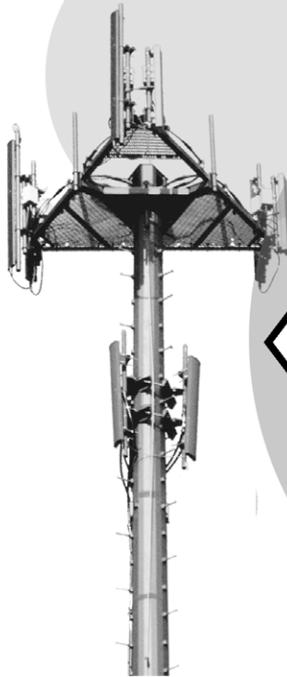


Agilent 1xEV-DOアクセス・ターミナル 測定について

Application Note 1414

アクセス・ネットワーク



リバース・チャンネル

- パイロット・チャンネル
- リバース・レート・インジケータ (RRI) チャンネル
- データ・レート制御 (DRC) チャンネル
- 確認応答 (ACK) チャンネル
- データ・トラフィック・チャンネル



アクセス・ターミナル



Agilent Technologies

目次

はじめに	3
1 1xEV-DOの基本概念	4
1.1 フォワード・リンク	4
1.2 リバース・リンク	8
1.3 1xEV-DO、W-CDMA、CDMA2000のサービス比較	11
1.4 測定上の問題と注意事項	12
1.4.1 高次変調での位相雑音	12
1.4.2 CDMA2000/1xEV-DOデュアル・モードATの大量生産	14
1.4.3 テスト・アプリケーション・プロトコル	16
2 フォワード・リンク・レシーバ測定	17
2.1 基本的なテスト・セットアップ	18
2.1.1 テスト・セットアップ	18
2.1.2 正しい機器の選択	18
2.2 動的チャンネル・テスト	19
2.2.1 AWGNを付加した環境下でのトラヒックの復調	19
2.2.2 フェージング環境下での復調	20
2.2.3 パワー制御	22
2.3 静的チャンネル・テスト	24
2.3.1 レシーバ感度およびダイナミック・レンジ	24
2.3.2 シングル・トーン感度抑圧	25
2.3.3 相互変調スプリアス応答減衰	26
2.3.4 隣接チャンネル選択度およびレシーバ・ブロッキング特性	27
3 リバース・リンク・トランスミッタ測定	27
3.1 基本的なテスト手法	27
3.1.1 テスト・セットアップ	27
3.1.2 正しい機器の選択	28
3.2 変調要件	28
3.2.1 波形品質	28
3.2.2 周波数確度	30
3.2.3 時間基準	30
3.2.4 コード・ドメイン・パワー	31
3.3 出力パワー要件	34
3.3.1 最大および最小制御出力パワー	34
3.3.2 開ループ・パワー制御	34
3.3.3 閉ループ・パワー制御	37
3.3.4 スタンバイ出力パワー	38
4 エミッション	38
4.1 伝導性スプリアス	38
4.2 放射性スプリアス	39
4.3 占有帯域幅	39
付録A-1xEV-DOのフォワード・リンクのコーディングの構造	40
付録B-バンド・クラスの周波数	40
付録C-ATテストに使用できるAgilentのテスト機器	41
参考文献	43

はじめに

無線業界の第3世代サービスへの移行が進むにつれて、データ・サービスが収入の大きな部分を占めるようになってきました。データは、回線交換ネットワーク経由でもパケット交換ネットワーク経由でもルーティングできます。現時点で最も普及しているデータ・アプリケーションは、ショート・メッセージ・システム (SMS) です。将来的には、大部分の無線ネットワークがパケット交換専用のネットワークに移行し、インターネット・プロトコル (IP) が用いられるようになることが予想されています。

SMSシステムは、現在の回線交換ネットワークでも十分効率的に動作します。メッセージの長さが限定されているため、制御チャネルの1つのメッセージとして、あるいはトラヒック・チャネルで音声接続と同時に、データを電話機に送信することができます。これに対して、インターネット・ブラウザやストリーミング・ビデオなどの大きなデータ・パケットが必要なアプリケーションの場合、SMSシステムでは必要なスループットを確保できません。パケット・データ・システムは最も盛んに開発が行われている分野であり、最も成長の期待される分野でもあります。

パケット・データ・システムの場合、音声とは異なり、オンになると電話機はデータ・フローがない場合でも常にネットワークに接続されています。システム・リソースはデータ転送の必要に応じて割り当てられ、リアルタイムのフロー制御によって多数のユーザ間で共有されます。

新しいパケット・データ・システムの1つはCDMA2000と結びついており、公式にはハイ・レート・パケット・データ・システムと呼ばれています。3GPP2標準化委員会では、このシステムは1x Evolution Data Only、略して1xEV-DOと呼ばれていました。この名前は業界全体でこのシステムを呼ぶのに使われていたものです。1xEV-DOは、3GPP2規格C.S0024バージョン3.0、およびその米国版であるTIA (米国通信工業会) のIS-856で定義されています。この新しい規格では、基地局をアクセス・ネットワーク (AN)、移動機をアクセス・ターミナル (AT) と呼びます。

1xEV-DOでは、ネットワーク・プロバイダは1つのCDMAチャネル (1.25 MHz) をパケット・データ・システム専用割り当てる必要があります。このチャネルは音声の伝送には使用できません。システムで用いられるチップ・レートとエミッション・フィルタはCDMA2000およびIS-95 CDMAシステムと全く同じなので、新しいシステムは従来のシステムとスペクトル的には同一です。

本アプリケーション・ノートは、CDMA2000で用いられるCDMAテクノロジーおよび拡散テクノロジーを理解している方を対象としています。本ノートの主題は、C.S0033バージョン2.0で要求されているパフォーマンス測定、すなわち3GPP2から公表されている"Recommended Minimum Performance Standards for cdma2000 High Rate Packet Data Access Terminals" [3] です。本ノートは仕様の代わりとなるものではなく、仕様では理解が難しいと思われる概念を解説することを目的としています。

AT測定は、フォワード・リンク (ANからATへの送信) レシーバ測定、リバース・リンク (ATからANへの送信) トランスミッタ測定、エミッション測定の3つの部分に分けられます。音声とデータの両方を伝送できる従来のテクノロジーと1xEV-DOテクノロジーとの違い、およびこの新しいシステムに関連する測定上の問題について説明します。最初に、1xEV-DOテクノロジーについて簡単に紹介します。

1 1xEV-DOの基本概念

1xEV-DOの最大の利点は、フォワード・リンクで実現できるデータ・レートです。代表的な条件で、セルの各セクタから1秒あたり送信できるビット数は、元のIS-95システムの最大10倍、CDMA2000の3倍に達します。リバース・リンクの構造はCDMA2000によく似ていて、同等の性能を発揮すると予想されています。

1xEV-DOは、すでにデータ・サービスでかなりの実績を上げているプロバイダが採用し始めています。一般的に、平均で100 kbpsを超えるネットワーク・データ・レートが必要な顧客層が存在するかどうかを基準となります。このレートは、CDMA2000の1つの周波数チャネルの容量の約50%にあたります。このレベルになると、データ専用サービスにCDMAチャネルを新たに割り当てるのが経済的に引き合うようになります。韓国と日本のプロバイダはすでにこの基準を満たしていますが、米国のプロバイダは一般的にはまだそこまで達していません。したがって、現時点では主にアジアを中心に採用が進んでいます。

1.1 フォワード・リンク

1xEV-DOと従来のCDMAシステムとの根本的な違いは、フォワード・システムに時分割多重化 (TDM) 機能が本格的に組み込まれていることです。データ伝送の間、データは一度に1台のATだけに送られ、ANの全パワーを使ってそのユーザに対して可能な最高のデータ・レートが実現されます。ANと他のネットワーク・ルーティング機器が、動的なプロセスによって、次にデータを受け取るATを決定します。TDMといっても、タイム・スロットがあらかじめ割り当てられているのではなく、動的に割り当てが行われます。1xEV-DOのフォワード・リンクの基本的なTDMの構造を図1に示します。

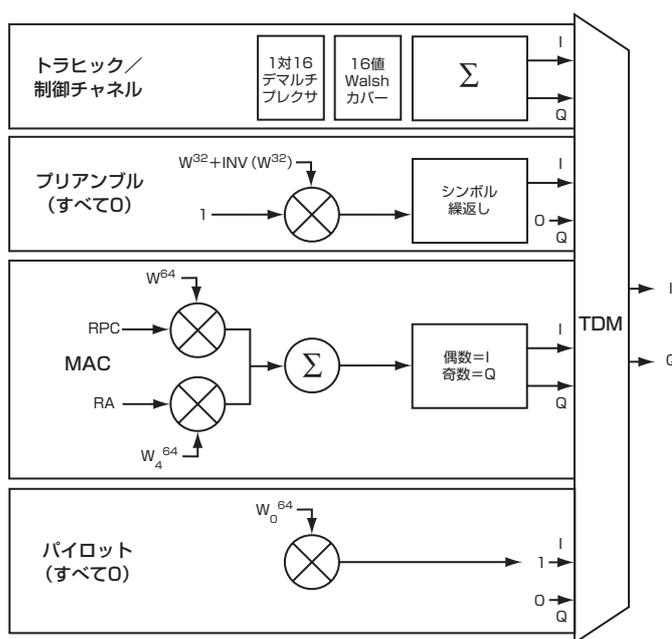


図1 1xEV-DOのフォワード・リンクのTDMの構造

ここに示す4つのTDMチャンネルのうち、MACチャンネルと、トラフィック・チャンネルの制御部分だけが、複数のATに平行に情報を送ることができます。MACチャンネルの主要情報はリバース・パワー制御 (RPC) ビットであり、それぞれが独自のWalshカバーとIまたはQチャンネルへのマッピングによって平行に送信されます。他の3つのチャンネルでは、ある時点でアクティブなコードは1つだけです。

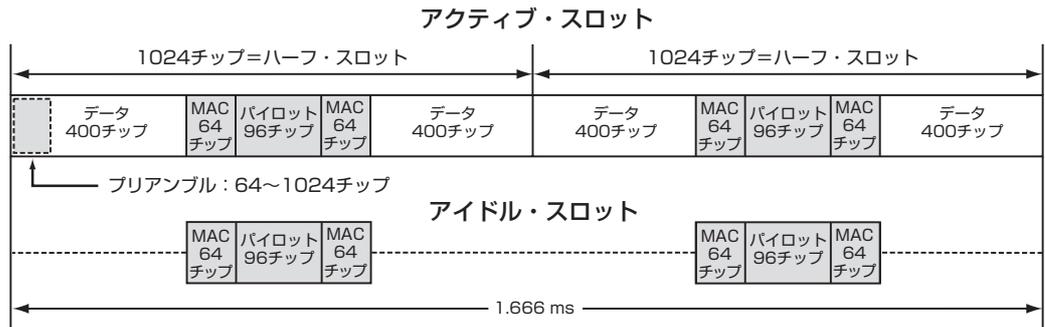


図2 1xEV-DOのアクティブおよびアイドル・スロットのTDMの構造

1xEV-DOのフォワード・リンクの2つのTDMの構造を図2に示します。1つはデータ伝送が行われるアクティブ・スロット、もう1つはユーザに対するデータ伝送のないアイドル・スロットです。アイドル・スロットでの伝送では、パイロットおよびMACチャンネルだけが伝送され、ANからの送信は不連続になります。

セル内のアクティブなATは、現在のリンクがサポートする最高のデータ・レートをネットワークに要求します。この要求は各スロットで行われるので、要求されるレートはリンク品質の変化に応じて変わります。データ・レートを高くするには、伝送に使用するコーディングを少なくするために、高品質のリンクが必要です。それぞれのレートを実現するのに必要な最小S/N比のグラフを図3に示します。低いレートでは、予想通り、データ・レートが2倍になるごとにリンク品質を3 dB改善する必要があります。高いレートでは、高次の変調の使用とエラー訂正の弱さのために、システムの効率が多少下がり、ビットあたりの必要パワーが大きくなります。

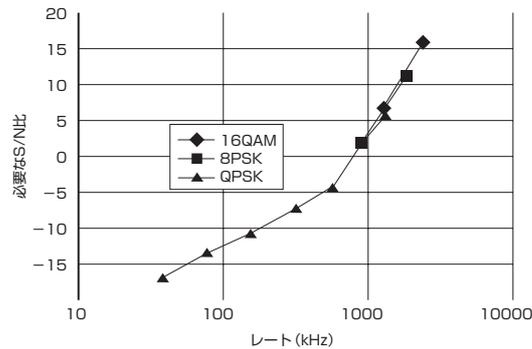


図3 S/N比とデータ・レートの関係

トラヒック・チャンネルに用いられるコーディングはかなり複雑です。最低で38.4 kbps、最高で2.46 Mbpsのコーディングと伝送レートをサポートする必要があります。低いレートはQPSK変調でサポートされ、高いレートでは8PSKまたは16QAMが用いられます。コーディングの構造を図4と5に示します。

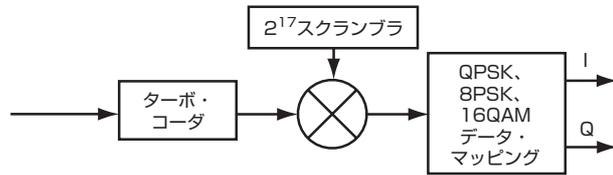


図4 フォワード・リンクのトラヒック・チャンネルのコーディング

入力データはターボ・コーダでエンコードされます。これは、CDMA2000システムで用いられる同等のコンボリューショナル・エンコーダよりも最大3 dB高い性能を達成できます。次にデータは、各ユーザに固有のコードでスクランブルされます。これは音声を秘話化するためです。スクランブルされたデータに対して、チャンネル・インタリーバでシンボルの再配列と置換が行われます。再配列と置換のプロセスは、エンコーディングが1/3レートか1/5レートかによって異なります(コーディングが少ないほど、データ・レートは高くなります。詳細については付録Aを参照してください)。最後に、データはI/Q値にマッピングされます。低いレートでは、交互ビットがIとQに直接マッピングされるので、シンボルあたりのビット数は2ビットです。より高いレートでは、マッピングはシンボルあたり3ビット、すなわち8PSKになります。最高のデータ・レートでは、マッピングはシンボルあたり4ビットで、16QAM変調になります。変調後、IとQの信号は符号付きの変調値になることに注意してください。

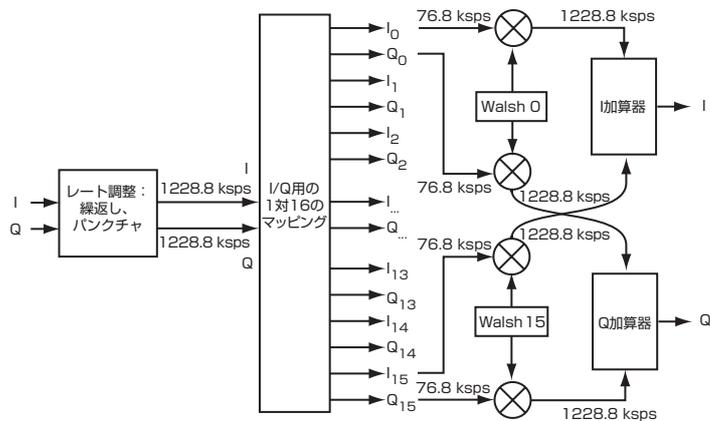


図5 レート調整とWalshエンコーディング

最初のエンコードと変調で得られたIとQのシンボルは、図5のプロセスにマッピングされます。最初にレート調整機能があります。ここでは一般的に、入力データを繰り返すことによって、出力データ・レートが正確に1.2288 Mspsになるようにします。2番目の操作は、IとQのデータ・ストリームを16個の並列のIとQのデータ・セットに分解することです。これらのそれぞれが、長さ16の16通りのWalshカバーの1つによってコード化されます。最後に、IとQのすべての信号が加算されて最終的なベースバンド信号となり、帯域制限ローパス・フィルタ (IS-95 CDMAで用いられるものと同じ) を通って最終的なI/Q変調に渡されます。この最後の段階では、システムに利得は加わりません。その代わりに、多少のタイム・ダイバーシティが追加され、最終的な送信信号のランダム性が増加します。その仕組みは次の通りです。信号は1つのI/Qチャンネルから始まって、16個の並列経路に分解されます。これらの経路のそれぞれが元の信号の16倍の利得でコード化されます。このようなチャンネルが16個あり、それぞれが1/16のパワーを持つため、16倍の処理利得と1/16のパワーを掛けて正味の利得が1になります。

コーディング・レートとレート調整の構造の数値的な詳細は、付録Aに利用可能なデータ・レートごとに記載されています。

1xEV-DOシステムの性能は、ネットワークの各セルの各セクタにおいて平均で600 kbpsのレートが可能であると予想されています。これはCDMA2000のフォワード・リンクの約3倍です。

1.2 リバース・リンク

1xEV-DOのリバース・リンクは、CDMA2000のものによく似ています。埋め込まれたパイロット・チャンネルがあり、ベースバンド生成のIチャンネルとQチャンネルに個別に並列コード・チャンネルを設けることができます。

ただし、いくつか重要な違いもあります。CDMA2000には、フォワード・リンクの高速パワー制御のための専用のサブチャンネルが存在します。1xEV-DOの場合は、ネットワーク機器は常にフル・パワーで送信するため、パワー制御の必要はありません。その代わりに、リンクを最適化するためにレート制御が行われます。レート制御を実現するために、データ・レート・チャンネル(DRC)という専用のコード・チャンネルが追加されています。このチャンネルは端末から1.667 msごとに送信され、現在フォワード・リンクがサポートする最高のデータ・レートをネットワークに通知するとともに、ソフト・ハンドオフ中は、最もリンク状態がよくてデータ供給に適したセルを決定するために用いられます。

1xEV-DOではこのほかに2つのチャンネルが追加されています。1つは確認応答チャンネル(ACK)で、各データ・パケットを正常に受信したことを通知する役割を果たします。もう1つはリバース・レート・インジケーション(RRI)チャンネルで、ATがネットワークに対してリバース・トラフィック・チャンネルの伝送レートを通知するために使用します。これによりANは、データ・レートをブラインド検出しなくてもリバース伝送をデコードできます。

リバース・トラフィック・チャンネルは、4つのチャンネルを加算したもので、HPSK変調でスクランブルされます。4つのチャンネルとは、パイロット/RRIチャンネル、ACKチャンネル、DRCチャンネル、データ・チャンネルです。

パイロット

CDMA2000では、パワー制御ビット(PCB)を伝送するためにパイロットは3:1(パイロット3に対してデータ1)の割合でバンクチャされます。バンクチャ周期はパワー制御グループ1個分、すなわち1.25 msです。パワー制御のデータ・レートは、20 msのフレームあたり16ビットです。1xEV-DOでは、バンクチャ・パターンは各スロットで7:1です。伝送されるデータはコード化されており、伝送レートは26.67 msのフレームあたり3ビットです。パイロットはIチャンネルでWalshカバ0を使って連続的に伝送されており、RRIチャンネルと時分割多重化されています。パイロット/RRIチャンネルのコーディングの構造を図6に示します。

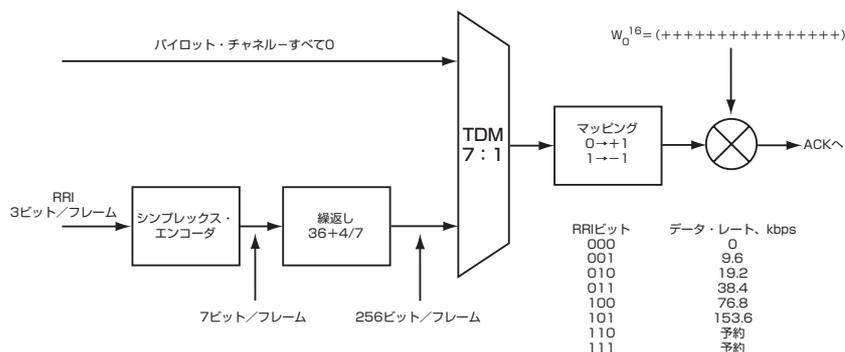


図6 パイロット/RRIチャンネルの構造

ACK

ACKチャンネルは、ATが自分に向けられたプリアンブル付きフレームを正常に検出したときに送信されます。このチャンネルはBPSK変調されていて、受信に成功したか消失したかを示す2つの値のどちらかを取ります。0のビットは成功(ACK)、1のビットは失敗(NAK)を表します。このチャンネルはIチャンネルの1/2スロットでWalshカバー4を使って送信されます。ACKチャンネルのコーディングの構造を図7に示します。

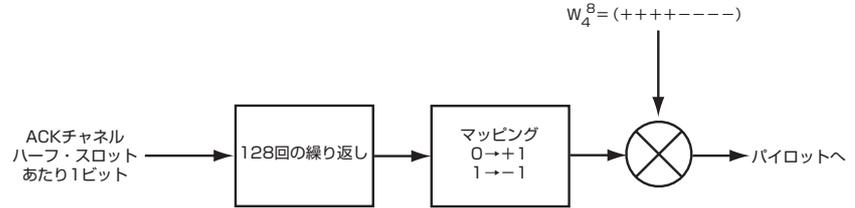


図7 ACKチャンネルの構造

DRC

DRCチャンネルでは、各スロットに4ビットのワードが含まれています。このため、サービスを提供するANの側では、最大16種類の伝送レートを選択できます。異なるWalshカバーを使って、アクティブ・セットのどのPNオフセットが送信において優先されるかを示します。すなわち、どのANがATにサービスを提供するかということです。DRCチャンネルのコーディングの構造を図8に示します。

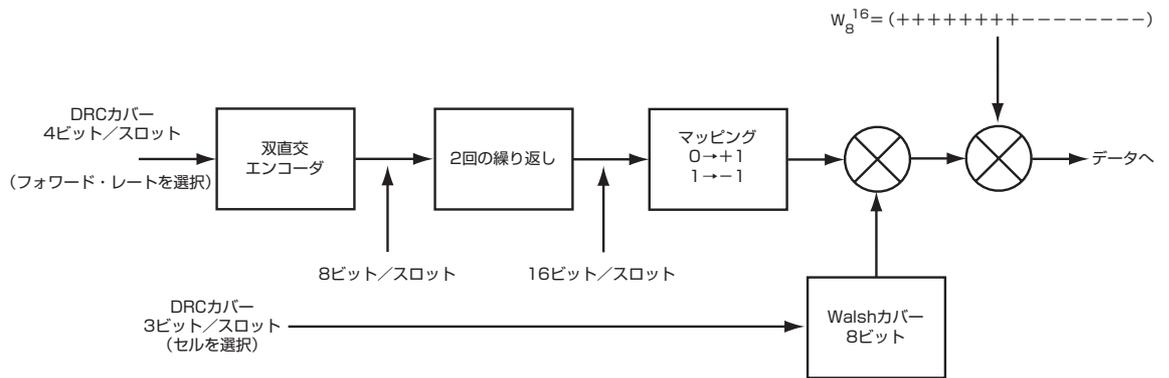


図8 DRCチャンネルの構造

データ

リバース・リンク伝送のデータ・チャンネルは、5種類のデータ・レートをサポートします。これらのレートは2の累乗で分けられています。これらのレートのうち4つは、繰返し係数を変えることで実現されています。最高のレートでは、利得の小さいターボ・コードが用いられます。図9にデータ・チャンネルのコーディングの構造を示します。

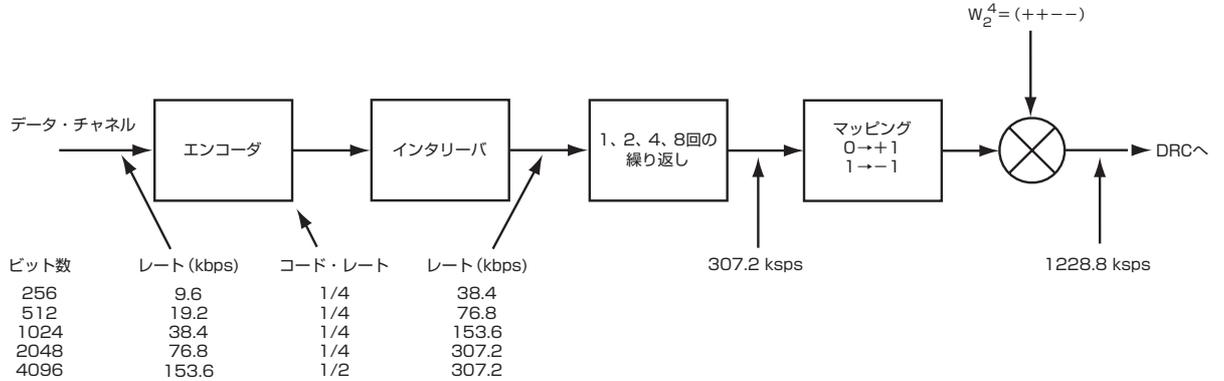


図9 データ・チャンネルの構造

最終的なコーディングの構造を図10に示します。チャンネルは、一部をI、一部をQにマッピングする方法で互いに加算され、結果として拡散されます。最終的な拡散はCDMA2000と非常によく似ていて、HPSKが採用されています。パイロット/RRI、ACK、DRC、データの各チャンネルが集まって、リバース・トラフィック・チャンネル(RTC)を構成します。

ロング・コードは、これまでのCDMAの方式とは多少異なっています。IS-95およびCDMA2000のロング・コード・ジェネレータは、システム時刻、すなわち連続的なクロックに基づいています。1xEV-DOでは、各パイロット・シーケンスの先頭で、すなわち26.67 msに1回、固定のパターンがロング・コードのシードとなります。IとQのロング拡散コードに対しては別々のマスクが用意されます。

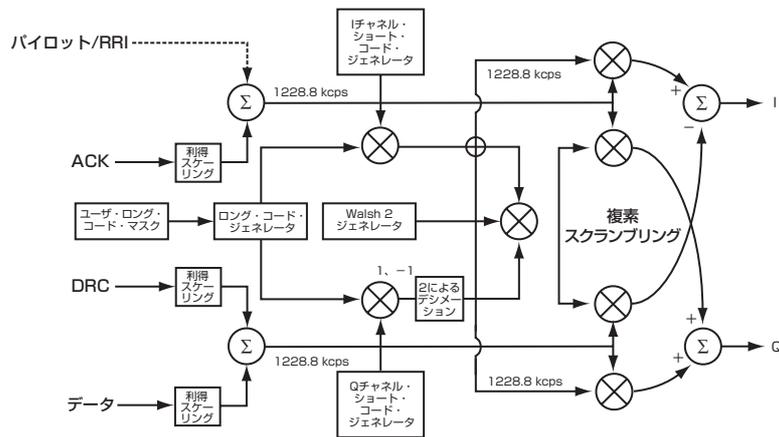


図10 1xEV-DOのリバース・リンクの合成

リバース・リンクの性能は、CDMA2000とほぼ同一と見積もられています。

1.3 1xEV-DO、W-CDMA、CDMA2000のサービス比較

W-CDMAはCDMAファミリの中で最も複雑ですが、どんな条件の組合わせに対しても最適にコーディング構造を変更できる柔軟性を備えています。W-CDMAとCDMA2000はともに、音声とデータの両方を伝送できるように設計されているため、1xEV-DOで高レートの伝送を実現するための手法の多くがこれらのシステムでは利用できません。

これまでの報道で一般に注目されてきたのは、最高の条件で個々のユーザに対してシステムが提供できる最高のレートでした。通常これは、完全なリンクで、移動がなく、他のユーザがない場合に相当します。無線システムの性能指数としては、2つの要素を考慮したものがより適しています。1つはシステムが各セクタでサポートできる音声ユーザの数、もう1つはシステムがデータ・アプリケーションのために各セクタで1秒あたりに伝送できるビット数です。1xEV-DOはデータ専用なので、1つめの指数はここでの説明には該当しません。システムを評価する場合、そのシステムが広い地域を連続的にカバーし、多数のセルを持ち、それぞれのセルに代表的な場合で3つのセクタがあるものとして考える必要があります。さらに、システムの負荷と干渉も現実的な条件でなければなりません。

このような条件では、帯域幅で正規化した場合、CDMA2000とW-CDMAの性能はほぼ同等と考えられます。これには反対意見もあるでしょう。きわめて正当な技術的な議論によって、容量の見積もりが10~20%程度変化することがその反対の根拠となることがあります。ここで同等というのは、その程度の違いを考慮した上でのきわめて広い意味であると考えてください。

1xEV-DOシステムの容量は広範囲にモデリングされ、テストされています。その結果、このシステムが1秒あたり、1セクタあたり、1 MHzあたりに伝送できるビット数は、上記2つのシステムの3倍に達すると見積もられています。その代わり、このシステムには音声の機能がありません。

1.4 測定上の問題と注意事項

1.4.1 高次変調での位相雑音

前のセクションで説明したように、1xEV-DOの信号はCDMA2000の理論的限界よりもはるかに高速なデータ・レートで送信できます。このようなレートを実現するために、高次の変調方式を使用する必要があります。これには、ATレシーバのデザイン要件が複雑になるという欠点があります。1xEV-DOのANは、QPSK、8PSK、16QAMのどの変調方式で送信する場合でも、常に一定のパワーで送信する必要があります。QPSK変調は4個のコンスタレーション・ポイント(シンボルあたり2ビット)、8PSKは8個のコンスタレーション・ポイント(シンボルあたり3ビット)、16QAMは16個のコンスタレーション・ポイント(シンボルあたり4ビット)を使用します。高次の変調方式では従来のQPSKよりもシンボルあたりのビット数が多く、同じパワー制約条件の下でより多くのコンスタレーション・ポイントを詰め込まなければならぬため、コンスタレーション・ポイントの振幅方向の間隔が狭くなります。このため、あるノイズ源が存在するときに、変調された信号を正常に回復できるかどうかは、信号に用いられている変調方式によって大きく変わります。QPSKに対しては無視できる干渉しか及ぼさないノイズ源でも、16QAM変調された信号に対しては大きな影響を与え、レシーバが正しいシンボルを検出できない可能性があります。また、高次の変調方式ではコンスタレーション・ポイントの数が多いため、値があいまいな決定領域に入り、どの値が正しいかをレシーバが高度な判断で決定しなければならない場合が増えます。

全ノイズにはさまざまなノイズ源が寄与しており、それぞれの源が全体としての波形に対して強め合うまたは弱め合う干渉を及ぼします。エラーの原因として一般的なものに以下があります。

- 静的な振幅誤差：レベル・オフセットまたは変調DACレベル誤差として評価されるもの
- ランダムまたはガウス・ノイズ分布：通常は、レシーバのノイズ・フロア内のランダムな干渉または受信、または広帯域信号干渉から生じるもの
- ランダム位相誤差：レシーバまたはトランスミッタの局部発振器(LO)の不安定性、自動利得制御(AGC)のトラッキングの不一致、増幅器の非線形性などから生じるもの

これらの誤差の中で、CDMAデバイス、特に複数の変調方式を採用したデバイスのデザインにおいて厄介なのが、位相誤差(または位相雑音)です。異なる変調方式に対する位相雑音の影響の比較を図11に示します。左側は受信したQPSK信号の例、右側は16QAM信号の例です。どちらの場合も、黒い点を指している矢印は理想的なシンボル・サンプル・ポイントのフェーズであり、影付きの丸を指している矢印は実際に受信したシンボル・サンプル・ポイントのフェーズです。2つの矢印の角度の差が位相誤差です(この例では振幅誤差はありません)。縦軸の $Z(t)$ は正しいI値を検出する確率を表します。ここで正しいとは、トランスミッタが送信した値と同じ値を意味します。横軸の $Z(t)$ は、正しいQ値を検出する確率を表します。

コンスタレーション上の理想シンボル・ポイント(基準値)は、確率最大の領域、すなわち $Z(t)$ がピークに達する場所の交差領域に対応することに注意してください。確率最大の領域同士の間には、決定ライン、すなわち $Z(t)$ が谷になる場所があります。実際に受信した値が決定ラインに近いほど、検出されたシンボルが正しくない可能性が高まります。このようなポイントでは、検出対象の信号がラインの下の値である確率も上の値である確率も同程度だからです。変調範囲の端(理想シンボル位置の近く)にある信号は、決定境界上(2つの理想シンボル位置のちょうど中間)の値と違って、ほぼ確実に値を推定できます。QPSKにはチャンネルあたり1つの決定境界しかないのに対して、16QAMには3つあるので、理論的にエラーが生じる状態の数は16QAMのほうがはるかに多いことがわかります。わかりやすくするために、 $Z(t)$ が1つの軸で最大になり、もう1つの軸で最小になるような点だけを見ると、QPSKモデルではそのような点は4個(2本の決定ラインそれぞれに対して2個のI/Q値)あるのに対し、16QAMモデルでは24個(6本の決定ラインのそれぞれに対して4個のI/Q値)あります。

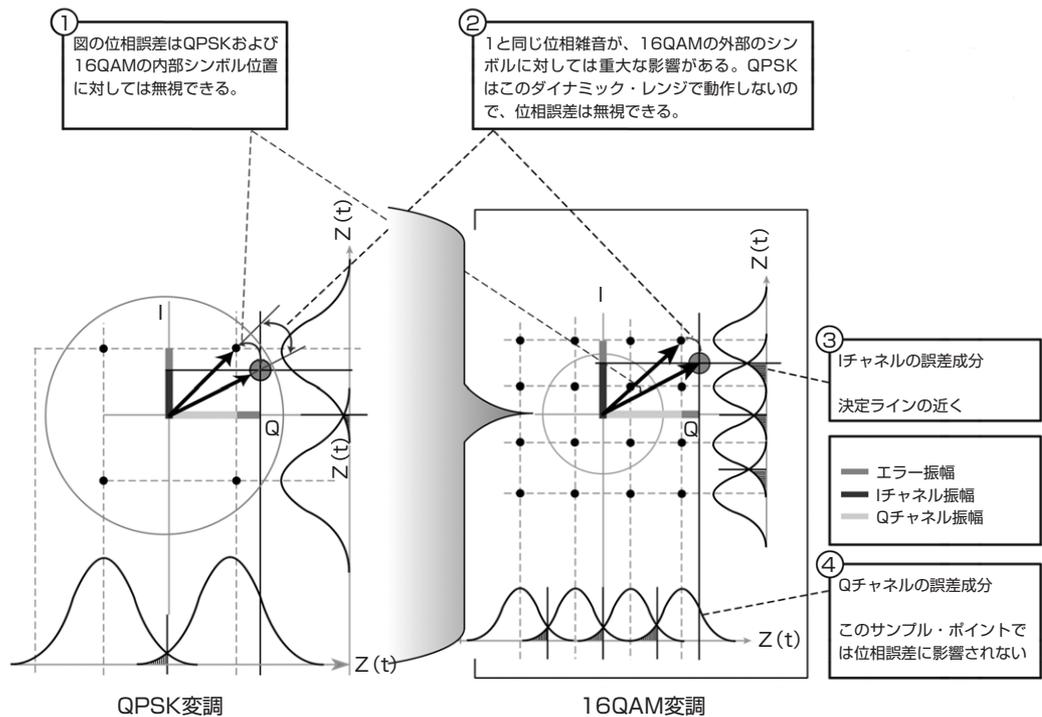


図 11 QPSK変調と16QAM変調に対する位相雑音の影響の比較

また、16QAMのコンスタレーションの基準ポイントは互いの距離が近いため、コンスタレーション・ポイントが原点に近いQPSKの場合に比べて、同じ位相雑音でも影響はるかに大きくなります。このため、同じノイズ源がQPSKモデルの場合は許容範囲内であるのに、16QAM変調信号の外部シンボル・ポイントに対しては50%の確率でエラーを引き起こすことがあります。

そこで、ノイズ・プロファイルが異なる複数の変調方式を1つの無線機器に組み込む場合、デバイス・デザイナはどのような方法を探ればよいでしょうか。以下の2つの選択肢があります。

- レシーバ/トランスミッタのダイナミック・レンジを同一に保ち、システムへのノイズの寄与を下げ、最悪ケースのシナリオの許容範囲内に収まるようにする。1xEV-DOでは、最悪ケースは16QAM変調信号を受信する場合です。
- 各変調のノイズ耐性が同程度になるように、受信信号のレベルを(例えばLNAで)比例して上げる。

1xEV-DOデバイスをテストする場合、可能なデータ・レートのすべての組み合わせをテストする必要はありません。ただし、少なくとも最も厳しいケースの16QAM変調は必ずテストする必要があります。CDMA2000またはQPSK変調モードは、16QAMスーパーセットのサブセットと考えられます。16QAM信号のノイズ寄与が仕様範囲内なら、8PSKおよびQPSK変調モードは十分に仕様を満たしていると仮定できます。その逆は言えません。QPSKの結果から16QAMの性能を仮定すると、誤りを生じるおそれがあります。デュアル・モード・デバイスのテストの詳細については、セクション1.4.2を参照してください。

1.4.2 CDMA2000/1xEV-DOデュアル・モードATの大量生産

製造テスト・プロセスにおいては、デバイスをどの程度徹底的にテストするかは、テストにかかる時間とのかねあいで決めなければなりません。特に、デバイスに複数の動作モードがある場合は、これが重要になります。CDMA2000と1xEV-DOのデュアル・モードATがこれにあたります(1xEV-DOには音声通話の機能がないので、ほとんどの無線デバイスはCDMA2000機能も備えたデュアル・モード端末として製造されます)。前のセクションで説明したように、デュアル・モード・デバイスの低いデータ・レートだけをテストすると、高いデータ・レートに関して誤った結果を得るおそれがあります。CDMA2000のレシーバに対しては無視できる位相雑音でも、1xEV-DOの高データ・レートの伝送を受信する場合には重大な問題となる可能性があります。これは、I/Q変調平面の原点から遠い位置では角度の変化が大きくなるからです。しかし、マルチモード・デバイスのすべての機能をテストすることも、時間とコストを考えれば現実的とは言えません。大量生産では、1秒といえども無駄にはできないからです。

メーカーがデバイスの機能について自信が持てる場合、あるいは製造前の段階で同様の動作の性能検証ができる場合、テストの一部を省略したり、類似のテスト・ポイントの結果に基づいて十分と仮定したりすることも可能です。例えば、複数の伝送チャンネルでスピーカの機能をテストすることは必要ないでしょう。1つのチャンネルで動作すれば、すべてのチャンネルで動作すると仮定できます。この判断は自明ですが、CDMA2000と1xEV-DOのデュアル・モードATの動作に関しても、それほど自明でないとはいえ同様の判断が可能です。

類似している部分の1つは、CDMA2000モードと1xEV-DOモードのトランスミッタです。これら2つの送信モードはほぼ同一であり、多くの場合RFレベルでは同じコンポーネントで動作しています。したがって、1xEV-DOモードのトランスミッタが仕様を満たしていれば、CDMA2000のトランスミッタも仕様を満たしているという仮定が可能です。トランスミッタ・レベルの校正と検証プロセス、および送信品質については、一方の結果から他方の結果を仮定できます。実際のレベルの校正についても、1つのモードで実行すれば両方の送信モードを満足するはずで

レシーバについては、CDMA2000モードと1xEV-DOモードの類似性はそれほど強くありません。フォワード・リンクの受信が両方で大きく異なるため、両方のモードでテストするのが一見妥当と思われれます。しかし実際には、QPSKを使用するレート(38.4~1228.8 kbps)での1xEV-DOレシーバの性能はCDMA2000レシーバと同等と考えられるので、CDMA2000レシーバのテストを省略できる可能性があります。これに加えて、1xEV-DOのレシーバには、8PSKおよび16QAMのモードを使用する、より厳しいデータ・レートでのテストが必要です。Minimum Performance Standardでは、2457.6 kbpsのレートでダイナミック・レンジをテストするように定められています。これは1xEV-DOの16QAM波形の受信にあたります。

製造テストにおいて1xEV-DOレシーバの性能を高いデータ・レートでテストしなければならないという点を除いても、CDMA2000レシーバでなく1xEV-DOレシーバの性能をテストすることには注目すべき利点が1つあります。それは、パケット・エラー・レート(PER)のテストの方が、フレーム・エラー・レート(FER)のテストに比べて、テスト時間を大幅に短くできる可能性があることです。CDMAベースのファンクション・テストの場合、最も時間のかかる製造テストはレシーバ感度およびレシーバ・ダイナミック・レンジであるのが普通です。これは、これらのテストがCDMA2000の20 msのフレーム・レートに依存しているからです。特定の受信レベルでのレシーバの性能に関して許容できる信頼度を達成するためには、最低でも300~600個程度のフレームをテストする必要があります。このため、1回のテストで最低6~12秒の時間がかかります。コーディング復元能力またはエラー訂正能力のしきい値付近でテストを行う場合は、標準的な95%の信頼度で信頼性の高いFER結果を得るには、さらに多くのフレームをテストする必要があります。

1xEV-DOの場合、フォワード・リンクにおけるデータ伝送の packets 構造から、レシーバ性能のテストには従来のFERよりもはるかに高速なPERを使用できます。1xEV-DOの packets 構造はデータ伝送のレートによって異なります。付録Aに、各データ・レートにおける1xEV-DOの packets 構造の一覧表があります。packets の送信時間は最小1.67 ms、最大106.6 msです。CDMA2000のフレームの長さは20 msなので、各データ・レートにおけるフレーム速度と packets 速度の比を表1のように計算できます。

表1 CDMA2000と1xEV-DOの測定速度の比較

変調レート	packets / フレーム の速度の比較	備考
16QAM @ 2457.6 kbps	12倍高速	標準のダイナミック・レンジ・レート設定
QPSK @ 307.6 kbps	6倍高速	標準のレシーバ感度レート設定
QPSK @ 38.4 kbps	1.33倍低速	—

さらに、16QAM変調モードを使用する高いデータ・レートでの packets ・エラー・レート (PER) 測定は、QPSKおよび8PSKのレートよりも厳しい条件であると仮定することにより、さらにテスト・プロセスを短縮することができます。高いデータ・レートでレシーバが十分なマージンを持ち、許容範囲内のPER性能でテストに合格すれば、低いデータ・レートのテストにも合格するはずですが、CDMA2000/1xEV-DOデュアル・モードATのパラメトリック・テスト・プロセスでは、2つのモードのすべての機能をテストする代わりに、以下のように構造化できると仮定しても安全です。

1. 1xEV-DOトランスミッタだけをテストする。
2. 307.2 kbpsのレートでQPSKを使って1xEV-DOレシーバの感度をテストする (高い packets 伝送レートを利用すると、より高いデータ・レートで感度をテストすることも可能)。
3. 2457.6 kbpsのレートで16QAMを使って1xEV-DOのダイナミック・レンジをテストする。

1.4.3 テスト・アプリケーション・プロトコル

ネットワークはATに対して、要求されたレートでのみデータを送信する必要があります。これには2つの効果があります。1つは伝送レートを最大化すること、もう1つは、端末が要求したレートのみで復調を行えばよく、いわゆるブラインド検出を避けられることです。ブラインド検出とは、レシーバ側で伝送レートを判断しなければならないことをいいます。ATがレートを選択するこのようなプロセスの不都合な点は、広範囲の動作条件で端末の性能を測定できないことです。ATは現在の条件でサポートされるレートだけを要求するように設計されています。このため、通常の動作条件ではATの限界を試すことはできません。ノイズを増やせばATは単により低いレートを要求するからです。このため、各データ・レートで通常見られるよりも高いS/NでATの性能をテストする何らかの機構をデザインに組み込む必要があります。

この問題は、業界標準にテスト・モードを定義することで解決されます。このテスト・モードはテスト・アプリケーション・プロトコル (TAP) と呼ばれ、実際のネットワークをシミュレートするテスト機器から無線で送られるメッセージによって起動されます。このプロトコルは基本的に、レシーバの判断とは無関係に、特定のデータ・レートをレシーバに強制的に要求させるものです。

TAPには2つのコンポーネントがあり、フォワード・リンクとリバース・リンクに対応します。これらをそれぞれF-TAPおよびR-TAPと呼びます。F-TAPは主に端末側のレシーバ・テストに用いられます。R-TAPは、トランスミッタ・テストでさまざまなタイプの送信を強制するために用いられます。TAPの動作は、C.S0029、Test Application Specification (TAS) for High Rate Packet Data Air Interface [4] で説明されています。このテーマはそれ専用の標準が必要なくらい複雑なので、ここで詳細に説明することはできません。ただ、TAPの機能の概略だけでもつかんでいただくため、FTAPを使って最高データ・レートの信号を送信する例を見てみましょう。図12に示すのは、2.4 Mbps伝送のFTAPの Slots の構造です。

1xEV-DOの物理パケットは、通常1024ビットのMACパケットから構成されます。低いデータ・レートでは、MACパケットと物理パケットは1対1に対応します。高いデータ・レートでは、スループットを上げるため物理パケットは複数のMACパケットで構成されます。16QAM変調で送信される2.4 Mbps信号の各物理スロットには、1024ビットのMACパケットが4個ずつ含まれています。これが1個の物理パケットに対応します。

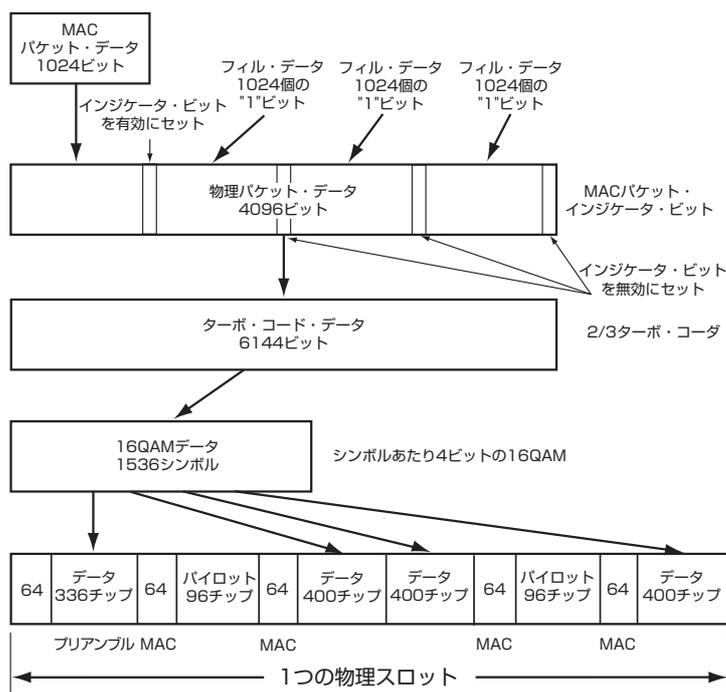


図12 FTAPの Slots の構造

FTAPは、PER測定のために単一カプセル化を強制します。すなわち、データ・レートに関わりなく、すべての物理パケットが有効なMACパケットを1個だけ供給します。これは、テスト対象のATが、必要なループバック計算を最高のデータ・レートで実行する際に処理能力が不足しないようにするためです。2.4 Mbpsでは、1個の物理パケットが、実際のデータのMACパケット1個とフィル・データのMACパケット3個を含みます。パケット全体がスクランブルされ、インタリーブされ、コード化されて、ATに送られます。ATのレシーバは、実際の呼と同じようにこのプロセスを逆にたどったあと、受信した生データの4分の1にあたる実際のデータに対してPER測定を実行します。FTAPは本質的に、ATの信号デコード能力を、ATの処理能力に過大な負荷を掛けることなくテストする方法であるといえます。

セクション1.4.2で説明したように、これによりATは、CDMA2000のMSに対するFERテストよりもはるかに高速にPERテストを実行できます。各物理パケットは1個の-slotで送信され、1フレームには16個の-slotが存在するので、1フレームあたり合計16個の有効なFTAPパケットが送信されることになります。このため、パケット伝送レートは以下ようになります。

$$\text{レート} = 37.5 \text{ フレーム/秒} \times 16 \text{ パケット/フレーム} = 600 \text{ パケット/秒}$$

CDMA2000のレートは50フレーム/秒なので、1xEV-DOのほうが12倍高速ということになります。

2 フォワード・リンク・レシーバ測定

デジタルRF通信システムは、複雑な手法を使って、デジタル変調された信号を無線チャネル経由で送受信しています。デジタル無線レシーバは、変化の大きいRF信号を干渉が存在する状態で抽出し、元のベースバンド情報の正確な複製に変換しなければなりません。このような複雑さのために、デザイン・エンジニアは開発のあらゆる段階で、システムの問題を切り分け、解決する必要があります。問題の発見は早いほどいいのです。信号の劣化の原因は、デジタルRF通信システムのコンポーネント、デバイス、サブシステムのいずれかに帰着します。レシーバのデザインが成功するかどうかは、エラーの原因を発見できるかどうかにかかっています。レシーバ・デザインのトラブルシューティングとテスト手法に関する一般的な情報に関しては、[2]を参照してください。

干渉が存在する状態でレシーバの性能を検証するテストはいくつかあります。1xEV-DOのAT仕様には、復調要件とレシーバ性能の2つのカテゴリがあります。復調要件のセクションには、チャネル・シミュレータまたはフェーダ、相加性白色ガウス・ノイズ(AWGN)ジェネレータ、パワー制御を使用するすべてのテストが含まれています。レシーバ性能のセクションのテストには、感度、ダイナミック・レンジ、シングル・トーン感度抑圧、相互変調スプリアス応答減衰、隣接チャネル選択度、ブロッキングがあります。上記の測定はすべて何らかの形でレシーバの性能をテストするものなので、ここではわかりやすく動的チャネル・テストと静的チャネル・テストの2種類にテストを分類します。レシーバのエミッション・テストについてはセクション3で扱います。

注記：各テストには、セットアップに必要な手順の簡単な説明がついています。この手順は網羅的なものではなく、何をどんな理由で行うかを簡潔に説明したものです。セットアップ手順の詳細な説明については、[3]を参照してください。

2.1 基本的なテスト・セットアップ

2.1.1 テスト・セットアップ

図13に示すのは、レシーバ・テストの基本的なセットアップです。テスト機器の2つの主要な要素は、ANエミュレータと被試験デバイス（この場合は1xEV-DOのAT）です。図の要素のすべてを1つのテストで使用することはありません。例えば、チャネル・シミュレータはフェージング時の復調だけで用いられ、2番目のANはハンドオフ・テストだけで用いられます。大部分のレシーバ・テストの性能指標はパケット・エラー・レート (PER) です。

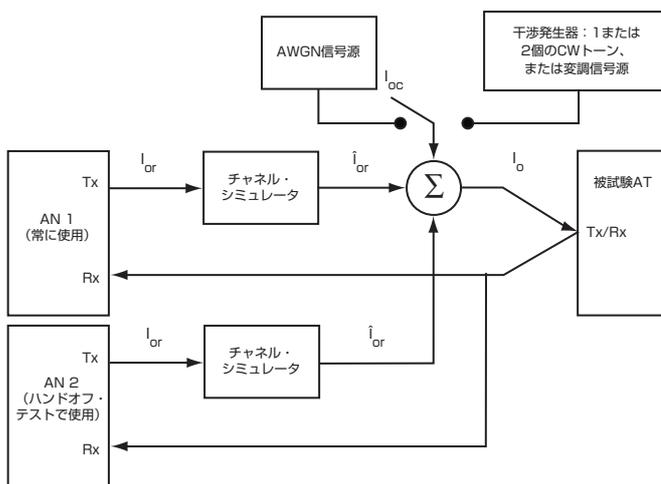


図13 レシーバ・テストの基本セットアップ。これはレシーバ・テストに必要なすべての要素を示します。ここでは信号フローだけを示しています。信号の分割と分離のための要素は示されておらず、セットアップごとに異なる可能性があります。

2.1.2 正しい機器の選択

仕様では、ATのコンFORMANCE・テストを実行するための機器の最小性能要件を定めています。仕様で推奨され、ここで概要を説明する各AT測定のリミット値は、これらの要件を満たす機器でテストを実行した場合のものです。

トランスミッタの要件

- 周波数確度：±0.2 ppm
- 周波数分解能：10 Hz
- 出力範囲：0～-110 dBm/1.23 MHz
- 振幅分解能：全チャンネルで0.1 dB
- 出力確度（任意の2チャンネル間の相対レベル）：±0.1 dB（このために外部校正が必要な場合がある）
- 絶対出力確度：±2.0 dB
- 最小波形品質係数：0.966より大きい（過剰パワーが0.15 dBより小さい）
- 信号源VSWR：2.0：1
- ACLR（バンド・クラス6）：80 dB

AWGNジェネレータの要件

- 最小帯域幅：1.8 MHz
- 周波数分解能：1 kHz
- 出力確度：±2 dB、-80 dBm/1.23 MHz以上の出力で
- 振幅分解能：0.1 dB
- 出力範囲：-20~-95 dBm/1.23 MHz

CWジェネレータの要件

- 周波数確度：±1 ppm
- 周波数分解能：100 Hz
- 出力範囲：-50 dBm~-10 dBm、およびオフ
- 出力確度：±1.0 dB、上記の出力範囲および周波数で
- 振幅分解能：0.1 dB
- -20 dBmパワーでの出力位相雑音：
 - 周波数1 GHz、オフセット285 kHzでの測定時に-144 dBc/Hz (バンド・クラス 0、2、3、5、7、9)
 - 周波数2 GHz、オフセット635 kHzでの測定時に-144 dBc/Hz (バンド・クラス 1、4、6、8)

2.2 動的チャネル・テスト

2.2.1 AWGNを付加した環境下でのトラヒックの復調

AWGNを付加した環境下でのフォワード・トラヒック・チャネルの復調は、おそらく最も重要なレシーバ・テストといえます。ATのベースバンドASICの生のデコーダ能力がテストされるからです。このテストは、ノイズが存在する状態でのフォワード・トラヒック・チャネルをATがどの程度復調できるかを評価するもので、基本的にATが必要な信号を不要なノイズから抽出する能力を測るテストです。

このテストでは、図13のセットアップのAWGN信号源だけを使用します。フェージングやCW干渉はありません。AWGN信号源は、実際のシステムで周囲のセルから来るパワーをシミュレートします。このテストには設定可能な3つの重要なパラメータがあります。すなわち、 I_{or} 、 I_{oc} 、データ・レートです。 I_{or} は、フォワード・チャネルのパワー・スペクトル密度をATのアンテナ端で測定したもので、1.23 MHzのCDMA帯域幅に正規化されています。 I_{oc} はAWGN信号源のパワー・スペクトル密度をATのアンテナ端で測定したものです。 E_b/N_t は、ビットあたりの全受信エネルギーと、ATのアンテナ端でのフォワード・トラヒック・チャネルの有効ノイズ・パワー・スペクトル密度との比です。簡単にいえば、 I_{or}/I_{oc} はATのアンテナでのS/N比を表します。 E_b/N_t はコーディング利得とトラヒック・チャネルのデューティ・サイクルを考慮したS/N比です。

測定には、下記の手順を実行します。各データ・レートに対してPERを計算します。仕様では、指定された E_b/N_t で95%の信頼度レベルでPERの結果が下回らなければならないリミット値と、最高の性能のためにPERの結果が下回るべき値が定められています。 E_b/N_t の値は、仕様で定められた値の±0.2 dBの範囲内になければなりません。 E_b/N_t 自体は設定可能なパラメータでないことに注意してください。これは上で定義された他の設定可能なパラメータから計算されるものです。各テストのリミット値の詳細な一覧については、[3]のセクション3.1.1.2.1を参照してください。

テスト・セットアップ

1. ANとAWGNをATに接続します。
2. ANのフォワード・パケット動作を100%に設定します。
3. 制御チャンネル・データ・レートを38.4 kbpsに設定します。
4. パイロット・ドロップを-14 dBに設定します。
5. テスト・アプリケーション・セッションをセットアップし、FTAPコネクションをオープンします。
6. I_{or} を-55 dBm/1.23 MHzに設定します。
7. I_{oc} およびフォワード・トラフィック・チャンネル・レートを設定します。
8. PERを計算します。
9. 各データ・レートに対してステップ7~8を繰り返します。すべてのフォワード・チャンネル・データ・レート(38.4~2,457.6 kbps)に対して、さまざまな E_b/N_t の値でATの性能を評価する20のテストがあります。 I_{oc} は各テストに対して指定されたとおりに設定します(-70.4~-43.6 dBm/1.23 MHzの範囲)。

Measurement/Instrument Screen			
Control	Packet Error Rate		Call Params
Packet Error Rate Setup	Confidence	PER	Cell Power
	Pass	0.00 %	-55.00
	Packet Error Count:	0	dBm/1.23 MHz
	Packets Tested:	327	Cell Band
	Maximum Packet Count:	10000	US PCS
	Eb/Nt:	2.19 dB	Channel
	PER Requirement:	1.00 %	Single
AWGN Power	Packet Error Rate Setup		Application
-46.40	Confidence Level	95.00 %	FTAP
dBm/1.23 MHz	PER Requirement	1.00 %	FTAP Rate
	Maximum Packet Count	10000	76.8 kbps
	Control Channel Data Rate	38.4 kbps	(8 Slot, QPSK)
	Trigger Arm	Single	RTAP Rate
	Measurement Timeout	Off	9.6 kbps
Close Menu	Active Cell	Connected	Sys Type: IS-856
	IntRef	Offset	L
1 of 2			1 of 3

図14 PER測定のためのセットアップ画面

2.2.2 フェージング環境下での復調

フェージング環境でレシーバが信号を復調できることもテストする必要があります。無線伝送チャンネル(空中)には障害物や反射物(建物、木、人間など)が存在するため、送信された信号は異なる経路を通過してさまざまな方向からレシーバに到着します。受信信号同士が強め合ったり弱め合ったりして干渉する結果、信号の振幅と位相が変動します。これによりシンボル間干渉(ISI)が生じ、隣接するビット同士が重なってエラーの原因となります。この現象をマルチパス・フェージングと呼びます。

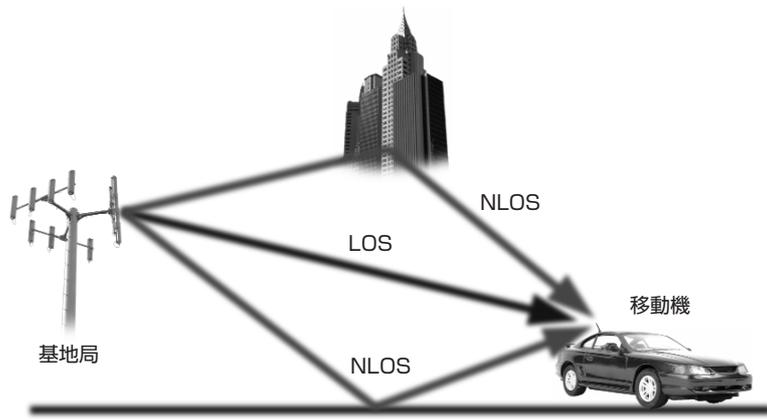


図15 LOS (ライン・オブ・サイト)とは、トランスミッタとレシーバの間に障害物のない理想的な経路です。NLOS (ノン・ライン・オブ・サイト)は他のすべての経路を指し、信号はレシーバに到達するまでに反射によって曲げられたり障害によって減衰されたりします。

この測定では、チャンネル・シミュレータとAWGN信号源を使用します。4つの異なるテスト・ケースのそれぞれで2つのデータ・レート (38.4 kbpsと76.8 kbps) を使ってPERを計算します。テスト・ケースの一覧を下に示します。

- ケース1：8 km/時間、2経路
- ケース2：3 km/時間、1経路
- ケース3：30 km/時間、1経路
- ケース4：100 km/時間、3経路

それぞれのケースは、特定のシナリオをシミュレートすることでレシーバにストレスをかけます。低い速度では、フェージングの発生と消滅はゆっくりであり、現実の世界のレート要求プロセスにおけるレシーバのフィードバック・ループをテストすることになります。高い速度では、フェージングの発生と消滅はきわめて高速であり、ATのインターバをテストすることになります。ダウンタイムが短いので、レシーバのインターバは消失したビットを正常なデータの間におおむね均一に分散させます。その後、ターボ・コードの働きで元の信号が再生されます。複数の経路を使用する理由は、ATの探索用ASIC内のレイク・レシーバが動的なノイズ環境に追従できるかどうかを検証するためです。

テスト・セットアップ

1. ANをATに接続し、フォワード・パケット動作を100%にします。
2. 制御チャンネル・データ・レートを38.4 kbpsに設定します。
3. 各ケースで指定されたデータ・レートにFTAPを設定します。
4. 各ケースで指定されたフェージング・プロファイルを設定します。
5. 各データ・レートでPERテストを実行します。

仕様では、95%の信頼度レベルでPERの結果が下回らなければならぬリミット値と、最高の性能のためにPERの結果が下回るべき値が定められています。ケース1、2、4の場合、 E_b/N_t の値は仕様で定められた値の ± 0.5 dBの範囲内になければなりません。ケース3の場合、 E_b/N_t の値は仕様で定められた値の ± 0.2 dBの範囲内になければなりません。これ自体は設定可能なパラメータでないことに注意してください。これは他の設定可能なパラメータから計算されます。リミット値の詳細については、[3]のセクション3.1.1.2.2を参照してください。

2.2.3 パワー制御

パワー制御テストは、ハンドオフ中のATの組み合わせロジックを検証します。ハンドオフが発生するのは、複数のセクタからの信号をATが同時に受信した場合です。ハンドオフ中に信号の伝送がどうなるかによって、ハード、ソフト、ソフトの3種類のハンドオフがあります。ハード・ハンドオフは、ATが異なるセクタ間で別のCDMA周波数に移行するときに生じます。この場合、トラフィック・チャンネルは一時的に切断されます。ソフト・ハンドオフとソフト・ハンドオフは、同じ周波数を使用しているセクタ間で行われます。ソフト・ハンドオフは送信セクタのリバース・パワー制御チャンネルが異なっている場合、ソフト・ハンドオフは送信セクタのリバース・パワー制御チャンネルが同一の場合に用いられます。このポイントでの信号はレベルが高い(信号が2つのセクタから受信される)ので、復調によるエラーは大きな影響を及ぼさないはずで

パワー制御のテストは、ソフト・ハンドオフとソフト・ハンドオフのケースについて行われます。これらのテストには2つのアクティブな送信セクタが必要で、AWGN信号源は不要です。

ソフト・ハンドオフ

ソフト・ハンドオフで用いられる組み合わせロジックは、「ダウンのOR」と呼ばれます。基本的には、すべてのセクタから「アップ」のパワー制御ビット(PCB)を受信した場合に限って、ATはリバース・リンクの送信パワーを上げます。どれかの送信セクタから「ダウン」のPCBを受信した場合、ATはパワーを下げます。図16にこの考え方を示します。この規則の唯一の例外は、どれかの送信セクタの E_c/I_0 の値が大幅に低下した場合です。 E_c/I_0 は、PNチップあたりの平均エネルギーと、ATのアンテナでの全受信パワー・スペクトル密度との比と定義されています。どれかの送信セクタからの E_c/I_0 の値が他のセクタよりも12 dB以上小さくなった場合、そのセクタを「ダウンのOR」のロジックに含めてはいけません。

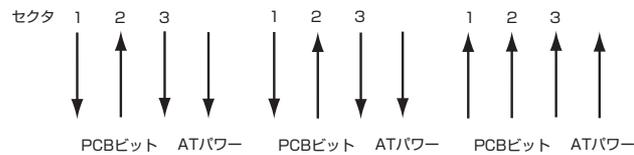


図16 「ダウンのOR」によるパワーの組み合わせ

テスト・セットアップ

1. それぞれ任意のPNオフセットを持つ2つの送信チャンネルをATに接続します。
2. DRCLockPeriodを16スロットに設定します。
3. RTAPリバース・データ・レートを9.6 kbpsに設定します。
4. 両方の送信チャンネルの \hat{I}_{or} を-55 dBmに設定します(\hat{I}_{or} はセクション1.2.1で定義されています)。
5. 15個の'0'のPCBと'1'のPCBの交互パターンを両方のチャンネルで同時に送信しながら、64スロットにわたってATの出力パワーを測定します。
6. 15個の'0'のPCBと15個の'1'のPCBが交互パターンをチャンネル1で送信しながら、チャンネル2では'0'のPCBだけを送信します。64スロットにわたってATの出力パワーを測定します。

ATの組み合わせロジックが正しければ、ATの出力パワーは以下のパターンの繰返しになるはずですが、すなわち、16スロットのうち15スロットで増加し、残り1スロットは変化せず、その後、16スロットのうち15スロットで減少し、残り1スロットは変化しません。16スロットのうち1つでパワーが変化しない理由は、16スロットごとに1回送信されるデータ・レート制御ロック (DRCLock) ビットが出力パワーに影響しないからです。DRCチャンネルはRPCチャンネルと時分割多重化されていて、Walshコード空間で同じMACチャンネルで送信されます。DRCLockビットは、ATからのレート要求をANがデコードできるかどうかを示します。

ソフト・ハンドオフ

ソフト・ハンドオフの場合、ATはダイバーシティの組み合わせを使用します。ATは受信した各RPCチャンネルから1つのPCBだけを使用します。

テスト・セットアップ

1. それぞれ任意のPNオフセットを持つ2つの送信チャンネルをATに接続します。
2. DRCLockPeriodを16スロットに設定します。
3. RTAPリバース・データ・レートを9.6 kbpsに設定します。
4. 両方の送信チャンネルの I_{or} を-55 dBmに設定します (I_{or} はセクション1.2.1で定義されています)。
5. 1個の'0'のPCBと1個の'1'のPCBの交互パターンをチャンネル1で送信しながら、チャンネル2では'1'のPCBだけを送信します。42スロットにわたってATの出力パワーを測定します。
6. ステップ5を最低11回繰り返します。

ATの組み合わせロジックが正しければ、ATはチャンネル1で送信される交互PCBと同じパターンを示します。11回のテスト試行のうち90%以上でATはこのパターンに従う必要があり、1回の試行におけるエラーの数は1ビットを超えてはなりません。

2.3 静的チャネル・テスト

2.3.1 レシーバ感度およびダイナミック・レンジ

レシーバ感度およびダイナミック・レンジのテストは、パワー・スペクトルの両端、すなわち非常に低いレベルの信号(感度)と非常に高いレベルの信号(ダイナミック・レンジ)でのレシーバの性能を検証します。これら2つのケースは、現実的な次のシナリオをシミュレートしています。

1. ATがセルの境界付近にある。
2. ATが大パワーのANのきわめて近くにある。

レシーバ感度

この測定は、ATの雑音指数が許容範囲内(~10 dB)であるかどうかを検証します。雑音指数は、アンテナから入力低雑音増幅器(LNA)までの損失と、LNA自体の雑音指数によって主に決まります。雑音指数の影響は、ATがセルの外縁に近づくほど大きくなります。信号強度はセルから遠くなるほど低下するのに対し、ノイズは変化しないからです。このためS/N比が低下し、やがてパケット・エラーにより呼が切断されます。このテストの性能指数はPER測定です。感度は、PERが特定の値を超えない条件で、ATのアンテナで測定される最小受信パワーと定義されています。

ダイナミック・レンジ

このテストは、ATレシーバの過負荷能力をチェックします。ATが送信ANのきわめて近くにあり、高レベルの信号を受信した場合、パワーアンプの圧縮やその他の歪みのためにレシーバにエラーが生じる可能性があります。レシーバの自動利得制御(AGC)の前に十分なマージンが設けられているかどうかを知ることが重要です。このテストの性能指数もパケット・エラー・レート(PER)です。ダイナミック・レンジは、PERが特定の値を超えない条件で、ATのアンテナでの入力パワーの範囲と定義されています。

上記のテストは、ATの変調方式の両極端を利用します。レシーバ感度では、指定された307.6 kbpsのレートでQPSK変調を使ってATをテストします。これに対してダイナミック・レンジのテストでは、最高のデータ・レートである2457.6 kbpsで16QAM変調を使用します。2つのテストでシミュレートされる実際のネットワーク条件を図17に示します。

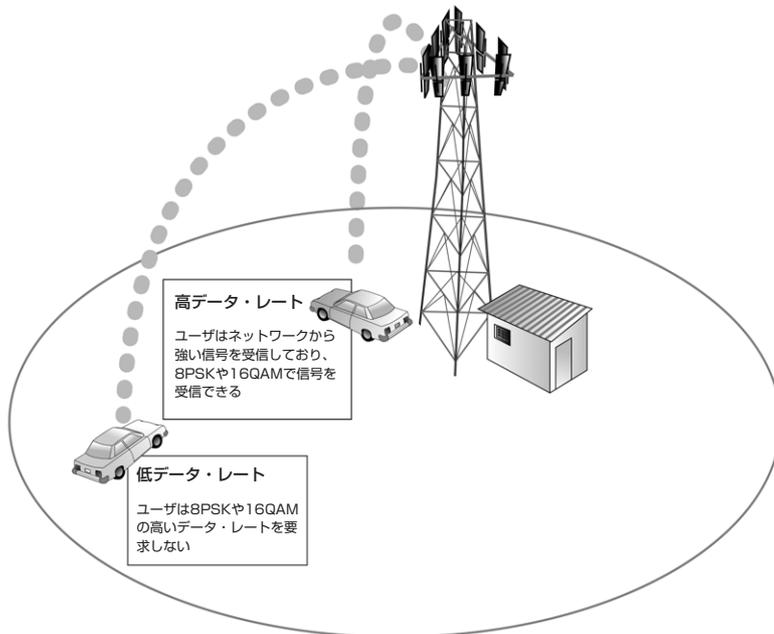


図17 セルにおける感度(低レート)およびダイナミック・レンジ(高レート)

テスト・セットアップ

1. アクセス・ネットワーク・エミュレータをATに接続します。
2. テスト・アプリケーション・セッションをセットアップし、FTAPコネクションをオープンします。
3. テスト1(レシーバ感度)：フォワード・トラヒック・チャンネル・レートを307.2 kbpsの2スロット・バージョンに設定し、 \hat{I}_{or} を -105.5 dBm/1.23 MHzに設定します。PERを計算します。
4. テスト2(ダイナミック・レンジ)：フォワード・トラヒック・チャンネル・レートを2,457.6 kbpsに設定し、 \hat{I}_{or} を -25 dBm/1.23 MHzに設定します。PERを計算します。

PERは95%の信頼度で0.5%以下でなければなりません。

2.3.2 シングル・トーン感度抑圧

シングル・トーン感度抑圧は、チャンネル外の干渉トーンが存在する状態で、レシーバが自分に割り当てられた周波数チャンネルの信号を正確に再現できるかどうかを評価する測定です。干渉トーンは、隣接周波数チャンネルにあるアナログ伝送の電力をシミュレートします。現在の無線デバイスの一般的なレシーバ・デザインにおいては、これはATの中間周波数(IF)フィルタの有効性を検証することと同じです。図18に基本的なレシーバのブロック図を示します¹。一般的な端末では、アンテナで受信した無線周波数(RF)信号をLNAで増幅したあと、固定の中間周波数(IF)にダウンコンバートします。その後、急峻なバンドパス・フィルタを使って不要トーンを除去します。通常このフィルタは表面弾性波(SAW)デバイスの一種です。このフィルタの唯一の目的は、次の段階である復調に影響を及ぼさないレベルにまで干渉トーンを減衰させることです。

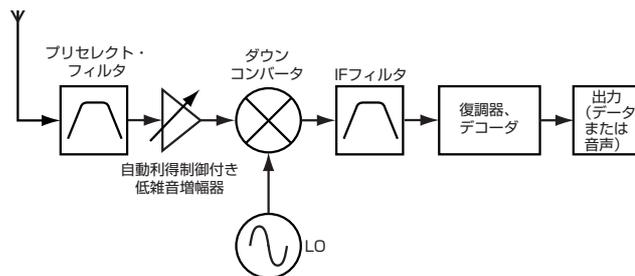


図18 レシーバのブロック図

1. このブロック図は一般化したものです。ここに示すすべてのステージを備えていないデザイン(ゼロIFなど)もありますが、それでもシングル・トーン・テストには合格する必要があります。

テスト・セットアップ

1. ANと干渉CWトーン・ジェネレータにATを接続します。
2. FTAPをフォワード・トラヒック・チャンネル・レート307.2 kbps (2スロット・バージョン)に設定します。
3. \hat{I}_{or} を-102.4に設定します (感度仕様より3 dB上)。
4. 干渉トーンを設定します。
 - a. バンド・クラス0、2、3、5、7、9の場合：搬送波の900 MHz上と900 MHz下にパワー-30 dBmのトーンを挿入し、PERを計算します。
 - b. バンド・クラス1、4、8の場合：搬送波の1250 MHz上と1250 MHz下にパワー-40 dBmのトーンを挿入し、PERを計算します。

このテストでは、PERは95%の信頼度で1.0%以下でなければなりません。このテストは、バンド・クラス6の動作では不要です。

2.3.3 相互変調スプリアス応答減衰

このテストは感度抑圧テストに似ていますが、この場合干渉トーンは2つです。ATのフロント・エンドに非線形性が存在すると、これら2つのトーンがミックスされ、割り当てられた周波数チャンネルに3次相互変調成分が出現します。このため、このテストはTOI (3次相互変調) と呼ばれることもあります。ミキサとLNAが良好な線形性を持っていると、相互変調成分が信号全体に重大な影響を与えることはありません。このテストでは、これらのコンポーネントの線形性を検証します。

テスト・セットアップ

1. 図13のように、ANと干渉CWトーン・ジェネレータにATを接続します。ジェネレータはこのテストでは2つのトーンを生成します。
2. FTAPをフォワード・トラヒック・チャンネル・レート307.2 kbps (2スロット・バージョン)に設定します。
3. \hat{I}_{or} を-102.4に設定します (感度仕様より3 dB上)。
4. 干渉トーンを設定します。
 - a. バンド・クラス2、3、5、7、9の場合、2つのテストがあります。トーン・パワーを-40 dBmに設定します¹。テスト1：搬送波の900 kHz上と1700 kHz上にトーンを挿入し、PERを計算します。テスト2：搬送波の900 kHz下と1700 kHz下にトーンを挿入し、PERを計算します。
 - b. バンド・クラス1、4、8の場合、2つのテストがあります。トーン・パワーを-40 dBmに設定します¹。テスト1：搬送波の1250 kHz上と2050 kHz上にトーンを挿入し、PERを計算します。テスト2：搬送波の1250 kHz下と2050 kHz下にトーンを挿入し、PERを計算します。
 - c. バンド・クラス6の場合、2つのテストがあります。トーン・パワーを-48 dBmに設定します。テスト1：搬送波の2500 kHz上と4900 kHz上にトーンを挿入し、PERを計算します。テスト2：搬送波の2500 kHz下と4900 kHz下にトーンを挿入し、PERを計算します。
 - d. バンド・クラス0の場合、6つのテストがあります。テスト1と2：ステップ4aを実行します。テスト3と4： \hat{I}_{or} を-91.4、トーン・パワーを-32 dBmに設定します。搬送波の900 kHz上と1700 kHz上にトーンを挿入し、PERを計算します。搬送波の900 kHz下と1700 kHz下にトーンを挿入し、PERを計算します。テスト5と6： \hat{I}_{or} を-80.4、トーン・パワーを-21 dBmに設定します。搬送波の900 kHz上と1700 kHz上にトーンを挿入し、PERを計算します。搬送波の900 kHz下と1700 kHz下にトーンを挿入し、PERを計算します。

このテストでは、PERは95%の信頼度で1.0%以下でなければなりません。バンド・クラス0のテスト3と4はオプションとされています。

1. この仕様はクラスIのATに対するものです。クラスII~Vの場合、両方のトーンのパワーを-43 dBmにします。

3 リバース・リンク・ トランスミッタ測定

2.3.4 隣接チャンネル選択度およびレシーバ・ブロッキング特性

これらのテストは、バンド・クラス6の動作だけに必要です。これらのセットアップはシングル・トーン感度抑圧の場合と似ていますが、以下の違いがあります。

1. 隣接チャンネル選択度では、干渉信号がCDMA変調されている。
2. レシーバ・ブロッキングでは、干渉信号が隣接チャンネル外の周波数にある。

1xEV-DOのリバース・リンク・チャンネルの構造は、CDMA2000のものによく似ています。したがって、トランスミッタ測定の多くもよく似ています。CDMA2000の移動機(MS)テストと共通の変調品質およびパワー測定に関しては、[7]を参照してください。

1xEV-DOのATに対するトランスミッタ測定は、エミッション、変調精度、パワー特性の3つのカテゴリに分けられます。トランスミッタのエミッション・テストについてはセクション3で扱います。

注記：各テストには、セットアップに必要な手順の簡単な説明がついています。この手順は網羅的なものではなく、何を行うかを簡潔に説明したものです。セットアップ手順の詳細な説明については、[3]を参照してください。

3.1 基本的なテスト手法

3.1.1 テスト・セットアップ

図19に示すのは、トランスミッタ・テストの一般的なセットアップです。一般的に、基地局シミュレータはワンボックス・テスト・セット(OBT)です。この機器は、被試験端末をテストに適した状態にするために必要なすべてのコール・セットアップおよびコール・プロセッシング処理を実行します。一般的なOBTは、パワーと波形品質の測定には非常に優れていますが、周波数ドメインの機能はごく限られています。端末の伝送スペクトルを良好に測定するには、適切なスペクトラム・アナライザを使用する必要があります。最近のスペクトラム・アナライザは端末の変調品質も測定できます。付録Cに、これらの測定に使用できるAgilentのテスト機器の説明があります。

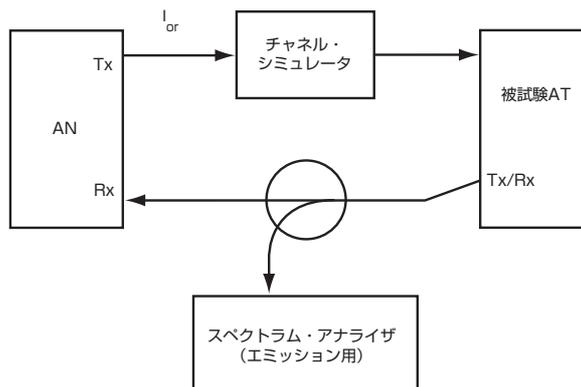


図19 代表的なトランスミッタ・テスト・セットアップ。トランスミッタ・テストの信号フローを示します。多くの測定は基地局シミュレータで行われますが、エミッション・テストには高性能のスペクトラム・アナライザが必要です。

3.1.2 正しい機器の選択

規格では、ATのコンFORMANCE・テストを実行するための機器の最小性能要件を定めています。規格で推奨され、ここで概要を説明するリミット値は、これらの要件を満たす機器でテストを実行したと仮定した場合のものです。基地局エミュレータまたは補助機器は、以下の要件を満たす必要があります。

スペクトラム・アナライザの要件

- 周波数分解能：1 kHz
- 周波数精度：±0.2 ppm
- 表示ダイナミック・レンジ：70 dB
- 表示対数スケール忠実度：上記の表示ダイナミック・レンジで±1 dB
- 10 MHzから下記の上限までの信号に対応した振幅測定レンジ
 - バンド・クラス0、2、3、5、7、9の場合は2.6 GHz
 - バンド・クラス1、4、6、8の場合は6 GHz
- 30 kHzの分解能帯域幅での測定可能パワー：-90～+20 dBm
- 1.23 MHzチャンネル積分パワー：-70～+40 dBm
- ノイズ・フロア：-140 dBm/Hz
 - レンジの高パワー側では外部アッテネータを使用可能。その場合はアッテネータも機器の一部と見なす。
- 絶対振幅精度（積分チャンネル・パワー測定の場合）：
 - -40 dBm～+20 dBmのレンジで±1 dB
 - -70 dBm～+20 dBmのレンジで±1.3 dB
- 相対フラットネス：10 MHzから下記の上限までの周波数レンジで±1.5 dB
 - バンド・クラス0、2、3、5、7、9の場合は2.6 GHz
 - バンド・クラス1、4、6、8の場合は6 GHz
- RF入力インピーダンス：公称50 Ω
- コード・ドメイン測定の波形品質の精度：0.97～1.0の範囲で $\pm 1 \times 10^{-3}$

パワー・メータの要件

- 周波数レンジ：10 MHzから下記の上限まで
 - バンド・クラス0、2、3、5、7、9の場合は1 GHz
 - バンド・クラス1、4、6、8の場合は2 GHz
- パワー・レンジ：-70 dBm (100 pW)～+40 dBm (10 W)
 - このパワー・レンジを最適に実現するために複数のセンサを使用することも可能
 - レンジの高パワー側では外部アッテネータを使用可能。その場合はアッテネータも機器の一部と見なす。
- 絶対および相対パワー精度：±0.2 dB (5%)
- センサVSWR：1.15：1

3.2 変調要件

3.2.1 波形品質

大部分の変調精度測定では、コンスタレーション・ステートまたは信号軌跡が基準(理想)信号軌跡にどの程度近いかを測定します。送信信号を理想レシーバで復調し、テスト機器で数値的に生成された基準信号と比較します。実際の送信信号と理想基準信号の類似度を測定する方法には、エラー・ベクトル振幅 (EVM) と ρ の2つの方法があります。EVMは3GPP規格で用いられており、%エラーで定義されています。すなわち、完全な信号のEVMは0%です。 ρ は3GPP2規格で用いられ、エラーでなく相関を計算します。 ρ は0と1の間の10進値で表されます。完全な信号の ρ 値は1です。ここでは ρ について説明し、EVMは扱いません。

CDMA2000の場合と同様、1xEV-DO規格でも、変調精度は ρ で測定されます。 ρ とは、実際の送信信号と基準信号との間の正規化した相関係数です。相関パワーはDSPによって、受信信号に存在する周波数、位相、時間のオフセットを補正したあと、信号と理想基準との間の相互相関を実行することによって計算されます。この測定に用いられるアルゴリズムの詳細については、[3]の11章を参照してください。CDMA2000の場合はリバース・パイロット・チャンネルの ρ だけが指定されているのに対して、1xEV-DOの ρ 測定はコンポジット ρ 測定です。これは ρ_{overall} と呼ばれ、パイロット/RRI、DRC、ACK、データを含む時分割多重化されたリバース・トラヒック・チャンネルの変調精度を考慮します。テストに合格するためには、 ρ の値が理想基準値に対するdBで指定されたリミット値より下である必要があります。この測定では、搬送波周波数オフセットと送信時間オフセットの値も返されます。このテストの説明についてはセクション2.2.2および2.2.3を参照してください。

テスト・セットアップ

1. ATをANに接続します。
2. RTAPをリバース・データ・チャンネル・レート9.6 kbpsに設定します。ACKチャンネルは各タイムスロットの最初のハーフ・スロットで送信されます。
3. I_{or} を-75 dBm/1.23 MHzに設定します。
4. 波形の品質係数、周波数誤差、送信時間誤差を測定します。

このテストに合格するためには、 ρ_{overall} の値が0.944以上でなければなりません。 ρ の理想値、すなわち完全な信号の ρ 値は1.0です。10進値0.944は10進値1.0よりも0.25 dB下です。言い換えれば、リバース・チャンネル全体の波形品質(相関コード・チャンネル・パワー)は理想基準値から0.25 dB以内になければなりません。

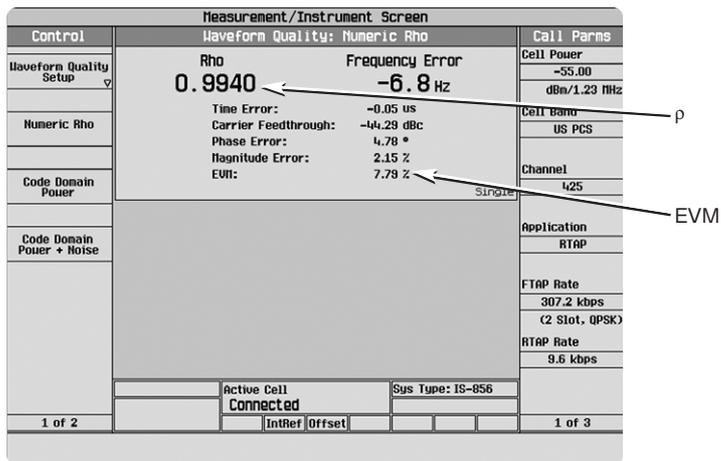


図20 波形品質測定画面

3.2.2 周波数確度

周波数確度は、波形品質と同時に測定されます。これは、ATのトランスミッタが割り当てられた搬送波周波数で送信できる能力と定義されています。フォワード・チャンネルの搬送波周波数から送信周波数がどれだけずれてもよいかのリミット値が規格に規定されています。各バンドにおける値を表2に示します。高い周波数のバンドで仕様が厳しくなっているのは、周波数が高いほどドップラー・シフト効果が大きいからです。ドップラー効果による誤差と周波数確度による誤差の合計がどの周波数バンド・クラスでも同じになるように、高い周波数では周波数確度の仕様が厳しくなります。

表2 周波数確度テストのリミット値

バンド・クラス	説明	周波数確度テストのリミット値
0	800 MHz	搬送波より45 MHz下の±300 Hz
1	1900 MHz	搬送波より80 MHz下の±150 Hz
2	TACS	搬送波より45 MHz下の±300 Hz
3	JTACS	搬送波より55 MHz下の±300 Hz
4	韓国PCS	搬送波より90 MHz下の±150 Hz
5	450 MHz	搬送波より10 MHz下の±300 Hz
6	2 GHz	搬送波より190 MHz下の±150 Hz
7	700 MHz	搬送波より30 MHz下の±300 Hz
8	1800 MHz	搬送波より95 MHz下の±150 Hz
9	900 MHz	搬送波より45 MHz下の±300 Hz

周波数確度のセットアップ手順については、[3]のセクション3.2.2を参照してください。

3.2.3 時間基準

ATはANからシステム時間（システムが使用する時間基準）を決定します。ATの時間基準は、最も早くANから到着したマルチパス成分から求められます。この時間基準が、リバース・チャンネルの送信時間として用いられます。AN信号のタイミング情報は、伝搬遅延のために実際のシステム時間との間にずれがあり、最も早く到着するマルチパスは頻繁に変わる可能性があります。ATは、ANから最初に到着したマルチパス信号の変化に応じて、常に時間を調整する必要があります。

このテストは「送信時間オフセット」とも呼ばれ、2つの部分に分かれています。テスト1は、静的な条件でANからの基準信号ブロードキャストにATがどの程度正確に時間を合わせるかを検証します。テスト2は動的条件で時間基準のスルー・レートをチェックします。

テスト・セットアップ

1. ANをATに接続します。
2. RTAPをリバース・データ・チャンネル・レート9.6 kbpsに設定します。
3. I_{or} を-75に設定します。
4. テスト1：pメータを使って時間基準を測定します。
5. テスト2：チャンネル・シミュレータを追加することで、タイミングが10チップ異なる2つの異なるパス（フェージングなし、8 μ sの遅延ジェネレータと同じ）の間でAN信号が切り替わるようにします。各パスの長さは20秒、切り換え周期は40秒です。2分以上にわたってpを測定します。

ATは受信信号に合わせて時間基準を調整しなければなりません。この測定は、ATの時間基準誤差を測定し、時間基準のスルー・レートを計算します。テスト1では、時間基準がANのタイミングから±1 μs以内でなければなりません。テスト2では、パスが切り替わるときにATの誤差が8 μsとなり、誤差を0 μsに修正するまで時間がかかります。このパスが20秒続いたあと、もう1つのパスに切り替わるので、また修正が必要です。これが2分間続きます。ATの時間基準の修正が必要な場合、修正にかかる時間は、200 ms周期で203 ns以上、1秒周期で305 ns以下でなければなりません。時間誤差は、図20の画面に波形品質とともに示されます。

3.2.4 コード・ドメイン・パワー

コード・ドメイン・パワー (CDP) は、CDMAリバース・リンク伝送の各コード・チャンネルのパワーです。コード・ドメイン・パワー・テストで用いられる時間および位相基準は、リバース・チャンネルの波形全体(上記の ρ_{overall})から求められ、他のすべてのコード・チャンネルの復調のための基準として用いられます。コード・ドメイン・パワーはパイロット/RRIチャンネルのパワー・レベルを基準として測定されます。各テストにおいては、波形品質測定と同様、各Walshコード・チャンネルの相関パワーに対応する ρ の値が計算されます。各ケースのリミット値は、 ρ の10進値として与えられています。この10進値はdB単位のパワー比に容易に変換できます。

CDP測定は、各コード・チャンネルでATが正しいパワーを送信していることを検証します。コード・ドメイン・パワーの誤差は、個々のチャンネルを構成するチャンネル要素、ネットワーク・ソフトウェア設定の誤り、ベースバンドまたはRFチェーンから生じる可能性があります。誤差の一般的な原因としては、増幅器の圧縮、LOの干渉、I/Q利得不均衡などが挙げられます。コード・ドメイン・パワー測定例を図21に示します。

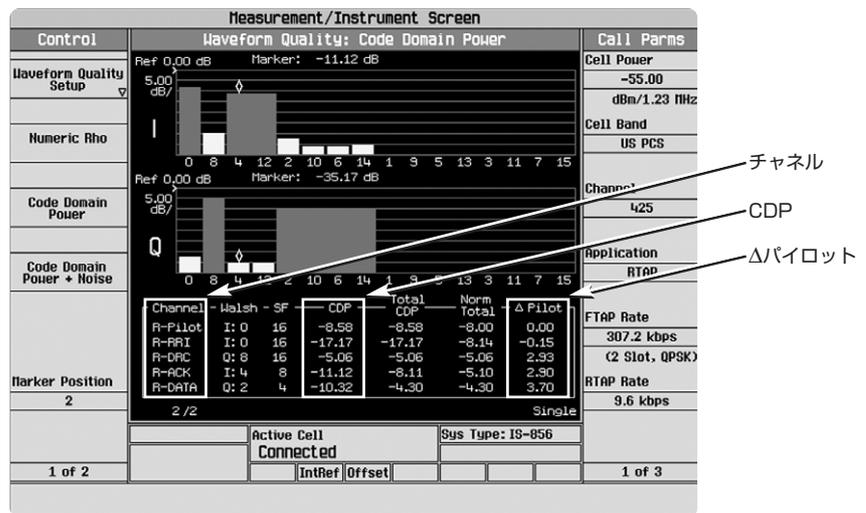


図21 コード・ドメイン・パワー測定

1xEV-DOのリバース・リンク信号には、対象となるコード・チャンネルが、パイロット/RRI、DRC、ACK、データの4つあります。これらのコード・チャンネルからリバース・リンク・トラフィック・チャンネルが構成されています。図21に示すコード・ドメイン・パワー測定画面には、グラフィック表示とデータの表があります。

グラフィック表示は、ATのリバース・リンク信号の32個のWalshコードのパワーをヒストグラムで示します。コード・チャンネルの順序はビットの逆順なので、1つのリバース・チャンネルを構成するWalshコードが画面上でグループ化されて表示されます。ヒストグラムのバーの高さはパワー・レベルを示し、1つのWalshコードにマーカーを配置すると、そのWalshコードのパワーが表示されます。これは、1スロットにわたって積分したWalshコードの平均パワーを、同じスロットの全Walshコードのパワーの総和で割ったものです。

データの表は、リバース・リンクの各コード・チャンネルに関する、Walshコード、拡散係数(SF)、コード・ドメイン・パワー(CDP)などの情報を示しています。合計CDPの列はCDPの列から計算されたもので、各チャンネルのCDPに基本拡散係数の16を掛け、特定のチャンネルの拡散係数で割ったものです。正規化CDPの列は合計CDPの列から計算されたもので、各リバース・チャンネルのパワーを1スロットに正規化したものです。△パイロットの列は、各リバース・チャンネルの正規化合計パワー(dB)からRパイロットの正規化合計パワー(dB)を引くことで求められています。

RRIチャンネル出力パワー

ATをANに接続したときに、各スロットの最初の256チップにはRRIの伝送が含まれています。RRIはパイロットと時分割多重化されており、どちらも同じ正規化パワーで送信されていると仮定されます。この測定にはゲート・コード・ドメイン・パワー・アナライザを使います。図21の△パイロット列の値は理想的には0になるはずですが。

テスト・セットアップ

1. ATをANに接続します。
2. \hat{I}_{or} を-75に設定します。
3. RRIチャンネルとパイロット・チャンネルのコード・ドメイン・パワーを測定します。

RRIとパイロットのコード・ドメイン・パワーの値は±0.25 dBの範囲で一致しなければなりません。

DRC

DRCチャンネルとパイロット/RRIチャンネルのパワー・レベルの比はDRCチャンネル利得と呼ばれ、ANによって設定されるパラメータです。このテストでは、コード・ドメイン・パワーの比が正しいことを検証します。このためには、図21の△パイロット列の値をチェックします。

テスト・セットアップ

1. ATをANに接続します。
2. \hat{I}_{or} を-75に設定します。
3. 利得を0 dBに設定し、 ρ_{pilot} と ρ_{DRC} を測定します。
4. 利得を3 dBに設定し、 ρ_{pilot} と ρ_{DRC} を測定します。

DRCとパイロットのコード・ドメイン・パワーの比は、DRCチャンネル利得設定と±0.25 dBの範囲で一致しなければなりません。

ACK

ACKチャンネルとパイロット/RRIチャンネルのパワー・レベルの比はACKチャンネル利得と呼ばれ、ANによって設定されるパラメータです。このテストでは、コード・ドメイン・パワーの比が正しいことを検証します。Δパイロットの値がコード・ドメイン・パワー測定画面に表示されます。図21を参照してください。

テスト・セットアップと測定結果のリミット値は、DRCチャンネルの場合と同じです。

データ

データ・チャンネルとパイロット/RRIチャンネルのパワー・レベルの比は、データ・チャンネル利得と呼ばれ、リバース・データ・チャンネル・レートに応じて変化します。すなわち、これ自体は設定可能なパラメータではありません。このテストでは、各リバース・リンク・データ・レートに対して、比が許容範囲内で正しいことを検証します。Δパイロットの値がコード・ドメイン・パワー測定画面に表示されます。図21を参照してください。

テスト・セットアップ

1. ATをANに接続します。
2. \hat{I}_{or} を-75に設定します。
3. 下の表に示すデータ・レートにRTAPを設定します。各データ・レートは特定の利得値に対応します。各ケースに対して ρ_{pilot} と ρ_{data} を測定します。比は表3に示す値から±0.25 dBの範囲内にある必要があります。

表3 データ・チャンネルの利得パラメータ

レート (kbps)	データ・チャンネル利得 (dB)
9.6	3.75
19.2	6.75
38.4	9.75
76.8	13.25
153.6	18.5

4. 非アクティブ・チャンネルのすべてでコード・ドメイン・パワーを測定します。すべての非アクティブ・チャンネルの ρ の値は0.005より小さくしなければなりません。これは、各非アクティブ・コード・チャンネルの相関パワーが全送信パワーより23 dB下であることを意味します。

3.3 出力パワー要件

3.3.1 最大および最小制御出力パワー

最大

これはATのRF出力パワーの最大リミット値であり、開ループ・パワー制御が最大の設定になっている場合の値です。最大パワー・レベルでセルの範囲が決まるので重要な値です。ATは、自身の送信をANが受信できる範囲より遠くへは行けません。ユーザの近くで放射するパワーが大きくなりすぎないように、最大パワーには上限が決められています。上限は仕様で規定されている他に、各地の規制機関(米国のFCCなど)によっても、SAR(比吸収率)のリミットという形で定められています。規制が仕様より厳しい場合は規制が優先します。

テスト・セットアップ

1. ATをANに接続します。
2. RTAPをリバース・データ・チャンネル・レート153.6 kbpsに設定します。
3. FTAPをフォワード・トラヒック・チャンネル・データ・レートを307.2 kbps(2スロット・バージョン)に設定します。すべてのスロットの最初の半分でACKチャンネルが送信されます。
4. \hat{I}_{or} を-105.5に設定します。
5. '0'が連続するパワー制御ビットをATに送信し、出力パワーを測定します。

各バンド・クラスおよびATパワー・クラスに対するリミット値の表は、[3]のセクション3.1.2.3.4にあります。

最小値

これは、閉ループと開ループの両方のパワー制御で最小出力が指示されているときのATのRF出力パワーです。ATの最小制御出力パワーが重要なのは、ANの近くでATが送信出力を十分に下げられない場合、もっと遠くにある他のATからの信号に干渉し、他のATの送信出力を上げたり、セルの容量と範囲が減少したりするおそれがあるからです。

テスト・セットアップ

1. ATをANに接続します。
2. RTAPをリバース・データ・チャンネル・レート9.6 kbpsに設定します。
3. \hat{I}_{or} を-25に設定します。
4. '1'が連続するパワー制御ビットをアクセス・ターミナルに送信し、出力パワーを測定します。

このテストでは、アクセス・ターミナルの平均出力パワーは、CDMAチャンネル周波数を中心に-50 dBm/1.23 MHzより小さくしなければなりません。

3.3.2 開ループ・パワー制御

これらのテストは、開ループ・パワー制御に対するATの応答を測定します。ATはANから受信したパワーをモニタし、開ループ・パワーの式に基づいて常に自分の出力パワーを調整します。この式では、フォワードとリバースの経路で損失が同程度であると仮定しています。大部分のATでは、開ループ・パワー制御の式は次のような単純なものです。

$$\text{AT送信パワー} = \text{オフセット・パワー} - \text{受信パワー}$$

(これはTIA/EIA-95-Bと同じです)

式内のオフセット・パワーの値は、バンド・クラスに依存します。

レンジ

このテストは、予想開ループ出力パワーのレンジを測定します。閉ループ・パワー制御による補正の前に、端末は約80 dBのレンジで動作する必要があります。

テスト・セットアップ

1. ATをANに接続し、フォワード・パケット動作を100%にします。
2. \hat{I}_{or} を-25に設定します。
3. ATにページングを送信し、ATの出力パワーを測定します。
4. \hat{I}_{or} を-65に設定します。
5. ATにページングを送信し、ATの出力パワーを測定します。
6. 端末のクラスに応じて、 \hat{I}_{or} を-81 dB~103 dBの範囲の値に設定します。正確な値については、[3]のセクション3.1.2.3.1を参照してください。
7. ATにページングを送信し、ATの出力パワーを測定します。

どの場合でも、パイロット・チャネルの平均出力パワー X_o は、下の式の値から ± 9 dBの範囲内になければなりません。

$$X_o = \text{平均出力パワー (dBm)} + \text{開ループ調整} + \text{プローブ初期調整}$$

ここで、開ループ調整とプローブ初期調整の2つのパラメータは、アクセス・ネットワークがAccessParametersメッセージにより設定します。アクセス・ターミナルの出力パワーは、すべてのフォワード・パケット動作において、指定されたレンジを満たす必要があります。リミット値は[3]のセクション3.1.2.3.1の表に示されています。開ループ・パワー制御測定の例を図22に示します。

Measurement/Instrument Screen			
Call Control	Access Probe Power		Call Parm
Operating Mode	<p style="text-align: center;">Access Probe Power -27.20 dBm/1.23 MHz</p> <p style="text-align: center;">Expected Access Terminal Power: -25.72 dBm/1.23 MHz</p>		Cell Power
Active Cell			-50.00 dBm/1.23 MHz
End Data Connection			Cell Band
Close Session			US PCS
Handoff Setup	Channel	500	Application
	Continuous		FTAP
			FTAP Rate
			307.2 kbps (2 Slot, QPSK)
			RTAP Rate
			9.6 kbps
	Active Cell	Sys Type: IS-856	
	Paging		
2 of 2	IntRef	Offset	T
			1 of 3

図22 アクセス・プローブ・パワー

時間応答

このテストでは、レシーバでの20 dBのステップに対する端末トランスミッタのパワー・トランジェントを測定します。平均入力パワーがステップ変化すると、補償のためにATの平均出力パワーが変化します。これは開ループ・パワー制御から生じます。このテストでは、平均入力パワーのステップ変化に対する開ループ・パワー制御の時間応答を測定します。

3.3.3 閉ループ・パワー制御

閉ループ・パワー制御に加えて、ATはパワーの閉ループ調整も行います。この調整は、ANから送信されるPCBに対応して行われます。PCBは、最大パワーと閉ループ予想値の差、および最小パワーと閉ループ予想値の差の2つの計算値から決定されます。ANは、ATから受信したリバース・リンク信号の E_b/N_t に応じてPCBを送信します。調整は毎秒800回実行され、パワー調整のステップ・サイズは0.25、0.5または1 dBです。

レンジ

このテストでは、パワー制御ビットによるパワーのレンジを、さまざまな開始パワーとデータ・レートに対して測定します。ANからの指示に応じて、閉ループ予想値の上下24 dB以上の範囲でATが出力を調整できることを検証します。このテストはまた、ATがパワー制御の変化にすばやく応答し、適切な速度でパワーを変化させることを検証します。実行するテストは6つあります。

テスト・セットアップ

1. ATをANに接続します。
2. 表4に示す出力パワーにフォワード・チャンネル減衰を設定します。
3. 表4に示すリバース・データ・レートにRTAPを設定します。
4. '0'と'1'のPCBを交互に送信したあと、120個連続の'0'ビット、120個連続の'1'ビット、120個連続の'0'ビットを順に送信します。PCBに応じて変化する出力パワーを測定します。

表4 閉ループ・パワーのパラメータ¹

レート (kbps)	データ・チャンネル利得 (dB)
9.6	3.75
19.2	6.75
38.4	9.75
76.8	13.25
153.6	18.5

各ステージで以下の応答を検証します。

1. '1'の連続から'0'の連続への変化に応じて、ATは3.33 ms以内にパワーを減少させなければなりません。
2. フレーム (26.6 ms) あたりのパワーの平均変化率は、12 dB~18 dBの範囲でなければなりません。
3. ATがPCBを受信したあと、平均出力パワーが最終値から0.3 dB以内にセトリングするまでの時間は500 μ sより短くなければなりません。

1. この表は [3] の対応する表と多少異なっています。元の仕様では、閉ループ・パワーの列に誤記があります。ここではそれらを修正してあります。

3.3.4 スタンバイ出力パワー

このテストは、アクティブな送信がないときの送信パワーを検証します。これは、ATが初期化状態またはアイドル状態にある場合です。

テスト・セットアップ

1. ATをANに接続します。
2. I_{or} を-75に設定します。
3. ATにページングを送信します。ATの出力パワーを測定します。

出力ノイズ・パワー・スペクトル密度は、1 MHzの分解能帯域幅で測定して-61 dBmより小さい必要があります。

4 エミッション

トランスミッタとレシーバに共通テストの1つに、エミッション・テストがあります。伝導と放射の両方のエミッションに対してリミット値が定められています。伝導性エミッションとはアンテナ上に存在するもので、放射性エミッションとはアンテナ以外のすべての放射源からのものです。

注記：各テストには、セットアップに必要な手順の簡単な説明がついています。この手順は網羅的なものではなく、何を行うかを簡潔に説明したものです。セットアップ手順の詳細な説明については、[3]を参照してください。

4.1 伝導性スプリアス

CDMAシステムの場合、1つのチャンネルに共存できるユーザの数は、そのチャンネルの干渉レベルに依存します。隣接チャンネルからの漏洩電力は、チャンネルのノイズ・フロアを上昇させます。このため、ATは割り当てられた周波数チャンネル以外のエネルギーを送信しないことが重要です。このテストは、W-CDMA規格の隣接チャンネル漏洩電力(ACLR)に似ています。ACLRは隣接(1つ上または下)または交互(2つ上または下)チャンネルに存在する積分パワーを測定するものです。1xEV-DOのスペクトラム・マスクのリミット値は対応するACLRのリミット値よりも厳しいため、1xEV-DOではACLRテストは必要ではありません。

伝導性エミッションは、目的の送信周波数に近いものと、割り当てられた動作バンド外のものの2つのカテゴリに分けられます。この2番目の分類の測定方法は放射性エミッションの場合と似ていますが、端末のトランスミッタとテスト機器との間のケーブル接続が異なります。バンド内エミッションはスペクトラム・マスクを満たさなければならない、動作バンドによっては占有帯域幅のリミット値も満たす必要があります。

レシーバ・テストのセットアップ

1. スペクトラム・アナライザにATを接続します。
2. スペクトラム・アナライザを掃引します。
 - a. バンド・クラス0、2、5、7：1 MHzから2600 MHzまで
 - b. バンド・クラス3：1 MHzから3 GHzまで
 - c. バンド・クラス1、4、8：1 MHzから6 GHzまで
 - d. バンド・クラス6：30 MHzから12.75 GHzまで
3. アンテナ端でのスプリアス・エミッション・レベルを測定します。

スプリアス・エミッションのリミット値は、受信バンド内の周波数で-76 dBm、送信バンド内の周波数で-61 dBmで、いずれも1 MHzの分解能帯域幅で測定したものです。

トランスミッタ・テストのセットアップ

1. ATをANに接続します。
2. RTAPをリバース・データ・チャンネル・レート153.6 kbpsに設定します。
FTAPをフォワード・トラヒック・チャンネル・レート307.2 kbps (2スロット・バージョン) に設定します。
3. \hat{I}_{or} を-105.5に設定します。
4. '0'が連続するPCBをATに送信し、アンテナでのスプリアス・エミッション・レベルを測定します。

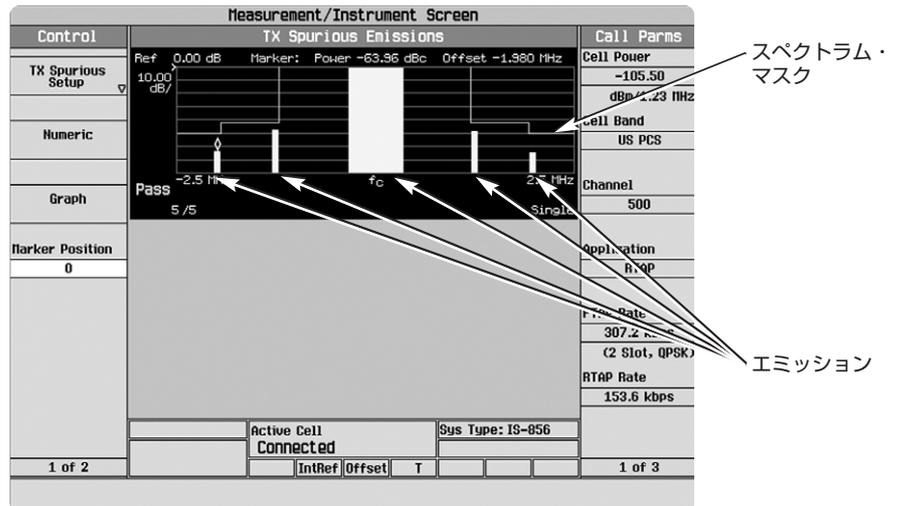


図24 トランスミッタのスプリアス・エミッション・テスト

スプリアス・エミッションのリミット値は、[3]のセクション3.1.2.4.1に記載されています。

4.2 放射性スプリアス

放射性スプリアス・エミッションとは、レシーバまたはトランスミッタから発生し、ATのケース、電源、制御装置、オーディオ・ケーブルなどから放射されるエミッションのことです。放射測定には校正されたオープン・スペースが必要で、最小で25 MHz、バンドによっては12.75 GHzといったきわめて広い周波数レンジで行われるのが普通です。

4.3 占有帯域幅

占有帯域幅とは、エッジ周波数の上と下におけるエミッションの平均パワーが、変調搬送波の全放射パワーのそれぞれ0.5%になるような周波数レンジと定義されています。このテストは、ATからの送信が割り当てられた周波数チャンネル外の伝送に影響しないことを検証します。この測定はCDMA2000の対応するテストと同一であり、バンド・クラス3と6でのみ必要とされます。

テスト・セットアップ

1. ATをANに接続します。
2. RTAPをリバース・データ・チャンネル・レート9.6 kbpsに設定します。FTAPをフォワード・トラヒック・チャンネル・レート307.2 kbps (2スロット・バージョン) に設定します。
3. \hat{I}_{or} を-105.5に設定します。
4. '0'が連続するPCBをATに送信します。占有帯域幅を30 kHzの分解能で測定します。

このテストで計算された値は、1.48 MHz以下でなければなりません。

付録A
1xEV-DOのフォワード・
リンクのコーディングの
構造

データ・レート (kbps)	パケット・サイズ (ビット)	ターボ・コード・ レート	繰返し数	使用 スロット数	変調タイプ
38.4	1024	1/5	9.6	16	QPSK
76.8	1024	1/5	4.8	8	QPSK
153.6	1024	1/5	2.4	4	QPSK
307.2	1024	1/5	1.2	2	QPSK
614.4	1024	1/3	1.0	1	QPSK
307.2	2048	1/3	2.04	4	QPSK
614.4	2048	1/3	1.02	2	QPSK
1228.8	2048	2/3	1	1	QPSK
921.6	3072	1/3	1.02	2	8PSK
843.2	3072	2/3	1.0	1	8PSK
1228.8	4096	1/3	1.02	2	16QAM
2457.6	4096	2/3	1.0	1	16QAM

付録B
バンド・クラスの周波数

バンド・クラス	概要
0	800 MHz
1	1900 MHz
2	TACS
3	JTACS
4	韓国PCS
5	450 MHz
6	2 GHz
7	700 MHz
8	1800 MHz
9	900 MHz

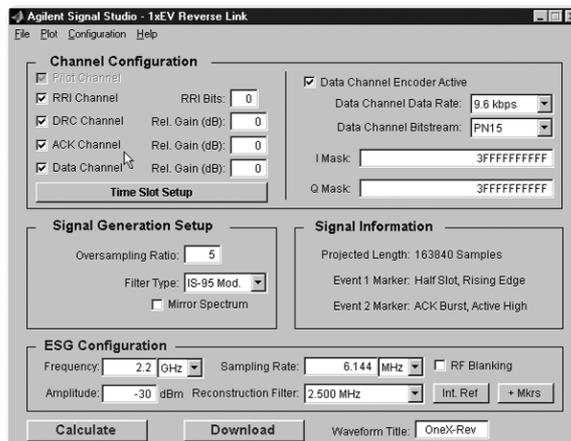
付録C ATテストに使用できる Agilentのテスト機器

早期デザイン検証

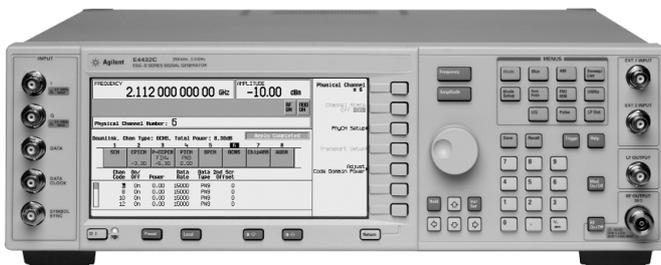
AgilentのESGとSignal Studioによるファクトリ・テスト・モード

1xEV-DO Signal Studioソフトウェアは、わかりやすいWindows®ベースのツールで、1xEV-DOのフォワード・リンクとリバース・リンクのフレーム構造の構成に使用できます。各タイムスロットで独自の物理チャネル構成を実現できます。ユーザが設定した1xEV-DOフレーム構成に基づいて、ソフトウェアがカスタム・ベースバンドI/Q波形ファイルを作成します。ほとんどの波形は数秒以内で生成できます。生成した波形ファイルをESGベースバンド・ジェネレータにダウンロードして、任意波形モードで再生できます。

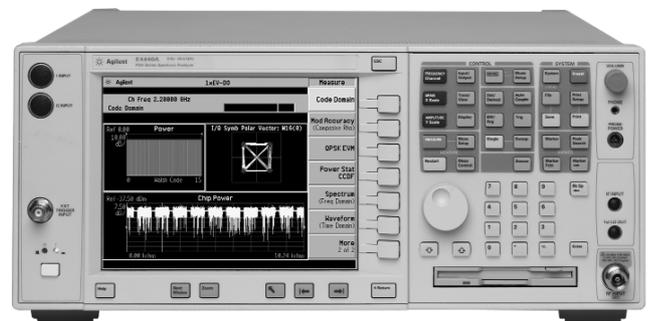
最初の発売以後、1xEV-DO Signal Studioソフトウェアはアクセス・ターミナル(AT)のレシーバ・テスト用の開発/製造用ソリューションとして拡張されました。この拡張は、フォワード・リンク・ファクトリ・テスト・モード (FTM) という1xEV-DO Signal Studioの独立した構成ウィンドウ (ユーザ・インタフェース) で実現されています。これにより、1xEV-DO Signal Studioソフトウェアに用意されているユーザ・インタフェースは3つになりました。すなわち、元々のフォワード・リンクおよびリバース・リンクのインタフェースと、新しいフォワード・リンクFTMインタフェースです。各インタフェースはwww.agilent.com/find/signalstudioから別々にダウンロードでき、1つのライセンス・キーを購入すれば3つすべてを有効にすることができます。フォワード・リンクFTMインタフェースは、レシーバのデザインとビット・エラー・レートのテストに必要なトランスポート層および物理層のすべてのコーディングをサポートしています。多数のチャネル・パラメータを変更することにより、レシーバの復調機能にストレスをかけることができます。物理層パケットのペイロード・データはユーザが選択可能で、パケット・エラー・レート (PER) 解析に利用できます。



Agilent 1xEV-DO Signal Studioのリバース・リンク設定画面



Agilent ESG E4438Cベクトル信号発生器



Agilent PSAハイパフォーマンス・スペクトラム・アナライザ
+ 1xEV-DO測定パーソナリティ

詳細については、www.agilent.com/find/1xEVDOをご覧ください。

コール・プロセッシングおよび大量生産テスト

Agilent E1966A 1xEV-DOアクセス・ターミナル・テスト・アプリケーション
E5515C 8960シリーズ10テスト・セット用のAgilent E1966A 1xEV-DOテスト・アプリケーションは、高データ・レートのテストが可能な初めてのワンボックス製造用ソリューションで、無線アクセス・ターミナルの検証に使用できます。携帯端末メーカーだけでなく、最先端の1xEV-DO ATの開発と設計もターゲットにしているE1966Aは、業界標準のプラットフォームであるAgilentのE5515Cで動作するので、効率的なテスト時間、正確さ、再現性を備えた1xEV-DOテスト・プロセスを実現できます。この1xEV-DOテスト・ソリューションは高性能のE5515Cテスト・セットをベースにしているため、きわめて高速な測定、プログラミングのしやすさ、正確さ、再現性、ワールドワイドのサービスとサポートといった特長を備えています。これらの利点により、テスト開発時間の短縮、スループットの改善、サポート・コストの削減が可能になります。

既存のE5515Cテスト・セットへ容易に追加が可能

すでにE1962B CDMA2000テスト・アプリケーション等でお使いになられている、既存のE5515Cテスト・セットに対して、容易に1xEVDOテスト機能を追加することができます。新たなハードウェアの追加は不要で、E1966Aファームウェアを追加するだけです。携帯電話業界の発展に応じて、E5515Cテスト・セットは仕様の変化や新しい仕様にすばやく対応できるように設計されており、タイムトゥマーケットと製造目標の達成に寄与します。

特長

- QPSK、8PSK、16QAMの各変調モードをテストすることで、返品やリコールのリスクを低減
- CDMA2000のフレーム・レベルのレシーバ・テストの代わりに1xEV-DOのパケット・レベルのテストを実行することにより、12倍高速にパケット・エラー・レート (PER) 測定を実行可能
- CDMA2000と1xEV-DOのデュアル・モード・テストでは、E1966A 1xEV-DOテスト・アプリケーションとE1962B CDMA2000テスト・アプリケーションを組み合わせた初めてのワンボックス・テスト・ソリューションを実現可能
- 新しいスペクトラム・モニタ機能により、被測定信号の視覚的な情報を提供

詳細については、www.agilent.com/find/E1966Aをご覧ください。



参考文献

- [1] 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
- [2] Testing and Troubleshooting Digital RF Communications Receiver Designs、
Agilent Technologies Application Note 1314、カタログ番号5980-1303E
- [3] Recommended Minimum Performance Standards for cdma2000 High Rate Packet Data
Access Terminal. 3rd Generation Partnership Project 2. Release TSG-C C.S0033.
December 4, 2001
- [4] Test Application Specification (TAS) for High Rate Packet Data Air Interface. 3rd
Generation Partnership Project 2. Ballot Resolution Version C.S0029-0 Version 2.
July 12, 2001
- [5] "1xEV-DO Modulation Schemes : Noise Impact on Receiver Measurements",
Test & Measurement Magazine for Quality in Electronics, September 2002, Vol. 7, pg. 57
- [6] "Manufacturing Test Considerations for 1xEV-DO Wireless Technologies",
EP&T Canada, November/December 2002, pg. 67
- [7] cdma2000移動機のデザインとテスト、Agilent Technologies Application Note 1358、
カタログ番号5980-1237J



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。

Agilent電子計測ソフトウェアおよびコネクティビティ

Agilentの電子計測ソフトウェアおよびコネクティビティ製品、ソリューション、デベロッパ・ネットワークは、PC標準に基づくツールによって測定器とコンピュータとの接続時間を短縮し、本来の仕事に集中することを可能にします。詳細についてはwww.agilent.com/find/connectivityを参照してください。

サポート、サービス、およびアシスタンス

アジレント・テクノロジーが、サービスおよびサポートにおいてお約束できることは明確です。リスクを最小限に抑え、さまざまな問題の解決を図りながら、お客様の利益を最大限に高めることにあります。アジレント・テクノロジーは、お客様が納得できる計測機能の提供、お客様のニーズに応じたサポート体制の確立に努めています。アジレント・テクノロジーの多種多様なサポート・リソースとサービスを利用すれば、用途に合ったアジレント・テクノロジーの製品を選択し、製品を十分に活用することができます。アジレント・テクノロジーのすべての測定器およびシステムには、グローバル保証が付いています。製品の製造終了後、最低5年間はサポートを提供します。アジレント・テクノロジーのサポート政策全体を貫く2つの理念が、「アジレント・テクノロジーのプロミス」と「お客様のアドバンテージ」です。

アジレント・テクノロジーのプロミス

お客様が新たに製品の購入をお考えの時、アジレント・テクノロジーの経験豊富なテスト・エンジニアが現実的な性能や実用的な製品の推奨を含む製品情報をお届けします。お客様がアジレント・テクノロジーの製品をお使いになる時、アジレント・テクノロジーは製品が約束どおりの性能を発揮することを保証します。それらは以下のようなことです。

- 機器が正しく動作するか動作確認を行います。
- 機器操作のサポートを行います。
- データシートに載っている基本的な測定に係わるアシストを提供します。
- セルフヘルプ・ツールの提供。
- 世界中のアジレント・テクノロジー・サービス・センタでサービスが受けられるグローバル保証。

お客様のアドバンテージ

お客様は、アジレント・テクノロジーが提供する多様な専門的テストおよび測定サービスを利用することができます。こうしたサービスは、お客様それぞれの技術的ニーズおよびビジネス・ニーズに応じて購入することが可能です。お客様は、設計、システム統合、プロジェクト管理、その他の専門的なサービスのほか、校正、追加料金によるアップグレード、保証期間終了後の修理、オンサイトの教育およびトレーニングなどのサービスを購入することにより、問題を効率良く解決して、市場のきびしい競争に勝ち抜くことができます。世界各地の経験豊富なアジレント・テクノロジーのエンジニアが、お客様の生産性の向上、設備投資の回収率の最大化、製品の測定精度の維持をお手伝いします。

Windows®はMicrosoft Corporationの米国における登録商標です。

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

March 3, 2003
5988-7694JA
0000-00DEP