、アクティプなコード・チャネルの数が増えればPARはやはり増加します。最悪のシナリオは、5つまたは6つのチャネルが必要になる場合(コード・ドメイン・パワーのセクションを参照)です。このような状態になる時間の割合はわずかですが、重要であることには変わりありません。

増幅器のデザインとシステム・インテグレーションの両方において、隣接チャネル漏洩電力の仕様を維持しながら、信号が示すPARにパワー・アンプ(およびその他のコンポーネント)が対処できるように考慮することが必要です。この作業に役立つものとして、相補累積分布関数があります。

2.2.1 相補累積分布関数

CCDF(Complementary Cumulative Distribution Function、相補累積分布関数)は、信号のパワー統計を正確に表示します[15]。これはPARを確率に対して示したものです。図17に示すのは、チャネル構成が異なる2つのW-CDMAアップリンク信号のCCDF曲線です。0.1%の確率に対して、1つのDPCCHと5つのDPDCHを持つ信号のPARは、1つのDPCCHと1つのDPDCHを持つ信号の場合よりも2.85 dB高くなっています。

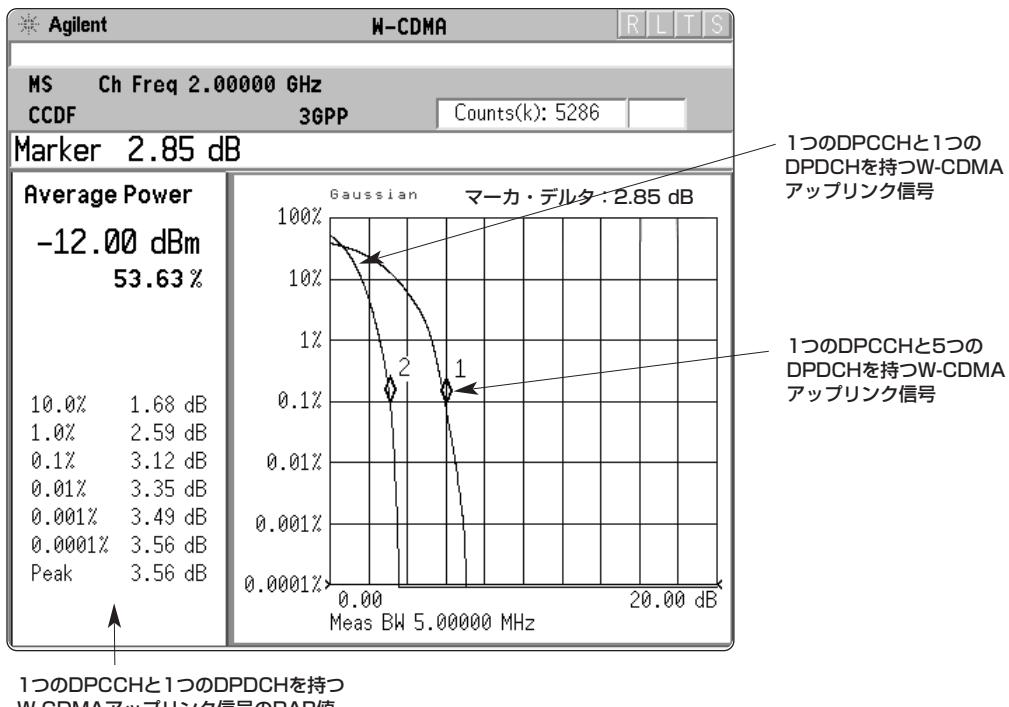


図17. 1つのDPCCHと1つのDPDCHを持つW-CDMAアップリンク信号と、1つのDPCCHと5つのDPDCHを持つW-CDMAアップリンク信号のCCDF

CCDF曲線は、下記のようないくつかの状況で役立ちます。

- コンポーネントのデザインで必要なヘッドルームを決定する場合[15]。
- 与えられた信号またはステイミュラスのパワー統計を確認する場合。CCDF曲線を使えば、他のデザイン・チームから提供されたステイミュラス信号が十分かどうかを検証できます。例えば、RFデザインはディジタル信号処理(DSP)セクションから提供された信号が現実的かどうかをCCDF曲線を使って検証できます。
- コンポーネント・デザインが十分かどうかの確認や、サブシステムまたはシステム・デザインのトラブルシューティング。CCDF測定はシステムの複数のポイントで実行できます。例えば、送信機のACLRが大きすぎる場合、パワー・アンプの入力と出力でCCDF測定を実行してみます。パワー・アンプのデザインが正しければ、2つの曲線は一致します。信号がパワー・アンプで圧縮されていれば、ピーク・アベレージ比がパワー・アンプの出力で低くなります(図18)。

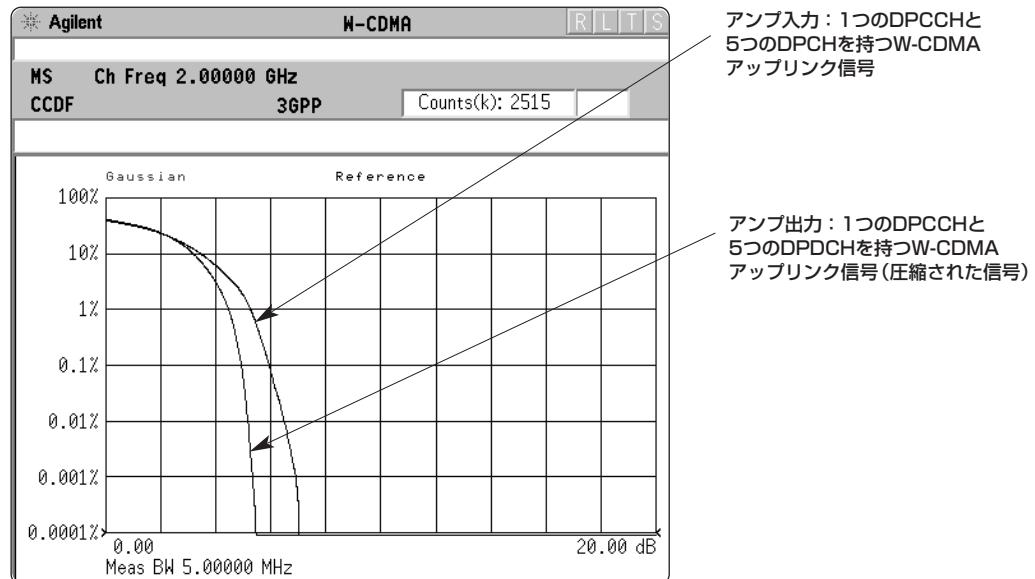


図18. 1つのDPCCCHと5つのDPDCHを持つW-CDMA信号の、圧縮のある場合とない場合のCCDF

2.3 変調精度の測定

GMSKなどの固定振幅変調方式の場合、位相誤差と周波数誤差が変調品質の指標となります。しかし、これらの指標は非固定振幅変調フォーマットに対してはあまり有効ではありません。振幅にも誤差が生じる可能性があるからです。

QAM (Quadrature Amplitude Modulation) やQPSK (Quadrature Phase Shift Keying)などの非固定振幅変調方式の変調精度を評価するのにきわめて有効な方法は、信号のコンスタレーションを観察することです。信号障害を客観的に評価する方法として、測定結果のシンボルと基準位置との距離をエラー・フェーザ(ベクトル)として求めることができます(図19参照)。

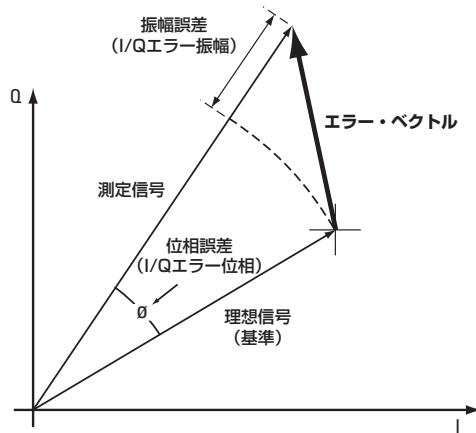


図19. エラー・ベクトルと関連パラメータ

基準位置を求めるには、一般的なQPSK信号の場合、図20に示すように、受信信号からデータ・ビットを復調し、得られたビットを理想的に再復調することで基準信号を作成します。

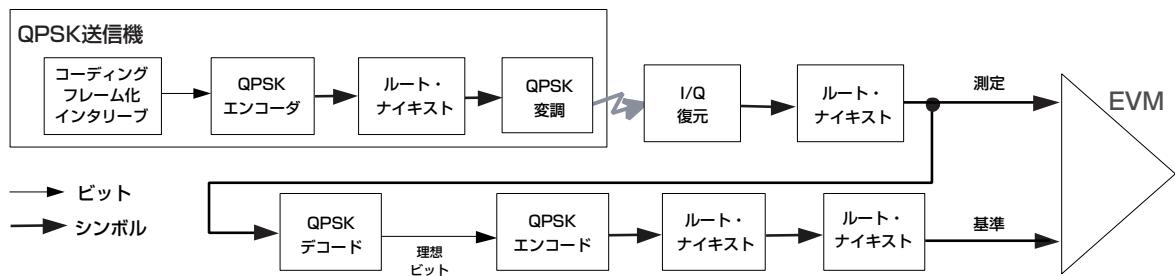


図20. 一般的なQPSK信号のEVMを計算するプロセス

エラー・ベクトルのRMS (Root Mean Square、2乗平均平方根) が計算され、理想信号の平均パワーの平方根に対するパーセンテージとして表されます¹。これがエラー・ベクトル振幅(EVM)です。EVMは変調品質の尺度として一般的で、デジタル通信システムで広く用いられています(トラブルシューティング・ツールとしてEVMを使用する方法については[16]を参照してください)。

EVMに関するこの説明は、QPSKやQAMの場合には十分ですが、W-CDMAの変調精度を評価することを考えるとさらに考慮が必要です。チップ・レベルとシンボル・レベルのどちらでEVMを測定すべきでしょうか。1個のDPDCHチャネルを持つ信号のEVMを測定すればよいのか、それとも他のチャネル構成を使用すべきでしょうか。基準はどのように計算すればよいでしょうか。

1. パーセンテージの実際の計算方法は、それぞれの標準に依存します。EVMの正規化の基準としては、いちばん外側のシンボルの振幅、平均シンボル・パワーの平方根、理想信号の平均パワーの平方根などが用いられます。W-CDMAの場合、理想信号の平均パワーの平方根に対して正規化することが標準に定められています(コンポジットEVMに関するセクションを参照)。

以下の部分では、W-CDMA信号に対して実行できる各種のEVM測定およびその他の変調品質測定の違いと、どのような場合に使用するかについて説明します。図21、23、30は、それぞれの測定を実行するプロセスを示します。

2.3.1 QPSK EVM

通常のQAMまたはPSK信号の場合、理想シンボル・ポイントはI/Q平面上の特定のいくつかの位置に必ずマッピングされます。これに対して、W-CDMAのアップリンク信号はI/Q多重化された複数のチャネルから構成される場合があります。すなわち、各チャネルのビットはBPSK (Binary Phase Shift Keying) エンコードされて¹、IパスまたはQパスに乗せられます。IパスとQパスには複数のチャネルが乗せられる場合があります。結果のI信号とQ信号は特殊な関数 (HPSK) で拡散、スクランブルされます (図11参照)。

複素値のチップ・シーケンスはRRC ($\alpha=0.22$) フィルタでフィルタリングされ、結果がQPSK²変調器に適用されます。図21の携帯電話端末送信機はこのプロセスを示します。

結果のコンスタレーションは、物理チャネル構成に依存します。コンスタレーションは、QPSKをはじめ既知のコンスタレーションには一致しないのが普通です。ただし、特定の少数のチャネル構成は例外です。例えば、1つのDPDCH (または1つのDPCCH) だけからなる信号は、QPSKコンスタレーションにマッピングされます。振幅レベルが等しい1つのDPDCHと1つのDPCCHを持つ信号は、図22のように、45°回転されたQPSKコンスタレーションにマッピングされます。受信器は絶対的な位相回転を無視するので、受信器が実効的に見るのはQPSKコンスタレーションです。

通常のQPSK EVM測定を使用しても、1つのDPDCHだけ、1つのDPCCHだけ、またはこの2つが同じ振幅レベルの信号に対する送信機の変調品質を評価することはできます。もっと複雑な信号はこの測定では解析できません。QPSK EVMは、RFで測定されたチップ信号を理想QPSK基準と比較します (図21参照)。

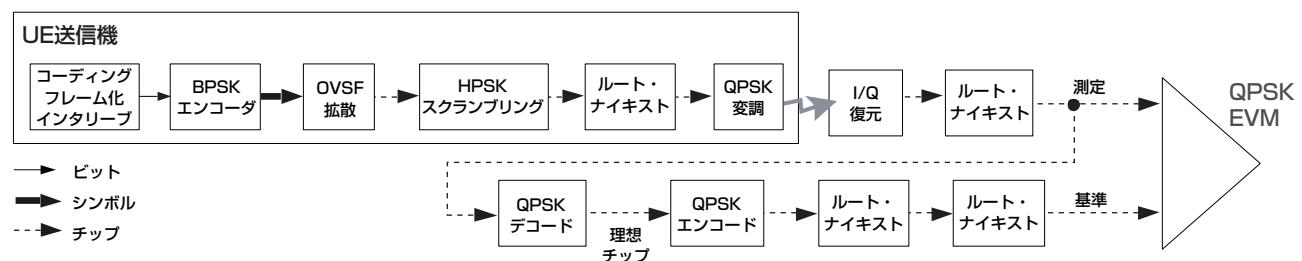


図21. W-CDMAアップリンク信号のQPSK EVMを計算するプロセス

QPSK EVM測定では、基準を計算する際に信号をデスクランブル、逆拡散してシンボルとチップに戻すことはしません。したがって、ベースバンド・フィルタリング、変調、RFの障害を検出することはできますが、OVSF拡散やHPSKスクランブリングのエラーを検出することはできません。

1. この場合のBPSKエンコーディングとは、1つのチャネルのビットをI(またはQ)バスに直列にマッピングすることを指します。これはすなわち、チャネルのビットがI(またはQ)のレベルに直接変換されることを指します。例えば、1001は1-1-1-1に変換されます。
2. この場合のQPSK変調とは、RF搬送波をI/Qベースバンド信号で変調するアップコンバートのプロセスを指します。

信号の逆拡散とデスクランブルが不可能な場合、QPSK EVM測定以外に選択の余地はありません。この意味で、拡散やスクランブリングのアルゴリズムが存在しない、あるいは正しく動作しない状態で、送信機のアナログ・セクションの変調品質を評価するRFデザイナやシステム・インテグレータにとって、QPSK EVM測定は有効な道具です。例えば図22に示すのは、W-CDMAアップリンク信号（パワー・レベルが等しい1つのDPDCHと1つのDPCCH）に対する、I/Q直交エラーのある場合となる場合のQPSK EVM測定結果とベクトル・ダイアグラムです。

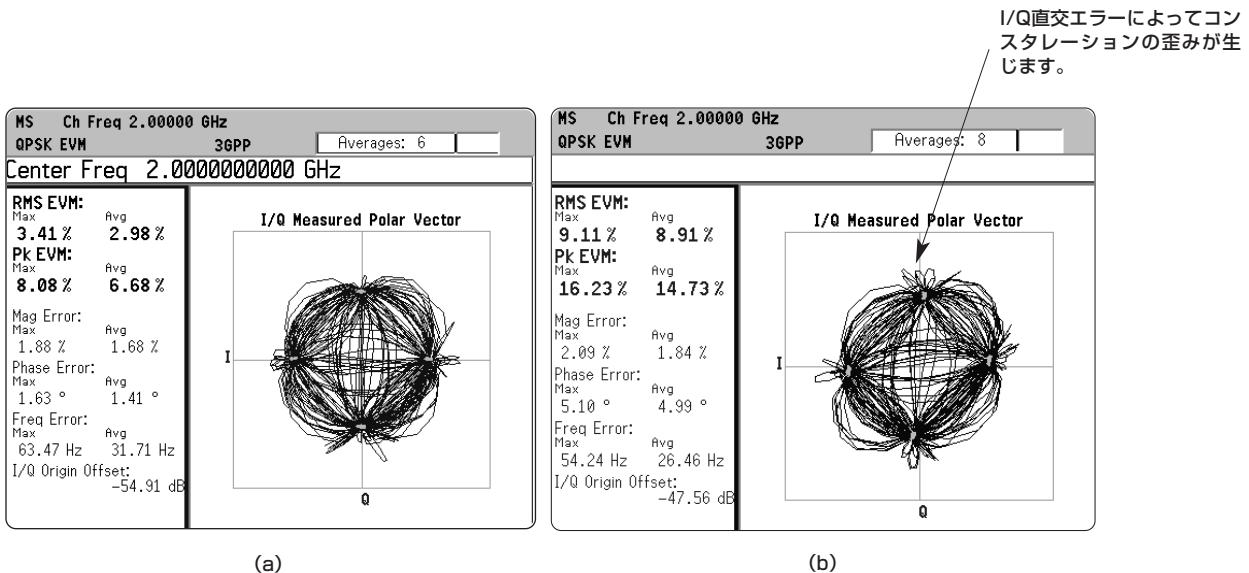


図22. アップリンクW-CDMA信号（振幅レベルが等しい1つのDPDCHと1つのDPCCHを持つもの）に対するベクトル・ダイアグラムとQPSK EVM測定結果。(a)送信機に障害がない場合。(b)送信機にI/Q直交エラーがある場合。

エラーの性質によっては、ベクトル・ダイアグラム、エラー・ベクトル対時間または周波数、振幅誤差対時間、位相誤差対時間などがトラブルシューティングに使用できます。例えば、ほとんどのI/Q障害（例えば図22のI/Q直交エラー）はベクトル・ダイアグラムを調べることで容易に発見できます。インチャネル・スプリアス信号はエラー・ベクトル・スペクトラムを解析すれば検出できます [16]。

2.3.2 コンポジットEVM

1つのDPDCHだけ（または1つのDPDCHと1つのDPCCH）の信号の場合はEVM測定も役立ちますが、一般には任意のチャネル構成における送信機の全体的変調品質を調べる必要があります。信号のコンスタレーションは、チャネル構成によって変化します。この場合に適した測定は、コンポジットEVM測定です。この測定は、3GPP規格で規定された変調精度適合試験に対応します[12]。

W-CDMAマルチチャネル・アップリンク信号の変調精度を評価するには、やはり基準信号を作成する必要があります。被試験信号がダウンコンバートされ（ベースバンドI/Q信号がリカバされ）、ルート・ナイキスト・フィルタに通されます。アクティブなチャネルがデスクランブル、逆拡散され、BPSKがデコードされてビットになります（図23参照）。

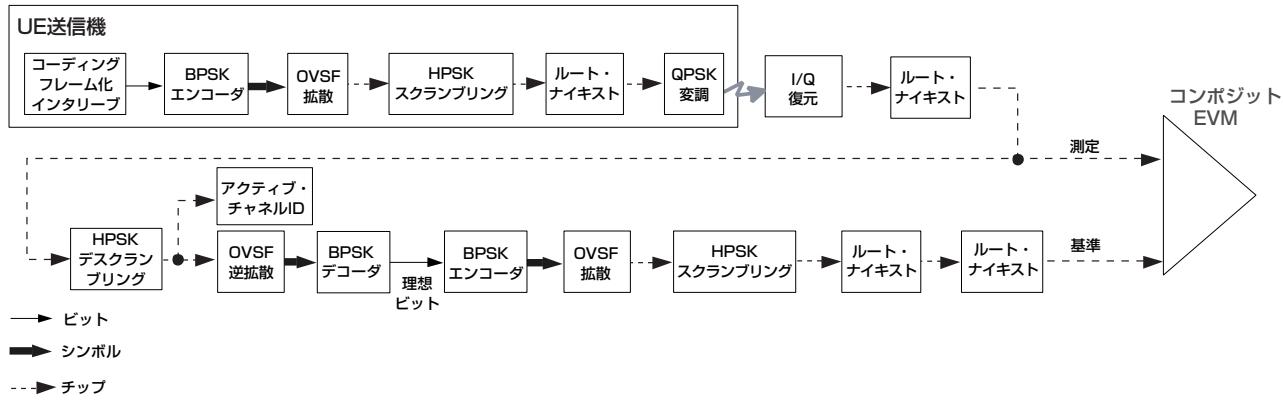


図23. コンポジットEVMを計算するプロセス

逆拡散されたビットは理想的に再変調されて、必要なチップ・レベルの基準信号を生成します。基準信号を測定信号から差し引くことにより、エラー・フェーザのタイム・レコードが生成されます。エラー信号の平均パワーと基準信号の平均パワーとの比の平方根が計算され、EVMのパーセンテージとして報告されます。

コンポジットEVM測定では、アクティブ・チャネルの拡散とスクリンプリングのすべての問題と、送信機チキンにおけるベースバンド、IF、RFのすべての障害を考慮することができます。

W-CDMAアップリンク信号に対してコンポジットEVM測定を実行するためには、DPCCHと最低1つのDPDCHを持つコーディングされた信号が必要です。そうでないと、アナライザが信号を復調して基準を計算することができません。このような場合でも、すでに説明したように、QPSK EVMを使って限定されたチャネル構成のRF性能を測定することはできます。

QPSK EVM測定の代わりにコンポジットEVM測定(およびそれに関連するベクトル・ダイアグラム、位相誤差および振幅誤差測定など)を使用する方がよいのは下記のような場合です。

1. **マルチチャネル信号に対する送信機の品質を評価するため。**これは特に、正しい統計値を持つ現実的な信号を使って送信機のRFセクション(またはコンポーネント)をテストする必要があるRFデザインにとって重要です。一般的に、信号のピーク-平均パワー比はチャネル数が増えるとともに増加します。マルチチャネル信号に対する変調品質を測定することにより、異なるストレス・レベル(異なるCCDF)のW-CDMAアップリンク信号に対するRFデザインの性能を解析することができます。マルチチャネル信号の変調品質の評価は、ベースバンド・デザインにあっても、マルチボード・ベースバンド・デザインの性能を解析するために重要です。例えば、異なるボードのチャネル同士のクロック同期にわずかなタイミング誤差があると、変調品質の低下として検出されることがあります。図24aに示すのは、アップリンクの12.2 kbpsのリファレンス・メジャメント・チャネルのコンポジットEVMとベクトル・ダイアグラムです。これは変調精度試験に用いるものとして標準に規定されたものです[12]。図24bに示すのは、DPCCHと3つのDPDCHを持つ信号のコンポジットEVMとベクトル・ダイアグラムです。

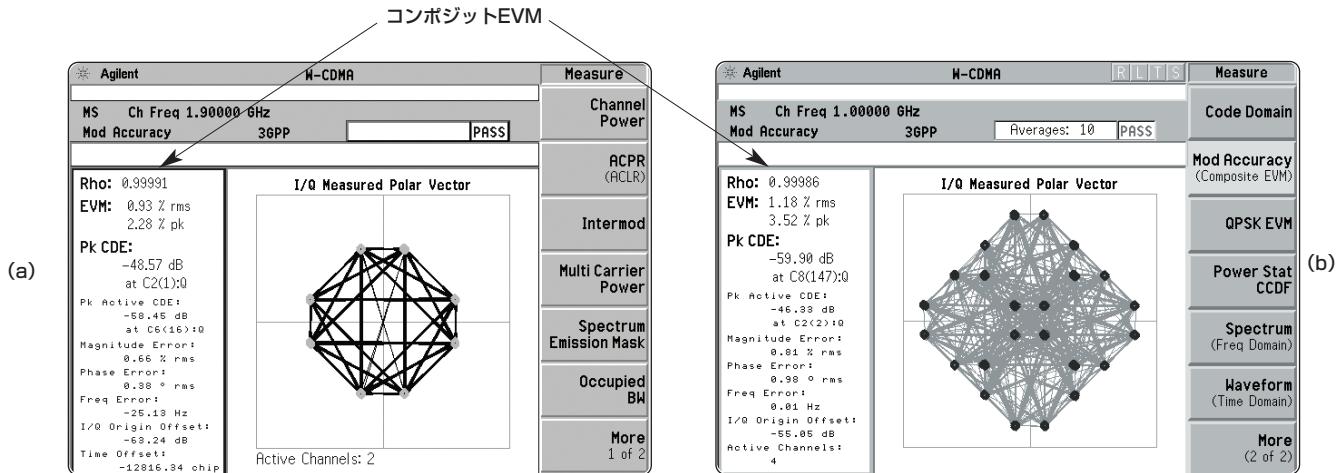


図24. 信号のコンポジットEVMとベクトル・ダイアグラム。(a)アップリンクの12.2 kbpsリファレンス・メント・チャネル(1つのDPDCHと1つのDPCCH)、(b)3つのDPDCHと1つのDPCCHを持つ信号。

2. 拡散またはスクランブリングのエラーを検出するため。エラーの程度によっては、コンポジットEVM測定を行う際に、アナライザが間欠的なアンロックを示したり、全くロックできなくなったりします。これは主にシステム・インテグレータにとって、拡散とスクランブリングのエラーを発見するために役立ちます。この問題が発生した場合、送信機の他の部分が正しく動作していることをQPSK EVM測定を使って確認します。アンロックが生じないようなスクランブリングまたは拡散エラーの場合、エラー・ベクトル対時間表示を使って問題のあるチップを発見できます。

3. ベースバンド・セクションとRFセクションとの間で発生するある種の問題を検出するため。これは主にシステム・インテグレータに役立ちます。これらの問題の一部はQPSK EVM測定を使って検出できる場合もあります。例えば、デジタル信号による干渉から生じる局部発振器の不安定度はQPSK EVMで検出可能です。ただし、ビット・シーケンスに同期した測定が必要な問題の検出にはQPSK EVM測定は使えません。例えば、I/Q入れ替わり(IとQが逆)のエラーはQPSK EVM測定では完全に正常に見えます。これに対して、コンポジットEVM測定ではこのエラーはアンロックを生じます。

コンポジットEVMは、携帯電話端末のライフ・サイクルにおける開発、性能検証、製造の各段階において、コンポジット波形全体を单一の性能指標で扱えるために便利です。しかし、多重化信号のコード単位の構成も知る必要があります。これを調べるために主要な方法は、コード・ドメインでのパワー分布を見ることです。

2.3.3 コード・ドメイン・パワー

コード・ドメイン・パワーとは、コード・チャネルの組の中での信号パワーの分布を、全信号パワーに対して正規化したものの解析です。コンポジット波形を解析するために、各チャネルがコード相関アルゴリズムを用いてデコードされます。このアルゴリズムによって、各コードの相関係数が求められます。チャネルがデコードされた後、各コード・チャネルのパワーが求められます。

W-CDMAの場合に測定を複雑にする要因として、異なるデータ・レートに対応するため、OVSFコードの長さ、すなわち拡散率が変化することが挙げられます。ユーザ・レートが増加するほど、ビット周期は短くなります。最終的なチップ・レートは一定なので、ビット周期内に収容されるOVSFコード・チップの数は少なくなります。すなわちSFが小さくなります。SFは、DPDCHのビット・レートが960 kbpsから15 kbpsまで変化するにつれて、4、8、16、32、64、128、256の値を取ります¹。

1つの拡散率に対して1組、全部で7組の拡散コードが規定されています。OVSFコードの割当てには、図25のコード・ツリーを使います。各コードは $C_{ch,SF,n}$ で表されます。例えば $C_{ch,4,2}$ は、チャネル化コード、SF=4、コード番号2を表します。

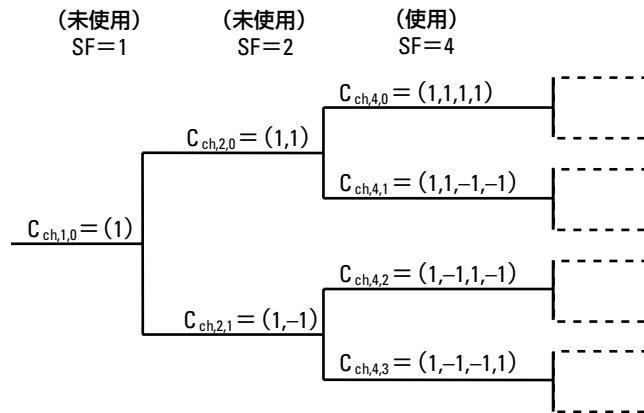


図25. OVSFコードのコード・ツリー生成[3]

このツリーで、特定のSFのOVSFコードを得るには、前のSFの「親枝」コードをコピーし、そのまま繰り返すか、反転します。例えば、 $C_{ch,2,1} = (1,-1)$ を繰り返せば $C_{ch,4,2} = (1,-1,1,-1)$ が得られ、 $C_{ch,2,1} = (1,-1)$ をコピーして反転すれば $C_{ch,4,3} = (1,-1,-1,1)$ が得られます。このコード生成法をリバース・ビット法と呼びます。

可変のSFを使う場合の制約の1つとして、短いコードを使うと、それから派生するすべての長いコードが使えなくなります。図26にその説明を示します。SF=4のコード $(1, 1, -1, -1)$ を使う高いデータ・レートのチャネルを送信する場合、 $1, 1, -1, -1$ で始まるそれより長いOVSFコードを使用する低データ・レートのチャネルは、直交しないためすべてオフにする必要があります。

1. DPCCHのビット・レートは15 kbps固定です。

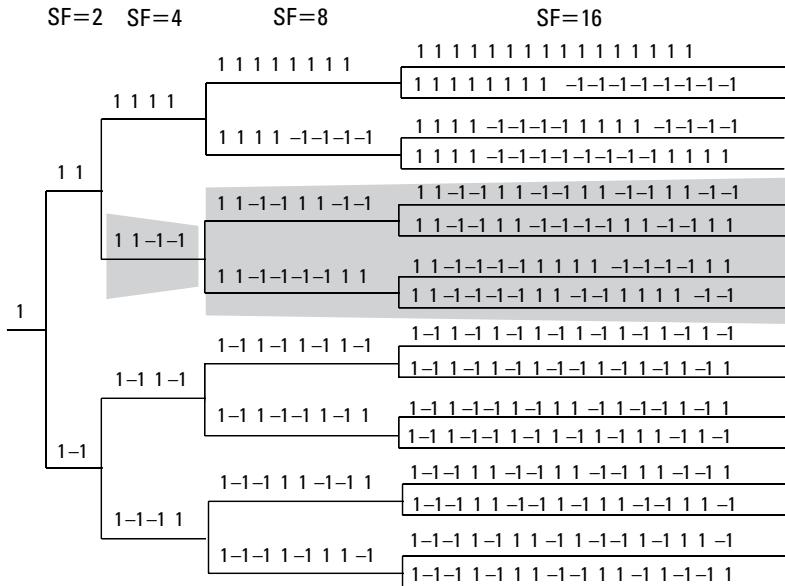


図26. 可変SF使用の制約

アップリンクの場合、すでに説明したように、物理チャネルがIQ多重化されます。PARを制限するために、特殊なスクランブリング関数(HPSK)が用いられます。しかし、HPSKを使うことでOVSFコードの選択が制限されます。HPSKの利点を生かすには、同じチップが連続するペアから構成されるOVSFコードを使用しなければなりません。例えば、 $C_{ch,4,1} = (1,1,-1,-1)$ はこの条件を満たしますが、 $C_{ch,4,2} = (1,-1,1,-1)$ は満たしません[8]。

OVSFコードを注意して選択することにより、PARを下げることができます。CCDF曲線を使ったシミュレーション（前の部分を参照）により、下記のOVSFコードが定められています[9]。

- DPCCHは常にコード $C_{ch,256,0} = (1,1,1,1,1, \dots)$ で拡散されます。
 - DPDCHが1つだけ送信される場合、コード $C_{ch,SF,SF/4} = (1,1,-1,-1,1,1,-1,-1, \dots)$ で拡散されます。
 - 複数のDPDCHが送信される場合(データ・レートが高い場合)、すべてのDPDCHの拡散率が4になります。2つのDPDCHが同じコードを使用します。1つはI、もう1つはQなので、互いに直交します。DPDCHのチャネル化コードは下記のように定義されます。
 - $C_{ch,4,1} = (1,1,-1,-1)$; 1、2番目のDPDCH
 - $C_{ch,4,3} = (1,-1,-1,1)$; 3、4番目のDPDCH
 - $C_{ch,4,2} = (1,-1,1,-1)$; 5、6番目のDPDCH

HPSKの利点を最大限に生かすようにOVSFコードが選択されているといつても、HPSKの要件が完全に満たされるのは最初の2つのDPDCHに対してだけです。PARが最悪になるのは、データ・レートが高いために5つまたは6つのチャネルが必要になる場合です。このような状態が発生する時間の割合はごく小さいものと予想されますが、アンプのデザインが困難になることは変わりありません。

コード容量に関しては、データ・レートが高い(SFが小さい)チャネルほど多くのコード空間を占有します。例えば、 $C_{ch,4,1}$ が占有するコード空間は、 $C_{ch,8,2}$ の4倍、 $C_{ch,16,4}$ の16倍です。コード・ドメイン・パワー表示の太いバーは、コード空間を多く占有する小さいSFを表します。図27に示すのは、1つのDPCCHと3つのDPDCHを持つ信号のコード・ドメイン・パワー表示です。3つのDPDCH(960 kbps、SF=4)は、DPCCH(15 kbps、SF=256)よりもはるかに幅広くなっています。この表示を行うために、アナライザは測定対象のコード・チャネルのSFを識別する必要があります。

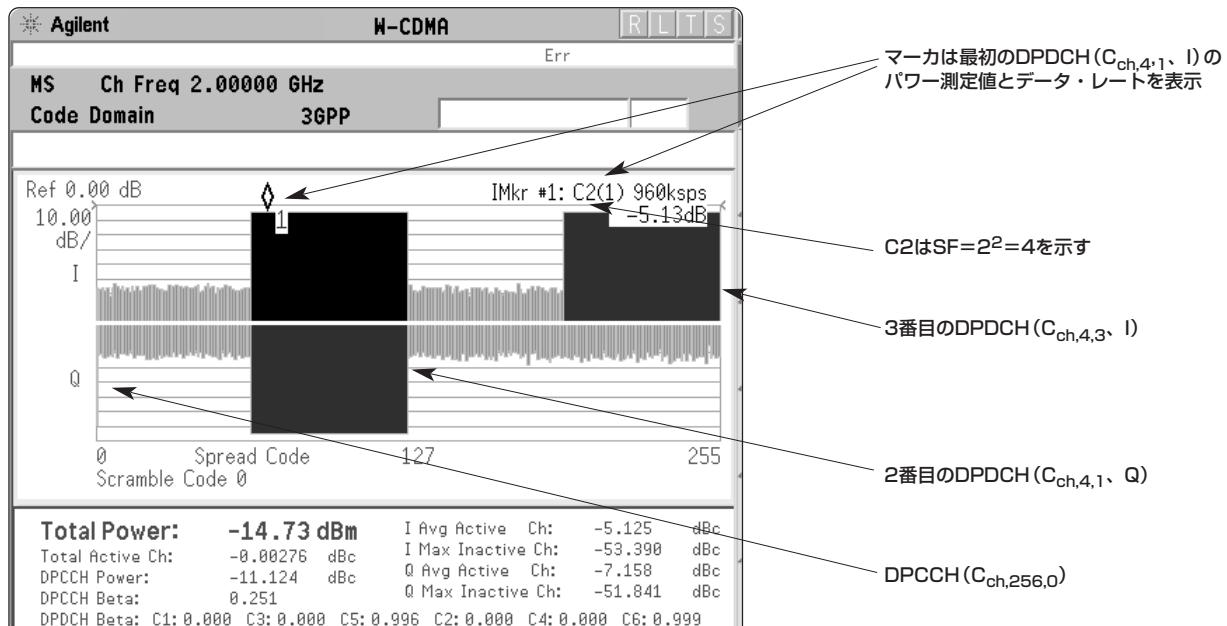


図27. DPCCHと3つのDPDCHを持つW-CDMAアップリンク信号のコード・ドメイン・パワー

コード・ドメイン・パワー測定を使うと、各OVSFチャネルが正しい振幅で動作しているかどうかだけでなく、コーディングからRFセクションまで、送信機デザインの全体を通しての問題の発見に役立ちます。特に、非アクティブ・チャネルのレベルは、特定の障害についての有用な情報を提供してくれます。理想的には、非アクティブ・チャネルのレベルは0であるべきです。しかし実際には、信号とシステムの不完全さによりコードの直交性が損なわれ、信号パワーの一部が非アクティブ・コードに投影されます。また、実際の信号にはある程度のノイズ・レベルが存在し、そのランダムな性質から、すべてのコードに対してある程度一様に投影されます。

エラーの投影が重要なのは、エラーのパワーがコード・ドメインでどのように分布しているかを知るのに役立つからです。エラーのパワーは、特定のいくつかのコードに集中するのではなく、コード・ドメイン全体に一様に分布しているほうが、コードに依存するチャネル品質の変動を避けるために望ましいといえます。

エラーのパワーが不均一に分布する原因の1つは、局部発振器の不安定度です。基本的には、アクティブ・チャネルから失われたエネルギーが、アクティブ・チャネルのコードと近い関係にあるコードを持つチャネルに現れます[16]。OVSFコードの場合、アクティブ・チャネルのコードと連続したコード割当てを持つチャネルでコード・ドメイン・ノイズが大きくなります。これは、チャネルが同じI/Qパスにある場合でも別のI/Qパスにある場合でも同じです。図28に示すのは、位相ノイズの問題があるアップリンクの768 kbpsリファレンス・メジャメント・チャネル(1つのDPCCHと2つのDPDCH)信号のコード・ドメイン・パワー表示です。

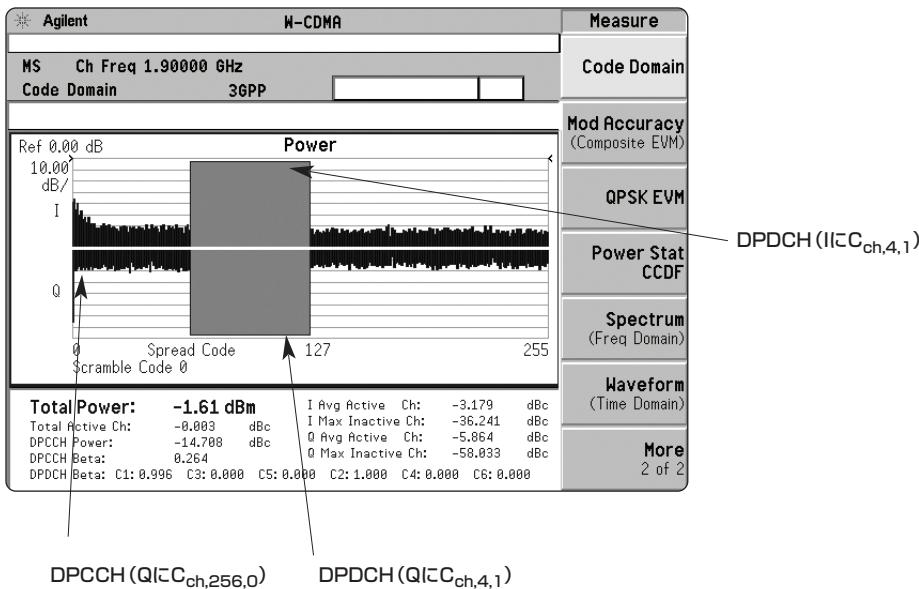


図28. アップリンクの768 kbpsリファレンス・メジャメント・チャネル(1つのDPCCHと2つのDPDCH)のコード・ドメイン・パワー測定結果。大きい局部発振器の不安定度を持つ信号。

2.3.4 ピーク・コード・ドメイン・エラー

W-CDMAでは、不均一なエラー・パワー分布に対応するため、コンポジットEVM測定を補足するものとしてピーク・コード・ドメイン・エラーと呼ばれる別のテストが規定されています。これは特定の1つのコードにおけるエラー・パワーの制限値を定めたものです。

このテストが必要なのは、マルチコード伝送が用意されている携帯電話端末に対してだけです。携帯電話端末にはアップリンクの768 kbpsリファレンス・メジャメント・チャネル(2つのDPDCHを持つ唯一のアップリンク・リファレンス・メジャメント・チャネル)を設定しておく必要があります。エラー・ベクトル・パワーは拡散率が4のすべてのコード・チャネルに投影します。コンポジット基準信号に対して最大のエラー・パワーを返すコードから、ピーク・コード・ドメイン・エラーが計算されます。エラーは-15 dBを超えてはなりません。図29に示すのは、上と同じLO不安定度の問題がある信号(アップリンクの768 kbpsリファレンス・メジャメント・チャネル)のピーク・コード・ドメイン・エラーとコンポジットEVMを示します。この例では、ピーク・コード・ドメイン・エラーがアクティブ・コード・チャネルにあります。測定の結果はピーク・アクティブ・コード・ドメイン・エラーと一致します。これはアクティブ・コード・チャネルだけのエラーを計算するものです。

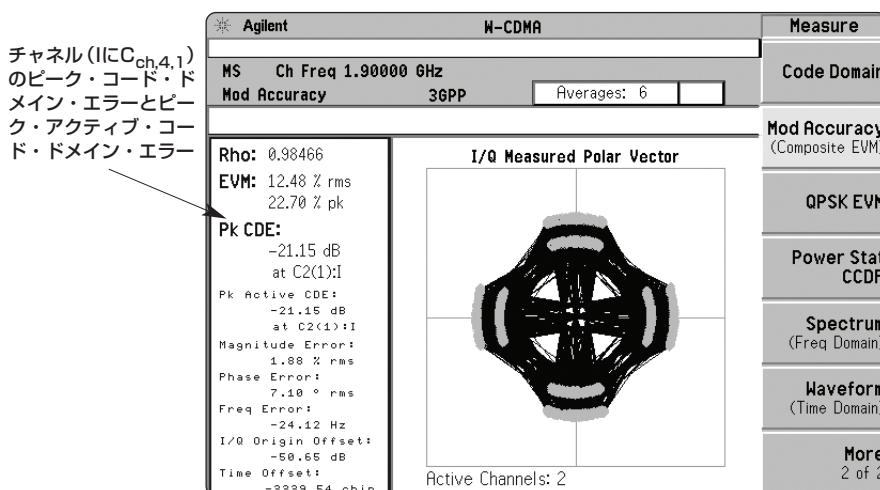


図29. アップリンクの768 kbpsリファレンス・メジャメント・チャネル(1つのDPCCHと2つのDPDCH)のピーク・コード・ドメイン・エラーおよびコンポジットEVM表示。大きい局部発振器の不安定度を持つ信号。

コード・ドメイン・パワーとピーク・コード・ドメイン・エラーを調べるほかにも、特定のコード・チャネルを解析する方法があります。以下の部分では、いくつかの解析ツールとその使用方法について説明します。図30は、これらの測定の計算方法を示したものです。

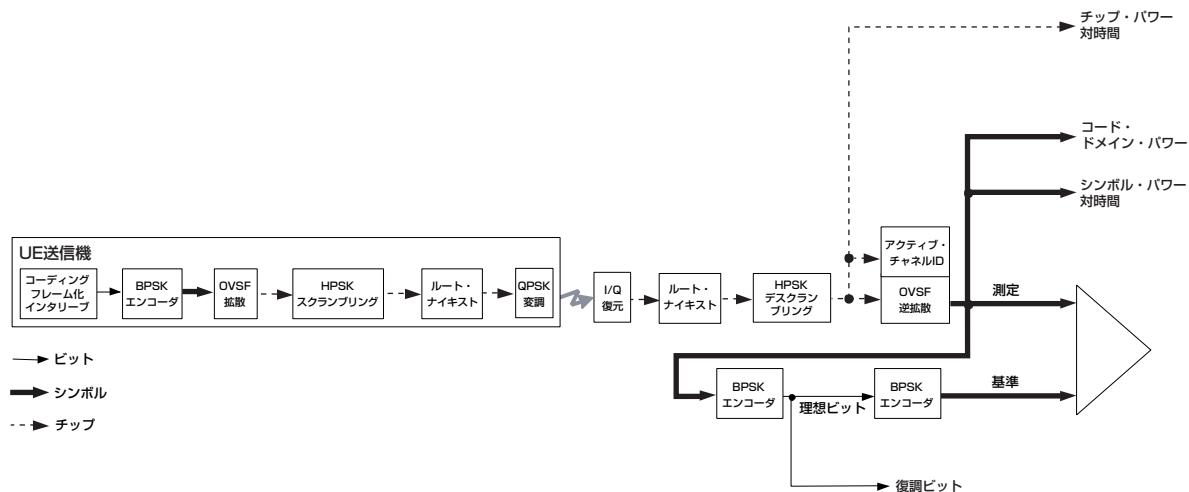


図30. コード・ドメイン・パワー、シンボルEVM、シンボル・パワー対時間、チップ・パワー対時間、復調ビットを計算するプロセス

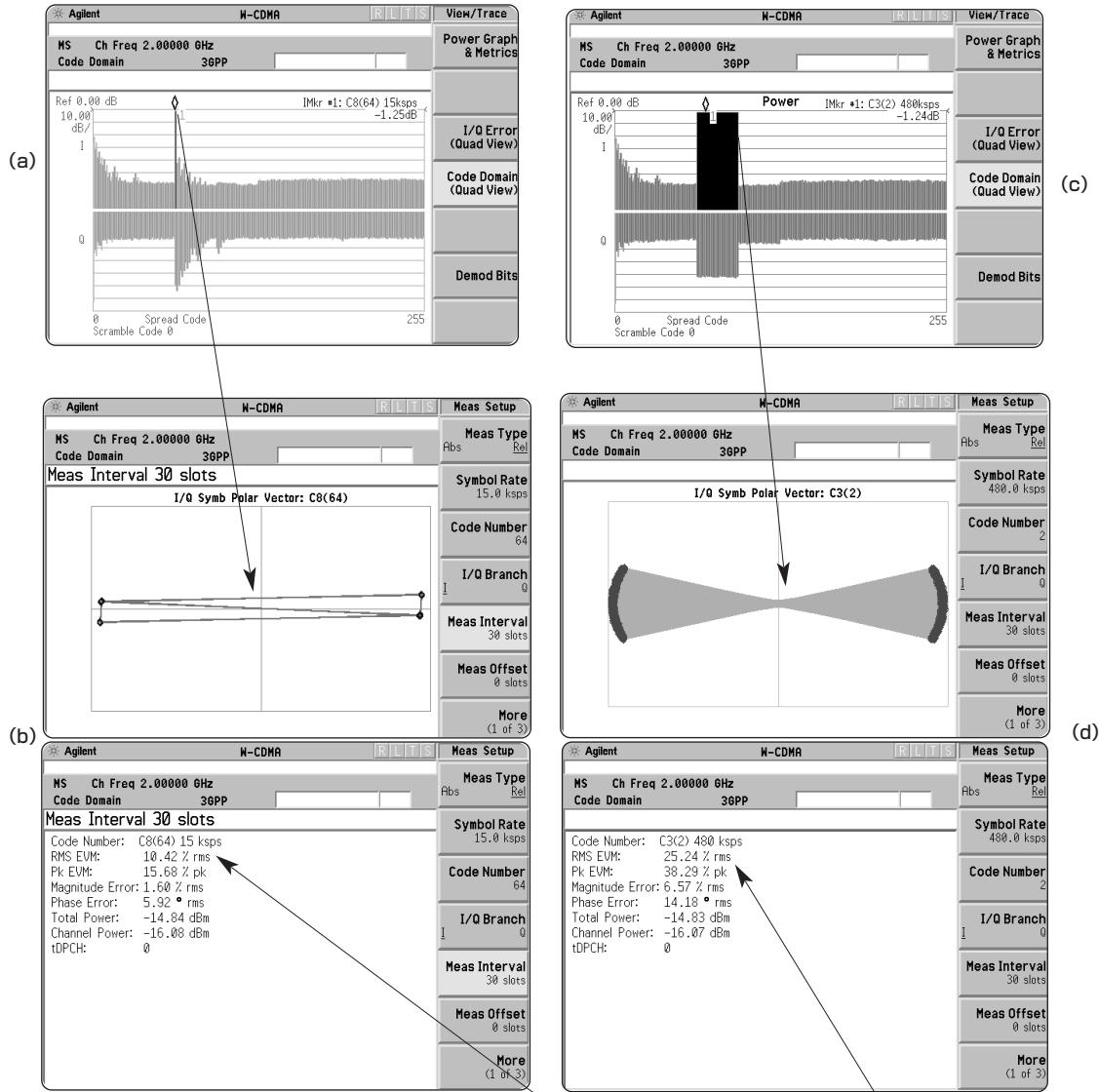
2.3.5 シンボルEVM

信号をデスクランブル、逆拡散することにより、複数のコードが存在する場合でも、特定のコード・チャネルのコンスタレーションとEVMをシンボル・レベルで解析できます。測定された信号はHPSKデスクランブル、逆拡散されます。理想シンボル基準信号の位相軌道が計算され、測定結果を逆拡散したシンボルの軌道と比較されます(図30)。

シンボルEVMに影響する障害は、コンポジットEVMにも影響します。例えば、アンプ圧縮の問題は、コンポジットEVMとシンボルEVMの両方の測定に現れます。ただし、シンボルEVMでは拡散利得のために障害が見えにくくなります。それでは、なぜシンボルEVMを使うのでしょうか。

シンボルEVMは、RFと復調されたビットとをつなぐ役割を果たします。これには拡散利得が含まれるため、実際の性能に近い変調品質の尺度として役立ちます。この意味で、シンボルEVMはそのチャネルのユーザが実際に体験する品質と見なすことができます(ビット・エラー・レート(BER)の逆数と同様)。

シンボルEVMとチップEVMとの関係は、拡散率に依存します。拡散率が小さい(データ・レートが高い)場合、チップ変調エラーはシンボルEVMに大きな影響を与えます。これに対して拡散率が大きい場合、チップ変調エラーがシンボルEVMに与える影響は小さくなります。この意味で、ベースバンドDSP(デジタル信号処理)エンジニアがシンボル品質を評価し、異なるデータ・レートのチャネルの品質に個々の障害がどのように影響するかを解析する上で、シンボルEVMは特に有用であるといえます。例えば、図31に示すのは、位相誤差の問題がある信号のシンボルEVM測定です。15 kbpsでSF=256のコード・チャネル($C_{ch,256,64}$)と、480 kbpsでSF=8のチャネル($C_{ch,8,2}$)が対象です。データ・レートが低いチャネルのシンボルEVMは、データ・レートが高いチャネルに比べてはるかに小さくなっています。



障害があると、データ・レートが高いチャネルでシンボルEVMエラーが大きくなります。

図31. (a) DPCCHと15 kbpsの1つのDPDCH($C_{ch,256,64}$)を持つW-CDMAアップリンク信号のコード・ドメイン・パワー測定結果。(b) 15 kbpsのDPDCH($C_{ch,256,64}$)のシンボルEVM測定結果。(c) DPCCHと480 kbpsの1つのDPDCH($C_{ch,8,2}$)をもつW-CDMAアップリンク信号のコード・ドメイン・パワー測定結果。(d) 480 kbpsのDPDCH($C_{ch,8,2}$)のシンボルEVM測定結果。

2.3.6 シンボル・パワー対時間

特定のコード・チャネルのシンボル・パワーを時間に対して解析することは、各チャネルでの携帯電話端末パワー制御システムのパワーと応答をモニタするために特に役立ちます(図32)。

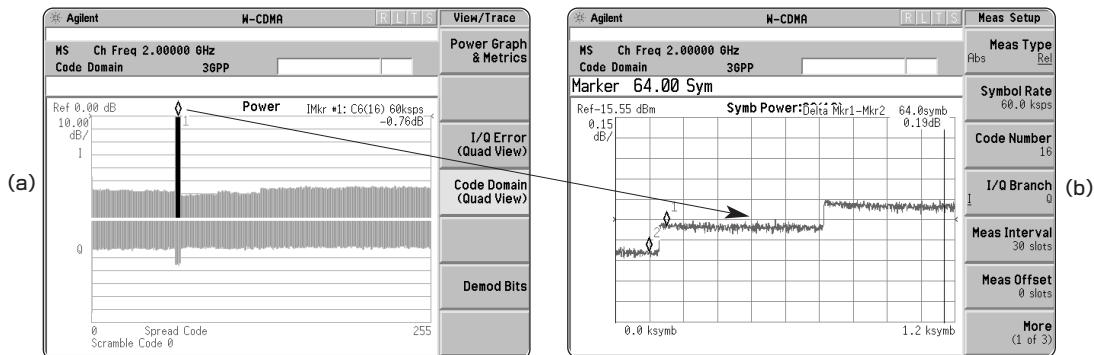


図32. (a) DPCCHと60 kbpsの1つのDPDCH($C_{ch,64,16}$)を持つW-CDMAアップリンク信号のコード・ドメイン・パワー測定結果。(b) DPDCH($C_{ch,64,16}$)のシンボルEVM測定結果。

図33に示すのは、アップリンク信号の逆拡散後のシンボル・パワーとコンポジット(合計)チップ・パワーです。チップ・パワーはそのチップ・レートでの信号の全パワーを示します。チャネルのシンボル・パワーと全チップ・パワーを時間に対して解析することは、パワー制御コマンドに対するパワーアンプの応答(リップル)をシステム・インテグレータが解析する際に特に有用です。

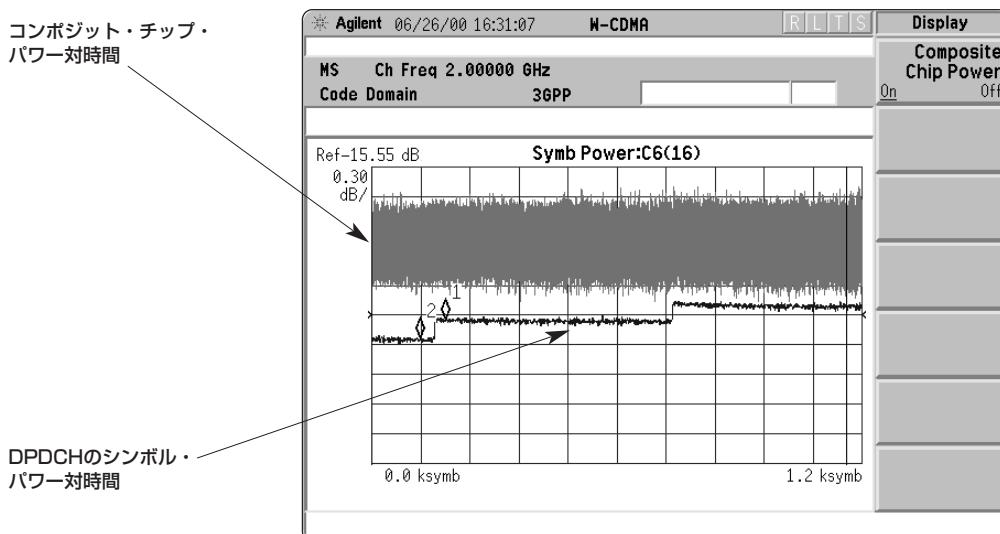


図33. DPCCHと60 kbpsの1つのDPDCH($C_{ch,64,16}$)を持つW-CDMAアップリンク信号のチップ・パワー対時間と、DPDCH($C_{ch,64,16}$)のシンボル・パワー対時間。

1. W-CDMAでは2次的なスクランブリング・コードの組を定義しています。これらのコードを使用してコード容量を拡大することができます。

2.3.7 復調ビット

各コード・チャネル(基本構成のDPDCHではI、DPCCHではQ)に対するHPSKデスクランプリングと逆拡散を経てビットが復調されたら、正しいビット・パターンを検証することができます。表1に示すように、アップリンクのDPCCHには異なるいくつかのスロット構造があります。表1に示すように、アップリンクのDPCCHは異なるスロット構造を持つことができます。復調ビット測定を使うことにより、各フィールド(パイロット、TPCなど)のビットが正しいかどうかを検証できます(図34)。

スロット・フォーマット #	チャネル・ビット・レート (kbps)	チャネル・シンボル・レート (ksps)	SF	ビット/フレーム	ビット/スロット	N _{pilot}	N _{TPC}	N _{FCI}	N _{FBI}	無線フレームあたり送信スロット数
0	15	15	256	150	10	6	2	2	0	15
0A	15	15	256	150	10	5	2	3	0	10-14
0B	15	15	256	150	10	4	2	4	0	8-9
1	15	15	256	150	10	8	2	0	0	8-15
2	15	15	256	150	10	5	2	2	1	15
2A	15	15	256	150	10	4	2	3	1	10-14
2B	15	15	256	150	10	3	2	4	1	8-9
3	15	15	256	150	10	7	2	0	1	8-15
4	15	15	256	150	10	6	2	0	2	8-15
5	15	15	256	150	10	5	1	2	2	15
5A	15	15	256	150	10	4	1	3	2	10-14
5B	15	15	256	150	10	3	1	4	2	8-9

表1. ノーマル・モードと圧縮モードのアップリンクDPCCHフィールド[7]

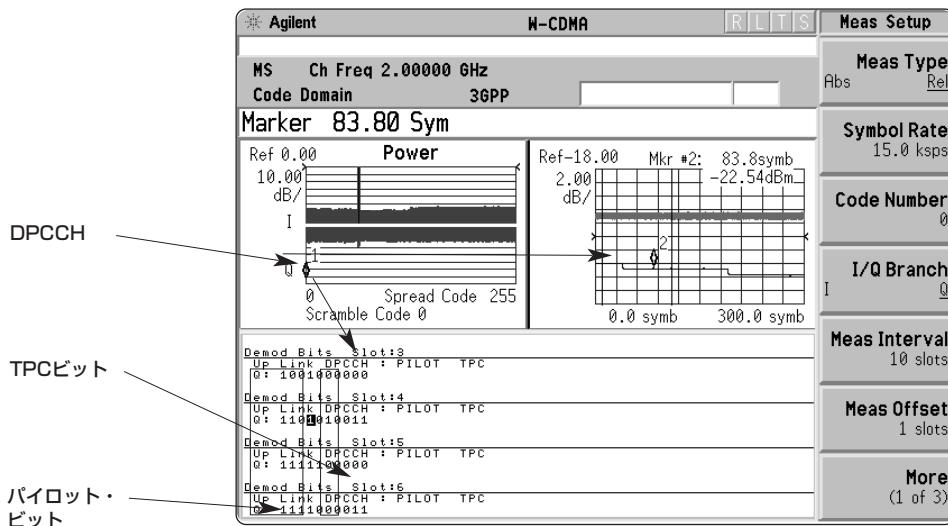


図34. DPCCHと60 kbpsの1つのDPDCH($C_{ch,64,16}$)を持つW-CDMAアップリンク信号のDPCCH(スロット・フォーマット0)の復調ビット

復調ビットを解析することでベースバンド・エンジニアは、コーディングとインタリーブのエラーを発見することができます。無線基地局と携帯電話端末の間の通信がうまくいかない原因の多くがこれによって明らかになります。復調ビットを解析することにより、携帯電話端末のコーディングとインタリーブのプロセスにエラーの原因があるのか、それとも無線基地局のデインタリーブとデコーディングのプロセスが原因なのかを知ることができます。

2.4 受信器機能および性能の測定

CDMAでは、受信器の復調プロセスがTDMAシステムの場合よりも複雑です。携帯電話端末の受信器は、相関、デスクランプリング、逆拡散のアルゴリズムを使って、無線基地局が送信した信号から適切なチャネルのシンボルを復元する必要があります。

W-CDMAの場合、IS-95に比べて少なくとも1桁複雑さが増しています。特に困難な問題としては、携帯電話端末と無線基地局の同期や、異なる構成のチャネルを復調する携帯電話端末の能力があります。

3GPP規格で定められた性能指標は、受信器特性に対してはビット・エラー・レート(BER)、性能要件に対してはブロック・エラー・レート(BLER)です。受信器特性試験には、基準感度レベル、ACS、ブロッキング特性があります。性能要件試験は、複数のアップリンク・リファレンス・メント・チャネルに対する受信器性能を指定された伝搬条件で解析するものです。性能試験の例をいくつか挙げれば、マルチパス・フェージング伝搬条件でのDCH復調や、バース/デス伝搬条件でのDCH復調などがあります。これらの他に性能要件には、レシーバのダウンリンク圧縮モード性能、ダウンリンク・パワー制御、BTDFも含まれます。

この章では、BERとBLERの違いについて説明します。また、レシーバ特性試験に必要なスティミュラス信号についても説明します。詳細な説明については、仕様[12]を参照してください。

仕様のコンフォーマンス・テストに加えて、レシーバ・デザインのさまざまな部分の性能と機能を検証するためのその他のレシーバ・テストも必要です。この章では、W-CDMAの携帯電話端末レシーバ・サブシステムおよびシステム・デザインのさまざまな部分の機能と性能を検証するために使用できるテストと、それらに必要なスティミュラス信号についても説明します。

Agilentの携帯電話端末デザイン/テスト・ソリューションのレシーバ・テスト機能については、付録Bを参照してください。デジタル通信レシーバ・デザインのトラブルシューティングに関する一般的な情報については、[17]を参照してください。

2.4.1 ビット・エラー・レート(BER)とブロック・エラー・レート(BLER)

BERとBLERは、デジタル・レシーバが受信信号の情報を復元する能力を測定するための2つの関連する測定方法です。BLERはIS-95やCDMA2000のフレーム・エラー率(FER)に対応します。どちらの性能指標を使用すべきかについては、CDMAコミュニティで多くの議論がありました。どちらの指標にも意味がありますが、適する用途は多少異なります。

BERは、送信された全データ・ビット数に対する間違って受信されたビット数の率と定義されます。このビットとは、コンボリューションループ・デコードより上の情報ビットのことです(図35参照)。

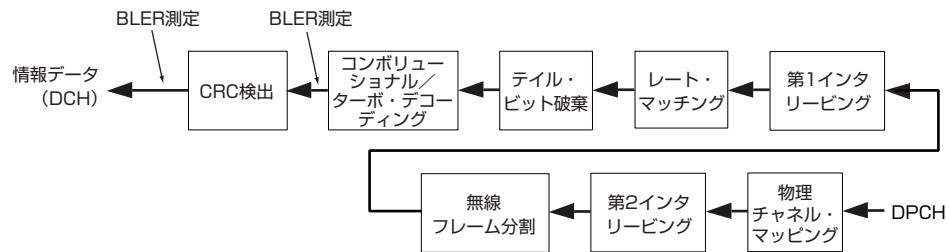


図35. ダウンリンクのDPCHのBERおよびBLER測定

BERは一般的に、無線機の開発中にレシーバのRF性能を評価するために用いられます。W-CDMAテクノロジーの開発の初期段階では、W-CDMAリファレンス・メディアメント・チャネルのシステム・シミュレーションに多く用いられていました。このような理由で、BERテストはレシーバ特性測定の性能指標として3GPP規格に残されています。

製造においては、デバイスのユニットごとに異なる部分の品質に直接関連する尺度が必要です。デジタル通信レシーバの場合、それはレシーバのアナログ(RF)部分です。デジタル部分は、コードでもハードウェアでも、すべてのユニットで同じ動作をするはずです。RF部分がレシーバの有効性に与える影響は、主にフロントエンドの雑音指数(感度)によって決まります。製造プロセス制御のためのテストを構築する場合、テスト対象の特性に対して十分な感度を持ち、その特性の変化に対してある程度リニアな応答を示す尺度が望されます。このような尺度があれば、プロセス・モニタは重大な異常につながるほど悪化する前に検出できます。このような目的には、BLERまたはFERよりもBERのほうが適しています。BLERは、全送信ブロック数に対する間違って受信されたブロック数の率と定義されます。間違ったブロックとは、巡回冗長検査(CRC)で誤りが発見されたトランスポート・ブロックと定義されます。3GPP規格では、BLERを求める2つの方法を記述しています。第1の方法では、携帯電話端末は無線リンク結合の後で測定対象のトランスポート・チャネルに対応する各トランスポート・ブロックのCRCを評価することによってBLERを評価し、レイヤ3シグナリングを使ってBLERを報告します。第2の方法では、すべてのデータ・ビットとCRCビットがシステム・シミュレータに戻され、システム・シミュレータがBLERを計算します。

CDMA2000やW-CDMAなどのCDMAシステムは、大きなコーディング利得を伴って動作するため、ノイズや干渉があってもレシーバは情報を復元できます。システム全体の容量を予測または監視することが目的なら、このコーディング利得を考慮に入れる必要があります。この場合、ブロック/フレーム・エラー・レートのほうがレシーバの有効性の尺度として、すなわちレシーバが属するシステム全体の容量の尺度として優れています。BLERまたはFERは、新しいシステム・デザインや、システムのコーディングおよびデコーディング・エレメントを評価する際には重要な尺度です。BLERにはコーディング利得がより多く含まれるため、レシーバの雑音指数に対する測定結果の曲線はBERに比べて急激に変化する傾向があります。プロセス品質の監視にBLERを使用した場合、高いコーディング利得のために、問題発生の可能性が見えにくくなるおそれがあります。プロセス品質があるしきい値を超えて劣化するまではテスト結果は十分正常に見え、しきい値を超えたとたんに多数の異常が発生することになるからです。このため、BLERはシステム・デザインの評価やRF性能のコンフォーマンス・テストには用いられますが、製造においてはあまり有用ではありません。

2.4.2 BER測定のテスト・セットアップ

BER/BLER測定を実行するための基本的な測定セットアップは、完全にコーディングされたダウンリンク信号を被試験携帯電話端末のレシーバに送信するシステム・シミュレータ(SS)(または無線基地局シミュレータとして動作する信号発生器)から構成されます。携帯電話端末のレシーバがビットを復元した後でBERを測定するには、いくつかの方法があります。規格では、携帯電話端末がアップリンクでビットを返すように要求しています。この方法はループバック・テストと呼ばれ、携帯電話端末のトランスマッタとレシーバが完全に統合されて機能していることを前提とします。この場合のシステム・シミュレータには、アップリンクのレシーバ機能が必要です。図36に、この場合の基本テスト・セットアップを示します。

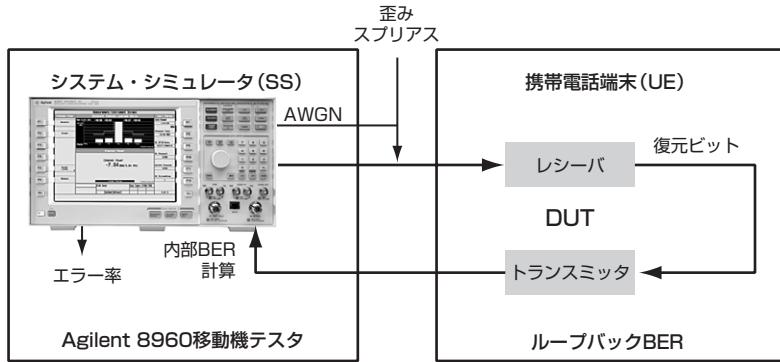


図36. BERループバック・テストの基本セットアップ

ただし、デザインの早い段階で携帯電話端末のデザインやインテグレーションがまだ完成していない場合、ループバック・テストは利用できない可能性があります。例えば、デザイナがレシーバの性能を検証したいが、レシーバ・モジュールしか用意されていない場合です。このような場合にはベースバンド・ビットを無線基地局シミュレータまたは外部PC上のアプリケーションに直接戻して、BER/BLERを計算することができます。図37に、ループバック・テストが実行できない場合のBER/BLERテスト・セットアップの例を示します。

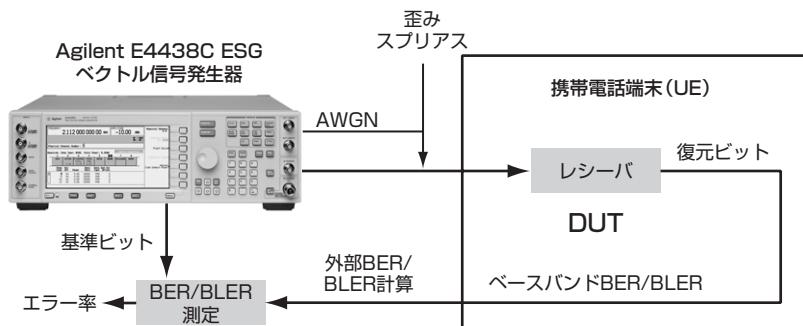


図37. 復元したベースバンド・ビットを使うBER/BLERテスト・セットアップ

2.4.3 レシーバ特性試験のスティミュラス信号

BERまたはBLER測定を実行するために、規格では完全にコーディングされた信号をスティミュラスとして要求しています。レシーバ特性試験のほとんど([12]の6.2と6.4から6.7まで)には、CPICH、P-CCPCH、SCH、PICH、DPCHからなるダウンリンク信号が必要です。DPCHはダウンリンクの12.2 kbpsリファレンス・メジャメント・チャネルです。ループバック・テストの場合、受信信号はアップリンクの12.2 kbpsリファレンス・メジャメント・チャネルを通じてSSに戻されます。付録Bに、アップリンクとダウンリンクの12.2 kbpsリファレンス・メジャメント・チャネルのコーディング構造とパラメータを示します。DTCH(またはDCCH)の情報データとしては、PN9シーケンスを使用する必要があります。

これらのチャネルに加えて、[12]の「6.3 最大入力レベル」では、S-CPICHと、OCNS(Orthogonal Channel Noise Simulator)チャネルが必要です。これらのチャネルは、性能要件テストの大部分にも必要です。現実には、DPCHは全システム・パワーに比べて小さいパワーで送信されます。しかし、この場合レシーバ・テストを実行するために複数のチャネルが必要になり、測定が複雑になります。この問題を解決するのがOCNSです。OCNSは16個の変調されない直交チャネルから構成されます(各チャネルはOVSFコードを使用します)。これはシステム内の他のユーザを表し、そのパワーはDPCHのパワーよりも高いレベルに指定されています。OVSFコードと相対レベル設定は、現実的なピーク・アベレージ・パワー比を持つ信号をシミュレートするように選ばれています。

[12]の「6.8 スプリアス・エミッション」は携帯電話端末のレシーバで生成または増幅されるエミッションを測定するので、このテストはDPCHのBERを測定しません。したがって、このテストのダウンリンク信号はCPICH、P-CCPCH、SCH、PICHだけから構成されます。

適切なリファレンス・メジャメント・チャネルを持つ必要な信号に加えて、レシーバ特性試験の一部では、干渉の役割を果たす(1つまたは2つの)別の信号が用いられます。

[12]の「6.4 ACS」では、干渉信号はW-CDMA変調された信号で、P-CCPCH、SCH、P-CPICH、PICH、およびOCNSチャネル(16個のDPCHを表す)から構成されます。同じW-CDMA変調信号が、[12]の「6.5 ブロッキング特性」で帯域内干渉信号として用いられます。このテストの帯域外干渉信号はCW信号で、狭帯域干渉信号はGSM信号の構造を持つGMSK変調搬送波です。

[12]の「6.6 スプリアス応答」では、干渉信号はCW信号です。

[12]の「6.7 相互変調特性」には、2つの干渉信号が必要です。1つはCW信号、もう1つは上記と同じW-CDMA変調信号または、GSM信号の構造を持つGMSK変調搬送波です。

2.4.4 付加白色ガウス・ノイズ(AWGN)干渉信号

性能要件試験の一部、例えば「7.2 静的伝搬条件での復調」には、AWGN干渉信号が必要です。AWGN干渉信号は、チップ・レートの1.5倍すなわち5.76 MHz以上の帯域幅を持つ必要があります。1台の機器から必要信号とAWGN干渉信号の両方を生成すれば、別々の信号源からの信号を加算して適切な雑音比を実現するための技術的問題を避けることができます。この方法なら、物理チャネルの搬送波対雑音比(C/N)またはチップあたりエネルギー対雑音比(Ec/No)を、仕様の要求通りに直接設定できます。C/Nが搬送波全体のパワーと帯域幅内のノイズ・パワーとの比を表すのに対し、Ec/Noは1つの物理チャネルに対するノイズ・レベルを設定するために用いられます。したがって、C/Nを変えるとEc/Noが変化し、Ec/Noを変えるとC/Nが変化します。C/NとEc/Noの両方を直接設定できる機器を使えば、一方から他方を導く計算は不要です。

2.4.5 ベースバンド機能の検証

コンフォーマンス・テストは、携帯電話端末デザイン全体(ベースバンドとRF)の性能を検証します。しかし、トランスポート層または物理層の異なるパラメータに対するレシーバのベースバンド部の機能を検証するためには、規格に含まれないその他のテストが必要になる場合があります。

この機能をテストするには、トランスポート層と物理層のパラメータを変更できる柔軟性を持つステイミュラス信号源が必要です。トランスポート層のパラメータとしては、ブロック・サイズ、ブロック数、コーディング・タイプ、送信時間間隔(TTI)、データ・タイプ、レート・マッチング属性、CRCサイズなど、物理層のパラメータとしては、スロット・フォーマット、OVSFコード、スクランブリング・コードなどが対象になります。表2は、ノーマル・モードのDPCHのダウンリンク・スロット構造を示します。ノーマル・モードと圧縮モードのスロット・フォーマットの一覧については、[7]を参照してください。

スロット・フォーマット #i	チャネル・ビット・レート (kbps)	チャネル・シンボル・レート (ksp/s)	SF	ビット/スロット	DPDCH		DPCCH			無線フレームあたり送信スロット数N _{Tr}	
					ビット/スロット		ビット/スロット				
					N _{Data1}	N _{Data2}	N _{TPC}	N _{TFCI}	N _{pilot}		
0	15	7.5	512	10	0	4	2	0	4	15	
1	15	7.5	512	10	0	2	2	2	4	15	
2	30	15	256	20	2	14	2	0	2	15	
3	30	15	256	20	2	12	2	2	2	15	
4	30	15	256	20	2	12	2	0	4	15	
5	30	15	256	20	2	10	2	2	4	15	
6	30	15	256	20	2	8	2	0	8	15	
7	30	15	256	20	2	6	2	2	8	15	
8	60	30	128	40	6	28	2	0	4	15	
9	60	30	128	40	6	26	2	2	4	15	
10	60	30	128	40	6	24	2	0	8	15	
11	60	30	128	40	6	22	2	2	8	15	
12	120	60	64	80	12	48	4	8*	8	15	
13	240	120	32	160	28	112	4	8*	8	15	
14	480	240	16	320	56	232	8	8*	16	15	
15	960	480	8	640	120	488	8	8*	16	15	
16	1920	960	4	1280	248	1000	8	8*	16	15	

表2. ノーマル・モードのダウンリンクDPDCHとDPCCHのフィールド

これに加えて、ベースバンド機能もさまざまな動作モードと機能に関して検証する必要があります。圧縮モードや、タイムスロット同期テスト、サーチャ・テストなどがその例です。以下の各セクションでは、これらのテストについて詳しく説明します。

2.4.6 圧縮モード機能の検証

ダウンリンクの圧縮フレームには、AとBの2種類があります。

タイプAは、伝送ギャップ長を最大にします。最後の圧縮スロットのパイロット・フィールドが送信され、伝送ギャップの他のスロットはDTXになります。

タイプBは、パワー制御に対して最適化されています。最初の圧縮スロットのTPCフィールドと最後の圧縮スロットのパイロット・フィールドが送信され、伝送ギャップの他のスロットはすべてDTXになります。

圧縮モードのレシーバ検証には、両方のタイプの圧縮ダウンリンク・フレームを生成できるスタイルミラス信号源が必要です。

2.4.7 タイムスロット同期テストとサーチャ・テスト

第1章で説明したように、W-CDMAの基地局は他のCDMAシステムの場合と違って非同期に伝送を行います。携帯電話端末が適切な基地局を認識し、それに同期できることがシステムの動作には不可欠です。各基地局には、識別のための固有のコードが割り当てられています。基地局はP-SCHとS-SCHを使って、64通りのコード・パターンのどれにこの固有のコードが属するかを携帯電話端末に通知します(図38参照)。

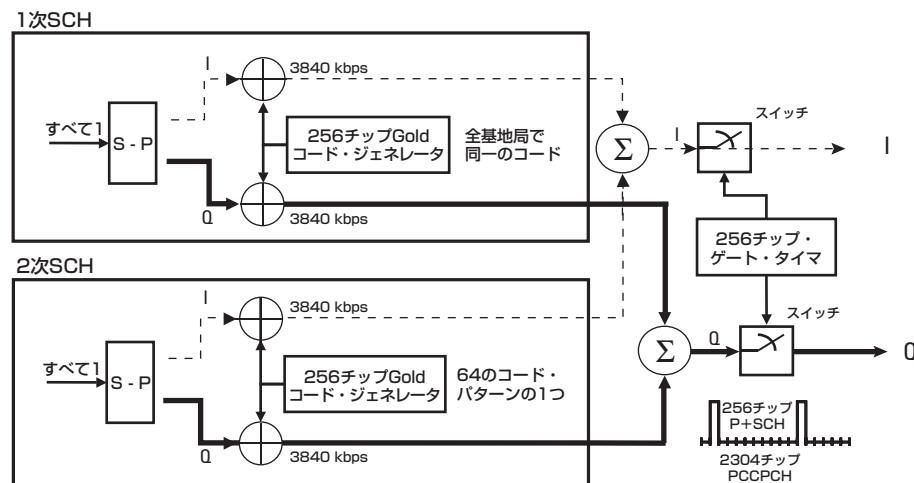


図38. P-SCHおよびS-SCHの物理構造

携帯電話端末は下記の同期プロセスを実行する必要があります。

1. P-SCHレートを探索し、時間同期します。
2. S-SCHを探索し、デコードします。無線基地局は512の固有スクランブリング・コードの1つを使用します。64のコード・グループのどれがS-SCHで示されているかを携帯電話端末は判定します。各コード・グループは8個のスクランブル・コードを表します($64 \times 8 = 512$)。
3. S-SCHで定義されたコード・グループの8個のスクランブリング・コードのどれを基地局が使用しているかを探索します。探索の方法としては、どのスクランブル・コードがCPICHに対して最も高い相関を示すかを調べます。CPICHは $C_{ch,256,0} = \{1,1,1,1, \dots\}$ で拡散されているので、これからスクランブリング・コードを抽出することができます。P-CCPCHで伝送されるBCHには、システム・フレーム番号(SFN)という形で付加的なタイミング情報が含まれています。この番号を使って携帯電話端末は、デコード・プロセスに不可欠なトランスポート・ブロック境界のタイミングに関する情報を得ることができます。

携帯電話端末の同期機能を検証する最初のステップは、携帯電話端末のタイムスロット同期をテストすることです。このテストには、図39に示すように、P-SCHバーストがタイムスロット間隔で存在するステイミュラス信号が必要です。

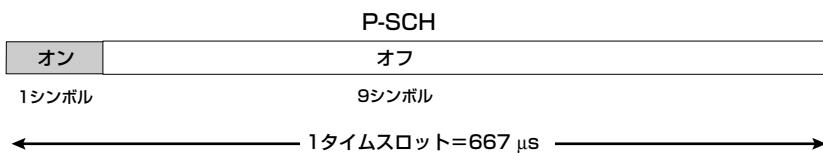


図39. P-SCHのタイムスロット構造

2番目のステップは、移動機サーチャの全体的な機能を検証することです。これには、同期、スクランブル・コード・グループの判定、伝送の1次スクランブル・コードの識別が含まれます。このテストには、図6に示すように、P-SCH、S-SCH、P-CCPCH、CPICHから構成されるステイミュラス信号が必要です。S-SCHは、64のスクランブル・コード・グループの1つを示すように構成されます。このテストは、64のスクランブル・コード・グループのそれぞれに対して実行する必要があります。

サーチャの機能を検証したら、BCHからSFNを正しく復元できるかどうかを検証する必要があります。SFNは20 msごとに増加しなければなりません。

まとめ

W-CDMAでは、動的割当で可能な広帯域のコード空間を提供することにより、セル内の多数のユーザに対して高データ・レートの通信を可能にしています。他のセルラCDMAテクノロジーの場合と同様、W-CDMAには簡単なセル・サイト・コード・プランがセル・サイト周波数計画の代わりに使用できるという利点があり、しかもこの利点をGPSによる時間同期なしで実現しています。

W-CDMAの高度な機能、例えばそのユニークな捕捉とハンドオーバのプロセスなどは、W-CDMAシステムの開発、性能検証、量産試験において、さまざまな問題をもたらします。本アプリケーション・ノートでは、W-CDMA携帯電話端末のデザインとテストに関する主要な問題の概要を説明しました。さらに、デザインの検証とトラブルシューティングに利用できる測定についても紹介しました。

付録A：リファレンス・メジャメント・チャネルの例

下記のリファレンス・メジャメント・チャネルの例は、W-CDMA規格から抜粋したものです[12]。

アップリンク・リファレンス・メジャメント・チャネル(12.2 kbps)

12.2 kbpsアップリンク・リファレンス・メジャメント・チャネルのパラメータを表3と表4に示します。チャネル・コーディングを図40に示します。

Parameter	Level	Unit
Information bit rate	12.2	kbps
DPDCH	60	kbps
DPCCH	15	kbps
DPCCH slot format #i	0	—
DPCCH/DPDCH power ratio	-5.46	dB
TFCI	On	—
Repetition	23	%

表3. アップリンク・リファレンス・メジャメント・チャネルの物理パラメータ(12.2 kbps)

Parameters	DCCH	DTCH
Transport channel number	1	2
Transport block size	244	100
Transport block set size	244	100
Transmission time interval	20 ms	40 ms
Type of error protection	Convolution coding	Convolution coding
Coding rate	1/3	1/3
Rate matching attribute	256	256
Size of CRC	16	12

表4. アップリンク・リファレンス・メジャメント・チャネルのトランスポート・チャネル・パラメータ(12.2 kbps)

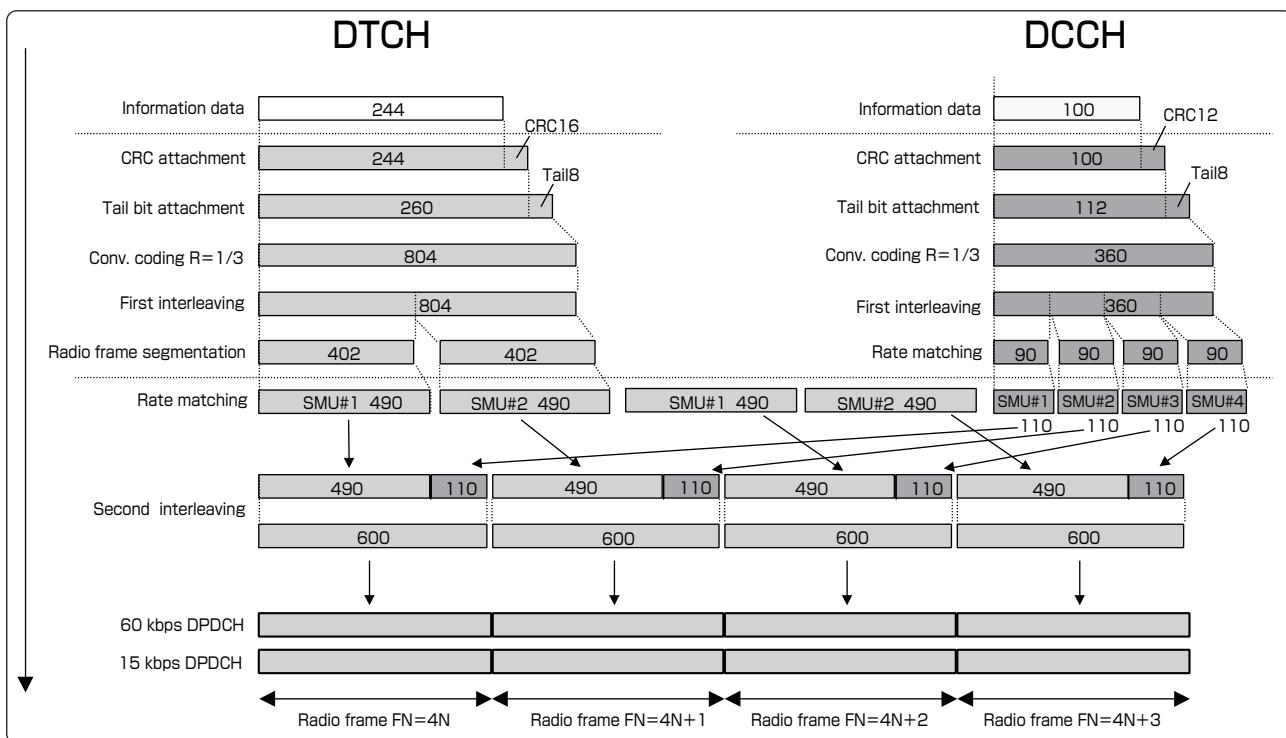


図40. アップリンク・リファレンス・メジャメント・チャネルのチャネル・コーディング(12.2 kbps)

ダウンリンク・リファレンス・メジャメント・チャネル(12.2 kbps)

12.2 kbpsダウンリンク・リファレンス・メジャメント・チャネルのパラメータを表5と表6に示します。チャネル・コーディングの詳細を図41に示します。

Parameter	Level	Unit
Information bit rate	12.2	kbps
DPCH	30	ksps
Slot format #i	11	—
TFCI	On	—
Power offsets PO1, PO2 and PO3	0	dB
Puncturing	14.7	%

表5. ダウンリンク・リファレンス・メジャメント・チャネル(12.2 kbps)

Parameter	DCCH	DTCH
Transport channel number	1	2
Transport block size	244	100
Transport block set size	244	100
Transmission time interval	20 ms	40 ms
Type of error protection	Convolution coding	Convolution coding
Coding rate	1/3	1/3
Rate matching attribute	256	256
Size of CRC	16	12
Position of TrCH in radio frame	fixed	fixed

表6. ダウンリンク・リファレンス・メジャメント・チャネルのトランスポート・チャネル・パラメータ(12.2 kbps)

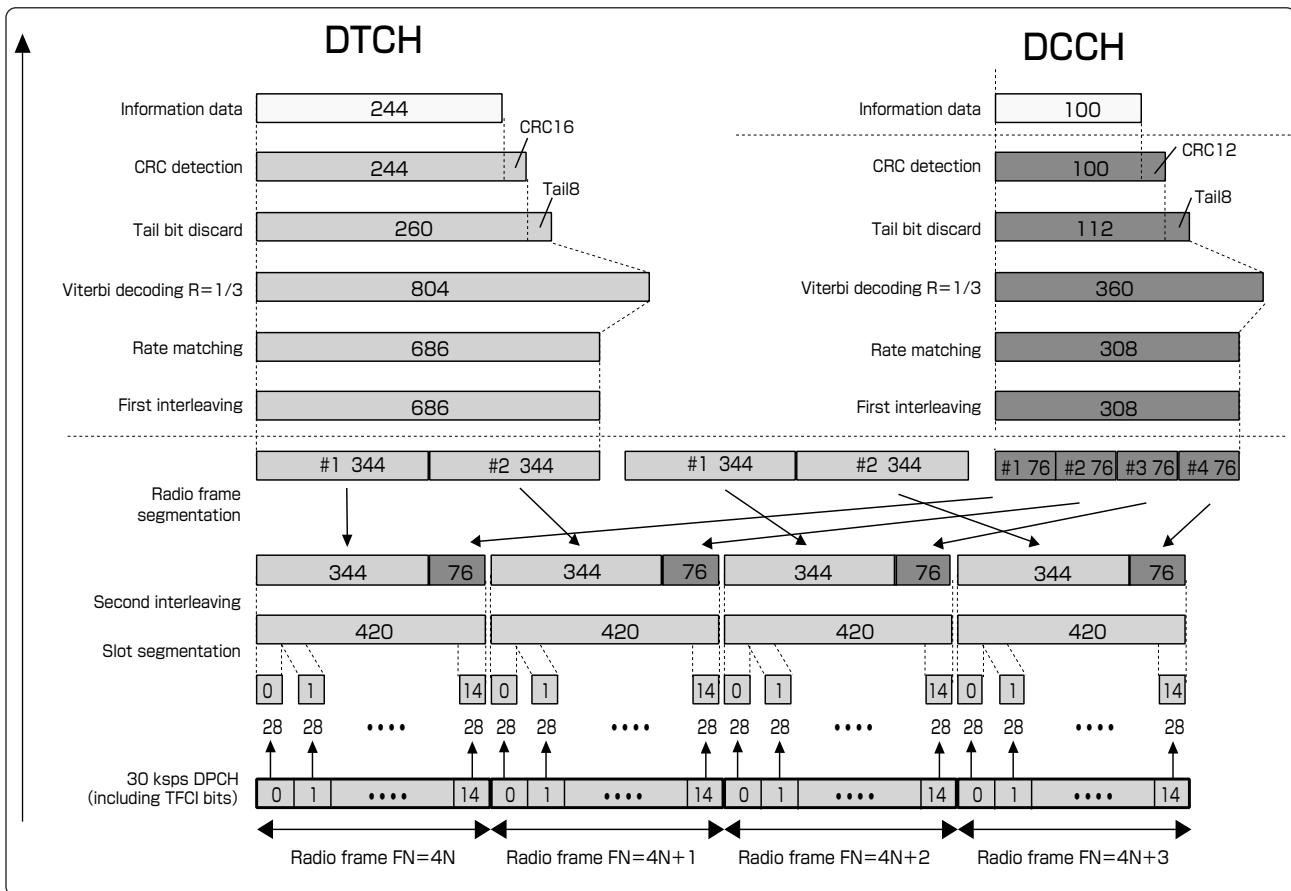


図41. ダウンリンク・リファレンス・メジャメント・チャネルのチャネル・コーディング(12.2 kbps)

付録B：AgilentのW-CDMA携帯電話端末 デザイン／テスト用ソリューション

このセクションでは、携帯電話端末サブシステムおよびシステムのデザインとテストに役立つAgilentソリューションを紹介します。

ソフトウェア・デザインおよびシミュレーション

W-CDMAシステム、回路、DSPのデザインには、Agilent Advanced Design System (ADS) が使用できます。ADSは用途の広いデザイン・ツールで、広範囲のRF、アナログ、DSPモデルとシミュレーション機能を提供します。

3GPP W-CDMAデザイン・ライブラリ (E8875A/AN) は、物理層のモデリングを行います。データ／制御論理チャネル、フレーム分割と多重化によるコード化コンポジット・トランスポート・チャネルの構成、専用物理データ／制御チャネルの多重化などが含まれます。

ADSとE8875A/ANデザイン・ライブラリを組み合わせれば、ACLR、EVM、BER、BLERなどの3GPPの主要な性能パラメータに基づくデザインの評価を、デザイン・サイクルの早い段階で実行できます。標準[18]に記述されている送信機／受信器試験のほとんどをシミュレートできます(表7を参照)。

携帯電話端末送信機試験		ADS E8875 A/AN
選択したチャネル構成のピーク-平均比		●
選択したチャネル構成のCCDF		●
送信機試験[18]：	送信パワー	●
	最大出力パワー	●
	占有帯域幅	●
	帯域外放射	●
	スペクトラム放射マスク (SEM)	●
	隣接チャネル漏洩電力 (ACL)	●
	変調精度	●
	ピーク・コード・ドメイン・エラー	●

携帯電話端末受信器試験		ADS E8875 A/AN
未コード化物理BER		●
コーディングBERおよび受信器試験[18]：	基準感度レベル	●
	受信器最大レベル	●
	隣接チャネル選択度	●
	ブロッキング感度	●
	相互変調感度	●

表7. ADSと携帯電話端末デザイン用E8875 A/ANデザイン・ライブラリ・オプションの組合せによるW-CDMAテスト・シミュレーション機能

E8875 A/ANデザイン・ライブラリにも、Agilent E4438C ESG信号発生器で提供されるものと同様の信号源が含まれます。

コネクテッド・ソリューション

Agilent ADSと、信号源やシグナル・アナライザなどのAgilentのテスト機器とを接続することで、デザインと製造のサイクルの早期に問題を発見でき、開発のリスクとコストを最小限に抑えることができます。

W-CDMAシステムのデザイナは、コネクテッド・ソリューションを利用して以下のことを行えます。

- シミュレーションを使って未完成のハードウェアをモデリングすることにより、部分的なRFハードウェアによってシステム・レベル性能を評価する
- シミュレーションを使って未完成のベースバンド機能をモデリングすることにより、RF性能(BERなど)を評価する
- デザイン／製造サイクル全体を通じてシステム性能の連続性のある評価を行うことで、リスクとコストを低減する。
- シミュレートした障害を使って、システム性能をテスト・ベンチで評価する。

W-CDMAコンポーネントのデザイナは、コネクテッド・ソリューションを使うことで、コンポーネントが実際に使用される環境を反映した現実的な信号を使用できます。以下のような用途が挙げられます。

- コンポーネントDUTのテスト／デモンストレーションを行う。トランスマッタ／レシーバ・チェーンをシミュレーションでモデリングすることにより、システム内でどのように動作するかを示す。
- シミュレーションでモデリングしたさまざまな信号フォーマットを使って、コンポーネントのテスト／デモンストレーションを行う。
- DUTの性能限界を評価する。入力信号がどの程度劣化していても仕様を満たすことができるか。

コネクテッド・ソリューションのアプリケーションの詳細については、[19]を参照してください。

信号生成

コンポーネント・テスト

Agilent E4438C ESGとオプション400(E4438C-400)の組合せにより、3GPP W-CDMAの物理層をシミュレートできます。統計的に正しいこれらの信号は、実際の信号と全く同じようにW-CDMA移動機のコンポーネントとサブシステムにストレスをかけるように設計されています。使いやすいインターフェースで下記の機能を利用できます。

- 定義済みW-CDMAチャネル構成の選択
- 必要を満たす任意のW-CDMAマルチチャネル信号を構成可能なテーブル・エディタ

また、E4438C ESGの性能が必要ない場合、コンポーネント・テスト・アプリケーション向けの基本的な機能を持つESG-D/DPシリーズRF信号発生器も用意されています。

使いやすいインターフェース・リンクにより、ADSで作成したカスタム波形をESG信号発生器に容易にダウンロードできます。

レシーバ・テスト

Agilent E4438C ESGとオプション400(E4438C-400)の組合せにより、3GPP W-CDMA信号のトランスポート層と物理層をシミュレートできます。トランスポート層のコーディングにより、レシーバの復調解析機能を、ASICなどのコンポーネントから完成したレシーバ・デザインまでのさまざまなデザイン段階で徹底的に評価できます。生成された信号は、完全にコーディングされたW-CDMAフレーム列を生成し、BER/BLER測定に利用できます。使いやすいインターフェースにより、リファレンス・メジャメント・チャネルを含む定義済みのチャネル構成を選択できます。主な機能は以下の通りです。

- 圧縮フレーム
- Ec/N₀またはC/Nを設定してAWGNを付加
- 閉ループ・パワー制御機能
- 16個のOCNSチャネル
- 6個のトランスポート層チャネルの柔軟な構成
- DPCHチャネルとOCNSチャネルの間のリアルタイム・パワー・バランス

ESG E4438C-400 ¹	
コンポーネント・テスト用ステイミュラス	
レシーバ・テスト用ステイミュラス：	
BERおよびレシーバ特性	● 6.2 基準感度レベル
コンフォーマンス・テスト[12]	● 6.3 最大入力レベル
	● 6.4 隣接チャネル選択度(ACS)
	● 6.5 ブロッキング特性
	● 6.6 スブリアス応答
	● 6.7 相互変調特性
可変コーディング・パラメータ(例：レート・マッチング)	
DPCHと16個のOCNSの間の自動パワー・バランス	
圧縮モード機能	●

表8. ESG信号発生器の携帯電話端末テスト用W-CDMAステイミュラス機能

1. ベース・バンド・ジェネレータ、オプション001または002が必要。AWGN機能にはオプション403が必要。

バッテリ・ドレイン解析のための電源とソフトウェア

Agilent 66319B/Dおよび66321B/DシングルおよびデュアルDC出力高性能電源は、内蔵されたDSPベースのデジタイジング測定システムにより、きわめて高速な過渡出力応答を実現します。14565Aデバイス特性評価ソフトウェアと組み合わせることで、バッテリ・ドレイン電流をミリ秒から数週間単位で記録し、解析できます。デジタル無線機器のテストのための以下の機能を搭載しています。

- メイン・バッテリ（シングルまたはデュアル出力）およびパワー・アダプタ（デュアル出力）を代替
- 高速な出力応答とプログラム可能な出力抵抗により、バッテリの特性をエミュレート
- パルス状の電流ドレインから生じる長いケーブルの過渡電圧降下を最小化
- バッテリ充電回路のテストと校正のためのメイン出力のソース／シンク機能
- すべての動作モード（オフ、スリープ、スタンバイ、アクティブ）でバッテリ電流ドレインを正確に測定可能
- 14565Aソフトウェアと組み合わせて、最高15.6 μ sの分解能で電流ドレイン波形を捕捉してグラフ化、解析
- 14565Aソフトウェアと組み合わせて、最大1,000時間という長期間のバッテリ・ドレインを記録。
- データ・ログまたはCCDF表示によって結果をグラフ化、解析

パワー・メータおよびセンサ

Agilent EPM-Pシリーズ・パワー・メータとE9320ピーク・アベレージ・パワー・センサを使えば、W-CDMA信号のピーク、アベレージ、ピーク・アベレージ比パワー測定が可能です。豊富なトリガ機能により、タイム・ゲート測定が可能です。高速テスト時間に加え、GPIB経由で毎秒最大1,000個の補正済みデータの転送が可能です。この結果、スループットを改善でき、発売と製造スケジュールを守ることができます。E9320ピーク・アベレージ・パワー・センサは、最大ビデオ帯域幅が5 MHzで、W-CDMAパワー測定に最適です。

EPM-Pパワー・センサには、EPM-Pアナライザ・ソフトウェアが付属します。これはPC上のツールで、TDMAおよびCDMA変調フォーマットに対するパルスおよび統計解析が可能です。また、W-CDMA信号の確率密度関数（PDF）、累積分布関数（CDF）、CCDFを求めることもできます。

3GPP W-CDMA携帯電話端末のピーク、アベレージ、タイム・ゲート・パワー測定に推奨されるパワー・メータおよびセンサは以下の通りです。

- EPM-Pシリーズ・パワー・メータE4416A、シングル・チャネル
- EPM-Pシリーズ・パワー・メータE4417A、デュアル・チャネル
- E9323Aピーク・アベレージ・パワー・センサ、50 MHz～6 GHz、5 MHzビデオ帯域幅、-60～+20 dBm

8480およびEシリーズ・パワー・センサは、すべてEPM-Pシリーズ・パワー・メータで使用できます。

アベレージ・パワー測定だけの場合、以下の低コストのEPMシリーズ・パワー・メータと他のEシリーズ・パワー・センサをお勧めします。

- EPMシリーズ・パワー・メータE4418B、シングル・チャネル
- EPMシリーズ・パワー・メータE4419B、デュアル・チャネル
- E9301Aパワーセンサ、10 MHz～6 GHz、-60～+20 dBm
- E9301Hパワーセンサ、10 MHz～6 GHz、-50～+30 dBm

8480シリーズの他のパワーセンサもEPMシリーズ・パワー・メータで使用できます。

信号解析

表9は、Agilentのシグナル・アナライザとそれぞれのW-CDMA携帯電話端末送信機測定機能の一覧です。

W-CDMA(3GPP)		Agilentシグナル・アナライザ				
測定		E4406A	89400A	89600	E4440A	ESA-E
VSAシリーズ・トランスマッタ・テスター ¹		シリーズ・ベクトル・シグナル	シリーズ・ベクトル・シグナル	PSAシリーズ・スペクトラム・アナライザ ¹	シリーズ・スペクトラム・アナライザ ¹	アナライザ ²
CCDF		●	●	●	●	●
QPSK EVM		●	●	●	●	●
コンポジットEVM		●		●	●	● ⁶
コード・ドメイン・パワー		●		●	●	● ⁶
ピーク・コード・ドメイン・エラー		●		●	●	● ⁶
品質						
シンボルEVM		●		●	●	● ⁶
シンボル・パワー対時間		●		●	●	● ⁶
コンポジット・チップ・パワー対時間		●		●	●	● ⁶
復調ビット		●		●	●	● ⁶
トランスマッタ・コンフォーマンス・テスト[12]						
5.2 最大出力パワー		●	● ⁴	● ⁴	●	●
5.3 周波数安定度		●		●	●	● ⁶
5.4.1 開ループ・パワー制御		●	● ^{4,5}	● ^{4,5}	●	● ^{4,5}
5.4.2 内部ループ・パワー制御		●			●	● ⁴
5.4.3 最小出力パワー		●	● ^{4,5}	● ^{4,5}	●	● ^{4,5}
5.5.1 送信オフ・パワー		●	● ^{4,5}	● ^{4,5}	●	● ⁴
5.5.2 送信オン／オフ時間マスク		● ⁷			● ⁷	
5.6 TFC変更		● ^{4,7}			● ^{4,7}	
5.7 アップリンク圧縮モード・パワー設定		● ⁷			● ⁷	
5.8 占有帯域幅		●	● ⁴	● ⁴	●	●
5.9 スペクトラム・エミッション・マスク(SEM)		●	● ⁴	● ⁴	●	●
5.10 隣接チャネル漏洩電力比(ACLR)		●	● ^{4,5}	● ^{4,5}	●	●
5.11 スプリアス・エミッション					● ⁴	● ⁴
5.12 送信相互変調					● ⁴	● ⁴
5.13.1 変調精度		●		●	●	● ⁶
5.13.2 ピーク・コード・ドメイン・エラー		●		●	●	● ⁶

表9. AgilentのW-CDMA用信号解析ツール

1. W-CDMA向けに構成済みの測定。
2. W-CDMA測定の一部が構成済み。他の測定のパラメータは指定通りに手動で設定する必要があります(4)。
3. W-CDMA向けに構成済みでない測定。測定パラメータは指定通りに手動で設定する必要があります(4)。
4. 測定パラメータは手動で設定する必要があります。
5. 仕様のRRCフィルタでなく方形フィルタを使って測定が実行されます。
6. オプション231(89600ソフトウェア・リンク)および89600ソフトウェア(89601Aおよび#100、#AYA、#B7N)で使用可能。
7. 合否マスク設定は提供されません。

ワイヤレス・コミュニケーション・テスト・セット

マルチフォーマットのAgilent 8960シリーズ10(E5515C)ワイヤレス・コミュニケーション・テスト・セット用のAgilent E1963A W-CDMA移動機テスト・アプリケーションは、以下のテスト機能を提供します。

3GPP

TS 34.121 テスト概要

	使用
5.2	最大出力パワー
5.3	周波数誤差
5.4.1	開ループ・パワー制御
5.4.2	内部ループ・パワー制御
5.4.3	最小出力パワー
5.4.4	同期外れパワー制御
5.5.1	送信オフ・パワー
5.5.2	送信オン／オフ時間マスク
5.6	TFC変更
5.7	アップリンク圧縮モード・パワー設定
5.8	占有帯域幅(OBW)
5.9	スペクトラム・エミッション・マスク(SEM)
5.10	隣接チャネル漏洩電力比(ACLR)
5.11	スプリアス・エミッション
5.12	送信相互変調
5.13.1	エラー・ベクトル振幅(EVM)
5.13.2	ピーク・コード・ドメイン・エラー

表10. Txテスト

3GPP

TS 34.121 テスト概要

	使用
6.2	基準感度
6.3	最大入力レベル
6.4	隣接チャネル選択度(ACS)
6.5	ブロッキング特性
6.6	スプリアス応答
6.7	相互変調特性
6.8	スプリアス・エミッション

表11. Rxテスト

1. E4438C ESGベクトル信号発生器などの外部信号発生器が必要
 2. E4445A PSAなどの外部スペクトラム・アナライザが必要
 3. 外部のアナライザと信号発生器が必要

その他の機能

コール・プロセッシング

- ダウンリンク・チャネルCPICH、P-CCPCH/SCH、S-CCPCH、PICH、AICH、DPCH、AWGN、OCNS
- 可変ダウンリンク・チャネル化とチャネルごとの相対パワー・レベル
- 製造のためのテスト制御コール・プロセッシング
- AMR音声エコーのためのコール・コントロール・プロセッシング
- W-CDMAからGSMへのハンドオーバ
- 可変アップリンクDPDCHおよびDPCCH相対パワー・レベルbdおよびbc
- 可変開ループ・パワー制御パラメータ
- 複数のアップリンク・パワー制御方式

グラフィックス

- アクティブ・セル・スペクトラム解析
- SEM、コード・ドメイン・パワー、隣接チャネル漏洩電力比、占有帯域幅の測定グラフ

Agilent E6703A W-CDMAラボ・アプリケーションは、E1963Aのすべての機能に加えて、以下の機能を備えています。

データ・チャネル

- UMTS/GPRS 64 kbpsパケット交換
- 64 kbps回線交換
- 機器LANを通じて両方のチャネルからデータをIPにルーティング可能
- トラブルシューティングのために両方のチャネルをテスト制御で使用可能

アドバンスド・プロトコル解析

- モニタ機能：
 - インターネット・プロトコル(IP)
 - 無線リソース(RR)
 - コール・コントロール(CC)
 - モビリティ管理(MM)
 - テスト制御(TC)
 - GPRSモビリティ管理(GMM)
 - セッション管理(SM)
 - 無線リソース制御(RRC)
 - 無線リンク制御(RLC)
 - パケット・データ・コンバージェンス・プロトコル(PDCP)
 - ショート・メッセージ・サービス(SMS)
 - 媒体アクセス制御(MAC)
- PCベース・ワイヤレス・プロトコル・アナライザ付属

ソフト/ソフト・ハンドオーバ

W-CDMAアダプティブ・マルチレート(AMR)音声からGSMフル・レート(FR)音声へのハンドオーバ

測定例に使用した機器

本アプリケーション・ノートの測定例と画面イメージは、以下の機器を使って得たものです。



図42. Agilent ESG信号発生器とPSAシリーズ・スペクトラム・アナライザまたはE4406A VSA

図43. Agilent 8960シリーズ10とE1963A W-CDMA移動機テスト・アプリケーション・ラボ

略語解説

2G	Second Generation (第2世代)	LO	Local Oscillator (局部発振器)
3G	Third Generation (第3世代)	MAC	Medium Access Control (メディア・アクセス制御)
3GPP	Third-Generation Partnership Project (第3世代パートナーシップ・プロジェクト)	MM	Mobility Management (モビリティ管理)
ACIR	Adjacent Channel Interference Ratio (隣接チャネル干渉電力)	OCNS	Orthogonal Channel Noise Simulator (直交チャネル・ノイズ・シミュレータ)
ACL	Adjacent Channel Leakage (隣接チャネル・リーケージ)	OCQPSK	Orthogonal Complex Quadrature Phase Shift Keying (直交複素直交位相シフト・キーイング)
ACLR	Adjacent Channel Leakage Power Ratio (隣接チャネル漏洩電力比)	OVSF	Orthogonal Variable Spreading Factor (直交可変拡散率)
ACPR	Adjacent Channel Power Ratio (隣接チャネル漏洩電力比)	PA	Power Amplifier (パワー・アンプ)
ACS	Adjacent Channel Selectivity (隣接チャネル選択度)	PAE	Power-Added Efficiency (パワー付加効率)
AICH	Acquisition Indication Channel (捕捉通知チャネル)	PAR	Peak-to-Average Power Ratio (ピーク-平均パワー比)
AMR	Adaptive Multi-Rate (アダプティブ・マルチレート)	PCCH	Paging Control Channel (ペーディング制御チャネル)
ARIB	Association of Radio Industries and Businesses (日本の電波産業会)	P-CCPCH	Primary Common Control Physical Channel (1次共通制御物理チャネル)
AWGN	Additive White Gaussian Noise (付加白色ガウス・ノイズ)	PCDP	Packet Data Convergence Protocol (パケット・データ・コンバージェンス・プロトコル)
BCH	Broadcast Channel (ブロードキャスト・チャネル)	PCPCH	Physical Common Packet Channel (物理共通パケット・チャネル)
BCCH	Broadcast Control Channel (ブロードキャスト制御チャネル)	PDC	Pacific Digital Cellular System
BER	Bit Error Rate (ビット・エラー・レート)	PDF	Probability Density Function (確率分布関数)
BLER	Block Error Rate (ブロック・エラー・レート)	PDSCH	Physical Downlink Shared Channel (物理ダウンリンク共通チャネル)
BPSK	Binary Phase Shift Keying (バイナリ位相シフト・キーイング)	PICH	Paging Indication Channel (ペーディング通知チャネル)
BTFD	Blind Transport Format Detection (ブライアンド・トランスポート・フォーマット検出)	PN	Pseudo-Noise (疑似ノイズ)
BTS	Base Transceiver Station (基地局)	PRACH	Physical Random Access Channel (物理ランダム・アクセス・チャネル)
CC	Call Control (コール・コントロール)	PSC	Primary Synchronization Code (1次同期コード)
CCCH	Common Control Channel (共通制御チャネル)	P-SCH	Primary Synchronization Channel (1次同期チャネル)
CCDF	Complementary Cumulative Distribution Function (相補累積分布関数)	PSK	Phase Shift Keying (位相シフト・キーイング)
CCTrCH	Coded Composite Transport Channel (コード化コンポジット・トランスポート・チャネル)	QAM	Quadrature Amplitude Modulation (直交振幅変調)
CDF	Cumulative Density Function (累積密度関数)	QPSK	Quadrature Phase Shift Keying (直交位相シフト・キーイング)
CDMA	Code Division Multiple Access (符号分割多元接続)	RACH	Random Access Channel (ランダム・アクセス・チャネル)
cdmaOne	EIA/TIAの第2世代標準 (通常IS-95と呼ばれる) を指す名称	R&D	Research and Development (研究開発)
cdma2000	EIA/TIAの第3世代標準 (IS-2000) を指す名称	RF	Radio Frequency (無線周波数)
C/N	Carrier-to-Noise Ratio (搬送波対雑音比)	RLC	Radio Link Control (無線リンク制御)
CPCH	Common Packet Channel (共通パケット・チャネル)	RMS	Root Mean Square (2乗平均平方根)
CPICH	Common Pilot Channel (共通パイロット・チャネル)	RR	Radio Resource (無線リソース)
CRC	Cyclic Redundancy Check (巡回冗長検査)	RRC	Root Raised Cosine (ルート・ナイキスト)
CW	Continuous Wave (連続波、非変調信号)	RRC	Radio Resource Control (無線リソース制御)
DCH	Dedicated Channel (専用チャネル)	S-CCPCH	Secondary Common Control Physical Channel (2次共通制御物理チャネル)
DCCH	Dedicated Control Channel (専用制御チャネル)	SCH	Synchronization Channel (同期チャネル)
DL	Downlink (ダウンリンク)	SEM	Spectrum Emissions Mask (スペクトラム・エミッション・マスク)
DPCCH	Dedicated Physical Control Channel (専用物理制御チャネル)	SF	Spreading Factor (拡散率)
DPDCH	Dedicated Physical Data Channel (専用物理データ・チャネル)	SFN	System Frame Number (システム・フレーム番号)
DQPSK	Differential Quadrature Phase Shift Keying (差分直交位相シフト・キーイング)	SIR	Signal to Interference Ratio (信号/干渉比)
DSP	Digital Signal Processing (デジタル信号処理)	SM	Session Management (セッション管理)
DTCH	Dedicated Traffic Channel (専用トラヒック・チャネル)	SMS	Short Message Service (ショート・メッセージ・サービス)
DTX	Discontinuous Transmission (不連続送信)	SSC	Secondary Synchronization Code (2次同期コード)
Eb/No	Energy-per-Bit-to-Noise Ratio (ビットごとのエネルギーとノイズの比)	S-SCH	Secondary Synchronization Channel (2次同期チャネル)
Ec/No	Energy-per-Chip-to-Noise Ratio (チップあたりエネルギー対雑音比)	TC	Test Control (テスト制御)
ETSI	European Telecommunications Standard Institute (欧州電気通信標準化機関)	TDD	Time Division Duplex (時分割デュプレックス)
EVM	Error Vector Magnitude (エラー・ベクトル振幅)	TDMA	Time Division Multiple Access (時分割多元接続)
FACH	Forward Access Channel (フォワード・アクセス・チャネル)	TF	Transport Format (トランスポート・フォーマット)
FBI	Feedback Information (フィードバック情報)	TFC	Transport Format Combination (トランスポート・フォーマット組合せ)
FDD	Frequency Division Duplex (周波数分割デュプレックス)	TFCI	Transport Format Control Indicator (トランスポート・フォーマット制御インジケータ)
FER	Frame Error Ratio (フレーム・エラー・レート)	TFCS	Transport Format Combination Set (トランスポート・フォーマット組合せセット)
FR	Full Rate (フル・レート)	TIA	Telecommunications Industries Association (米国通信工業会)
GMM	GPRS Mobility Management (GPRSモビリティ管理)	TPC	Transmit Power Control (送信パワー制御)
GMSK	Gaussian Minimum Shift Keying (ガウシアン最小シフト・キーイング)	TTA	Telecommunications Technology Association (韓国通信情報技術協会)
GPS	Global Positioning System (汎地球測位システム)	TTC	Telecommunication Technology Committee (日本の情報通信技術委員会)
GSM	Global System for Mobile Communications	TTI	Transmission Time Interval (送信時間間隔)
HPSK	Hybrid Phase Shift Keying (ハイブリッド位相シフト・キーイング)	UE	User Equipment (ユーザ機器、P3参照)
IF	Intermediate Frequency (中間周波数)	UL	Uplink (アップリンク)
IMT-2000	International Mobile Telecommunications (国際移動通信) -2000 (ITUが承認した3Gテクノロジーの集合的名称)	UMTS	Universal Mobile Telephone System (欧州)
IP	Internet Protocol (インターネット・プロトコル)	W-CDMA	Wideband-Code Division Multiple Access (広帯域符号分割多元接続) (3Gシステム)
I/Q	In-phase/Quadrature (同相/直交位相)		
IS-2000	EIA/TIA暫定標準2000 (cdma2000参照)		
IS-95	米国CDMAの暫定標準		

これらの略語や無線業界に関する他の用語の詳しい意味については、Agilentの無線用語辞典 (www.agilent.com/find/wireless) を参照してください。

参考文献

- [1] "3G Market Overview and Technology Basics for cdma2000 and UTRA (ETSI W-CDMA)." Agilent Technologies Wireless R&D Symposium, 1999.
- [2] 3rd Generation Partnership Project. Technical Specification Group Radio Access Network. Multiplexing and Channel Coding (FDD) . Release 99. 3G TS 25.212 (v3.11.0) .
- [3] 3rd Generation Partnership Project. Technical Specification Group Radio Access Network. Medium Access Control Protocol Specification. Release 99. 3G TS 25.321.
- [4] 3rd Generation Partnership Project. Technical Specification Group Radio Access Network. Radio Link Control Protocol Specification. Release 99. 3G TS 25.322.
- [5] 3rd Generation Partnership Project. Technical Specification Group Radio Access Network. Radio Resource Control Protocol Specification. Release 99. 3G TS 25.331.
- [6] 3rd Generation Partnership Project. Technical Specification Group Radio Access Network. Radio Interface Protocol Architecture. Release 99. 3G TS 25.301.
- [7] 3rd Generation Partnership Project. Technical Specification Group Radio Access Network. Physical Layer : Physical Channels and Mapping of Transport Channels onto Physical Channels (FDD) . Release 99. 3G TS 25.211 (v3.12.0) .
- [8] 『HPSK Spreading for 3G』 Application Note 1335、カタログ番号5968-8438E
- [9] 3rd Generation Partnership Project. Technical Specification Group Radio Access Network. Physical Layer : Spreading and Modulation (FDD) . Release 99. 3G TS 25.213. (v3.8.0) .
- [10] 3rd Generation Partnership Project. Technical Specification Group Radio Access Network. Physical Layer : Channel Coding and Multiplexing Examples. Release 99. 3G TS 25.944. (v3.5.0) .
- [11] R.N. Braithwaite, "Nonlinear Amplification of CDMA Waveforms : An Analysis of Power Amplifier Gain Errors and Spectral Regrowth." Proceedings of the 48th IEEE Vehicular Technology Conference (1998) : 2160-2166.
- [12] 3rd Generation Partnership Project. Technical Specification Group Terminal, Terminal Conformance Specification. Radio Transmission and Reception (FDD) . Release 99. 3G TS 34.121. (v3.8.0) .
- [13] 『Fundamentals of RF and Microwave Power Measurements』 Application Note 64-1B、カタログ番号5965-6630E
- [14] 『Wide-Range Sensor Gauges Power of Complex Signals』 (Ron Hogan著、初出Microwaves & RF誌1999年9月号)、カタログ番号5968-8750E
- [15] 『Characterizing Digitally Modulated Signals with CCDF Curves』 Application Note 、カタログ番号5968-6875E
- [16] 『デジタルRF送信機デザインのテストおよびトラブルシューティング』 Application Note 1313、カタログ番号5968-3578J
- [17] 『デジタルRF受信機デザインのテストおよびトラブルシューティング』 Application Note 1314、カタログ番号5968-3579J
- [18] 3rd Generation Partnership Project. Technical Specification Group Radio Access Network. UE Radio Transmission and Reception (FDD) . Release 99. 3G TS 25.101 (v3.5.0) .
- [19] 『Advanced Design Systemと測定器リンクによるConnected Solution』 Application Note 1394、カタログ番号5988-6044JA
- [20] 3rd Generation Partnership Project. Technical Specification Group Radio Access Network; UTRAN Overall Description. Release 99. 3G TS 25.401 (V3.10.0)

関連カタログ

『3GPP W-CDMA デザイン・ライブラリ』 カタログ番号5980-0953J
『89400シリーズ・ベクトル・シグナル・アナライザ』 カタログ番号5965-8554J
『89600 シリーズ超高速ベクトル・シグナル・アナライザ』
カタログ番号5980-0723J
『E4406Aベクトル・シグナル・アナライザ』 カタログ番号5968-7618J
『PSA シリーズ・スペクトラム・アナライザ』 カタログ番号5980-1283J
『ESA-Eシリーズ・スペクトラム・アナライザ』 カタログ番号5968-3278J
『EPMシリーズ・パワー・メータ』 カタログ番号5965-6380J
『EPM-Pシリーズ シングル／デュアル・チャネル・パワー・メータ, E9320 ファミリ ピーク／アベレージ・パワー・センサ』 カタログ番号5980-1471J
『ESG ファミリ RFデジタル／アナログ信号発生器』 カタログ番号5968-4313J
『E4438C ESGベクトル・シグナル・ジェネレータ』 カタログ番号5988-3935JA
『8960シリーズ 10 無線通信テスト・セット』 カタログ番号5968-7876J
『移動体通信用電源』 カタログ番号5980-0875J

謝辞

本アプリケーション・ノートの作成にあたって、Linear Lightwave社3G Wireless Training, DivisionのDarryl Schick氏より技術的協力をいただいたことに感謝いたします。



電子計測UPDATE

www.agilent.com/find/emailupdates-Japan

Agilentからの最新情報を記載した電子メールを無料でお送りします。

アジレント・テクノロジー株式会社
本社 〒192-8510 東京都八王子市高倉町9-1

計測
お客様窓口

受付時間 9:00～19:00
(12:00～13:00も受付中)
※土・日・祭日を除く

FAX、E-mail、Webは**24**時間受け付けています。

TEL ☎ 0120-421-345

(0426-56-7832)

FAX ☎ 0120-421-678

(0426-56-7840)

E-mail:contact_japan@agilent.com

電子計測ホームページ

<http://www.agilent.co.jp/find/tm>

- 記載事項は変更になる場合があります。
ご発注の際はご確認ください。

Copyright 2003
アジレント・テクノロジー株式会社



Agilent Technologies

April 21, 2003
5980-1238J
0000-00DEP