RF/マイクロ波テストシステムのテスト品質向上のための6ヒント

性能、スピード、再現性の考慮

Application Note 1465-18

RF/マイクロ波テスト・システムのほとんどは、増幅器、送信機、受信機などのデバイスを測定しますが、個々のテスト・システムには固有の環境、要件があります。個々の状況が異なっていても、RF/マイクロ波テスト・システムを構築する際には、性能、スピード、再現性という普遍的な3つの要素が互いに関連し合います。システム開発者が直面する個々の状況の中で、これら3つの要素のトレードオフが、必要な測定品質を実現するためのキーポイントとなります。

これらのトレードオフは、被試験デバイス（DUT）と測定器間の経路での、さまざまなポイントにあります（図1）。このアプリケーション・ノートでは、このようなトレードオフのためのフレームワークを提供し、RF経路に存在する一般的な問題を解決するための6つのヒントを提供します。

ヒント1は、6つすべてのヒントの基礎となるものです。残りのヒントが、3つの主なトレードオフを取り扱っています。ヒント2～5は、性能を向上させるためのヒントです。ヒント6では測定スピードを、ヒント3と4では測定の再現性を向上させるためのヒントを紹介します。一般的に、これらのヒントは100 MHz～26.5 GHzまでのレンジの信号に適用できます。

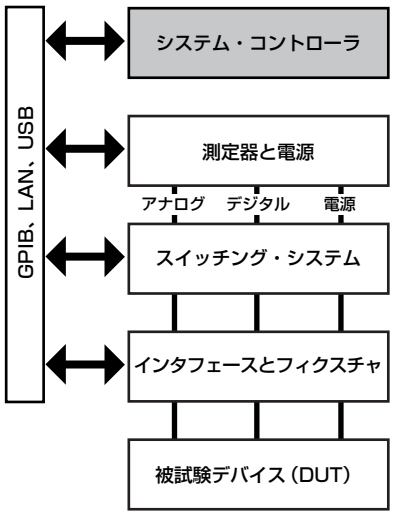


図1. どのようなテスト・システム・アーキテクチャでも、必要な測定品質を得るために、性能、スピード、再現性の3つの要素のバランスを考慮しなければならない場所があります

目次

ヒント1：性能、スピード、再現性の優先順位　2
ヒント2：DUTの特性と動作の検討　4
ヒント3：RF信号経路についての理解、評価、補正　5
ヒント4：測定器に接続されているすべてを理解　6
ヒント5：スイッチの動作特性　8
ヒント6：セットアップと測定の高速化　9
今後のテスト・システム開発をサポート　10
関連カタログ　10
付録：AN 1465-17の要約　11

Agilent Technologies

ヒント1：
性能、スピード、再現性の優先順位

6つのヒントのための基礎として、本書での性能、スピード、再現性の定義を明らかにすることが重要です。ほとんどの状況でこれらのうちの1つか2つの要素が、テストの要件を満たす機器を選択する上での主要な要素となります。どのような場合でも、性能、スピード、再現性の相互関係とトレードオフ（表1～3）を詳しく調べることが、固有の状況に対応するために役立ちます。

用語の定義

性能

RF/マイクロ波テスト機器に対して、Agilentはその確度、測定レンジ、帯域幅を中心に「性能」を定義しています。測定器の確度には、振幅／周波数測定の絶対確度の仕様が含まれています。測定レンジ仕様には、信号レベルの正確な評価を行うためのダイナミック・レンジ、歪み、ノイズ・レベル、位相雑音が考慮されています。帯域幅とは、処理や解析を行える周波数の幅やデータ・レートです。

スピード

テスト・システムのスピード（スループット）は、ハードウェア、入出力（I/O）、ソフトウェアによって決まります。ここではハードウェアと、測定のセットアップ時間、測定の実行時間、データ処理時間、データ転送時間という4つの要素に焦点を当てます。RF/マイクロ波では、（スイッチのクローズ、パワー・レベルなどの）変更後のDUTやテスト・システムのセトリング時間が、セットアップ時間の重要な要素となります。

再現性

どのようなテスト・システムでも、テスト間で一貫した結果が得られることが重要です。しかし、再現性は高いレベルの確度を意味しているのではありません。確度は個々の測定器の性能に依存しています。その代わりに、再現性は、仕様化された確度に関わらず一貫した結果が得られることを意味しています。どのような測定器でも、再現性は測定やモードごとに異なることがあるため、製品の仕様をチェックしたりメーカに問い合わせることが大切です。再現性は、アベレージング回数を増やしたり、標準化した測定に正確に近づくようにアルゴリズムを修正することにより、ある程度まで改善できます。また、中心周波数、スパン、減衰レベルなどの測定設定の変更を最小限に抑えることによっても最適化できます。

相互関係のまとめ

DUTに関する、テスト要件やビジネス上の要因が、性能、スピード、再現性の相対的な重要度を評価する際に役立ちます。主要な要件と、それへの要求の強さを理解すると、相互関係とシステムに対するその影響を調べることが容易になります。表1、2、3は、主要要素の必要性が高い場合と低い場合について、それらの相互関係が意味することをまとめています。

表1：性能が主要要素の場合、最も重要な相互関係は性能とスピード

性能の要件	スピードとの関係	再現性との関係
低い	より高速の測定が可能です。測定器の校正や測定のアベレージングなどにかかる時間を短縮できます。	再現性は低くなる可能性が大きくなります。この状況は性能の低い機器を使用できることを意味しており、不確かさが増加し、テスト間の一貫性が低くなる場合があります。
高い	低速測定になります。正確さを増すために、測定器の校正、経路の補正と誤差の除去などに時間をかける必要があります。	再現性は高くなる可能性が大きくなります。ノイズ・フロアが低く、歪み成分が少なく、アイソレーションの優れた高性能の機器では、不確かさも小さいことが予想され、測定の一貫性も向上します。

表2：スピードが主要要素の場合、重要な相互関係はスピードと再現性

スピードの要件	性能との関係	再現性との関係
低い	確度が向上します。校正、経路補正、誤差の除去などに時間をかけることができます。しかし、この状況は低価格の機器を使用できることも意味しており、その場合には性能を向上する機能が少なくなります。	再現性が向上します。アベレージングの回数、サンプリング数、掃引時間などを増加できます（アベレージ・ディテクタを使用）。また、長いRMS検波、狭いビデオ帯域幅、正確で時間のかかるアルゴリズムなどの手法を使用できることがあります。
高い	確度が低下します。スピードが要求されると、より確度の低い測定方法、低い測定分解能、少ない掃引ポイント、速い掃引スピードなどの妥協が必要になります。	再現性が低下します。測定のアベレージング、複雑で正確なアルゴリズムを使える時間が少ないため、不確かさが増加して一貫性が低下する可能性があります。

表3：再現性が主要要素の場合、重要な相互関係はここでも再現性とスピード

再現性の要件	性能との関係	スピードとの関係
低い	性能が低くなる可能性があります。再現性の低さは誤差が大きくなる可能性を意味しており、それはまた低性能（絶対確度が低い）の機器を使用できることも意味しています。	高速測定が可能になります。再現性の重要度が低ければ、測定の一貫性のために費やす時間が短縮されます。
高い	高性能になります。高い再現性への要求は誤差が小さくなる可能性を意味しており、これは高性能（高い絶対確度、低い不確かさ）の機器を使用する必要がある可能性を意味しています。	低速測定になります。不確かさを低減し一貫性を高めるために、アベレージング回数、サンプリング数、掃引時間などを増加させる必要があります（アベレージ・ディテクタを使用）。また、代替のアルゴリズム（「高速ACPモード」など）は使えない場合があります。

再現性と性能

表1と表3には、再現性と性能の間に重要な関係があります。これは、測定の不確かさによってリンクされる間接的な関係です。不確かさを扱う場合、システム開発者は「誤差」を設定することがあり、その大きさは、テストの要件とシステムの不確かさとの間のマージンに依存します。不確かさに対する主な2つの要因は、絶対確度（測定器の性能）と測定の一貫性（再現性）です。システムの測定器が高い絶対確度を持っていると、再現性が低くても誤差のマージンが大きくなります。測定器が一貫性のある結果を提供すると、絶対確度が悪くても誤差のマージンはいくらか大きくなります。

複数の「高い」要件

「高速かつ高い再現性」や「高性能かつ高速」などの条件を満足させるには、高価な測定器が必要になります。高性能機器の多くは、アベレージングや校正などの時間のかかる操作を高速化する、ハードウェア・アクセラレータを装備していることがあり、モデルによっては隣接チャネル漏洩電力（ACP）などのパラメータを計算するため複数のアルゴリズムを装備している場合もあります[1]。

3つの要件がすべて「高い」の場合は、テスト機器、スイッチング、ケーブル、コネクタなど、システムのすべての要素を精査する必要があります。ベスト・ソリューションは高価になりますが、追加機能やメリットも提供されることがあります。

1 例えば、Agilent PSAシリーズ・スペクトラム・アナライザには、標準の「ACPモード」と「高速ACPモード」を装備しているものがあります。高速モードは、規格準拠測定を正確に近似します。

ヒント2：DUTの特性と動作の検討

一般的な自動テスト・システムは、電源供給、測定、スイッチングという3つの基本タスクを行います。どのような信号発生器、パワー・メータ、スペクトラム・アナライザ、ネットワーク・アナライザ、スイッチ・マトリックス、ケーブルを使用するかは、DUTの電気／機械的な特性によって決まります。RF/マイクロ波では、いくつかの基本的な特性に注意する必要があります。

電気的パラメータ

パッシブでリニアか、アクティブでノンリニアかというDUTの基本的な特性は、重要なポイントです。パッシブ・リニア・デバイスは、その動作帯域での許容入力パワー・レベルに対して、一般に利得と位相シフトが一定なので比較的取り扱いが簡単です。これに対して、アクティブ・デバイスは入力パワーに敏感な非線形の動作領域を持ち、異なるレベルに対して異なる結果が得られるので慎重な取り扱いが必要です。テスト・システムでは、これは、増幅器やアッテネータを使用してパワー・レベルを正確に制御する必要があることを意味しています。また、カプラを使用して、DUTに供給されているパワー・レベルを分離したり検証することが必要になる場合があります。このような追加は、簡単に考えるべきではありません。高周波ではすべてのシステム要素が複素数インピーダンスを持ち、接続が増えればそれだけ、DUTとの不要な相互作用の可能性も増えます。

- **不整合の回避：**すべての接続でインピーダンスの不整合により挿入損失が生じ、電源／測定信号からパワーを奪います。言うまでもなく、パワーは高周波では高価であり、周波数レンジが広ければ代償はさらに大きくなります。**ヒント：**高精度のケーブルやアクセサリを使用したり、（特にDUTがアクティブ・デバイスの場合は）その実際のインピーダンスをベクトル・ネットワーク・アナライザ（VNA）を使用して評価します。

- **VSWRの最小化：**スイッチ・マトリックス、コネクタ、内／外のケーブルの組み合せ、RFケーブルの曲がりにより、VSWR（電圧定在波）に起因する誤差が生じます。**ヒント：**この誤差を抑えるには、VSWRの仕様が1.2：1より優れたスイッチ・マトリックスを使用します。

- **アイソレーションの向上：**高レベル信号と低レベル信号を同時に測定する場合は、スイッチ・マトリックスのアイソレーションが測定品質に影響します。**ヒント：**DUTに対して複数の経路がある場合は、信号発生器とスペクトラム・アナライザを使用して、アイソレーションを評価します。それができない場合は、高レベル信号と低レベル信号が隣接した経路を通らないように、または別のスイッチ・ユニットを通るように、システムを構成／プログラミングします。

機械的な特性

信号および電源（AC、DC）用のコネクタの数とタイプも、詳細な検討が必要です。これはスイッチ・マトリックスの大きさや、システム配線の複雑さなどの要素に影響を与えます。**ヒント：**システムとDUTのすべての接続が一度で済むような、十分なポート数を持つスイッチ・マトリックスを使用します。これにより、信号がセトリングするのを待つ間の遅延が抑えられ、DUTでパワー・レベルが突然変化してスイッチ・マトリックスが損傷することなどを回避できます。

ヒント3：RF信号経路についての理解、評価、補正

補正を行わないと、製品仕様の範囲はその入出力コネクタにおける「校正面」に限られています。正確で再現性の高い測定や、補正されたDUTのテスト結果を得るためには、校正面をできる限りDUTに近づけることを推奨します。経路がパッシブかアクティブか、またDUTがローカルかリモートにあるかに関わらず、これを行うにはいくつかの方法があります。

パッシブ経路の取り扱い

パッシブ・デバイスは、その帯域での許容入力パワー・レベルに対して、一定の利得と位相シフトを持っています。しかし、パッシブ経路に沿ったすべての接続にはインピーダンスの不整合があり、それにより挿入損失や位相シフト（または位相遅延）が生じます。高周波では一見シンプルなパッシブ・エレメントが複雑な伝送ライン・エレメントとなって、経路に沿った損失や位相シフトの簡単な計算が不可能になります。**ヒント：**VNAを使用して接続された経路全体を測定するか、各エレメントのSパラメータを評価して、ベクトル演算により経路全体の全損失および位相シフトをモデル化します。これらの値は、PCでの測定の補正や、ネットワーク・アナライザでのフィルタや可変DUTのリアルタイム調整に使用します[2]。

アクティブ経路の補正

アクティブ・デバイスの性能は、入力パワーの変化に伴って変動します。測定確度を向上させるために必要なプロセスは、デバイスがその応答の線形領域で動作しているか、非線形領域で動作しているかに依存します。増幅器などのアクティブ・デバイスが、校正および測定の間にその線形領域（1 dB圧縮ポイントの十分下）で動作していれば、その範囲内のどのパワー・レベルに対しても補正を正確に適用できます。**ヒント：**アクティブ・デバイスが非線形領域で動作している場合は、測定に用いるパワー・レベルを校正して、正確な補正を行う必要があります。非線形モードの複数のパワー・レベルで測定を行う場合は、それぞれのパワー・レベルで校正を行って、それらのデータを保存しておく必要があります。

ヒント：アクティブ・デバイスの周波数応答を、DUTの周波数レンジにわたって測定します。ここでも、経路全体を特定のパワー・レベルで測定するか、各インタフェースのSパラメータを評価して、ベクトル演算によりモデルを作成します。

ヒント：RF信号経路の特性評価と補正のプロセスを簡素化するために、システム開発者によってはアクティブ・デバイスの使用を最少限にとどめることがあります。これにより校正作業と、非線形モードで動作しているときのパワー・レベルの変化に起因する誤差の両方を削減することができます。

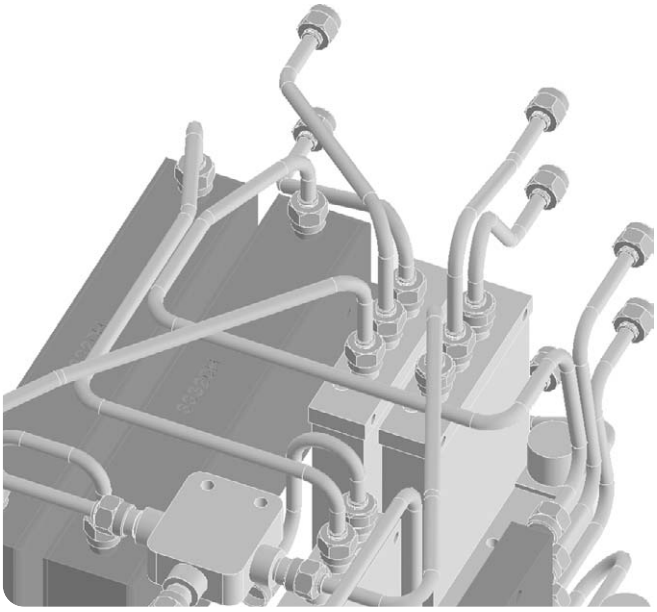
DUTとの距離の取り扱い

DUTがテスト・システム内のフィクスチャにマウントされていたり、何メートルも離れた試験室にある場合は、正確な補正が難しくなります。フィクスチャ・ベースの測定では、経路に同軸ケーブルからマイクロストリップ・ベースのショート、オープン、ロードへの変換部を含むことがあるので、問題が生じます。**ヒント：**高品質のマイクロストリップ素子が使用できないときは、フィクスチャをネットワーク・アナライザで測定し、インピーダンスをモデル化して、それらの影響を測定から除去する必要があります。

DUTがリモートにある場合は、ケーブルによる経路減衰と、温度のばらつきやケーブルの屈曲による経路変動が大きな問題になります。**ヒント：**測定器とDUT間の経路全体を測定して経路を評価する（可能な場合）か、経路に沿った各要素を測定し、ベクトル演算を行ってそれらの複素応答をシステムの評価に組み込みます。

2 Sパラメータ測定についての詳細は、Application Note 154 "S-Parameter Design"、Application Note 1287-3 "Applying Error Correction to Network Analyzer Measurements" を参照してください。

ヒント4：
測定器に接続されている
すべてを理解



機器メーカが測定器の性能を仕様化しているのは、信号を出力したり測定したりするフロントパネル・コネクタまでの範囲です。測定器とDUTの間にあるすべてのものが測定器の性能や測定の再現性に影響します。RF/マイクロ波の周波数／パワー・レベルでは、ケーブル、スイッチ、シグナル・コンディショナが3つの最も大きな障害となります。

適切なケーブルの選択

テスト・システムをデザインする際には、デバイスの相互接続にどのタイプのケーブルを使用するかを決める必要があります。また、スイッチ・マトリックス内で使用するケーブル・タイプも決める場合があります。一般的には、安定性の高いケーブルは低い挿入損失、優れたVSWRを提供し、測定の再現性も高くなります。高周波では、最も一般的に使用されるケーブルとして、セミリジッド、コンフォーマブル、フレキシブルの3つのタイプがあります。

セミリジッド
名称が示すように、このケーブルは簡単に形を変えられないので、優れた性能と再現性が得られます。高品質のセミリジッド・ケーブルは、MIL規格の温度サイクルなどの手法により、製造プロセスでも高い安定性が得られます。成形プロセスの後で温度サイクルを行うと、ケーブルの変形を引き起こす内部ストレスを除去することができます。

これらのケーブルで使用される誘電体の品質も、測定性能に影響を与えます。Solid PTFE（ポリテトラフルオロエチレン。デュポン社のテフロンPTFEが良く知られる。）は最も一般的ですが、挿入損失の原因にもなります。Expanded PTFEが現在のところそれに代わる最も優れた材質で、低い挿入損失と広い周波数レンジを提供します。このような選択は、コンフォーマブルやフレキシブルに比べてかなり高いコストがかかります。

コンフォーマブル
このケーブルはセミリジッドよりも変形が容易なので、安定度は劣っています。その柔軟性が測定の再現性と長期の信頼性に影響を与えます。

フレキシブル
「測定器グレード」のケーブルとも呼ばれ、優れた位相安定性と低い挿入損失が得られますが、価格も比較的高くなっています。また保守が大変で、変形が大きいと電気特性が変化して不正確な測定結果が生じることがあるため、慎重な取り扱いが必要です。

スイッチに関連した問題の回避

スイッチはシステム全体の機能の中心的役割を果たし、測定器とDUT間での信号および電源供給のための接続を自動化します。電源／測定信号のほとんどがスイッチ・マトリックスを通るので、その仕様が不足していると、測定の性能、スピード、再現性に影響を与えます。高周波ではアイソレーション、VSWR、挿入損失の3つの仕様が特に重要です[3]。

- **アイソレーションの最大化**：信号経路間のリーケージにより、大きなパワーの信号があると低パワー信号の測定がきわめて困難になります。（これは、高パワー信号と低パワー信号が同時に1つのスイッチ・マトリックス内を通っている場合によく発生します。）**ヒント**：アイソレーションが90 dB以上のスイッチを選択します。これによりリーケージが減少し、信号を物理的に分離されたスイッチ・アセンブリ内を通す必要が減少します。

3 詳細はカタログ番号5966-2961 "Agilent Custom Switch Matrices Product Note" を参照してください。

4 これらの測定を行う場合は、位相の再現性も重要な仕様になります。

- **VSWRの最小化**：VSWRが高いと位相誤差の原因になり、ベクトル／変調測定の確度に影響を与えます[4]。スイッチ・マトリックスのVSWRは、マトリックスで使用される同軸スイッチのVSWRと直接関係があり、個々のスイッチのVSWRはその寸法と許容値に依存します。**ヒント**：要求される帯域幅に比べて短めのケーブルを使用すると、VSWRを抑えられます。広帯域や機械的な条件によってこれが不可能な場合の最も有効な手段は、パッドや損失の多いケーブルを使用して伝送ラインに挿入損失を追加することです。これにより、目的の周波数レンジにわたってVSWRに起因するリップルの振幅を減少させることができますが、その代償として全体の挿入損失が増加します。

- **挿入損失の管理**：これは高周波では問題となりやすく、また一般に表や式の形で周波数に対して仕様化されています。**ヒント**：スイッチが古くなると、その挿入損失が変化する場合があるので、製品の予想寿命まで有効な「挿入損失の再現性」や「挿入損失の安定度」などの仕様を参照します。これらのワーストケースの値を知っていれば、誤差の管理に役立ちます。

シグナル・コンディショナの評価

ヒント3で説明したように、DUTのテスト要件と場所により、信号経路へのパッシブまたはアクティブ・シグナル・コンディショナを挿入するかどうかが決まります。これらはスタンドアローンのデバイスであることも、スイッチ・マトリックスに内蔵することも可能です。このようなシグナル・コンディショニング・デバイスとしては、増幅器、アッテネータ、周波数コンバータなどが最もよく使われます。

増幅器

精密な振幅測定が必要だったり長いケーブル上を伝送する場合には、信号の利得を増加する必要があります。目的のアプリケーションに増幅器が適しているかどうかは、いくつかの主要な仕様から判断できます。

- **VSWR**：増幅器はVSWR性能が悪いことで有名です。**ヒント**：増幅器の出力にアッテネータやアイソレータ（但し、これらの帯域幅は限られる）を接続することにより、VSWRの問題を緩和できます。

- **相互変調**：DUTの帯域幅外の相互変調歪みやスプリアス信号を測定する場合は、増幅器の帯域幅が重要です。**ヒント**：ダイナミック・レンジが狭かったり、1 dB圧縮ポイントの低い増幅器には注意が必要です。これらは、大きなパワーの基本波がある場合、高調波測定に影響する相互変調歪みを起こす場合があります。

- **スプリアス**：スイッチング電源は、スイッチング周波数（100～200 kHz）に関連したスプリアスを発生させる場合があります。**ヒント**：スイッチング電源が内蔵された増幅器などのデバイスの使用を避けます。

アッテネータ

電気機械式アッテネータと電子アッテネータでは、信号レベルを取り扱う上で柔軟性と正確さが異なります。電気機械式アッテネータはディスクリート・スイッチを使用して、一般に1 dBまたは10 dBのステップ分解能を提供します。これに対して電子アッテネータでは、0.1 dBまたは0.25 dBの実質的に連続した設定を使用できます。しかし、PINダイオード・タイプのスイッチを使用すると「ビデオ・リーケージ」スパイクを発生させて、測定品質が低下する場合があります。**ヒント**：必要に応じて電気機械式アッテネータと電子アッテネータをカスケード接続して、測定品質と減衰量を制御します。

ヒント：アッテネータのコネクタのメッキ材質にも注意してください。例えば、ニッケルは高パワー・レベルで非線形になり、相互変調歪みを発生させます。代わりに、金など高品質の導体を使うようにします。

周波数コンバータ

DUTがテスト・システムから離れている場合は、ダウンコンバータを使用して信号を低い周波数レンジに変換すると、ケーブルでの挿入損失を低減できます。**ヒント**：テスト・システムではアップコンバートを行って信号を元の周波数に回復できますが、変換プロセスで発生した不要な周波数成分をフィルタで除去する必要があります。

ヒント：ベクトル／変調測定において複数の信号、経路、変換を用いる場合は、何らかの形のフェーズ・ロックにより正確な測定結果を得る必要があります。これを行うには、測定器と周波数コンバータを共通の周波数基準に接続して、基準信号に対する各信号の位相を測定します。

ヒント5：スイッチの動作特性

どのタイプのスイッチ・マトリックスを使用するか判断する際には、電気性能の他にデバイスの寿命、消費電力、フェイルセーフ・メカニズムなどの特性も調べます。

電気機械式スイッチと電子スイッチ

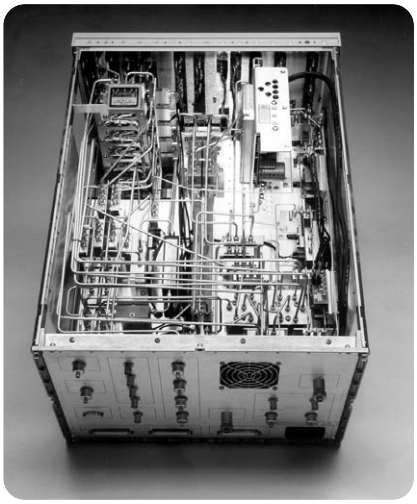
可動部分と物理接点の多い電気機械式スイッチは比較的機能の低下が早く、再現性が劣化し寿命も限られます。これに対して電子スイッチには可動部分がなく、寿命が長く高い再現性が得られます。実用上の最良の選択は、システムに要求される各部の実際のスイッチング・サイクル数に依存します。テスト当たりの開閉の回数、1日当たりのテストの回数、システムの予想寿命などを考慮します。

他にも、ルーティングする信号のパワー・レベルも実用上の問題となります。高パワー信号のスイッチングは多くのスイッチに損傷を与え、再現性が低下して寿命も短かくなります。**ヒント：**電気機械式、電子式に関わらず寿命の短縮を防ぐには、マトリックス内のスイッチを開閉する前に信号レベルを下げるようにシステムの測定器をプログラムします。

ラッチ・タイプとノンラッチ・タイプ

内部的に、電気機械式スイッチはラッチ・リレーやノンラッチ・リレーを使用しています。ラッチ・タイプのほとんどは、リレーの開閉に100～200 msのパルスが必要です[5]。ノンラッチ・タイプのスイッチは接触を維持するために、24 V、200 mA（代表値）の一定の電力が必要です。そのため、ノンラッチ・タイプを使用した大型のスイッチ・マトリックスでは、システム・ラック内で測定性能に影響するほどの熱が発生することがあります。**ヒント：**ノンラッチ・タイプのスイッチを選択する場合は、実際の温度上昇を調べて、システム・ラックの冷却能力を増強するなどします。

ヒント：両方のタイプのスイッチが、停電や緊急停止の後でどのように動作するか知っておくことも不可欠です。最も安全な方法は、電源が回復した際に既知の状態や設定に戻るスイッチ・マトリックスを選択することです。ノンラッチ・タイプのスイッチは、電源が切断されるとオープンし、テスト・プログラムによって再度電源が加えられるまではクローズしないので、フェイルセーフ・メカニズムの面では安全です。しかしラッチ・タイプのスイッチでも、停電の際にセーフ・モードにラッチするハードウェアやファームウェアを追加すると、フェイルセーフ機能を装備できます。



高度な機能：内蔵シグナル・コンディショニング

システムでスイッチ・マトリックスを使用する利点は、メーカがマトリックスにシグナル・コンディショニングを内蔵させられる点です。例えば、Agilentのカスタム・スイッチ・マトリックスは、増幅器とアッテネータ、フィルタとアイソレータ、およびミキサ、逓倍器、ディバイダなどの位相／周波数変換デバイスを含め、さまざまなデバイスとともに構成できます。これらのデバイスはセミリジッド・ケーブルを使用して半永久的に接続され、追加の外部配線は必要ありません。その結果、コンパクトで利便性の高い、ワンボックス・ソリューションが得られます。

5 その他のヒント：消費電力を抑えるために、これらのスイッチをシーケンシャルに、または小規模のバッチで動作させるようにシステムをプログラムすることがあります。しかしその場合は、トータルのスイッチング時間が長くなります。

ヒント6：
セットアップと測定の高速化

システムの性能は、「単位時間当たりにテストできるデバイス数」や「単位時間当たりのテスト数」、あるいはその他の時間ベースの指標で測る場合があります。いずれの場合でも、測定スピードはシステムをセットアップするのにかかる時間と、測定を実行するのにかかる時間という、2つの基本的な要素によって決まります。またハードウェア、I/O、ソフトウェアというシステムの三大要素が、これら2つのプロセスを加速したり妨げたりします。Application Note 1465-7 "Maximizing System Throughput and Optimizing System Deployment" では、ソフトウェア・デザイン、システムI/O、低周波測定に関するいくつかの有用なヒントを紹介しています。それへの補足として、このセクションのヒントでは、RF/マイクロ波測定器およびシステムに特有の情報を追加しています。

個々の測定器の微調整

システム内の設定可能なデバイスは、測定スピードを制限するボトルネックとなることがあります。信号発生器、パワー・メータ、スペクトラム・アナライザ、ネットワーク・アナライザなどの最新世代のRF/マイクロ波測定器は、これらのボトルネックを最小限に抑え、システム性能を向上させる柔軟性の高い機能を持っています。

信号発生器

これらの多くに変調／任意波形作成機能を内蔵されているので、システムの機器数を減らすことができ、システムの配線を簡素化して、ソフトウェアの複雑さを低減できます。**ヒント：**機器構成は複雑で、時間がかかることがあります。しかしステートをあらかじめ作成し、それらをメモリに記憶して、必要に応じて呼び出すようにシステムをプログラムすると、テスト時間を大幅に短縮できます。テストの間に任意波形データのロードが必要な場合は、最少限のポイントをダウンロードして、ASCIIでなくバイナリ形式を使用します。

パワー・メータ

校正周期を数時間単位から数ヶ月単位に変更できる校正機能を内蔵したモデルにより、最大の時間短縮が可能です。**ヒント：**広いビデオ帯域幅と高速データ・サンプリング機能を備えたディジタイジング・パワー・メータを使用します。これらの中には、1000回/s以上の補正済み読取りが可能なものがあり、アベレージングにより測定確度と再現性を向上できます。

スペクトラム・アナライザ

どのようなスペクトラム・アナライザでも、調整項目の3つの主な要素は周波数スパン、測定当たりのポイント数、分解能帯域幅（RBW）です。**ヒント：**必要最少限のポイントと、可能な最大限のRBWを使用することが、測定時間を短縮する最も簡単な方法です。狭いスパンを測定する際に自動的に高速フーリエ変換（FFT）モードに切り替わる、最新世代のスペクトラム・アナライザを使用します。

ヒント：最大のメリットを得るためには、自動入力レンジを選択的に使用します。振幅が急速に変化する信号を測定する場合は、オートレンジにより入力アッテネータの設定が頻繁に変更され、測定スピードが遅くなります。しかし信号レベルが低く、また比較的一定の場合は、オートレンジングによりSN比を向上させることができ、広いスパンとRBWの設定を使用して測定時間を短縮させることもできます。

ネットワーク・アナライザ

特にショートや標準を手作業で接続すると、VNAの校正は非常に時間がかかることがあります。**ヒント：**Agilentの電子校正（ECal）モジュールはこのプロセスを自動化し、迅速で再現性の高い校正を1回の接続で行えます。この方法により、テスト・ポートのコネクタや校正標準の摩耗も減少します。

ヒント：補正データの適用は、外部システム・コントローラではなくアナライザ内部で行ったほうが一般に高速です。ほとんどのVNAでは、特定のテストの校正曲線を保存しておき、必要に応じて呼び出すことが可能です。注記：この方法は、1つのきわめて広い周波数スパンではなく、複数の狭い周波数スパンで行った方が効果的です。

今後のテスト・システム開発をサポート

どのようなテスト・システムでも、固有の問題があります。しかしどのような場合でも、性能、スピード、再現性の間の直接、間接のトレードオフを考慮することにより、要求されたレベルの測定品質を実現できます。トレードオフを考慮できるかどうかは、テスト・システムでの適切な測定器、I/O、ソフトウェアの選択に対しても当てはまります。Agilentはシステムレディ測定器、PC標準のI/O、オープン・ソフトウェア環境を通じて、さまざまな支援を行っています。また補完的なシステムや、LANなどの標準のサポートを通して、現在および将来にわたって、ユーザのシステムの確度と性能を最適化、最大化するための支援も行っています。

システム開発の加速、システム・インテグレーションの簡素化、オープン・コネクティビティに関しては、Agilent Open Webサイト（**www.agilent.co.jp/find/open**）をご覧ください。このサイトで登録していただければ、本シリーズのアプリケーション・ノートも迅速に入手できます。

関連カタログ

1465シリーズの最新アプリケーション・ノートは、テスト・システムでLAN、無線LAN、USBを効果的に使用するさまざまな情報を提供しています。

- テスト・システムでのLANの使用：基礎、AN 1465-9
（カタログ番号5989-1412JA）
http://cp.literature.agilent.com/litweb/pdf/5989-1412JA.pdf
- テスト・システムでのLANの使用：ネットワークの設定、AN 1465-10
（カタログ番号5989-1413JA）
http://cp.literature.agilent.com/litweb/pdf/5989-1413JA.pdf
- テスト・システムでのLANの使用：PCの設定、AN 1465-11
（カタログ番号5989-1415JA）
http://cp.literature.agilent.com/litweb/pdf/5989-1415JA.pdf
- 計測環境でのUSB使用、AN 1465-12
（カタログ番号5989-1417JA）
http://cp.literature.agilent.com/litweb/pdf/5989-1417JA.pdf
- SCPI＋ダイレクトI/O、ドライバの使用法、AN 1465-13
（カタログ番号5989-1414JAJP）
http://cp.literature.agilent.com/litweb/pdf/5989-1414JAJP.pdf
- テスト・システムにおけるLANの使用法：アプリケーション、AN 1465-14
（カタログ番号5989-1416JAJP）
http://cp.literature.agilent.com/litweb/pdf/5989-1416JAJP.pdf
- テスト・システムでのLANの使用：システムI/Oのセットアップ、AN 1465-15
（カタログ番号5989-2409JAJP）
http://cp.literature.agilent.com/litweb/pdf/5989-2409JAJP.pdf
- LXIによる次世代テスト・システム、AN 1465-16
（カタログ番号5989-2802JAJP）
http://cp.literature.agilent.com/litweb/pdf/5989-2802JAJP.pdf
- RF/マイクロ波テスト・システムの構成要素の最適化、AN 1465-17
（カタログ番号5989-3321JAJP）
http://cp.literature.agilent.com/litweb/pdf/5989-3321JAJP.pdf

初期の1465シリーズでは、効果的な低周波テスト・システムを構築するためのヒントを提供しています。

- テスト・システム設計入門、AN 1465-1
（カタログ番号5988-9747JA）
http://cp.literature.agilent.com/litweb/pdf/5988-9747JA.pdf
- コンピュータI/Oについて、AN 1465-2
（カタログ番号5988-9818JA）
http://cp.literature.agilent.com/litweb/pdf/5988-9818JA.pdf
- ドライバおよびダイレクトI/Oについて、AN 1465-3
（カタログ番号5989-0110JA）
http://cp.literature.agilent.com/litweb/pdf/5989-0110JA.pdf
- テスト・システムのソフトウェア・アーキテクチャ、AN 1465-4
（カタログ番号5988-9819JA）
http://cp.literature.agilent.com/litweb/pdf/5988-9819JA.pdf
- システムのハードウェア・アーキテクチャと測定器の選択、AN 1465-5
（カタログ番号5988-9820JA）
http://cp.literature.agilent.com/litweb/pdf/5988-9820JA.pdf
- ラックとシステム・インターコネクトの影響について、AN 1465-6
（カタログ番号5988-9821JA）
http://cp.literature.agilent.com/litweb/pdf/5988-9821JA.pdf
- システム・スループットの最大化とシステム設置の最適化、AN 1465-7
（カタログ番号5988-9822JA）
http://cp.literature.agilent.com/litweb/pdf/5988-9822JA.pdf
- テスト・システム開発ガイド：運用保守、AN 1465-8
（カタログ番号5988-9823JA）
http://cp.literature.agilent.com/litweb/pdf/5988-9823JA.pdf

付録

AN 1465-17の要約

RF/マイクロ波テスト・システムの最適化

RF/マイクロ波テスト・システムを構築する場合、DUTに関連した技術的要因とビジネス上の要因が、システム・ハードウェア、I/O、ソフトウェアの最適な組み合せを選択する際に役立ちます。これら3つの分野の現在および将来の展開も、選択に影響を与えます。

基本事項の復習

技術的要因には、DUTの一般的な特性と固有の特性が含まれます。主な一般的な要因は、デバイスの複雑さ、製品のライフサイクルの段階、製造プロセスの特性などが含まれます。固有の電気的／物理的な特性には、必要な周波数レンジ、帯域幅、分解能、さらにはポートやテスト・ポイントの数、デバイスのアセンブルに応じて変化するそれらへのアクセスが含まれます。

予算とスケジュールは、現在における重大なビジネス要因です。将来に目を向けると、DUTおよびそのテスト・システムの予想寿命があります。RF/マイクロ波テスト・システムに関しては、航空宇宙や防衛システムなどの寿命の長いDUTと、急速に進化する無線製品などの寿命の短いDUTという、大まかに2種類のDUTがあります。一般にテスト・システムが長寿命のハードウェア、I/O、ソフトウェアを備えていると、さまざまなDUTに対応できます。

要件を最適な選択肢に変換

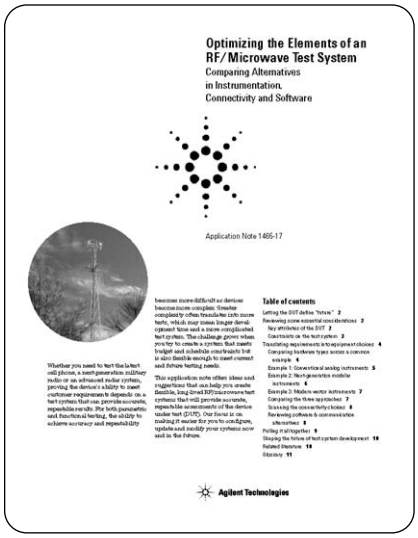
基本的な特性と制限要素を理解したら、次のステップはそれらの条件を効率的なハードウェア、I/O、ソフトウェアの組み合せに変換することです。

ハードウェア

「従来型アナログ」、「次世代モジュラ型」、「最新ベクトル型」の、3種類のハードウェア・アーキテクチャを使用できます。従来型アナログ測定器は、最新レベルの性能を最初に提供することが多く、また多くのシステム開発者が使い慣れているので、迅速なシステム開発が可能です。次世代モジュラ測定器は、きわめて高い柔軟性と、システムの長寿命性を提供します。しかしこれらは現在のところ、長い開発時間と高いソフトウェア・コストも必要になります。最新のベクトル測定器は、DSPテクノロジーによる機能性、柔軟性、高確度の組み合せを提供します。通信規格を含むデバイスのテストでは、ファームウェアのアップグレードにより機能を拡張できるという有利さを備えています。

I/O

PC業界でLANの性能が着実に進化している（下位互換性を保証しながら）ことを受けて、テスト機器のトレンドも、GPIBをサポートするとともに、LANインタフェースの使用に向かっています。


Optimizing the Elements of an RF/Microwave Test System
Comparing Alternatives in Instrumentation, Connectivity and Software

Application Note 1465-17

Table of contents

Agilent Technologies

ソフトウェアと通信

アプリケーション開発環境（ADE）と測定器の通信方式の組み合せにより、開発時間、ソフトウェアの再利用、システム・パフォーマンスのトレードオフが生じます。グラフィックADEは、エンジニアが習熟しやすい図解による方法を用いています。ダイレクトI/Oやベンダ固有のコマンドは業界標準のコマンド・セットと機器ドライバに置き換えられ、測定器間の通信も発展を続けています。

すべてを集約

新しいテスト・システムを構築する際には、ベクトル測定器、LANベースのI/O、グラフィック・プログラミング、測定器ドライバを考慮すべきです。これらの組み合せにより、短期的には変更が簡単でコスト・パフォーマンスが高く、また将来は保守とアップデートが可能な、高度に保証されたシステムが得られます。NxTestへの準拠が必要な場合は、ベクトル測定器ではなくモジュラ測定器を使用します。

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、製品の測定確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
(0426-56-7832)

FAX ■■ 0120-421-678
(0426-56-7840)

Email contact_japan@agilent.com

電子計測ホームページ
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 2012
アジレント・テクノロジー株式会社

電子計測UPDATE

www.agilent.co.jp/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 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の広範囲のシステム対応測定器、オープン・インダストリ・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。

Agilent Technologies

May 14, 2012
5989-3322JAJP
0000-00DEP