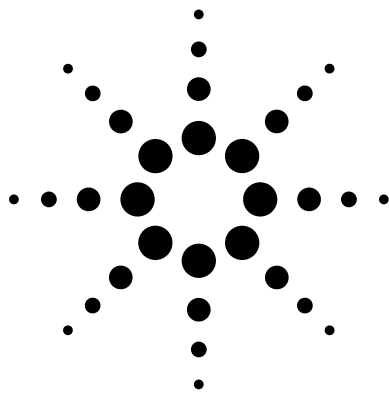




エラー・ベクトル振幅(EVM)を利用した ベクトル変調信号の解析・トラブルシュート

Product Note 89400-14

エラー・ベクトル振幅(EVM)測定から、デジタル変調信号のパフォーマンスについて多くのことを読み取ることができます。EVMと関連する測定から、信号の劣化の種類を正確に特定することができ、その原因を明らかにすることも可能です。本書では、Agilent 89400ベクトル・シグナル・アナライザでのEVM測定の基礎と、あいまいな信号の問題の解決方法について説明します。

今日のデジタルRF通信システムには、さまざまな技術が用いられています。これらの技術には、デジタル・ビットストリームをRFキャリアに載せ、それを正確かつ高い信頼性で効率的に復元するという目的があります。その目的を達成するには、設計の時間と専門知識だけでなく、RFシステムのパフォーマンスについて詳細に調べる必要があります。

Agilent 89400などのベクトル・シグナル・アナライザによるタイム・ドメイン、周波数ドメイン、変調ドメイン解析により、この目的を達成することが可能になります。ベクトル・シグナル・アナライザは、信号をフル・ベクトル(振幅と位相)形式で処理するため、デジタルRF通信で使用されている複素変調フォーマットに容易に対応することができます。また、「エラー・ベクトル振幅」すなわちEVMと呼ばれる比較的新しい種類の測定を行うこともできます。

信号品質の尺度であるEVMは、デジタル変調信号の単純な定量的性能指数であるだけでなく、これを用いれば幅広い方法で信号の障害や歪みの原因を発見してそれに対処することができます。EVM測定は急速に受け入れられつつあり、GSM、NADC、PHSなどの重要な標準にもすでに記載されています。また、デジタル・ビデオ伝送の標準など、今後発表されるいくつかの標準の中にも記載される見込みです。本書では、エラー・ベクトル振幅と関連の測定がどのようなものを解説するとともに、その実行方法と実際にデジタルRF通信設計でどのように用いられているかを説明します。

ご注意

2002年6月13日より、製品のオプション構成が変更されています。
カタログの記載と異なりますので、ご発注の前にご確認をお願いします。



Agilent Technologies

Innovating the HP Way

エラー・ベクトル振幅を理解する

EVMとは

最初にベクトル変調の基礎を説明します。個々のデータ・クロックにおいてI対Q面内の決まった位置のいずれかを占めるようにRFキャリアの振幅と位相を変化させることで、デジタル・ビットがキャリア上に移されます。各位置によりデータ・シンボルが符号化され、1つのデータ・シンボルは1つ以上のデータ・ビットで構成されます。コンスタレーション・ダイアグラムは、すべてのシンボルの有効な位置（すなわちキャリアを基準とした振幅と位相）を示したものです。シンボルあたり n 個のデータ・ビットが転送される場合、 2^n 個の位置が必要になります。したがって、着信データを復調するには、個々のクロックに対して受信信号の振幅と位相を正確に求める必要があります。

コンスタレーション・ダイアグラムのレイアウトとその理想的なシンボル位置は、選択する変調フォーマット（BPSK、16QAM、 $\pi/4$ DQPSKなど）で全体が決まります。信号があるシンボル位置から別のシンボル位置へ移動する軌跡はシステムの実装によって決まりますが、容易に計算することができます。

時間のどの瞬間においても、信号の振幅と位相は測定可能です。これらの値により実際の複素振幅すなわち「測定」複素振幅が決まります。同時に、転送されたデータ・ストリーム、シンボル・クロック・タイミング、ベースバンド・フィルタリング・パラメータなどが分かれば、対応する理想複素振幅すなわち「基準」複素振幅を計算することもできます。この2つの複素振幅が、本書で説明するEVM測定の基礎となります。

図1は、EVMと関連用語を示したものです。図に示すように、EVMは2つの複素振幅の先端間のスカラ量（2つのベクトルの差）です。表現を変えれば、理想信号を取り除いた後に残る残留ノイズと歪みとも言えます。規則により、EVMは、通常コンスタレーションのコーナ・ステートで決まるピーク信号レベルのパーセンテージとして表わすことになっています。エラー・ベクトルには対応する位相値がありますが、通常この角度は最終的にランダムです。その理由は、この角度はエラー自体

（ランダムである場合とランダムでない場合があります）とコンスタレーション上のデータ・シンボル位置（すべての実用目的でランダム）の両方の関数だからです。これよりも有効なのは、実際の複素振幅と理想複素振幅の間の角度（I-Q位相エラー）で、これにトラブルシューティングに役立つ情報が含まれていることは後で説明します。同様に、I-Q振幅エラーは、実際の信号と理想信号の大きさの差を表します。

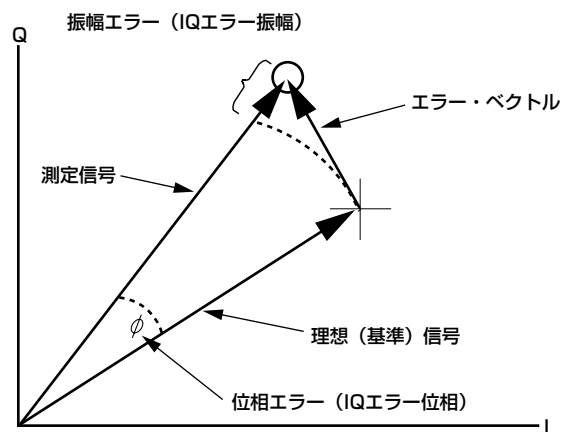


図1. エラー・ベクトル振幅 (EVM) と関連量

EVM測定の実行

図2は、EVM測定の一連のステップです。Agilent 89400ベクトル・シグナル・アナライザはこれらのステップを自動的に実行しますが、基本プロセスを理解することには意味があり、測定の設定や最適化に役立ちます。実際のステップと測定を行うためのヒントは、付録「デジタル復調測定の10のステップ」に記載されています。

ステップ2. 基準波形の再生成

復元されたデータ・ビットは、次に理想的な基準入力信号の生成に使用されます。これも、全くノイズがなく高精度の波形を計算する強力なDSPを使用してデジタル的に行われます。

まとめ

アナライザのADCは受信信号を非同期でサンプリングするため、正確なシンボル時間での実際の測定データ・ポイントは得られないのが普通です。しかし、特殊な再サンプリング・アルゴリズムのADCにより新しい正確な「仮想サンプル」を作成し、この問題を解決しています。これらのサンプルのレートとタイミングは受信シンボルに厳密に同期しています（Agilent 89400で入力波形の時間サンプル間隔を最初に標準ベクトル・モードで確認し、次にデジタル復調モードで確認すると簡単にこのことが分かります）。

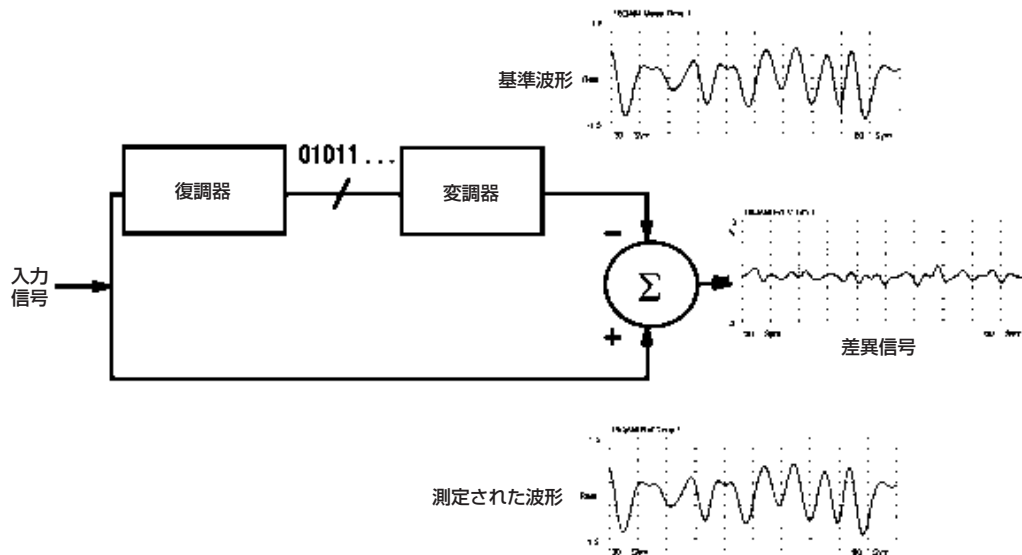


図2. EVM測定プロセスのブロック図

ステップ1. 厳密な復調

受信信号のアナログ-デジタル変換の後、DSP復調器が転送されたビット・ストリームを復元します。この作業には、キャリアおよびデータ・シンボル・クロックのロックからベースバンド・フィルタリングまでのすべてが含まれます。Agilent 89400の復調器は柔軟性が高く、BPSKから256QAMまでを数百～数MHzのシンボル・レートで復調できますが、メニューで1回選択を行うだけで一般的な信号タイプに設定できます。

ステップ3. 複素比較

計算された基準波形と実際の受信波形（この時点で、両方がデジタル・サンプルのブロックとして存在しています）があれば、この2つの差を取るだけでエラー・ベクトル値が求められます。2つの波形はIおよびQ波形で構成された複素数なのでこれはかなり難しいことですが、Agilent 89400のDSPエンジンにはこのベクトル減算を処理して必要な測定データを求めるに十分なパワーがあります。

EVMのトラブルシューティング・ツリー

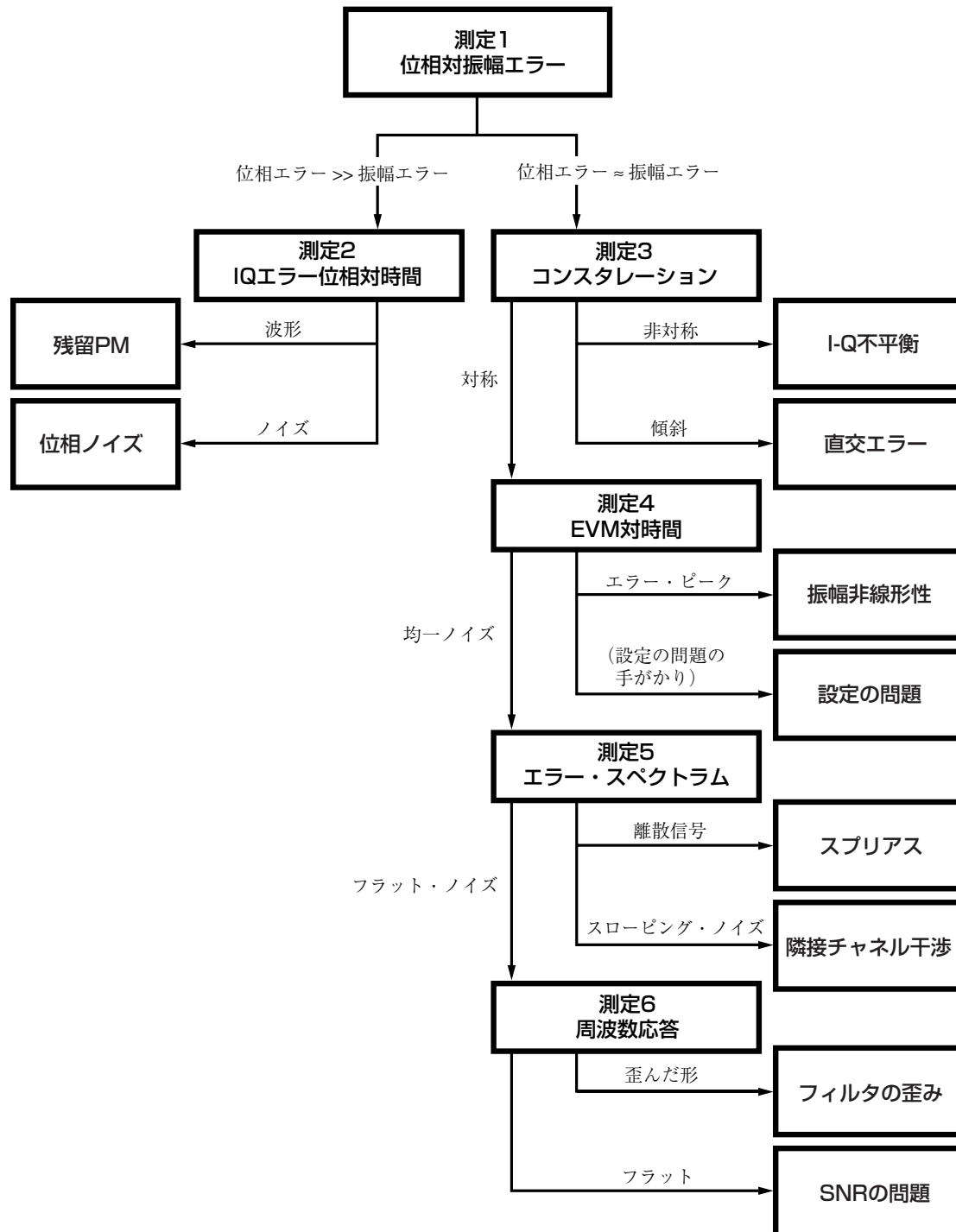


図3. EVM測定によるベクトル変調信号解析のフロー・チャート

エラー・ベクトル測定による トラブルシューティング

エラー・ベクトル振幅と関連量の測定を適切に用いれば、デジタル変調信号の品質を読み取ることができます。また、テスト・プロセス中に明らかになった問題の原因を突き止めることもできます。ここでは、EVMにより信号を調べる手順と、得られた結果を解釈する手順を説明します。

注記: 以下に示すのは細かい手順ではなく、Agilent 89400の基本的な操作をすでに熟知しているユーザ向けのガイドラインです。

測定1 振幅対位相エラー

説明: エラーのメカニズムが異なればその信号への影響も異なり、振幅だけか位相だけ、あるいはその両方に影響する場合があります。各種エラーの相対量を知ることで、ある種の問題を迅速に確認したり、取り除いたりできます。したがって、最初の診断ステップでは、EMVを振幅と位相のエラー成分(図1)に分解し、その相対的な大きさを比較します。

設定: デジタル変調モードから、次のように選択します。

MEAS DATA Error Vector:Time
DATA FORMAT Data Table

検討: 平均位相エラー(単位度)が平均振幅エラー(単位パーセント)の約5倍以上であれば、何らかの不要な位相変調が主要なエラー・モードとなっています。測定2に進んで、ノイズ、スプリアスまたはクロス結合の問題が周波数基準、フェーズ・ロック・ループ、その他の周波数生成ステージにないか調べてください。振幅エラーが位相エラーよりかなり大きければ、残留AMがあるということです。

多くの場合、振幅エラーと位相エラーはおおよそ等しくなります。これは、他にも様々な潜在的問題があることを示しており、これをさらに測定3から測定6で分離します。

測定のヒント

1. データ・テーブル・サマリに示されたエラー値は表示されている各シンボル・ポイントにおけるエラーのRMS平均です(シンボル間エラーが含まれるGSMまたはMSKタイプIを除きます)。

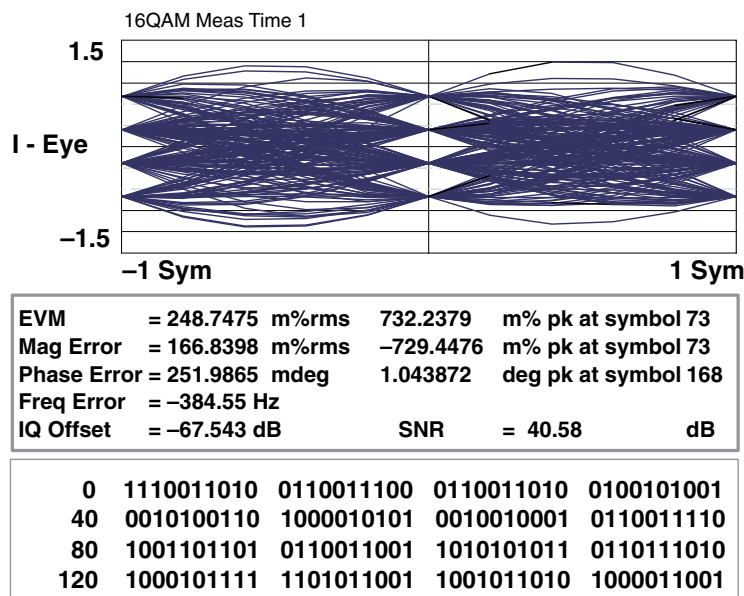


図4. 振幅エラーおよび位相エラーの量がおおよそ同じであることを示すデータ・テーブル(下の表示)。位相エラーが振幅エラーよりかなり大きければ、位相のノイズまたは偶発的なPM問題が考えられます。

測定2

IQ位相エラー対時間

説明: 位相エラーは、測定信号と理想基準信号の間の瞬時角度差です。時間（またはシンボル）の関数として表示すると、残留または干渉PM信号の変調波形を示します。

設定: デジタル変調モードから次を選択します。

MEAS DATA **IQ Error:Phase**
DATA FORMAT **Phase**

検討: 正弦波または他の周期的波形は、干渉信号があることを示しています。ノイズが均一であれば、何らかの形の位相ノイズがあることを示します（ランダム・ジッタ、残留PM/FMなど）。

例:

測定のヒント

1. 同じメニューにあるIQ Phase ErrorとError Vector Phaseを混同しないようにしてください。
2. X軸はシンボル数単位で目盛りされています。絶対時間を計算するには、**シンボル・レート**で割ります。
3. 詳細を見るには、**結果長**を減らすか、**Xスケール・マーカ**を使用して波形を拡大します。
4. 波形ディスプレイの実用上の限界はDCからシンボル・レートの約1/2です。
5. 位相ジッタ・スプリアスの周波数を厳密に求めるには、ユーザ定義の演算関数FFT（PHASEERROR）を作成して表示します。結果のスペクトラムの周波数分解能を最も良くするには、**ポイント数/シンボル**を減らすか、**結果長**を増やします。

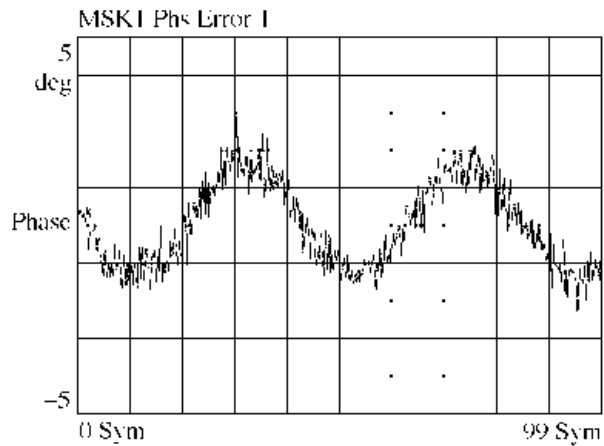


図5. わずか3度p-pですが、インバンドPM正弦波が確認できます。

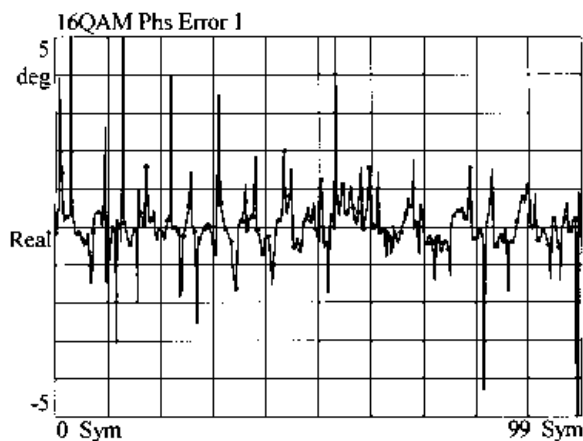


図6. タイム・ドメインでランダムに現れた位相ノイズ

測定4

エラー・ベクトル振幅対時間

説明: EVMは、入力信号と内部生成された理想信号の差です。シンボルまたは時間の関数として表示すれば、エラーをピークやゼロ・クロスなどの入力波形の特定のポイントに対応させることができます。EVMはスカラ（振幅のみ）値です。

設定: デジタル復調モードから次を選択します。

DISPLAY two grids
MEAS DATA (A) error vector: time
 (B) IQ measured time
DATA FORMAT (A) linear magnitude
 (B) linear magnitude
MARKER couple markers: ON

検討: 結合された2つのトレース上でマーカを使用し、上（EVM）のトレースのマーカをエラーのピークに合わせます。下のトレースで同じ時間の信号の振幅を確認します。エラーのピークと信号のピークが一致し

ていれば、圧縮またはクリッピングということです。エラーのピークが信号の最小値に対応していれば、ゼロ・クロス非線形性です。

EVM対時間の表示は、設定の問題を見つける上でも非常に重要です。

測定のヒント

1. EVMは、コンスタレーション・ダイアグラムの最も外側（ピーク）のステートのパーセンテージとして表されます。
2. X軸はシンボル数単位で目盛りされています。絶対時間を計算するには、シンボル・レートで割ります。
3. 詳細を見るには、結果長を減らすか、Xスケール・マーカを使用して波形を拡大します。
4. ポイント数/シンボル>1とすれば、シンボル・ポイント間のエラーを見ることができます。シンボルとシンボルの間にEVMピークがあれば、通常はベースバンド・フィルタリングに問題があります。フィルタの詳細が誤っているか、設定時に正しくない α の値がアナライザに入力されたかのどちらかです。
5. EVM波形から次の設定の問題も分かります。

例:

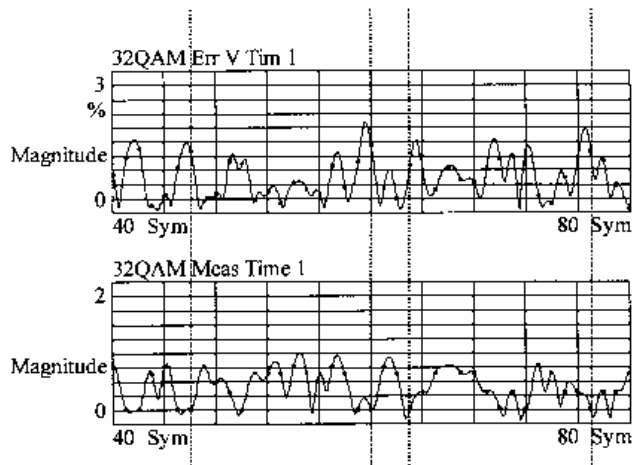


図9. 信号の振幅が（下のトレース）がゼロに近づくたびにこの信号（上のトレース）がピークに達しています。これは増幅ステージでのゼロ・クロス・エラーと思われます。

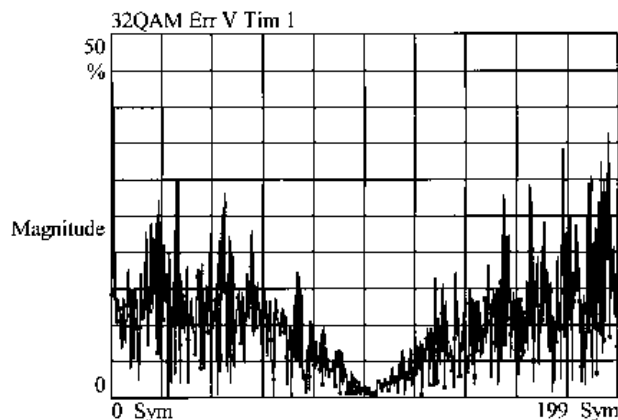


図10. シンボル・クロック・レートが正しくないために生じるV字型のEVMプロット

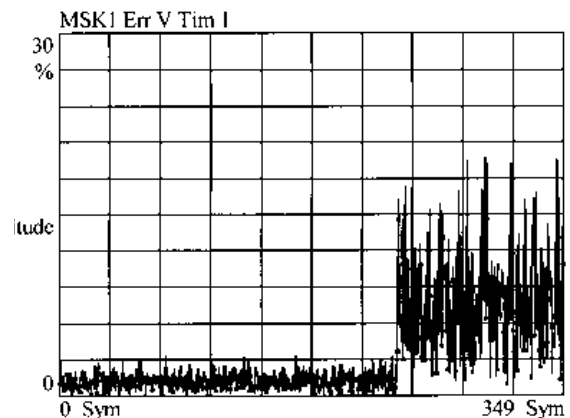


図11. TDMAバーストの終わりでノイズになっているEVM。結果長を短くしてください。

測定5

エラー・スペクトラム (EVM対周波数)

説明: エラー・スペクトラムはEVM波形のFFTから計算されて、周波数ドメインで表示されるため、タイム・ドメインでは見ることはできない詳細が分かります。エラー・スペクトラム・ディスプレイには次の関係が当てはまります。

周波数スパン=

$$\frac{\text{ポイント数/シンボル} \times \text{シンボル・レート}}{1.28}$$

周波数分解能 $\sim \frac{\text{シンボル・レート}}{\text{結果長}}$

設定: デジタル復調モードで次を選択します。

MEAS DATA error vector:spectrum
DATA FORMAT log magnitude

検討: ディスプレイに信号のノイズ・スペクトラムが表示され、バンドパス内では密で、その両側では急激にロールオフしています。ほとんどのデジタル・システムでは、ノイズ分布が不均一になっているか、飛び飛びに信号のピークがあれば、外部と結合した干渉があるということです。

測定のヒント

1. EVMスペクトラムのスパンまたは分解能を変更するには、上記の式にしたがって**ポイント数/シンボル**または**結果長**のみを調整します。アナライザの中心周波数とスパンは調整しないでください。信号が失われてしまいます。
2. リニア振幅ディスプレイの場合には、スペクトラム補正はEVMのパーセントです。対数振幅の場合は、EVMの100%を基準としたデシベル単位になります。
3. アナライザ内でのアベレーシングは復調の前に行われます。したがって、表示されたエラー・スペクトラムをそれ以上スムージングすることはできません。
4. 周波数補正は絶対的に行われ、キャリア周波数を中心としています。ベースバンドに対する相対的な干渉周波数を確認するには**オフセット・マーカ**を使用してください。

例:

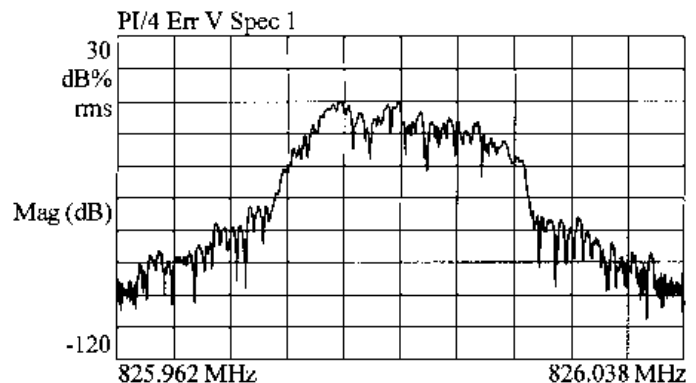


図12. 隣接 (下の) チャンネルからの干渉による不均一なEVMスペクトラム分布

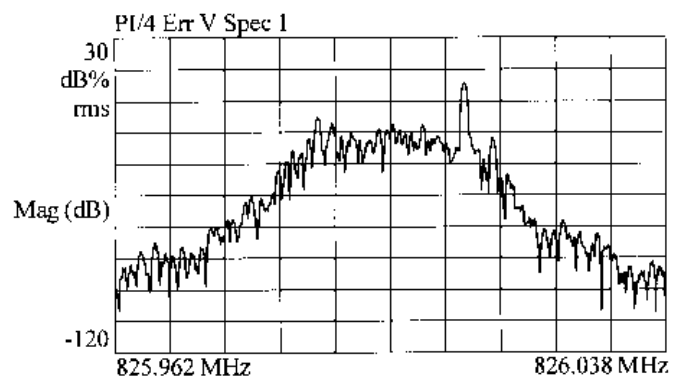


図13. EVMスプリアスとして現れた電源のスイッチングによる干渉。キャリアから10kHzオフセットされています。

測定6

チャンネル周波数応答

説明: これはAgilent 89400固有の強力な測定機能で、測定信号と基準信号の比が計算されます。基準信号は内部で発生される理想信号であるため、変調器入力に物理的にアクセスしなくても変調されたシステム全体で周波数応答を測定することができます。この仮想ベースバンド・アクセス・ポイントがあることは重要です。なぜなら、ほとんどの場合このようなステイミュラス・ポイントは、a) アクセスできない、b) デジタル的に実装されている、またはc) 別個のIおよびQ入力の合計であるため使用できないのが普通だからです。

設定: デジタル復調モードで次を選択します。

MATH Define FunctionL:F1=
MEASSPEC/REFSPEC

MEAS DATA F1

DATA FORMAT log magnitude

または **phase**

または **group delay**

検討: 測定結果は、変調器のベースバンドIおよびQ入力から測定のポイントまでが合計されたシステムの複素伝達関数になります。この結果を、マグニチュード比（周波数応答）、位相応答または群遅延として表示します。高性能変調器では、フラット応答/リニア位相からのわずかな偏移でも重大な性能上の問題が生じます。

例:

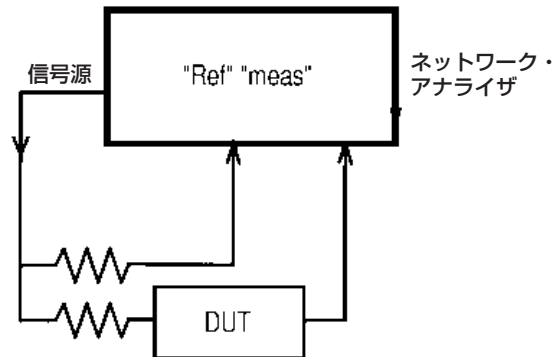


図14. 従来のネットワーク解析では、ステイミュラス信号が完璧（フラット、ノイズがないなど）である必要はありません。信号はDUTで慎重に測定した後、測定結果から比例関係を用いて取り除きます。

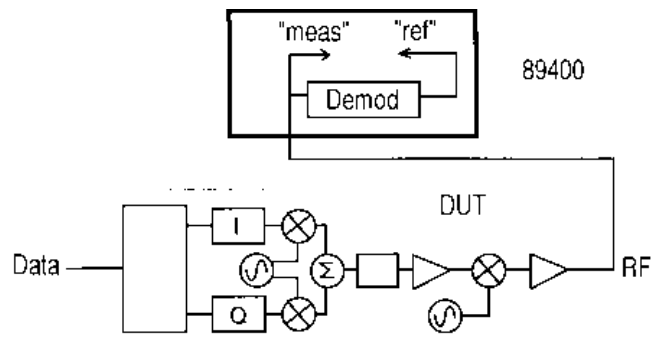


図15. Agilent 89400を使用した場合は、DUTの入力信号を測定する必要はなく、この信号自体も必要ありません。なぜなら、この信号は測定対象信号から計算（再生成）され、その時点で理想的な形になっているからです。

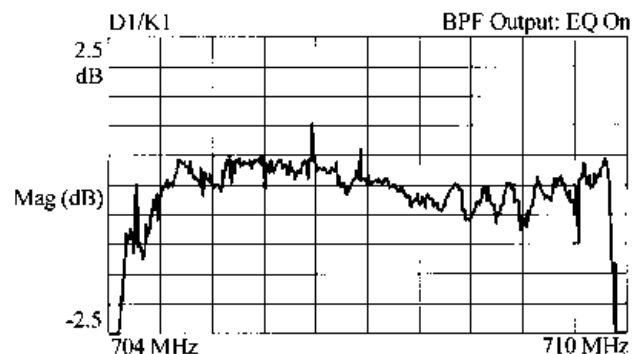


図16. このデジタルTVトランスミッタのフラットネスは、トランスミッタのイコライザがオンの状態で変調器入力からパワー・アンプの間で約±0.5dBです。この測定は、ビデオ伝送に干渉することはありません。

測定のヒント

1. 測定5「エラー・スペクトラム」の周波数スパンとフラットネスの調整方法に関するヒントを参照してください。
2. 通過帯域フラットネスの測定にはまずこの方法を使用してください。通常、ダイナミック・レンジは阻止帯域除去の測定に十分です。
3. **data format:phase**を使用すれば、自動キャリア・ロックが位相スロープから取り除かれているため、リニア位相応答からの偏移を簡単に読み取ることができます。
4. 通過帯域のエネルギー分布は不均一で常に変化しているため、これは通常ノイズの多い測定です。したがって、1回の測定と次の測定で個々の周波数ポイントのSNRが非常に大きく変化する場合があります。アベレージングは復調の前に行われるため、これを防ぐことはできません。**群遅延**の測定では、データを平滑にするためには広い**アパーチャ**を選択してください。
5. トレースは、以下のトレース演算を使用して手動でアベレージングすることができます。測定値をD1に保存します。次に $F2 = (F1 + D1) / K1$ のディスプレイに切り替えます。ここでF1の定義は上記の通りで、K1には行う測定数を格納します。測定ごとに、結果のトレースをD1に保存し、K1の測定がすべて行われるまで繰り返します。

参考文献

Blue, Kenneth J.他『Vector Signal Analyzers for Difficult Measurements on Time-Varying and Complex Modulated Signals (時間的に変化する複素変調信号の難しい測定用ベクトル・シグナル・アナライザ)』Hewlett-Packardジャーナル、1993年12月、6～59ページ

『ディジタルRF通信システムへのベクトル変調解析の応用』Product Note Agilent 89400-8、カタログ番号5091-8687J

Voelker, Kenneth M.「Apply Error Vector Measurement in Communications Design (エラー・ベクトル測定の通信デザインでの応用)」Microwave & RF、1995年12月、143～152ページ

付録

デジタル復調測定のための10のステップ

様々なデジタル変調信号の復調と特性評価のためにAgilent 89400を設定するガイドラインとして、次の一般的な手順を推奨します。重要な設定パラメータを見落とししたり、不正確にプログラムすることがないように、手順にしたがってください。

1. **テスト対象信号に合わせてアナライザの中心周波数とスパンを設定します（ベクトル・モード）。**
 ヒント: アナライザの中心周波数と入力信号の差は、シンボル・レートの $\pm 3\%$ 以内でなければなりません（64QAMの場合は $\pm 1\%$ 、256QAMの場合は $\pm 0.2\%$ ）
 チェック: 信号のスペクトラムはスパンの50～90%で、エッジを超えていないこと。アナライザのノイズ・フロアから20dB以上高くなった明確なノイズの領域になっていなければなりません。幅の広い、障害を起こす側波帯はバーストまたは他のトランジェントを示し、これはトリガまたはパルス・サーチ機能で処理することができます。
2. **入力範囲をできる限り低く、しかもオーバロードのないように設定します。**
 ヒント: 緑の入力LEDはオンでも、オンでなくてもかまいません。黄色のオーバレンジLEDはオンにならないこと。
 チェック: 1ステップレンジを下げ、オーバロード・インジケータがオンになること。
3. **必要であればトリガを設定します。**
 ヒント: トリガはほとんどの信号で不要です（Agilent 89400の内部任意波形発生器の使用についての下の注記を参照してください）。TDMAおよび他のバースト信号の場合は、パルス・サーチをトリガの代わりに使用します（下のステップ8で起動します）。それ以外は、対象の信号の特性にしたがって、オシロスコープの場合と同様にトリガモード、レベル、遅延、ホールドオフ、アーミングを選択します。
 ヒント: Triggerメニューを選択すると、Main Time:Magnitudeのディスプレイで現在のトリガ・レベルが水平カーソルとして表示され、入力波形上に挿入されます。
 チェック: トリガの使用中には、タイム・ドメイン・ディスプレイの表示では安定信号が時間スパンの50%を超えていなければなりません。
4. **デジタル復調モードを選択します。**
 ヒント: このモードでは、前のデジタル復調測定の設定が保持されることに注意してください。例えば、前のシンボル・レート設定では現在の周波数スパンには対応できない場合には、アナライザが自動的に周波数スパンの増減を行います。
 チェック: 周波数スパンがステップ1の設定と同じことを確認してください。
5. **Demodulation Setupで正しい変調フォーマットを入力します。**
 ヒント: 変調フォーマットが分からない場合でなければ、これは簡単です。不明な信号フォーマットを特定するのは難しく、専門知識が必要となります。
6. **正しいシンボル・レートを入力します。**
 ヒント: シンボル・レートは10～100ppmの精度で入力する必要があります。
 ヒント: 不明なシンボル・レートの特定は難しいものですが、これが分かれば信号をAM復調して、そのシンボル・レートにおける離散信号の復調スペクトラムの高い側の端を見ることができます（アベレーシングを使用すればより簡単です）。信号の3dB帯域幅は、おおよそシンボル・レートに等しいことも思い出してください（どちらの方法でも必要な精度は得られませんが、結果が実際の数値の目安にはなります）。
7. **必要なディスプレイの結果長とポイント数/シンボルを選択します。**
 ヒント: 結果長がバースト信号では重要ですが、これはバーストの前後に取得されたデータ・シンボルは除外する（すなわち、ノイズは復調しない）必要があるためです。
 ヒント: ポイント数/シンボルが多ければ、シンボル間波形もより詳細に表示できます（アイ・ダイアグラム、エラー・ピークなどの表示）。ポイント数/シンボルが少なければ、1回の測定で復調できるシンボルも増えます（結果長×ポイント数/シンボルは、常に最大時間ポイント数より小さくなければなりません）。

8. パルス・サーチをオンして、サーチ長を設定します（バースト信号のみ）

ヒント: 最大サーチ長は時間レコードの何倍も長くすることができます。各サーチに1つのバーストが完全に含まれるように、バースト「オフ」時間にバースト「オン」時間の2倍を加えたものに設定してください。

ヒント: 必要であれば、この時点で「同期サーチ」機能を設定するとよいでしょう。この機能の詳細についてはオンライン・ヘルプを参照してください。

9. フィルタ形状と α を選択します。

ヒント: 正しいフィルタを選択するには、「測定対象」フィルタが意図するフィルタをシミュレートしたものであり、また「基準」フィルタはトランスミッタ・フィルタとレシーバ・フィルタの積に一致していません。

ヒント: α が不明の場合は(60dB BW/3dB BW) -1から推定します。シンボルとシンボルの間にピークがあれば α が正しくないということですが、通常EVM%の読み値には影響しません(GSMは除きます)。最悪の場合には、0.3から初めて、手動でシンボル間ピークが最低になるまで手動で調整してください。

10. 最終チェック

次のことを確認します。

- アイ・ダイヤグラムとコンスタレーション・ダイヤグラムの両方または一方の全体の形が、規則的で安定していること（個々のシンボルのノイズが非常に多い場合でも、特徴的な形状ははっきりしています）。アイの開いた部分がディスプレイの中央線と正確に揃っている。揃っていない場合には、「クロック」を調節して中央が最もよく合う（EVMが最低）ようにしてください。
- データ・テーブル・ディスプレイで、EVM%の読み値が測定ごとにほぼ一定であること。
- EVM対シンボルのトレースはノイズに似ていますが、ほぼ均一です（短いピークがあっても大丈夫です）。EVMトレースに急激な変化があれば問題があり、これはスローピングまたはV字型の分布でも同じです。問題がある場合には、「デジタル復調トラブルシューティング」の下にあるアナライザのオンライン・ヘルプを参照してください。

Agilent 89400任意波形発生器を使用する特殊手順

Agilent 89400の内部任意波形発生器により生成される復調信号には、「実世界の」信号にはない制限があります。これは、任意信号が連続でなく、波形が最後から最初に戻るごとに振幅、位相およびタイミング、またはそのいずれかが不連続になりやすいためです。したがって、上記のステップのほかに、以下のことも行ってください。

- トリガ・タイプ = Internal Sourceを使用する。
- 波形の最初の5～10個のシンボルを避けるために正のトリガ遅延を設定する。
- 任意波形の持続時間より短い結果長を選択する（変調器のロックが急になくなるまで結果長を増やして任意波形の長さを決めてください）。

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は24時間受け付け

TEL ☎ 0120-421-345
(0426-56-7832)

FAX ☎ 0120-421-678
(0426-56-7840)

E-mail: mac_support@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 2000

アジレント・テクノロジー株式会社



Agilent Technologies

Innovating the HP Way

5965-2898J
100000001-DEP