

リアルタイム・スペクトラム・アナライザを使用した ワイドバンドRFシステムのトラブルシューティングと特性評価



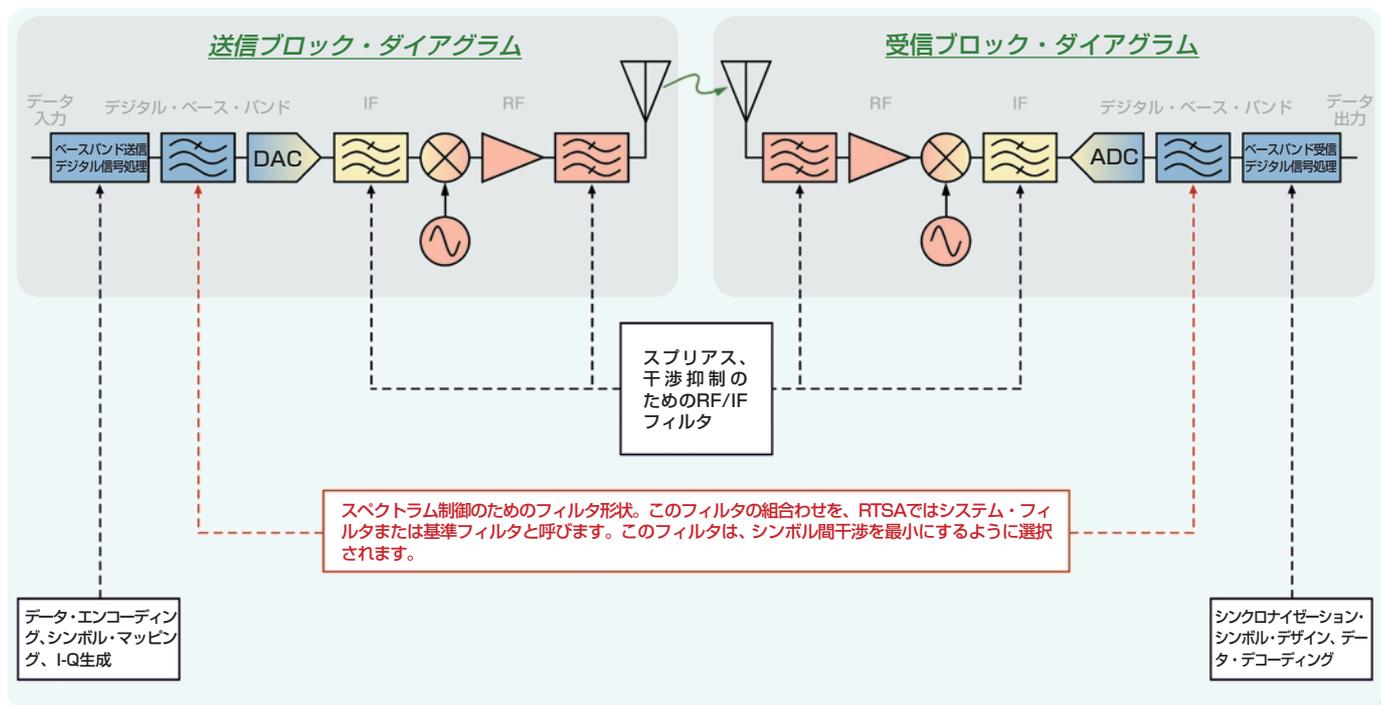
はじめに

無線機器の急増と絶え間ない高いデータ・レートの要求は、割り当てられた無線周波数（RF）スペクトラムにとって非常に厳しい状況になっています。RFコンポーネントやシステムの帯域に対する要求が強まるにつれ、利用可能なスペクトラムは深刻な状況になりつつあります。システム・オペレータは可能な限りRFスペクトラムの周波数を効率良く使用できるよう努めますが、以前にも増して近傍の信号と干渉を起こさないように常に注意を払うことも必要になります。当然のことながら、これらを迅速に、かつ少ない予算で実行する必要があるため、エンジニアにとってはジレンマとなっています。

このような異なった要求が、RF通信において重要な革新の源となっています。アナログ・デジタル変換（ADC）、デジタル・アナログ変換（DAC）などのデジタル信号処理技術の進歩により、新しい世代の優れたネットワーク、システムが可能になりました。RFスペクトラムの歪みは、デジタル制御ループの使用により、従来のアナログ技術に比べてより高いスペクトラム性能と効率で、リアルタイム制御ができるようになりました。デジタル回路がRF段まで普及したことにより、コストが下がり、製造効率も改善されるようになりました。今までの狭帯域、一つのキャリア、複数の周波数変換システムは、デジタル信号処理（DSP）やDACなどによるIF信号や、場合によっては、RF信号を直接生成することによる、広帯域のマルチキャリア伝送に置き換わりつつあります。

リアルタイム・スペクトラム・アナライザを使用したワイドバンドRFシステムのトラブルシューティングと特性評価

▶ アプリケーション・ノート



▶ 図1：ベクトル信号パラメータの測定では、RTSAは送信／受信ペアの受信機として機能します。

革新的なRFシステム、技術の利点ははっきりしているのですが、トラブルシューティングや特性評価を行う設計エンジニアやオペレータは、新たな問題を抱えることとなります。RF設計のトラブルシューティングでは、DSPが生成したベースバンド信号から、デジタル変調されたワイドバンドRF出力まで観測する必要があります。これらのデジタル生成されたRF信号は、従来のRFテスト機器では検出、トリガ、測定することができないトランジェント問題を発生することになりました。さらに、最適なワイドバンド・システム、特に送信段でデジタル・プリディストーション (DPD) を使用しているシステムでは、あらかじめ歪んだ波形を生成する必要があります。このため、シグナル・アナライザは、送信帯域だけでなく、送信帯域の3~5倍において高品質な取込み能力が必要となります。

このアプリケーション・ノートでは、最新のRFシステムの特性を検証し、当社RSA6100Aシリーズ・リアルタイム・スペクトラム・アナライザ (RTSA) を使用したトラブルシューティングと特性評価方法について説明します。送信機の基本的なベクトル／スペクトラム測定や、ワイドバンド・システムのトラブルシューティング、ワイドバンドDPDシステムの特性評価についても説明します。

デジタル変調信号の特性評価：一般測定と測定相関

ベクトル測定

変調信号のベクトル・パラメータをRTSAで測定する場合、RTSAは送信／受信 (Tx/Rx) ペアの受信機 (レシーバ) として機能します。一般的な送受信部と、レシーバ機能を担うRTSAの役割を図1に示します。

受信部は低ノイズRFアンプから始まり、受信周波数に同調します。実験室での測定では、送信機はテスト機器に直接接続され、信号は空中を伝送しませんので、多くの場合RTSAにアンプは必要ありません。オフエア測定では、RSA6100Aシリーズの内蔵プリアンプが利用でき、3GHzまでの低レベル信号を30dB増幅することができます。図1では、レシーバのミキサとADCは、RTSAのミキサとADCに置き換えることができます。RTSAには、スプリアスと干渉信号の制御のための中間周波数（IF）フィルタが含まれており、その帯域が計測器の取込帯域になり、不要な信号を測定しません。

「システム・フィルタ」または「基準フィルタ」は、Tx/Rx部のスペクトラム形状フィルタの組合せです（図1参照）。このフィルタは送受信部全体で理想的なスペクトラム形状を表しますが、トランスミッタとレシーバで分かれます。例えば、レイズド・コサイン・システム・フィルタは、トランスミッタ、レシーバの両方でルート・レイズド・コサイン（RRC）・フィルタに分割されます。これにより、トランスミッタにおいて望ましいスペクトラム形状が実現でき、レシーバにおいてある程度のスプリアス信号除去が可能になります。2つのRRCフィルタなどのナイキスト・フィルタを使用すると、システムで内部シンボル干渉（ISI）がなくなります。

システム（基準フィルタ）	送信フィルタ	受信フィルタ（測定）
レイズド・コサイン	レイズド・コサイン	なし
(3GPP)、レイズド・コサイン	ルート・レイズド・コサイン	ルート・レイズド・コサイン
(3GPP)、IS-95定義	IS-95送信フィルタ	IS-95受信フィルタ（等価）
(GSM)、ガウス	ガウス	なし

▶ 表1：一般的なシステム・フィルタとその要素。RTSAの基準フィルタはTx-Rxで組合わされたシステム・フィルタに相当しており、RTSAの測定フィルタはシステムの受信フィルタと等しく設定されます。

デジタル変調された信号のベクトル測定では、同一データ・ストリームの伝送が必要で、入力される信号は同じ変調タイプの理想的な信号と比較される必要があります。このためには、シグナル・アナライザは、以下のような変調パラメータを再生する機能が要求されます。

- 周波数
- シンボル・レート
- 変調タイプ
- 送信/受信フィルタ
- 送信されたシンボル値

リアルタイム・スペクトラム・アナライザを使用したワイドバンドRFシステムのトラブルシューティングと特性評価

▶ アプリケーション・ノート

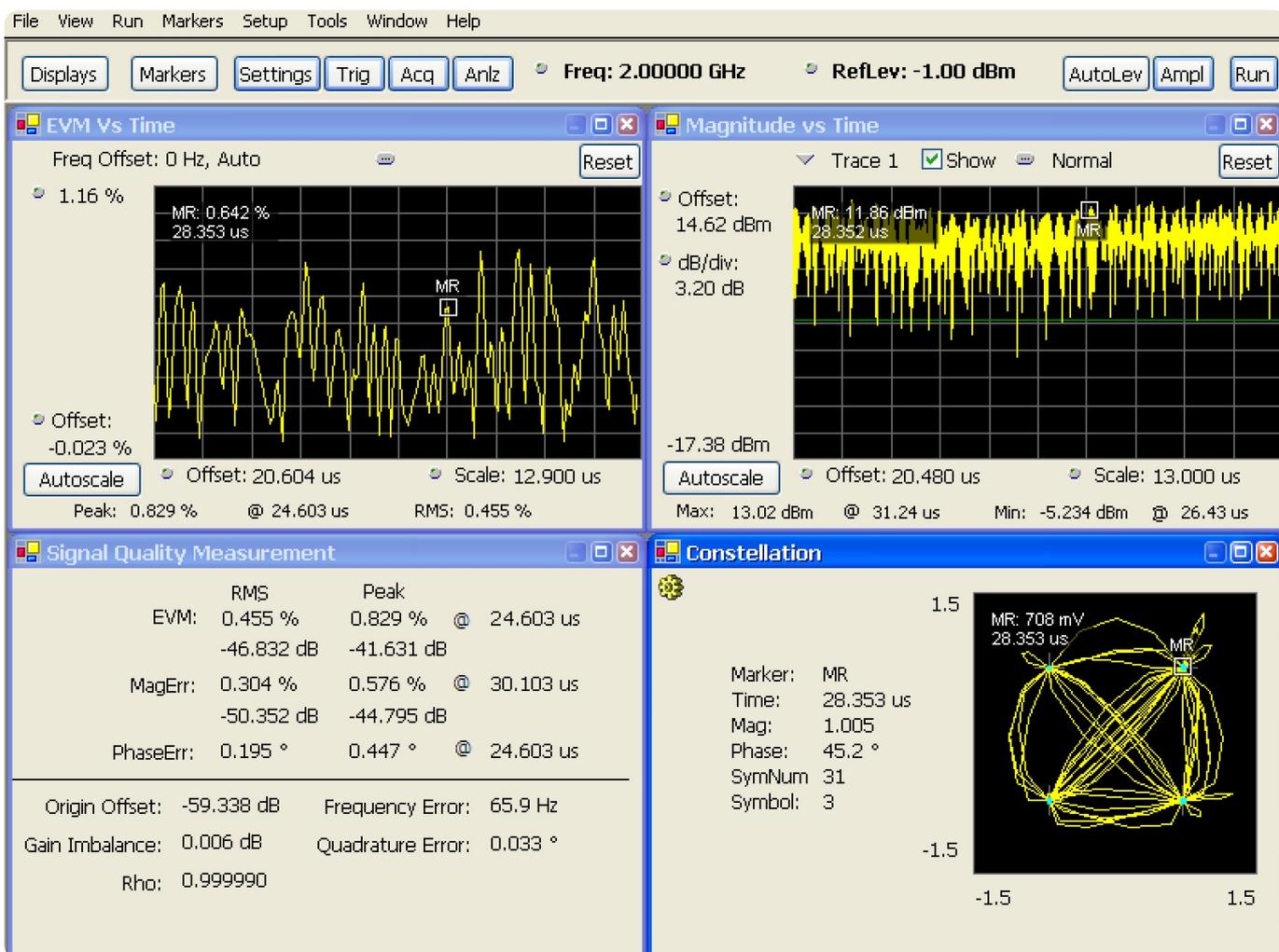
測定項目	定義
周波数エラー	測定されたキャリア周波数と、アナライザにおいてユーザによって選択された中心周波数間の周波数の差
エラー・ベクトル・マグニチュード (EVM)	解析長における、測定信号と理想的な基準信号間のエラー・ベクトルの正規化された実効値。 通常、EVMはシンボルまたはチップのタイミングで測定され、パーセントまたはdBの単位でレポートされます。 また、EVMは、周波数エラーの最適な値、および固定された位相オフセットが取り除かれた後に測定されます。
振幅エラー	測定信号と基準信号間の振幅の実効値。
位相エラー	測定信号と理想的な基準信号間の位相差の実効値
原点オフセット	シンボル期間の測定信号におけるDCオフセットの振幅。キャリア・フィードスルー信号の振幅を示します。
ゲイン・インバランス	信号生成パスのI、Qチャンネル間のゲイン差。 ゲイン・インバランスをもったコンスタレーションは、高さとは異なった幅のパターンで示されます。
直交エラー	I、Qチャンネル間の直交エラー。 エラーは、完全なI/Q変調から期待される理想的な90°からの、IとQチャンネル間の位相差を示します。 直交エラーのあるコンスタレーションは、IからQ、またはその逆の漏洩を示すことがあります。
ロー (ρ)	測定された信号と理想的な基準信号の正規化された相関電力。EVMのように、 ρ は変調品質の尺度です。 ρ は実質1以下の値をとり、完全なレシーバで完全な信号が測定された場合に1となります。

▶ 表2：ベクトル測定の定義

シグナル・アナライザは、エラー測定のために、測定信号と比較する理想的な信号または基準信号を生成することが求められます。基準信号の生成には、2種類の方法があります。まず、伝送されるデータが、取込み、復調される前に、計測器に既知の場合です。データを再構築する場合に信号に依存しないという利点がありますが、この方法は送信データが未知の場合は使用できません。復調するまでは送信データはわかりませんので、ほとんどのアナライザでは第二の方法、すなわち、信号から送信データを抽出して解析し、基準信号は復調されたデータ・シンボルから生成する方法を使用します。第二の方法の利点は、基本的な変調パラメータ

がわかっているランダム・データまたは未知のデータは算出でき、データをあらかじめ定義しておく必要はありません。しかし、入力信号に著しい歪がある場合は、基準信号の再生、生成に使用されるデータ・シンボルが損なわれていることがあり、シンボル・テーブルのエラーやベクトル・エラーを過小評価する原因となります。

信号が復調され、基準信号が生成されると、ベクトル測定が実行されます。測定項目の定義を表2に、表示例を図2に示します。



▶ 図2：EVM、振幅エラー、位相エラー、原点オフセット、ゲイン・インバランス、 ρ などのベクトル測定をRSA6100Aシリーズで測定した例。他に、同一の時間区間での振幅対時間、EVM対時間、コンスタレーションが表示されています。

ピーク・アベレージ比とCCDF

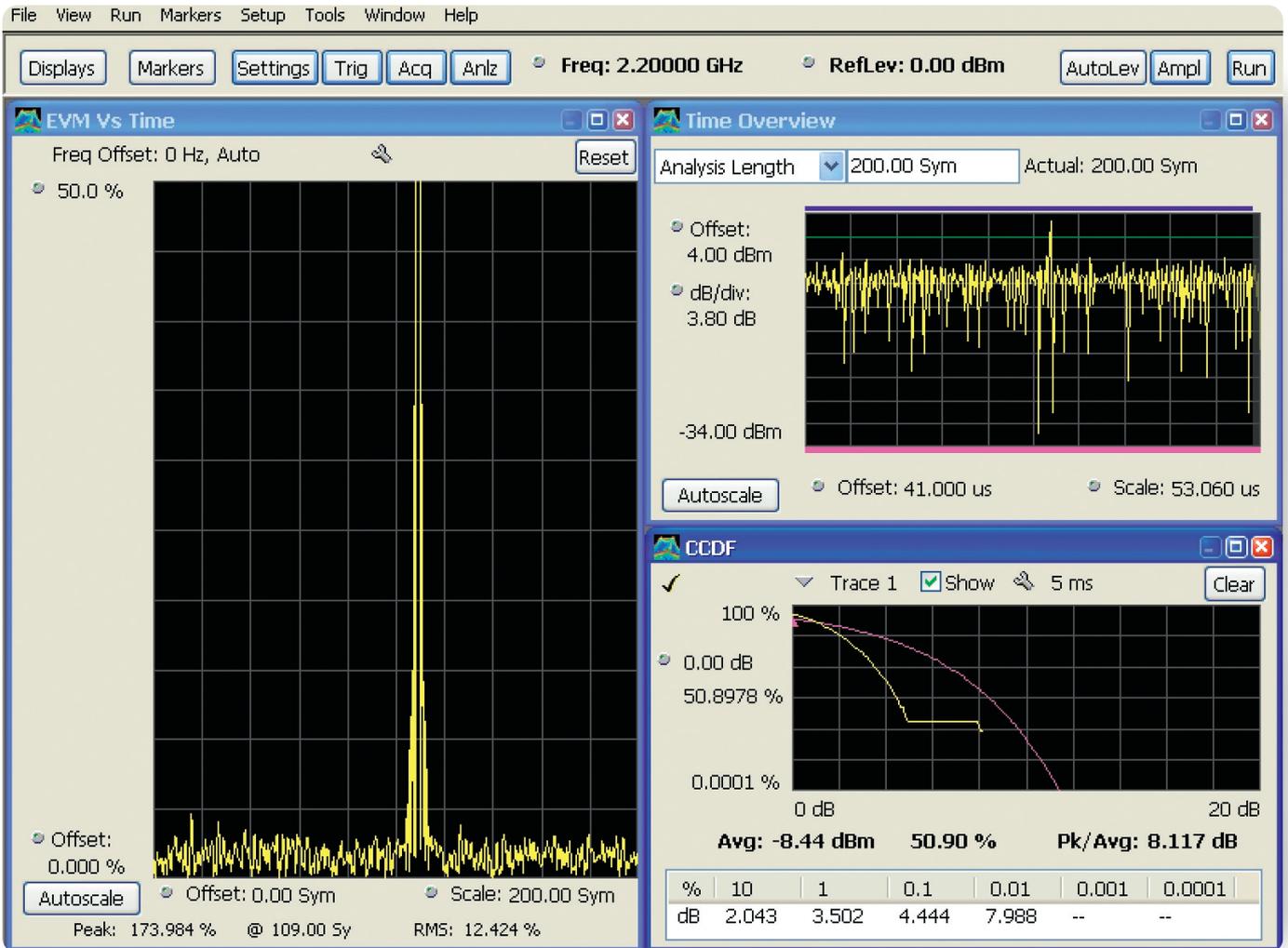
最新のトランスミッタでは、出力歪と増幅効率を最適化するために、ピーク・アベレージ比 (PAR) を制限する技術が使われています。しかし、使用される測定方法によって、測定結果に大きな影響を及ぼすことがあります。

PARは、一定の時間における、平均電力に対するピーク電力の比です。CCDF (Complementary Cumulative Distribution Function) は、横軸に電力レベル、縦軸に確率をプロットした統計的な特性です。CCDFグラフの各ポイントは、与えられた電力レベルに対して信号が何%の時間越えているかを示します。電力レベルは、信号の平均電力レベルに対する比 (dB) で表されます (図3参照)。

RSA6100Aシリーズや他のシグナル・アナライザでは、連続した時間領域のデータに対してPARおよびCCDF測定を実行します。このアプローチでは、他の測定項目と時間的に相関がとれ、DUT (被測定デバイス) による信号品質の統計の影響を検証できる特長があります。

この方法は、ゼロ・スパンにおいて波形をサンプリングして測定する、従来のスペクトラム・アナライザとは大きく異なります。測定データは、サンプリングの前にスペクトラム・アナライザの分解能帯域幅を通過します。この方法は、長時間の測定において統計的に有効であり、波形のピーク・アベレージのすべての値をサンプリングができます。また、時間的に制限無く信号を監視できるという特長もあります。従来のスペクトラム・アナライザでは、CCDF測定時はゼロ・スパンの必要がありますので、CCDFを測定する場合は、他の測定とは相関をとることができません。

RTSAでは、上記の両方の解析手法が可能になります。図3は相関のとれた手法による測定例で、CCDF測定が実行され、異常な振幅による送信が一回記録されています。10,000シンボルに一回の割合でこのピークは発生し、時間対振幅、EVM対時間にも表示され、0.01%の確率でCCDFグラフの異常なピークと相関がとれています。このトランジェントは、デジタル・システムの計算オーバーフローの結果として発生する振幅ピークを表しています。



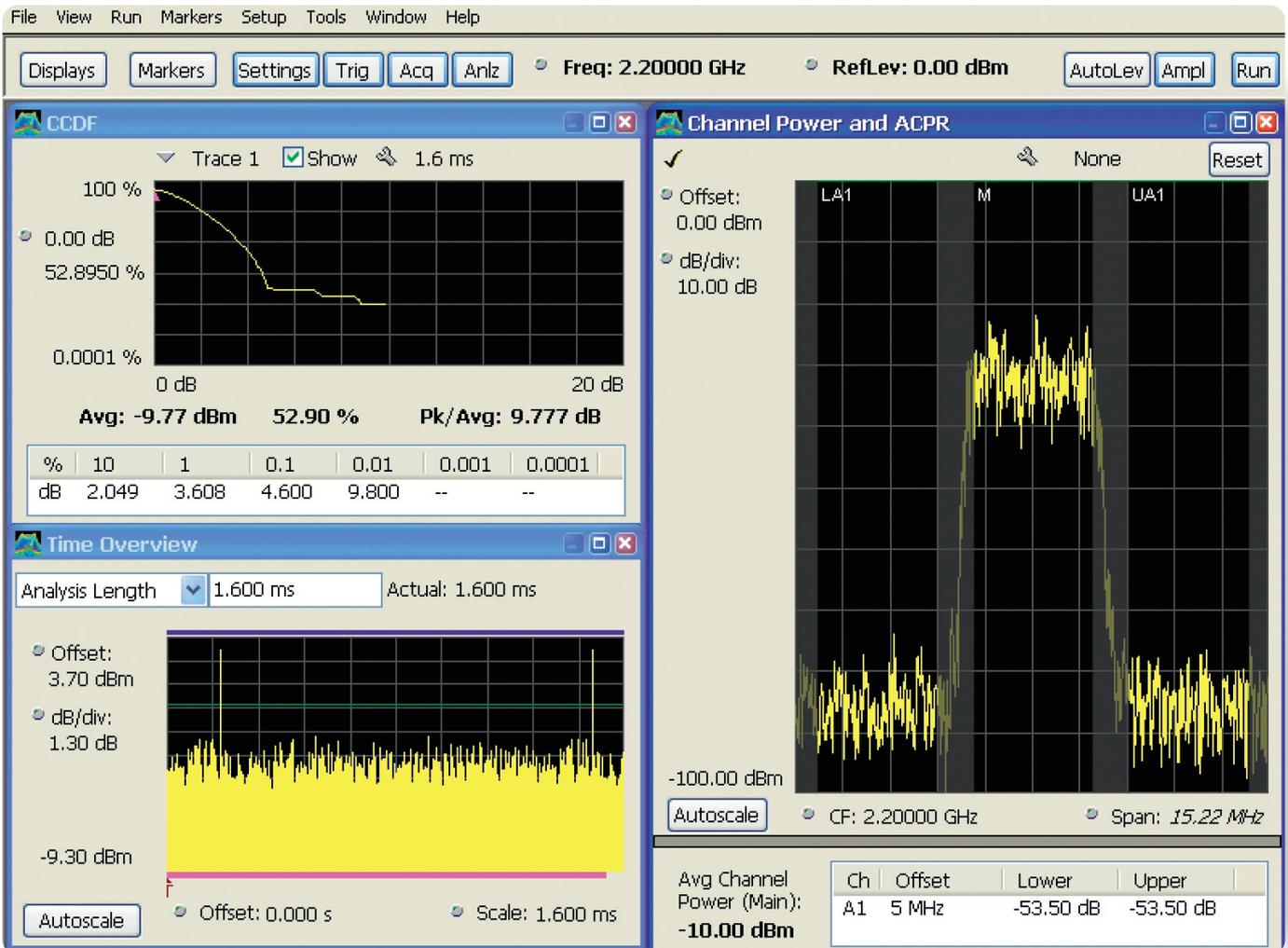
▶ 図3：振幅ピークは0.01%の確率で発生し、振幅対時間、EVM対時間、およびCCDF表示で確認できます。CCDF表示（右下）の振幅波形はガウスの基準波形、黄色のCCDFは取込まれた波形から測定されています。

隣接チャンネル電力／漏洩比

隣接チャンネル電力比（ACPR、Adjacent Channel Power Ratio）と隣接チャンネル漏洩比（ACLR、Adjacent Channel Leakage Ratio）は同義的に使用される用語で、その差はわずかです。ACPRは、測定する通信システムで使用される受信フィルタを考慮せずに、送信チャンネルに隣接したチャンネルの電力レベルを表すために使用されます。ACLRはごく最近の用語で、測定する通信システムで使用される受信フィルタを考慮に入れた用語です。ACPRは3GPP2システムで使用されており、電力はチャンネルと隣接チャンネル帯域で等しく統合されています。3GPPシステムでは、チャンネルおよび隣接チャンネル電力の計算で $\alpha=0.22$ のRRC受信フィルタが使用されます。このアプリケーション・ノートではACLRを使用し、レシーバのフィルタ形状は方形とすることで従来のACPRの値と同じになります。

リアルタイムACLR

RSA6100AシリーズのACLR測定方法は、掃引型スペクトラム・アナライザの手法とは異なります。最大110MHzの取込帯域まで、測定するすべてのチャンネルを含む連続した時間領域データが測定されます。分解能帯域幅、チャンネル帯域、受信フィルタは、信号がデジタル化された後、数学的に実行されます。RTSAにおけるACLRは、他の領域の測定と変わりなく、取込んだ信号の数学的な演算に過ぎません。

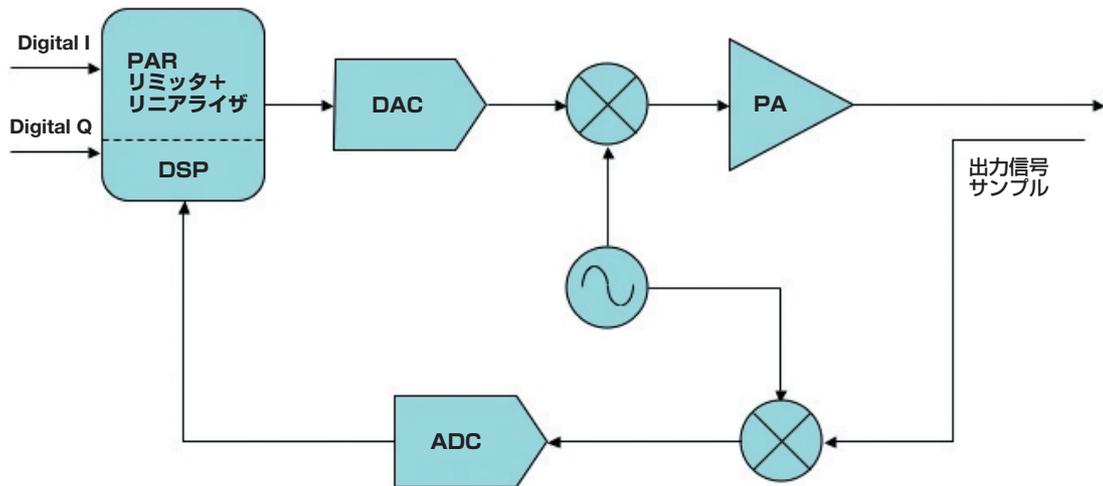


▶ 図4 : CCDF、ACLR、時間領域の相関

ACLR測定と他の領域の相関について

RTSAにおけるACLR測定は、他の領域や測定と時間的相関がとれています。したがって、CCDFやピーク・アベレージ比など、他の測定とACLRを直接比較することが可能になります。従来の測定手法でこのような測定を行うには、別途データを取込むか、複数回取込む必要があり、正確には比較できません。

RTSAを使用したマルチドメイン解析の例を、図4に示します。信号のCCDFとPARは、ACLR測定と同じデータで計算され、時間オーバビューの解析期間で実行されます。この例では、時間オーバビューに見られる振幅スパイクが低確率にて発生し、ACLR測定における小さな周波数領域のトランジェントの原因となっています。



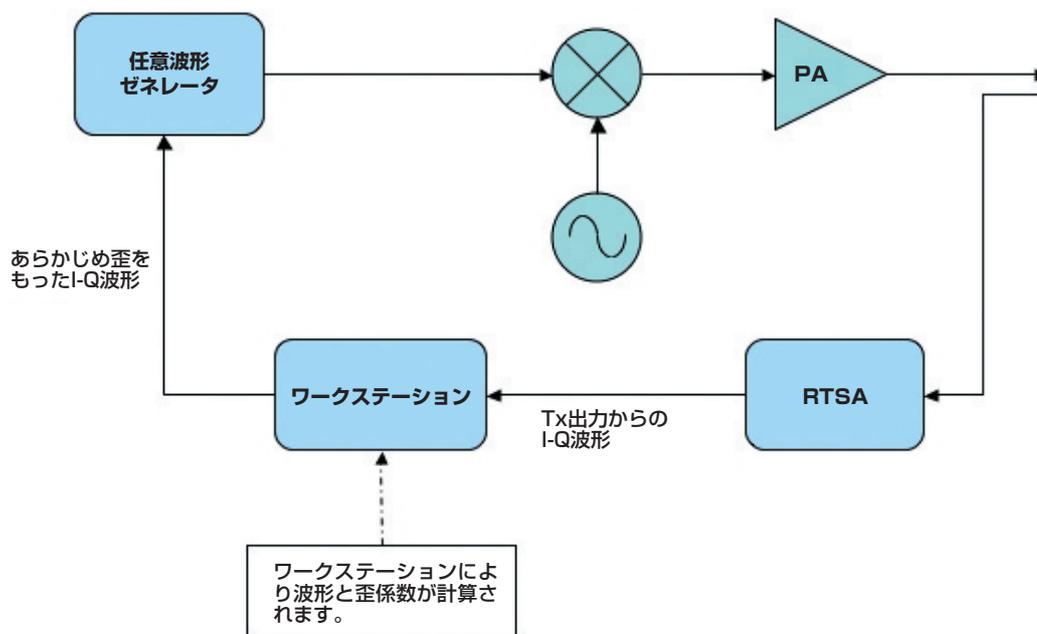
▶ 図5：デジタル・プリディストーションによるトランスミッタ例

デジタル・プリディストーション特性

最新のトランスミッタ・ブロック・ダイアグラム

大電力の衛星地上局、またはマルチキャリアの携帯基地局、あるいは低電力のモバイル・システムであっても、最新のトランスミッタは、チャンネルから外れた干渉を低減し動作効率を最適化するために、各種のプリディストーション技術を採用しています。最も一般的な歪低減手法はアダプティブ・デジタル・プリディストーションです。この方法では、トランスミッタ出力のサンプルを使用してエラー・ベクトルを計算し、補正係数を生成します。これは、入ってくる信号のプリディストーションのために使用されます。アナログ歪を低減するため、送信部での信号はできるだけ長い間デジタル形式のままにします。

図5は、その出力を結合してダウンコンバートし、デジタル化するための低レベル信号を取り出せる増幅器を示します。デジタル化されたサンプルはデジタル信号処理回路に送られ、信号に含まれる非直線性を解析します。この非直線係数は、送信段で同相 (I) と直交 (Q) 信号を補正するために使用されます。この信号はあらかじめ歪められ、PARが低減され、トランジェント・チェーンで見られるように、DACによってアナログに戻された後、増幅器に供給されます。出力された信号は、プリディストーションのない信号に比べてスペクトラム歪が低減され、ACLRが低くなっています。



▶ 図6： デジタル・プリディストーション開発システム

トラブルシューティングと特性評価の問題点

先に説明した例では、従来のアナログ・システムでは見られなかった数多くのトラブルシューティングの問題点が存在します。デジタルの問題点は、送信パスにおけるアナログ変換前に実行されるADC、DAC、DSPのブロックで発生します。これらの問題は周波数的に急激な変化をするため、従来のスペクトラム・アナライザでは取込みが困難か、あるいは不可能です。まれにしか発生せず、隣接するチャンネルにおいて周波数領域効果の原因となります。トランジェント周波数領域信号の効果的なトラブルシューティングのためには、問題の検出だけでなく、解析のためにそれにトリガできることも要求されます。

これらのシステムの特性評価では、新たな問題も発生します。開発ステージでは、数多くのプリディストーションやPAR低減方法

が、すべての送信ブロックの導入前にテストされ、最適化されます。フィードバック・パスの信号はテスト機器で取込まれる必要があり、新しい比直線性ひずみ係数は、完成されたハードウェア (ASICまたはFPGA) の導入前に、オフラインのソフトウェアを使って計算されます。これらの係数はIおよびQ信号にあてはめられ、その結果は任意波形ゼネレータ (AWG) にロードされ、性能をテストします。

図6は、この種の開発システムの一般的な構成を示します。I、Q信号とDACの代わりにAWGを使用し、補正ループのダウンコンバータとADCはRTSAに置き換えられます。RTSAからのI、Qベクトルは、プリディストーションとPAR低減技術が使われるオフライン・プロセッサに送られます。

リアルタイム・スペクトラム・アナライザを使用したワイドバンドRFシステムのトラブルシューティングと特性評価

▶ アプリケーション・ノート

システム・タイプ	信号キャリア	キャリア数、チャンネル帯域幅	マルチキャリア送信帯域	3次DPD特性帯域	5次DPD特性帯域
3GPP2 cdma2000	1.2288MHz	12、1.25MHz	15MHz	45MHz	75MHz
3GPP W-CDMA	3.84MHz	4、5MHz	20MHz	60MHz	100MHz
ワイドバンド・サテライト	85MHz	1、-	85MHz	255MHz	420MHz
提案されている4Gシステム	98~105MHz	1、-	最高105MHz	305MHz	最高525MHz

▶ 表3：ワイドバンド・システムの種類と特性

使用されるAWGは、送信段で使用されるデジタル・システムを置き換えるだけの十分な分解能、帯域、メモリ長が必要になります。当社のAWGは、これらの要求に対応する豊富な製品群をラインナップしています。

使用されるRTSAは、アプリケーションに適した十分な周波数範囲、取込帯域、取込忠実度、メモリ長が必要になります。3次歪成分が確実にデジタイズできるよう、送信帯域の少なくとも3倍でデジタイズできるような取込帯域をもっていることが必要になります。多くのシステムでは、プリディストーション係数の計算に5次の歪成分を使用しており、このような場合、RTSAの取込帯域もこの成分を取込むのに十分な帯域が必要になります。表3は、選択されたシステムの帯域要求の概略を示しています。

歪成分を取込む場合、振幅、位相領域における計測器の信号忠実度が重要になります。必要な要求に対する当社リアルタイム・スペクトラム・アナライザの振幅/位相リニアリティと歪特性は、製品のデータ・シートでご確認ください。

開発段階で取込まれる信号には、非常に長いシーケンスの特殊なデータが含まれることがありますが、これは、ワーストケースを想定して増幅器の限界を試すための意図的なものです。このシーケンスの長さは、設計要求によって異なりますが、1秒以上の場合があります。RSA6100Aシリーズは、最大取込帯域幅である110MHzにおいて、最長1.7秒のI、Qデータを取込むことができます。取込帯域幅を下げること、さらに取込時間を長くすることもできます。

ロング・メモリでの取込みができるので、デバイスの性能を現実の信号で調べることが可能になります。数多くのパケット・データを取込むことができるため、特に変調タイプの変化、アクティブ・コード・チャンネル数の変化、対応する電力レベルの変化など、PARの変化に関連した事項を取込むのに最適です。

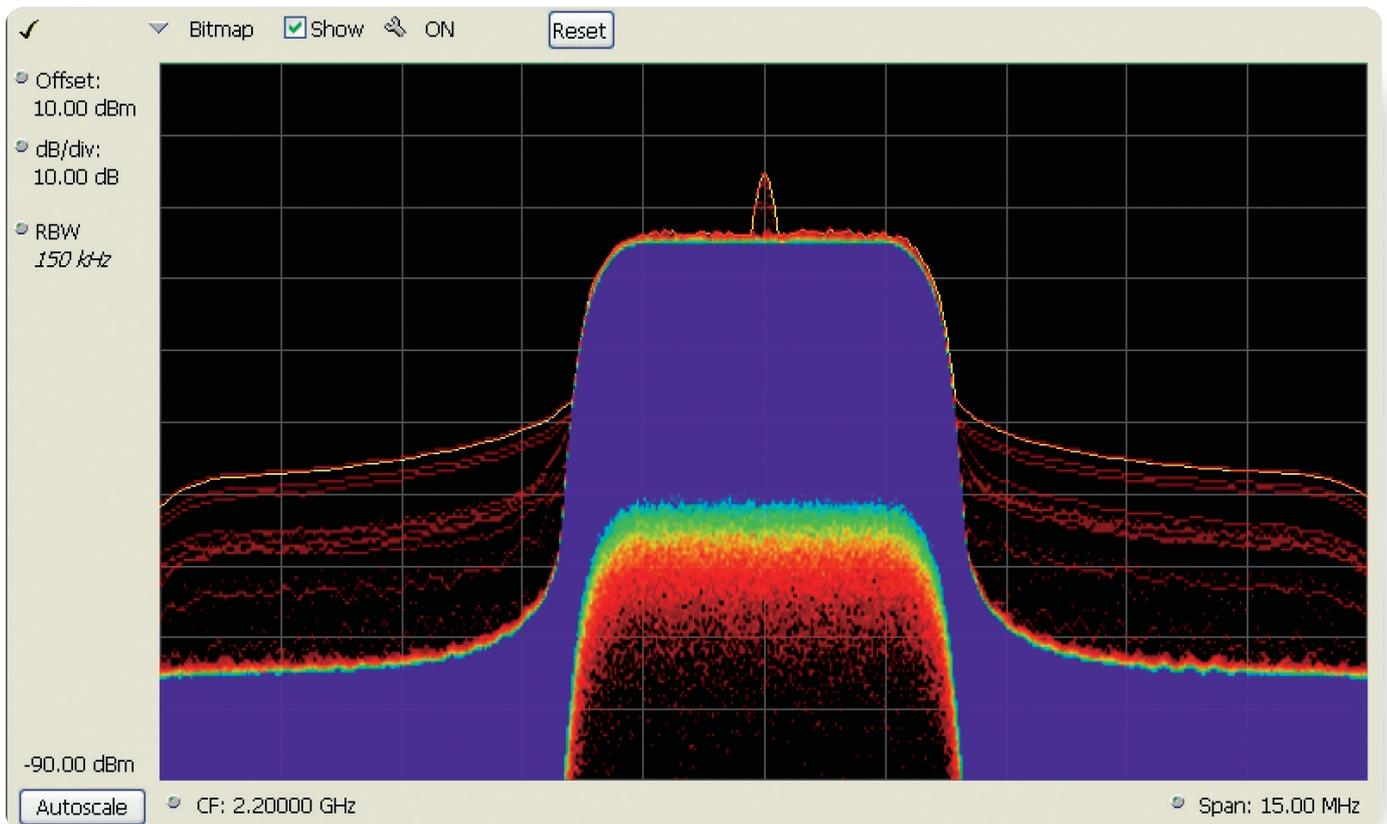
取込まれたデータはRTSAからコンピュータに送られ、解析、補正が行われます。RSA6100Aシリーズにはこのデータ転送用に、1GbpsのEthernet接続を装備しており、Ethernet経由で直接 GPIB コマンドを送ることができます。あるいは、RSA6100A シリーズ内蔵のDVD±RWにデータを保存し、データを持ち運ぶこともできます。データはカンマ区切りのCSVフォーマットでエクスポートされますので、MathWorks Matlab™やMicrosoft Excel™などのオフライン解析パッケージなどに送ることができます。

トラブルシューティング

障害検出の手順は以下のようになります。

1. 問題を検出する。
2. 障害時にトリガし、取込む。
3. 問題の原因を究明する。

一例として、AWGでシミュレーションする波形における時間領域のトランジェントが原因で、RF出力にスプラッタが発生する例があります。これは、デジタイザのフィードバック、DSPコード、アップコンバージョン回路のADC、あるいはRF回路の信号遅延、熱効果など、デジタル回路ブロックの障害の結果として発生することがあります。このようなトランジェントは間欠的に発生し、システムのクロックとは非同期のように見えます。

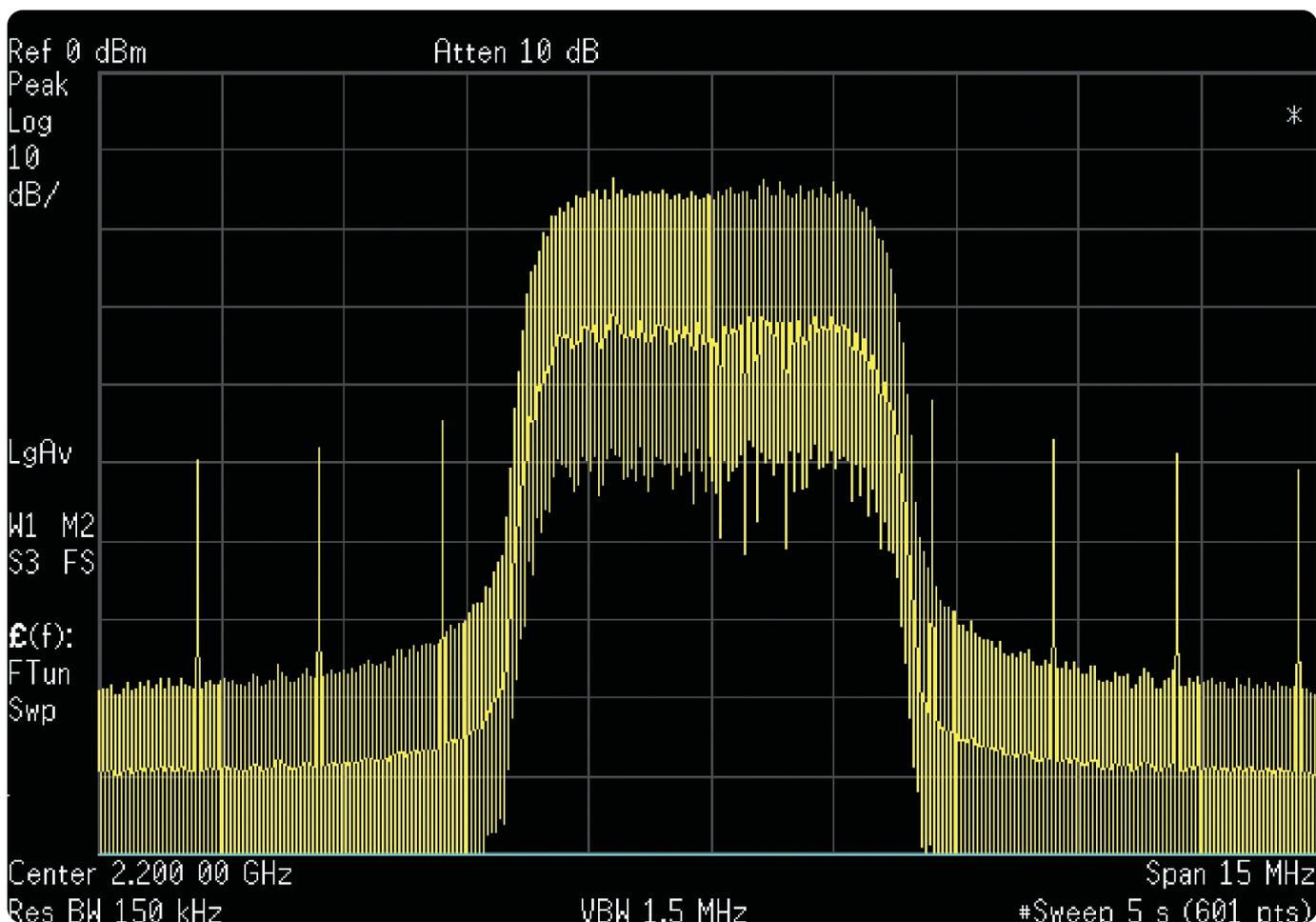


▶ 図7：DPXスペクトラム表示によって観測された、障害が1秒間に2回の割合で繰り返し発生する3.84MSymbols/sのQPSK信号。データは、5秒間の観測で取込まれています。

検出

問題を検出するのも難しい作業です。RSA6100AシリーズにはDPXスペクトラム処理エンジンという優れた特長があり、この作業に最適です。スペクトラム領域のウィンドウにより、最小24 μ sの信号を100%取込むことができ、スクリーン上でトラン

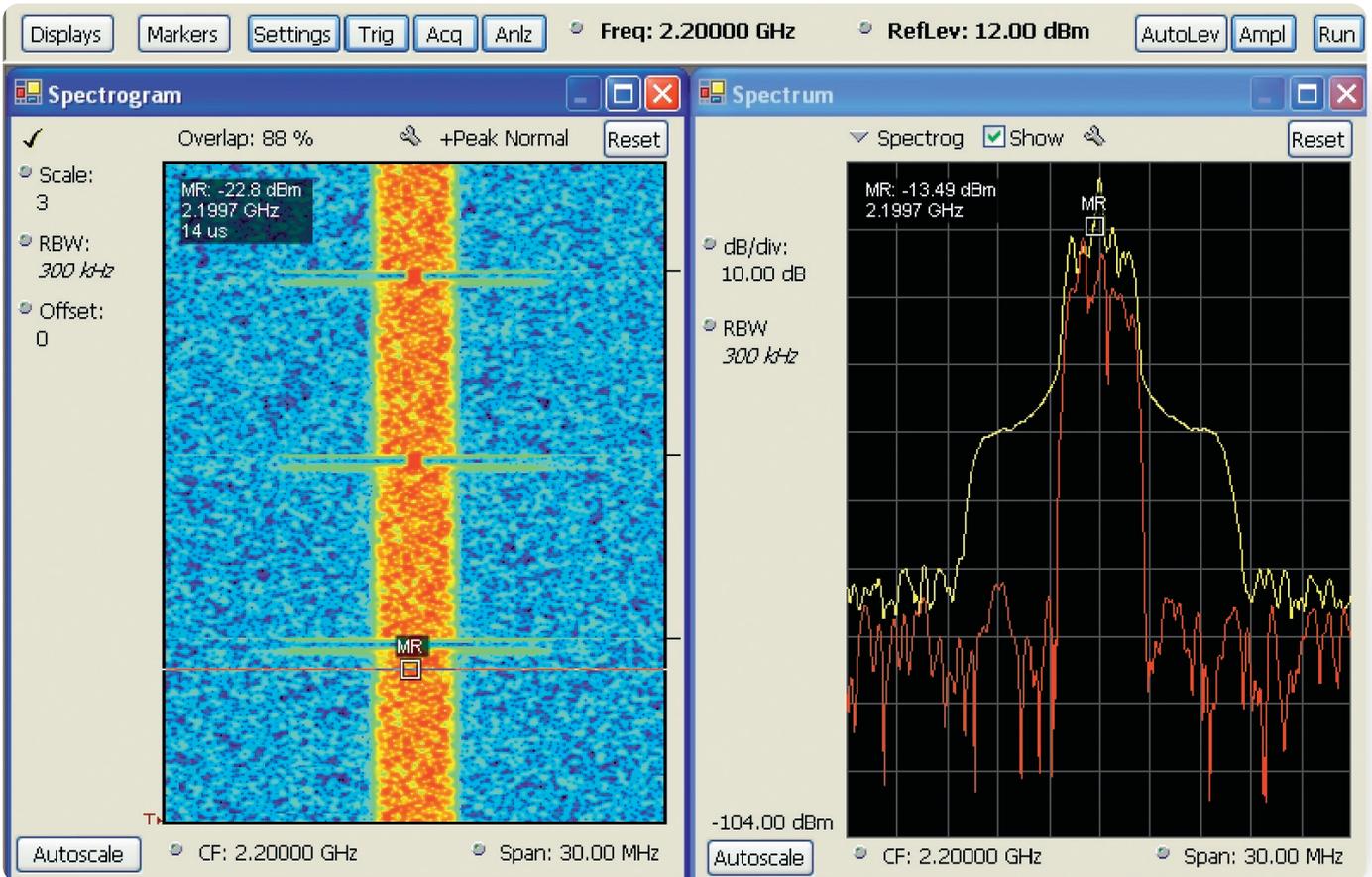
ジェント信号を確実に解析できます。掃引技術による従来のスペクトラム・アナライザでは、DPXスペクトラム処理エンジンに比べて、最低でも1000倍の処理時間が必要になり、障害の検出が困難であったり、非常に時間のかかる作業になったりします。



▶ 図8：掃引型のスペクトラム・アナライザによる観測。最も確実に取込めるように最適化した、5秒後の信号解析結果。

図7と図8は、DPXスペクトラム処理と従来の掃引型スペクトラム・アナライザによる解析の差を示しています。障害は $30\mu\text{s}$ の期間で出力波形に現れ、1秒に2回の割合で発生します。DPX表示では、5秒間の間にすべての障害が簡単に検出され、表示されています。これに対し、掃引型のアナライザ（図8）では、最も

確実に取込めるよう、掃引速度を最適化しています。マックスホールド表示にして障害をスクリーンに残すようにして、5秒間掃引しています。信号が側波帯なのか、信号トランジェントなのかははっきりわかりません。DPXスペクトラム表示（図7）では、信号のすべてを観測することができます。

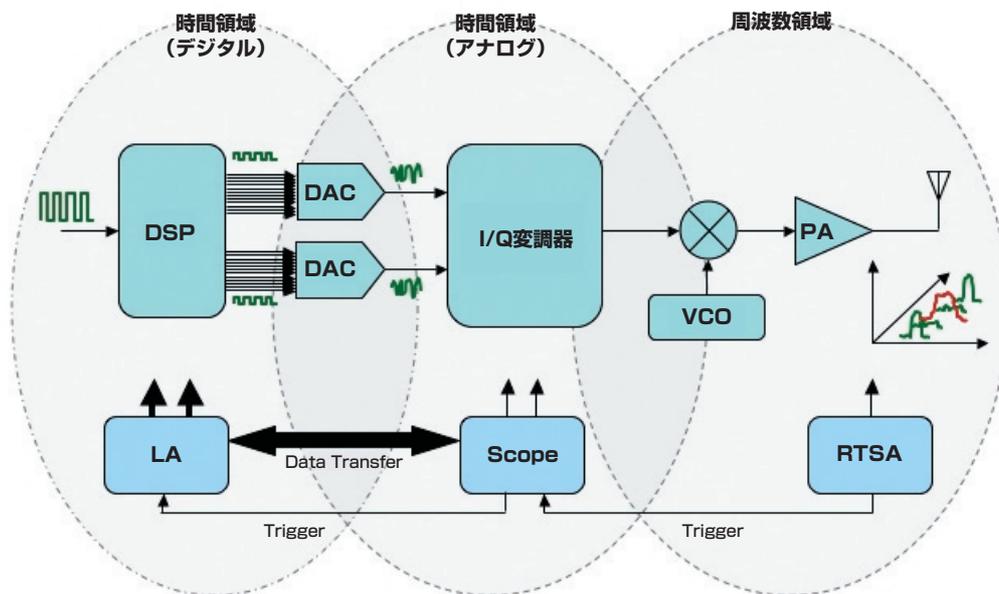


▶ 図9：周波数マスク・トリガは、障害の発生する毎に信号を取込みます。左のスペクトログラム表示では、3つの信号がトリガされ、表示されています。右の表示では、イベント全体でピーク検出されたスペクトラムが表示されています。赤のスペクトラムは、通常の変調部のスペクトラム・エネルギーです。黄色のスペクトラムは、一回の取込におけるピーク検出の結果で、スペクトラム・スプラッタの原因となったトランジェントが含まれています。

トリガと取込み

問題が特定でき、その特性が理解できたならば、周波数マスクトリガ (FMT) を使い、解析のために信号を取込みます。これは、DPX表示を参照することで簡単に実行でき、測定しようとする信号がどこにあるのか、また、この領域から外れた信号にトリガするためのマスクを描くことができます。図7の例で確認した信号は、周波数マスク・トリガを使うことで図9のように取込むことができます。

FMTの設定では、障害付近のどのくらいの時間領域情報を取込むのが設定でき、時間領域メモリ内におけるトリガの位置も設定できます。トリガの数も設定できます。この例では、FMTは障害発生時の5つの瞬間でトリガし、各発生に対して1msのデータを取込むように設定して、取込まれた各波形の最初の部分にトリガを置いています。



▶ 図10：障害をトラブルシューティングするために信号バスで使用される、オシロスコープ、ロジック・アナライザ、RTSAの例。

原因の究明

RF出力で問題が特定できたならば、回路のベースバンドとIF部においてロジック・アナライザとオシロスコープを使用することで原因を探ります。FMTのトリガ出力は、他の測定器をトリガする

ために使用でき、原因を探るために役立ちます。このような信号のトラブルシューティングの詳細については、当社のその他のアプリケーション・ノートをご参照ください。

まとめ

広い取込帯域、ロング・メモリ、時間相関のとれた測定機能を装備したRTSAは、ワイドバンドRF通信システムの解析、トラブルシューティングに最適なツールです。スペクトラムとベクトル測定は、110MHzまでの帯域において広いダイナミック・レンジと低残留EVMで実行できます。すべての測定領域は相関がとれ、トラブルシューティングの機能が大幅に改善されます。新しい信号処理アーキテクチャであるDPXにより、最小24 μ sのトランジェントを周波数領域でただちに解析でき、トランジェントのスペクトラム現象の検出が大幅に改善されます。また、周波数マスク・トリガにより、周波数トランジェントに確実にトリガでき、トラブルシューティングに要する時間を短縮することができます。

Tektronix お問い合わせ先:

東南アジア諸国/オーストラリア (65) 6356 3900

オーストリア +41 52 675 3777

バルカン半島/イスラエル/アフリカ南部諸国およびISE諸国
+41 52 675 3777

ベルギー 07 81 60166

ブラジルおよび南米 55 (11) 3741-8360

カナダ 1 (800) 661-5625

中東ヨーロッパ/ウクライナおよびバルト海諸国 +41 52 675 3777

中央ヨーロッパおよびギリシャ +41 52 675 3777

デンマーク +45 80 88 1401

フィンランド +41 52 675 3777

フランス +33 (0) 1 69 86 81 81

ドイツ +49 (221) 94 77 400

香港 (852) 2585-6688

インド (91) 80-22275577

イタリア +39 (02) 25086 1

日本 81 (3) 6714-3010

ルクセンブルグ +44 (0) 1344 392400

メキシコ、中米およびカリブ海諸国 52 (55) 5424700

中東アジア/北アフリカ +41 52 675 3777

オランダ 090 02 021797

ノルウェー 800 16098

中華人民共和国 86 (10) 6235 1230

ポーランド +41 52 675 3777

ポルトガル 80 08 12370

大韓民国 82 (2) 528-5299

ロシアおよびCIS諸国 +7 (495) 7484900

南アフリカ +27 11 254 8360

スペイン (+34) 901 988 054

スウェーデン 020 08 80371

スイス +41 52 675 3777

台湾 886 (2) 2722-9622

イギリスおよびアイルランド +44 (0) 1344 392400

アメリカ 1 (800) 426-2200

その他の地域からのお問い合わせ 1 (503) 627-7111

Updated 12 May 2006

詳細について

当社は、最先端テクノロジーに携わるエンジニアのために、資料を用意しています。当社ホームページ(www.tektronix.co.jp)またはwww.tektronix.comをご参照ください。



Copyright © 2006, Tektronix. All rights reserved. Tektronix製品は、米国およびその他の国の取得済みおよび出願中の特許により保護されています。本書は過去に公開されたすべての文書に優先します。仕様および価格は予告なしに変更することがあります。TEKTRONIXおよびTEKはTektronix, Inc.の登録商標です。その他本書に記載されている商品名は、各社のサービスマーク、商標または登録商標です。

4/06 FLG/WWW

372-19560-0

20 www.tektronix.co.jp/rsa

Tektronix
Enabling Innovation

日本テクトロニクス株式会社

東京都港区港南2-15-2 品川インターシティ B棟6階 〒108-6106
製品についてのご質問・ご相談は、お客様コールセンターまでお問い合わせください。

TEL 03-6714-3010 FAX 0120-046-011

電話受付時間/9:00~12:00・13:00~18:00 月曜~金曜(祝日は除く)

当社ホームページをご覧ください。 www.tektronix.co.jp
お客様コールセンター ccc.jp@tektronix.com