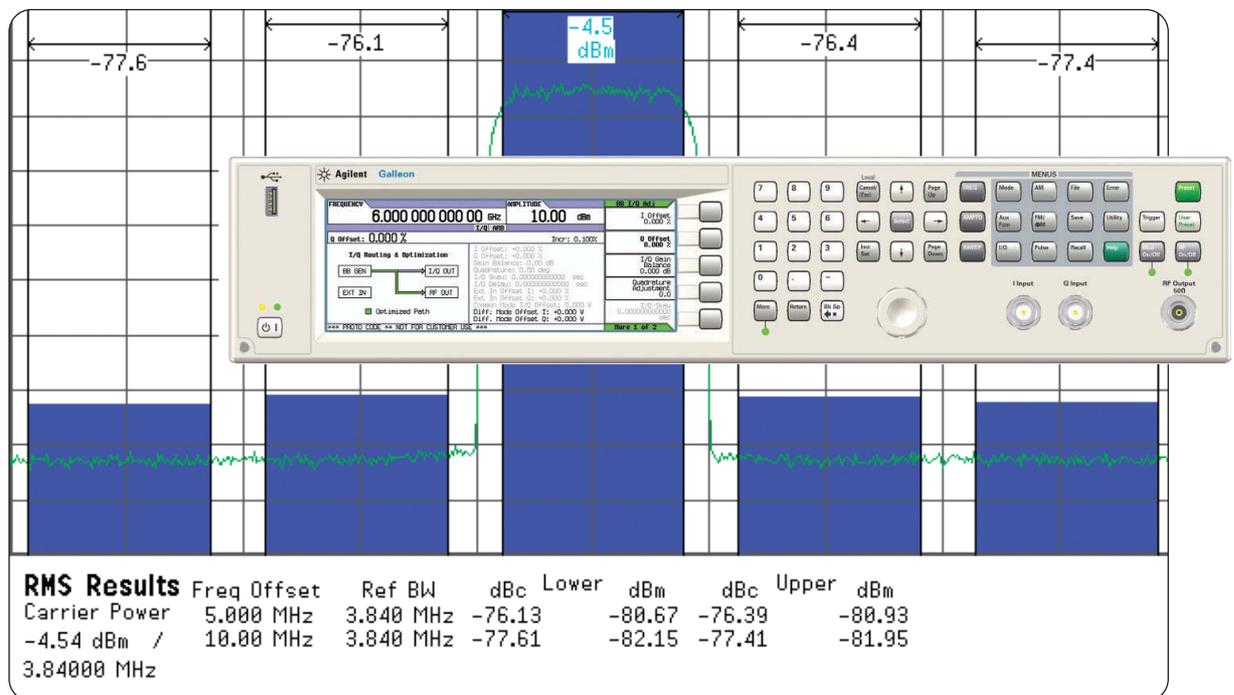
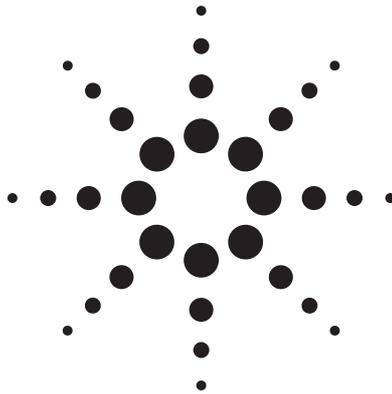


N5182A MXG

ベクトル信号発生器を使用した増幅器の正確な ACLR/ACPR テスト

Application Note



Agilent Technologies

はじめに

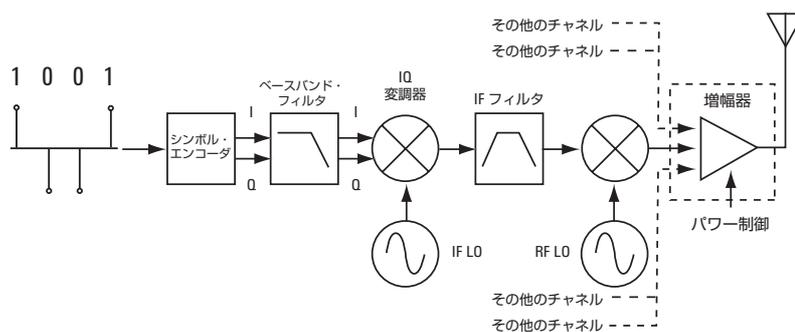


図1 無線基地局のトランスミッタ

基地局パワーアンプは、最終トランスミッタ・ステージで使用され、移動機のレシーバにビット・エラーを生じさせる可能性のある帯域外の送信信号を最小限に抑えるために重要なコンポーネントです。帯域外の信号には、不完全な入力IQ波形スペクトラム、帯域外キャリア・ノイズ、パワーアンプの相互変調歪みが含まれます。

増幅器のパワーを減少させると、相互変調歪みは小さくなりますがリンク性能も悪化します。パワーを上げすぎると、送信増幅器の圧縮につながります。これにより、帯域外信号のレベルが高くなり、他の送信信号と干渉して、デジタル・レシーバにビット・エラーが生じます。適切なシステム性能を維持するには、パワーアンプの隣接チャネル干渉信号レベルのテストが必要です。

隣接チャネル漏洩

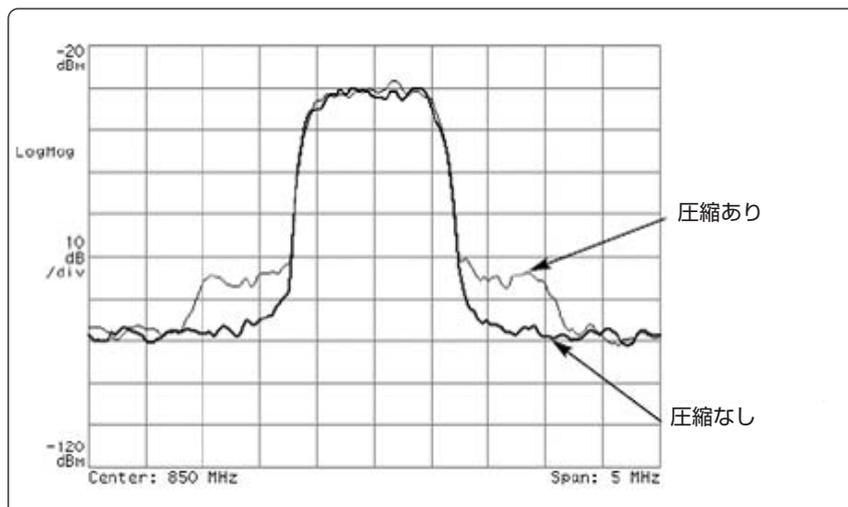


図2 増幅器の歪みによる隣接チャネル漏洩

送信増幅器の主な性能指標は、隣接チャネル漏洩 (ACL) または隣接チャネル漏洩電力 (ACP) です。隣接チャネル漏洩の主な原因は、パワーアンプの非線形性です。従来の隣接チャネル・テスト (狭帯域チャネル用) では、チャネル外歪み (相互変調歪み) の測定に、2種類以上のチャネル内トーンを使用します。このテスト手法は、ほとんどの広帯域無線システムの実際のアプリケーションでは問題がありました。実際の (現実の) 信号を使用して、特定の帯域幅で、積分チャネル外信号パワーを測定して、これらの結果を積分チャネル内信号パワーと比較するテスト手法はこれより優れています。

W-CDMAシステムについては、隣接チャネル漏洩電力 (ACLR) は、隣接チャネルの積分信号パワーとメイン・チャネル $P(f_{1intbw}) / P(f_{chbw})$ または $P(f_{2intbw}) / P(f_{chbw})$ の積分信号パワーの比として定義されています (図3)。ACLRは、他の波形フォーマットでも、隣接チャネル漏洩電力 (ACPR) と呼ばれます。

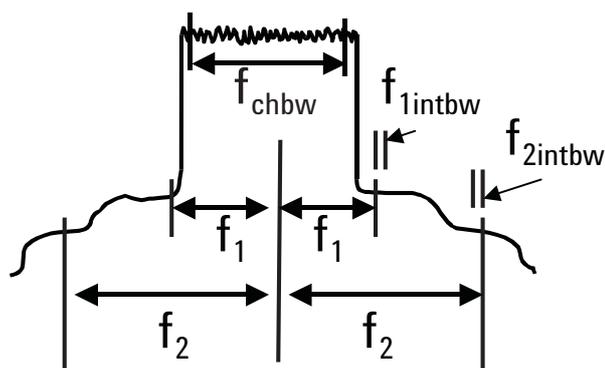


図3 ACLRおよびACPRのチャネル帯域幅

GSMシステムでは、隣接チャネル漏洩は出力RFスペクトラム (ORFS) と呼ばれます。変調規格毎に、隣接チャネル信号干渉 (実測の帯域幅、チャネル間隔、オフセット周波数など) の測定で独自の方法を使用する傾向があります。

シングルキャリア対 マルチキャリア増幅器

シングルキャリア・パワーアンプ (SCPA) はシングルキャリアに限定されていて、動作にはそれ自身のベースバンド・ユニットが必要です。

マルチキャリア・パワーアンプ (MCPA) では、アナログ・インターフェースの代わりにデジタルIQやデジタルIFが使用されています。これにより、複数のキャリアに対して1台の増幅器を使用でき、システムに必要なコンポーネントの数を削減できます。

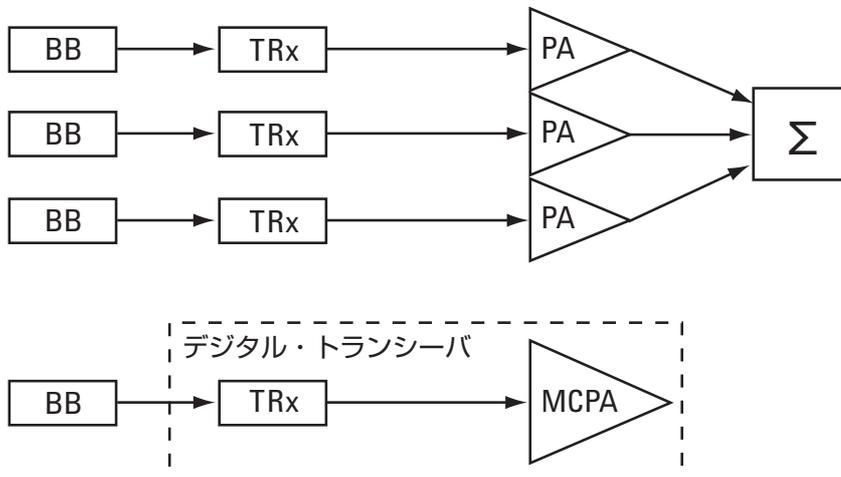


図4 シングルキャリア増幅器とマルチキャリア増幅器によるトランスミッタの構成

コンスタント・エンベロープ変調 (低いピーク平均信号の変動、またはGSM波形などの低いクレスト・ファクタ) により、圧縮レベルに非常に近いところで動作するため、増幅器は非常に効率が良くなります。cdma2000やW-CDMAなどのクレスト・ファクタの高い波形は、シングルキャリア用に複数のチャンネルを持ち、隣接チャンネル歪みを最小限に抑えるために、超広帯域リニア増幅器を使用する必要があります。

W-CDMAの実装では、基地局ACLR全体に厳しい要件 (-45 dBc) があります。トランスミッタの動作マージンを規定するために、ほとんどのパワーアンプ・メーカーは、-50 dBc以上を仕様化していて、増幅器のACLR性能は-55~-60 dBcの範囲が一般的です。

隣接チャネル漏洩成分

図5に示すように、増幅器のスペクトラム出力 (P_{out}) は、入力信号 (P_{in}) に利得 (G) を乗算し、増幅器が追加したノイズと非線形歪みを加えたもので構成されます。増幅器のACLまたはACPを正確に評価/測定するには、テスト信号の影響を除去する必要があります。テスト信号の影響を除去する唯一の方法は、非常に低いACL性能を持つ「実際の」入力テスト信号を使用することです。

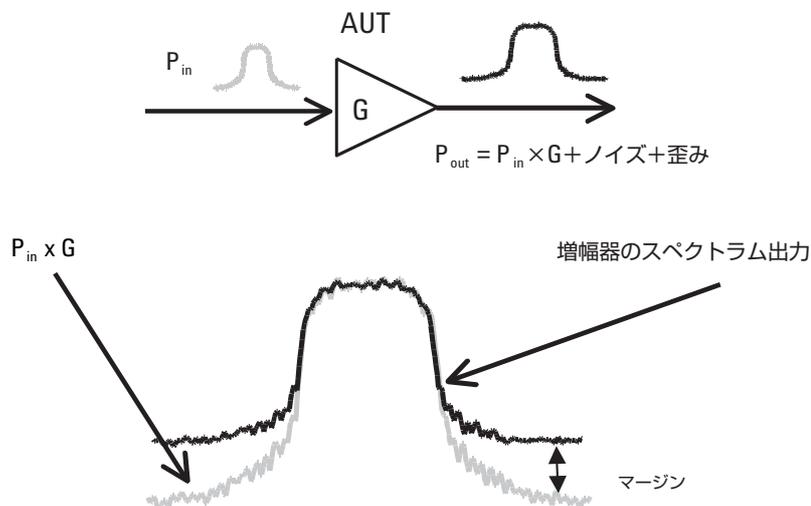


図5 テスト信号のACL対増幅器のACL

入力信号のACL特性が既知である場合は、入力信号の増幅器の出力ACLへの寄与も既知で $P_{in} \times G$ となります。増幅器の隣接チャネルのスペクトラム出力の全パワーは、以下の式で表されます。

$$P_{out} \text{ (dBm)} = 10 \log (G \times P_{in} + (\text{出力ノイズ} + \text{出力歪み}))$$

$$P_{out} \text{ (dBm)} = 10 \log (P1 + P2)$$

ここで、

$$P1 = G \times P_{in}, P2 = (\text{出力ノイズ} + \text{歪み})$$

cdma2000やW-CDMAなどのマルチチャネル波形では、増幅器の出力歪みは、隣接チャネル歪みの数が多く、それらの位相がランダムな性質を持っているので、「ノイズのような」波形になります。これらが「ノイズのような」性質を持っているので、P1とPoutの両方が既知である場合は、入力信号の隣接チャネル漏洩が増幅器のACLまたはACL測定に寄与しているかどうかを容易に判断できます。入力信号の漏洩パワーへの寄与(P1)が増幅器のノイズおよび歪みパワー(P2)と同じ場合は、増幅器の全出力パワー(実測)は、それらのいずれかよりも3 dB高くなります。

$$P_{\text{total}}(\text{dBm}) = 10 \log(2 \times P1) = 3 \text{ dB} + 10 \log(P1)$$

増幅器のACLRを正確に測定するには、ACLが被測定デバイスより10~15 dB低い入力テスト信号を使用する必要があります。表1は、15 dB以内の場合の、「ノイズのような」 $P(G \times P_{\text{in}})$ の全出力パワー(実測)への影響を表しています。15 dBより大きなパワー・マージンでは、エラーへの影響は非常に小さくなります。

表1 入力信号のエラーへの影響とパワー差(マージン)

マージン (dB)	0	1	2	3	4	5	10	15
エラーへの影響 (dB)	3.0	2.5	2.1	1.8	1.5	1.2	0.4	0.2

Agilent MXGベクトル信号発生器

Agilent MXGベクトル信号発生器は、パワーアンプのACLR測定や製造での他の隣接チャネル測定に最適です。広いフラットな帯域幅で歪みも小さいため、正確な隣接チャネル測定に必要な広いダイナミック・レンジ(すなわち、低いACLR)の信号が得られます。より広いダイナミック・レンジが必要な場合は、オプションUNVを追加すると、変調方式によりますが、ACLRやACP性能をさらに7~9 dB向上できます。

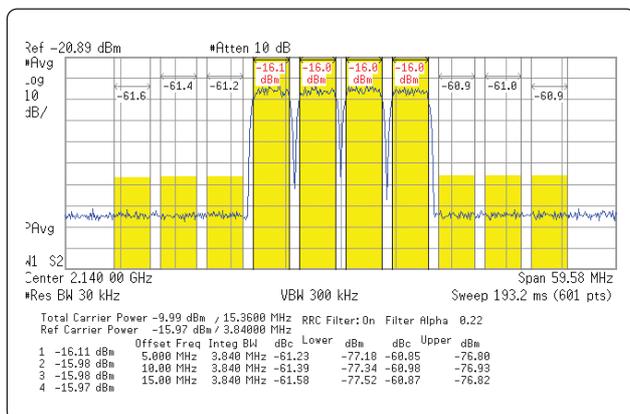
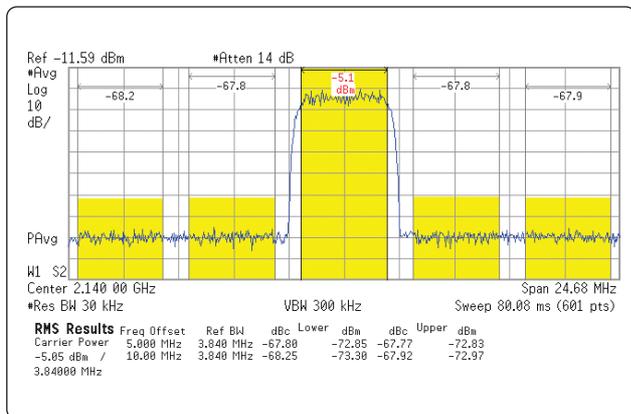


図6 Agilent MXGベクトル信号発生器の、1キャリアおよび4キャリアW-CDMAでの実測ACLR (代表値)

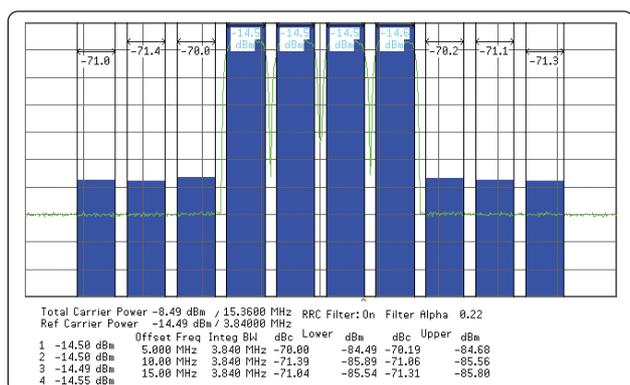
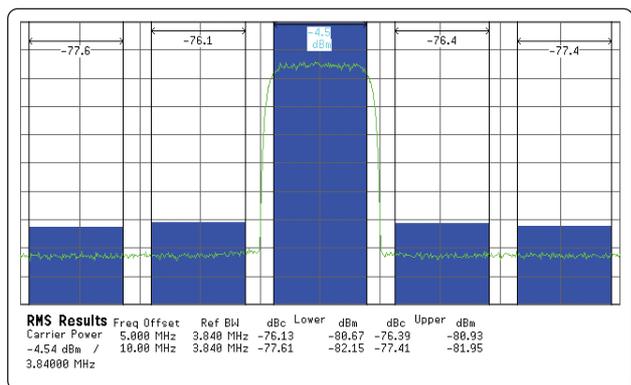


図7 オプションUNVを搭載したAgilent MXGベクトル信号発生器の、64 DPCH W-CDMAのテスト・モデル1を用いた1キャリアおよび4キャリアでの実測ACLR (代表値)

1. このアプリケーション・ノートに記載されたすべての隣接チャネルの測定は、ノイズ補正を有効にして、隣接チャネル漏洩電力測定機能を備えたAgilent PSAシリーズ・スペクトラム・アナライザを使用して測定しています。

隣接チャンネル漏洩電力の最小化

低い隣接チャンネル信号特性を達成するために、Agilent MXGベクトル信号発生器は、特にキャリアから遠いオフセット周波数に対して、低い位相雑音と低いAM雑音性能を持つシンセサイザを搭載しています。隣接チャンネルとオルタネート・チャンネルに歪みが存在しない場合は、隣接チャンネル漏洩電力に対する制限因子は、広帯域ノイズ (AMノイズと ϕM ノイズの和) になります。

Agilent MXGベクトル信号発生器では、隣接チャンネルとオルタネート・チャンネルの歪みを最小限にするために、最適化された低歪みのデザインで、ポート間の相互接続がほとんどない回路レイアウト、最小限のIQスイッチング、最先端のIQ変調器が使用されています。これらのデザインとレイアウトにより、チャンネル外の歪みが最小限に抑えられています。IQ変調器の動作を最適 (すなわち、低いACLR) の状態に保つように、デザインにはIQ変調器のドライブ・レベルの調整を自動的に制御できるIQ変調器アッテネータが含まれています。

波形の最適化

Agilent MXGで使用する波形には、クレスト・ファクタが大きく変化し、ランプ波形のように突然の遷移がある場合もあります。内部任意波形信号が最適化されていない場合は、これらの波形特性は隣接チャンネルに大きな相互変調歪みを生じさせます。

Agilent MXGでは、波形ヘッダを使用して、カスタム波形のクレスト・ファクタやスケーリング情報を変更できます。この情報は、IQドライブ・レベルとランタイム・スケーリングの最適化に使用されます。波形ヘッダの値を決定すると、これらのパラメータは波形が呼び出されるたびに、自動的に使用されます。

IQ波形に対して計算されたrms値のクレスト・ファクタ情報は、隣接チャンネル歪みを最小限にするために、IQ変調器のドライブ・レベルの調整に使用されます。波形のrms値が波形ヘッダがなく、変調器アッテネータがAUTOに設定されている場合は、Agilent MXGは波形に対するrms値を内部で計算し、これに従ってIQのドライブ・レベルを調整します。高いクレスト・ファクタと低いrms値を持つ信号の場合は、rms値をより適切な値に置き換えるか、変調器のドライブ・レベルを手動で調整できます。

D/Aコンバータのオーバーレンジにより生じる歪みを除去するために、フルスケールの%で示されるランタイム・スケーリング情報も使用できます。ランタイム・スケーリングの調整は、ランプ波形などの突然の遷移のある波形に対して有効です。例えば、CW正弦波に対するランタイム・スケーリング係数は99%ですが、(突然の遷移がある)三角波やランプ波形に対するランタイム・スケーリング係数は78%です。ランタイム・スケーリング情報が波形ヘッダから得られない場合は、プログラムまたはフロント・パネルから入力できます。

波形ヘッダの表示／編集

波形ヘッダはAgilent MXGのフロント・パネルから表示／編集できます。これにより、ユーザはヘッダ情報を変更して、特定の状況に合わせて波形を最適化できます。例えば、特定の波形に対して、ランタイム・スケーリングのための新しい値が必要な場合は、現在の測定器のランタイム・スケーリング値を変更して、現在のセットアップを波形ヘッダに保存できます。次回、波形を選択すると、ランタイム・スケーリングに対する新しい値が使用されます。詳細手順については『Agilent MXG信号発生器ユーザズ・ガイド』を参照してください。

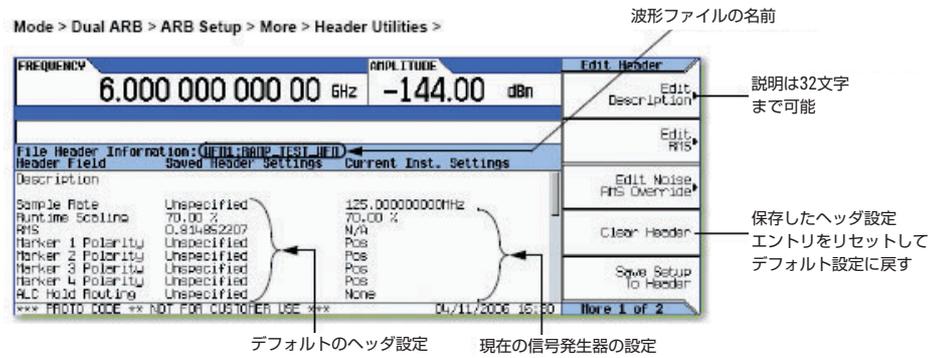


図8 波形ヘッダの表示／編集

さまざまな信号フォーマットに対するAgilent MXGの隣接チャネル特性

図9から図12は、cdma2000、GSM、WiMAXの隣接チャネル歪み測定(代表値)を示しています。

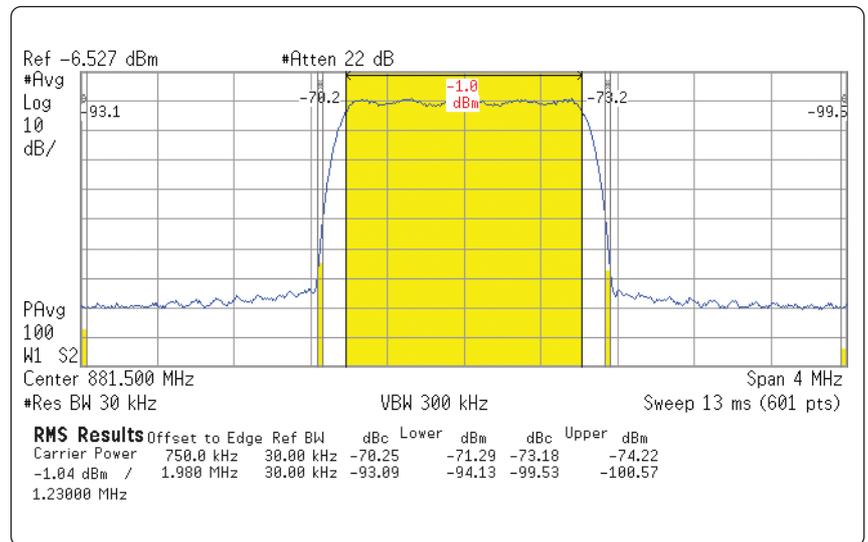


図9 単一キャリアのcdma2000信号のACPRの代表的なサンプル

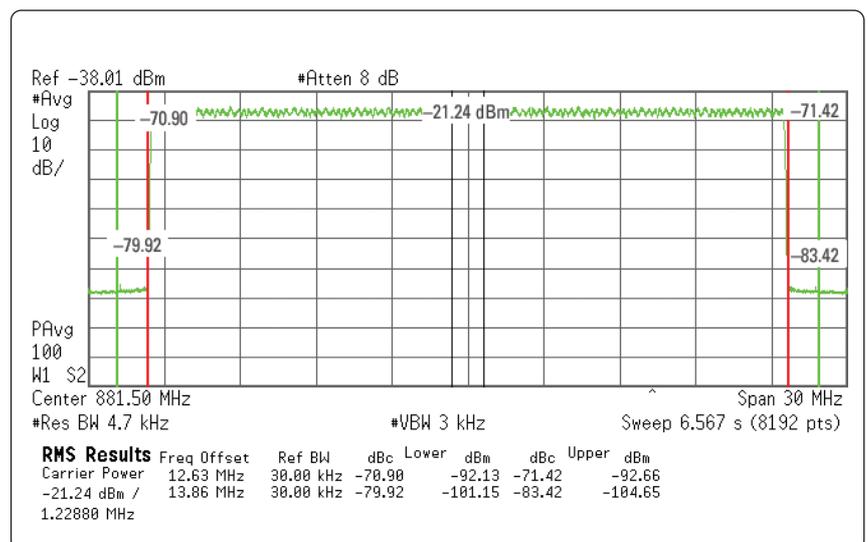


図10 20キャリアのcdma2000信号のACPRの代表的なサンプル¹

1. このアプリケーション・ノートに記載されたすべての隣接チャネルの測定は、ノイズ補正を有効にして、隣接チャネル漏洩電力測定機能を備えたAgilent PSAシリーズ・スペクトラム・アナライザを使用して測定しています。

GSMは出力RFスペクトラム (ORFS) 測定を使用して、基地局増幅器から発生する隣接チャネル漏洩電力を求めます。測定方法には、1) 連続モード、2) バースト・モードの2種類があります。図11には測定されたORFS情報と(アベレーシングされた) GSMバースト信号が示されています。200 kHzおよび250 kHzの周波数で、GSM波形のバンド・エッジを測定します。なおAgilent MXGにオプションUNVを追加してもダイナミック・レンジの向上による利点ははありません。

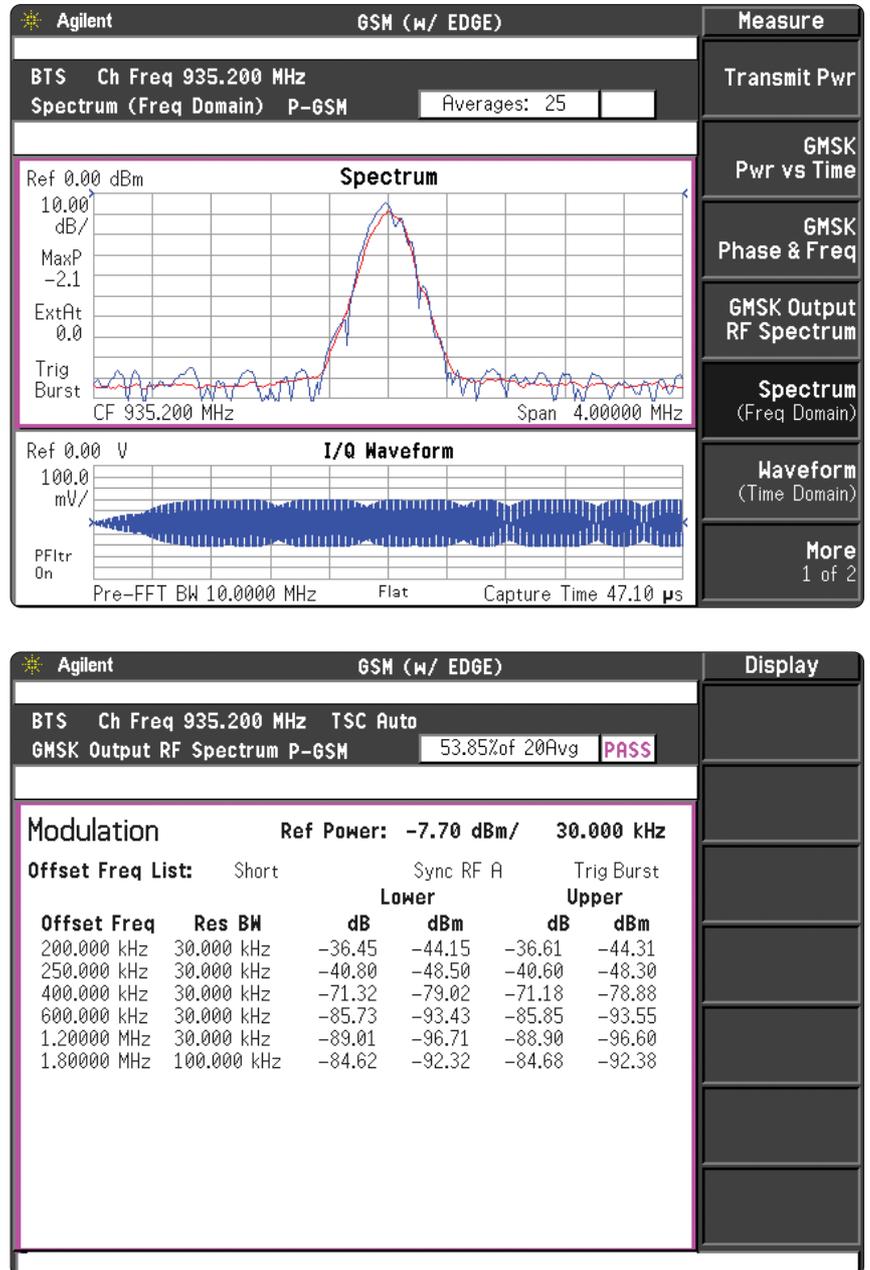


図11 Agilent MXGでの代表的なGSMバースト・スペクトラムおよびORFS性能¹

1. このアプリケーション・ノートに記載されたすべての隣接チャネルの測定は、ノイズ補正を有効にして、隣接チャネル漏洩電力測定機能を備えたAgilent PSAシリーズ・スペクトラム・アナライザを使用して測定しています。

従来のACPR測定手法を使用したWiMAX波形の隣接チャネル漏洩電力特性が、図12に示されています。優れたACP性能は、このWiMAX信号の低いクレスト・ファクタによるものです(一部のWiMAX信号はより高いクレスト・ファクタを持っています)。

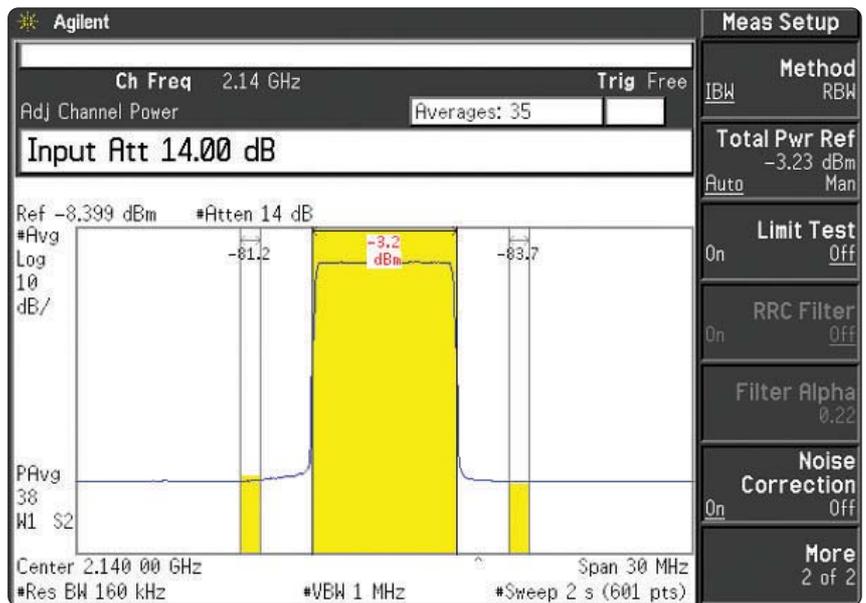


図12 2.14 GHzでのWiMAX信号のACPR測定 (代表値)¹

1. このアプリケーション・ノートに記載されたすべての隣接チャネルの測定は、ノイズ補正を有効にして、隣接チャネル漏洩電力測定機能を備えたAgilent PSAシリーズ・スペクトラム・アナライザを使用して測定しています。

マルチキャリア W-CDMA増幅器の ALCRの測定

ここに示されているのは、W-CDMA基地局増幅器のALCR測定のサンプルです。パワーアンプの出力パワーは、50 dBのRF利得で平均8 Wです。仕様のALCRは隣接チャンネルとオルタネート・チャンネルの両方で-50 dBcです。

増幅器の仕様：

- 周波数レンジ：869～894 MHz
- 出力パワー：8 W (平均)
- 入力パワー：-11 dBm (8 Wの場合)、-1 dBm (最大)
- RF利得：50 dB ±0.5 dB
- 利得フラットネス：0.5 dB
- 入力リターンロス：-18 dB
- ALCR：-50 dBc (最大)、隣接チャンネルおよびオルタネート・チャンネル

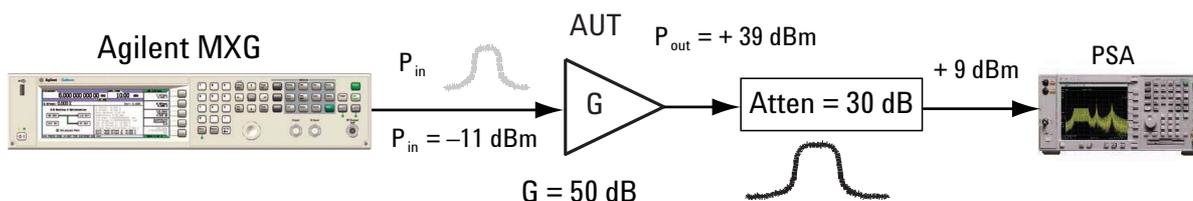


図13 W-CDMA増幅器テストの構成

その他のテスト情報：

- Fcenter = 881 MHz
- W-CDMA = 4キャリアTM1 64 DPCH、-11 dBm (全キャリア・パワー)
- 減衰 = 30 dB、空冷アッテネータ
- 信号発生器 = Agilent N5182A MXGベクトル信号発生器
- ベクトル・シグナル・アナライザ = Agilent PSAシリーズ・スペクトラム・アナライザ

入力テスト信号 (Agilent MXGベクトル信号発生器から提供) の実測ALCRは約-70 dBで、オルタネート・チャンネルおよび隣接チャンネルの両方に対して-70 dBです (図14)。

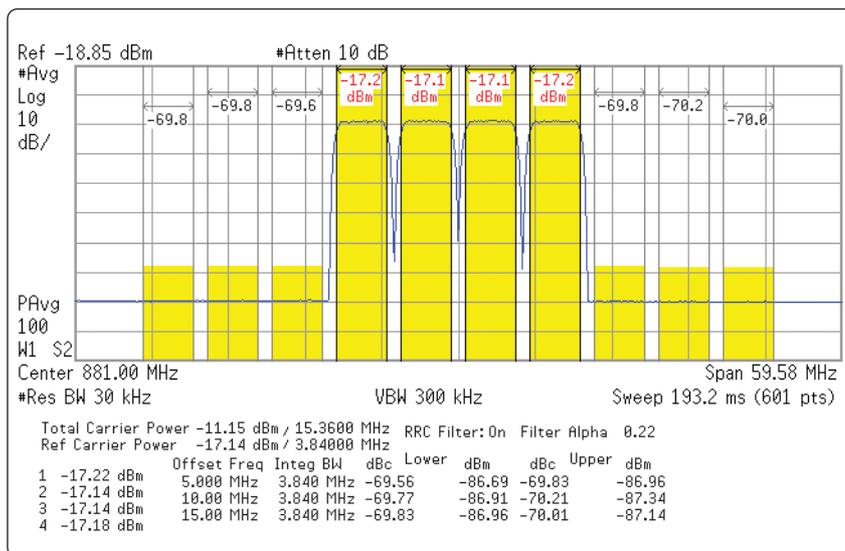


図14 -11.15 dBmの全キャリア・パワーで測定されたAgilent MXGベクトル信号発生器のALCR

測定された全キャリア出力パワーは8.55 dBm(約-11.15 dBmに50 dBの利得を加えて30 dBの減衰を引いた値)で、隣接チャネルに対して測定された出力ACLRは-57 dBcおよび-52 dBcです(図15)。

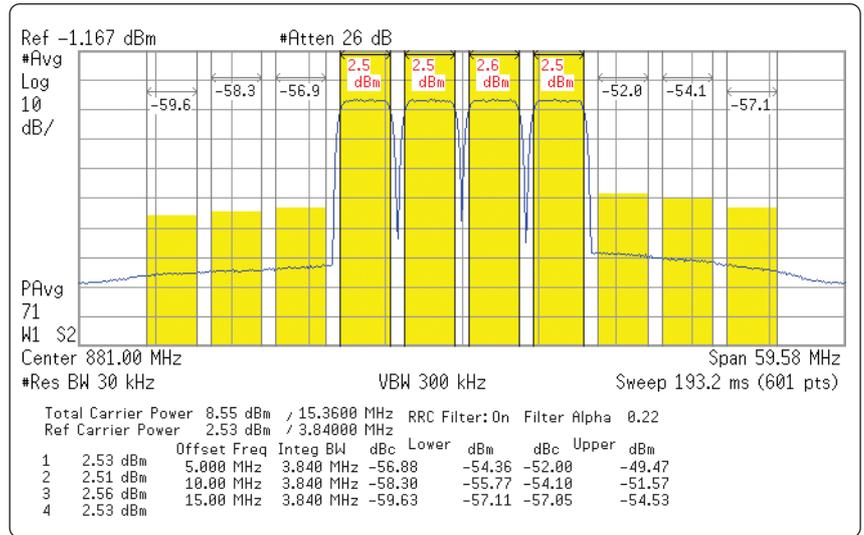


図15 増幅器の出力スペクトラムの実測ACLR

入力信号(+増幅器の利得)と隣接チャネルの実測出力信号との最小パワー差は13 dBなので、増幅器の出力隣接チャネル漏洩電力へのテスト信号への影響は、0.3 dB未満であり、非常に正確な測定値が得られます。増幅器の出力スペクトラムの実測ACLRは2~7 dBで最小仕様性能を上回っています。

まとめ

ハイパワー・アンプの隣接チャネル歪みの特性評価には、歪みが小さく、増幅器の真の性能に影響しない入力テスト信号が必要です。Agilent MXGベクトル信号発生器は、クレスト・ファクタの高いものも含めてあらゆる波形に対して、正確な増幅器のACLR/ACPR測定が可能な隣接チャネル歪みの小さな(一般的にマージンが10 dB以上の)変調テスト信号を提供でき、製造アプリケーションや研究開発での波形開発に最適です。

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。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・センター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。

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 (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
(042-656-7832)

FAX ■■■ 0120-421-678
(042-656-7840)

Email contact_japan@agilent.com

電子計測ホームページ
www.agilent.co.jp

- 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 2006
アジレント・テクノロジー株式会社



電子計測 UP DATE

www.agilent.co.jp/find/emailup-dates-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 Open

www.agilent.co.jp/find/open

Agilentは、テスト・システムの接続とプログラミングのプロセスを簡素化することにより、電子製品の設計、検証、製造に携わるエンジニアを支援します。Agilentのシステム対応測定器、オープン・ソフトウェア、PC標準I/O、ワールドワイドのサポートは、テスト・システムの開発を加速します。

cdma2000は、米国電気通信工業会 (TIA) の登録された証明商標であり、使用許諾を得ています。



Agilent Technologies

September 29, 2006
5989-5471JAJP
0000-00DEP