

Agilent MXAシグナル・アナライザによる 測定速度の高速化

Application Note 1583



概要

Agilent MXAシグナル・アナライザは、RF/マイクロ波周波数のきわめて高速な測定が可能な新世代のミッドレンジ・アナライザです。この柔軟なシグナル・アナライザは従来のスペクトラム解析機能を持つだけでなく、W-CDMA、HSPDA/HSUPA、WiMAX-OFDMA (WiMAXモバイル)などの多くのデジタル通信規格に対応する高度な信号解析機能も備えています。測定速度を向上させるために、フル・デジタルIFサブシステム、高速スイッチング局部発振器 (LO)、高速データ・レート・サンプリング、最適化プリセクタを搭載しています。また、MXAをリモート操作する場合は、USB2.0/100 Base-T、LO周波数リスト掃引モードを使用することにより、さらに高速化できます。

このアプリケーション・ノートでは、MXAシグナル・アナライザの測定速度を高速化する、いくつかの画期的な新機能について紹介しています。また、それらの使用方法についても説明します。本書は2つのセクションから構成され、最初のセクションでは、MXAフロント・パネルからの測定速度の向上方法を説明します。次のセクションでは、MXAをリモート操作する場合の、測定速度の向上方法を説明します。

目次

概要	1
フロント・パネル操作	2
同時に複数の検波とトレース表示	2
掃引デジタル・フィルタとFFTフィルタ	4
再現性とアペレージング	5
プリセクタの同調	6
自動調整	6
リモート操作	7
I/Oの選択	7
ループでの周波数プログラミング	8
最適なトレース・ポイント数	9
マーカ検索	9
リスト掃引モード	10
ディスプレイのオフ	11
バイナリ・フォーマットと ASCIIフォーマット	11
関連カタログ	12

フロント・パネル操作

Agilent MXAシグナル・アナライザは業界最高のユーザ・インタフェースを持ち、すべての機能が分かりやすくグループ分けされてフロント・パネルから操作できるようになっています。MXAではWindows® XP Professionalオペレーティング・システムに制限なくアクセスでき、スペクトラム解析とさまざまな測定アプリケーションの間をシームレスに切り換えできます。フロント・パネル・インタフェースを使って、MXAは200 MHzのスペンを1 msの掃引時間で動作するように設定できます。このセクションでは、さまざまなテスト条件で、フロント・パネルからの設定を使ってMXAの測定速度を向上させる方法を紹介しします。

同時複数検波／トレース表示

MXAシグナル・アナライザの検波モードとデータ表示は、従来のスペクトラム・アナライザと、機能面で変わりはありません。ディテクタ・タイプを適切に選択してトレース表示と組み合わせることにより、測定の全体的な速度と柔軟性が大きく向上します。ただし、従来のスペクトラム・アナライザでは、全測定トレースに対して1種類のディテクタ・タイプに制限されることが多く、検波モードを変更するには、オペレータが手動でディテクタ・タイプを変更し、掃引し直す必要がありました。MXAでは各測定トレースに対して独自のディテクタ・タイプを使用でき、1回の測定掃引に対して同時に6個までの測定トレースを表示できるので、このプロセスが大幅に簡素化されます。

検波モード(検波タイプ)は、大きな測定セットから、表示するデータ・ポイントを選択するためのデータ処理機能です。測定されたデータは周波数ビンと呼ばれるグループに分けられ、ビンのサイズはトータル周波数スパンとトレース・ポイントの数に関係しています。トレース・ポイント数が多いと周波数ビンは小さくなり、よりアナログの信号表示に近くなります。トレース・ポイント数が少ないと周波数ビンは大きくなり、選択した検波方式でより多くのデータ・ポイントを処理できるようになります [1]。周波数ビン内のデータの処理方法は、ディテクタのタイプに直接関係しています。MXAでは、ノーマル、アベレージ、サンプル、ピーク、ネガティブ・ピークなどの、さまざまなディテクタ・タイプを使用できます。各ディテクタ・タイプの機能や技術的な詳細については、いくつかのアプリケーション・ノートで説明されています [1、2、3]。

フロント・パネル操作(続き)

アプリケーションによっては、複数の検波モードを使ってテスト信号を調べることが有益な場合があります。スペクトラム・モニタでは、ピーク、ネガティブ・ピーク、アベレージの信号レベルを調べれば、帯域内の占有エネルギーや干渉などに関する情報が得られます。この例では、ピーク測定でMax Hold機能を使用すると、対象周波数内の最大信号レベルも記録できます。図1は、MXAシグナル・アナライザを使用し、ノイズに似たデジタル変調信号を3種類のディテクタ・タイプで測定したものです。この測定では、1回の測定掃引の間に、3種類すべての検波モードが

同時に動作しています。各ディテクタ・タイプは、MXAで使用可能な6個の測定トレースに割り当てられ、表示されています。

MXAのトレースの測定ポイント数は、1~20,001個です。しかし、トレース・ポイント数の増減により、測定器の掃引時間全体が大きな影響を受けることはありません。例えば、デフォルトの1,001個のトレース・ポイントを使用して1 msの掃引時間となるようにMXAを設定したとします。トレース・ポイント数を20,001個に変更しても、アナライザの掃引時間は0.33 ms増加す

るだけです。トレース・ポイントの増加は、I/Oを介したトレース・データの転送時間に大きな影響を与えますが、これについては後で説明します。

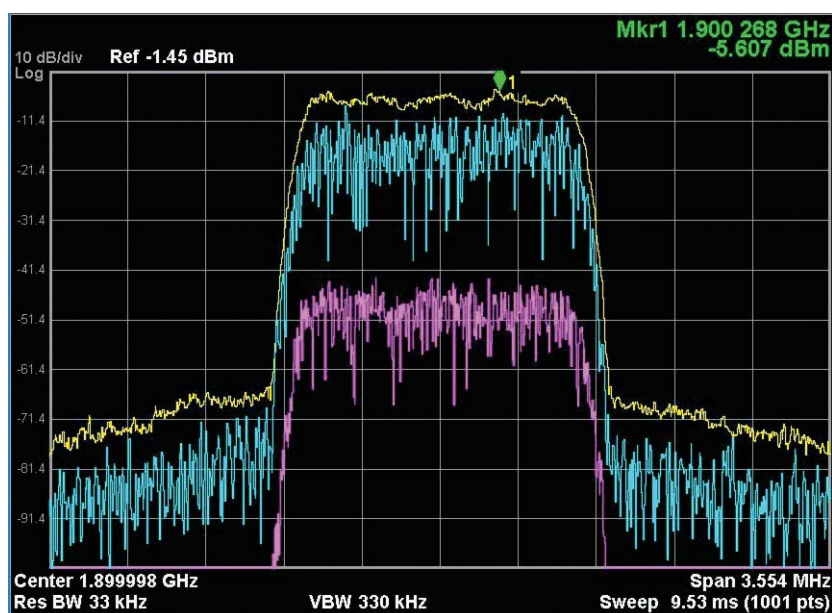


図1. MXAの表示：3種類のディテクタ・タイプ(ピーク、アベレージ、ネガティブ・ピーク)を使用して測定したデジタル変調信号

フロント・パネル操作(続き)

掃引デジタル・フィルタと FFTフィルタ

どのスペクトラム・アナライザやシグナル・アナライザにも、測定掃引時間、フィルタ帯域幅、周波数スパンの間のトレードオフが存在します。一般に、ある周波数スパンに対して、RBW/VBWフィルタが広いほど掃引時間は速くなり、狭いほど掃引時間は長くなります。一般に最近のスペクトラム・アナライザでは、IFセクションにデジタル信号処理を使用して、さまざまな測定器構成に対してアナライザの掃引時間を高速化しています。

MXAシグナル・アナライザは、高速測定を高確度で実現するフル・デジタルIFセクションを搭載し、選択可能なデジタル分解能帯域幅(RBW)フィルタと高速フーリエ変換(FFT)処理を使用しています。デジタルRBWフィルタを使用する場合は、サンプリングされたIFデータをフィルタの応答と畳み込み積分により、従来のアナログ・フィルタを使用して掃引した結果と同様の測定が行えます。さらに、MXAが実装するRBWフィルタはきわめて予測性、安定性、再現性に優れた動的特性を持っているので、従来のアナログ・フィルタよりも高速に掃引できます [4]。

スペクトラム測定で周波数分解能を高くするには、多くの場合きわめて狭いRBWフィルタが必要になります。周波数スパンと必要な周波数分解能によっては、FFTフィルタ処理の代わりに掃引デジタルRBWフィルタを使用する方が有益な場合があります。一方、FFT処理は、条件によって最高速度を実現できる狭いRBWフィルタを実現できます。測定器の周波数スパンがデジタルIFセクションのフル解析帯域幅以下の場合は、一般にFFT処理が最高速となります。この場合は、単独のFFTのみが必要です。MXAは、最大で25 MHzの解析帯域幅を使用します。この解析帯域幅よりも広い周波数スパンでは、アナライザは中心周波数を再同調して、別のサンプリングされたデータを処理する必要があります。解析帯域幅の数倍の大きさの広い周波数スパンで複数のFFT処理を行うと、掃引デジタル・フィルタの場合よりも長い掃引時間がかかることがあります。これに対して、MXAは掃引デジタル・フィルタとFFTフィルタを自動的に切り替えて使用するよう設定することができ、最高速の掃引時間を実現できます。

MXAのフロント・パネルでSWEEPメニュー、Sweep Setup、Swp Type Rules、Best Speedを選択すると、アナライザが自動的に適切なフィルタ・タイプを選択するように設定できます。特に注目すべき点は、解析帯域幅以下の周波数スパンにおいて、掃引時間がやや長くなることを犠牲にすれば、複数のFFT処理によって測定器のダイナミック・レンジを拡大できるという点です。この場合は、SWEEPメニュー、Sweep Setup、FFT WidthからFFTスパンを選択します。FFT処理についての詳細はMXAのユーザーズ・マニュアルおよびAgilentアプリケーション・ノート [3、4] で解説しています。

掃引とFFTの両方のデジタルRBWフィルタは、さまざまなフィルタ帯域幅を低コストに提供します。そのため、測定に必要な量だけのフィルタリングを選択することにより掃引速度を最適化できます。MXAでは、1 Hz～3 MHzにわたって10%のステップで選択可能なものと4、5、6、8 MHzの、160種類のRBWフィルタを使用できます。

フロント・パネル操作(続き)

再現性とアベレーシング

測定の再現性とは、同じ測定器を使用して、同じ測定条件下で、短時間の間に観察される、変動の量です。これと精度を混同してはいけません。精度は測定値が真の値にどれだけ近いかを表す量です。再現性は、測定中のノイズの影響を受けることもあります。いくつかの測定をアベレーシングすることにより再現性は大きく向上します。数回の測定のアベレーシングしか用いない場合でも有効です。従来のスペクトラム・アナライザでは、測定の再現性を向上させるために、トレース・アベレーシングを多くの場合に使用しています。トレース・アベレーシングでは、アナライザは複数回の掃引を行って、複数のトレースの掃引結果を重み付きアベレージ関数で結合する必要があります。複数回の掃引を行うことで、測定に要する全体の時間が大きく増加する可能性があります。これに対して、最高速の測定速度を得るために、MXAシグナル・アナライザはアベレージ・ディテクタ・タイプを備えています。このディテクタによって、従来のサン

プル検波を用いたトレース・アベレーシングに比べて10倍高速な、再現性の高い測定を実現できます。

MXAシグナル・アナライザは、IFを90 Mサンプル/sの速度でサンプリングするフル・デジタルIFセクションを搭載しています。アナライザの掃引時間に応じて、この高速サンプリングは各周波数ビンでアベレーシングされる多量のデータを供給できます。ここでは、複数回のトレース・アベレーシングと同じだけの再現性を得るのに、1回の測定掃引しか必要ありません。アベレーシングの量は掃引時間が決定し、掃引時間の設定は必要な再現性に応じて手動で調整できます。アナライザの高い周波数レンジ(3 GHz以上)では、プリセクタの同調時間が掃引時間全体に大きな影響を与えるため、アベレージ・ディテクタは、特に有益です。2種類の方法を比較するために、図2はMXAによる2つの測定トレースを示しています。左のトレースはトレース・アベレーシングを使用し、右のトレースはアベレージ検波を使用しています。10回のトレース・アベレーシングを行った

左のトレースは、アベレージ検波を用いた右のトレースよりも大きなノイズ・レベルの変動を示しています。このケースでは、左のトレースはさらにトレース・アベレーシングを加える必要があります。アベレージ検波を用いた測定と同じ再現性を得るにはさらに時間がかかります。トレース・アベレーシングを使用した測定は、トレースを10回アベレーシングするためにトータルで5 sの時間が必要でした。アベレージ検波を用いた測定は、500 msの1回の掃引しか必要ありませんでした。

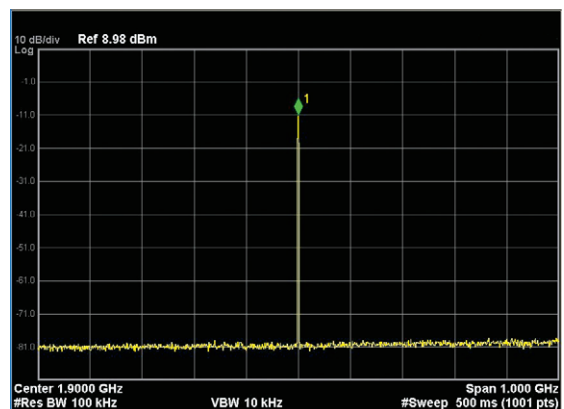
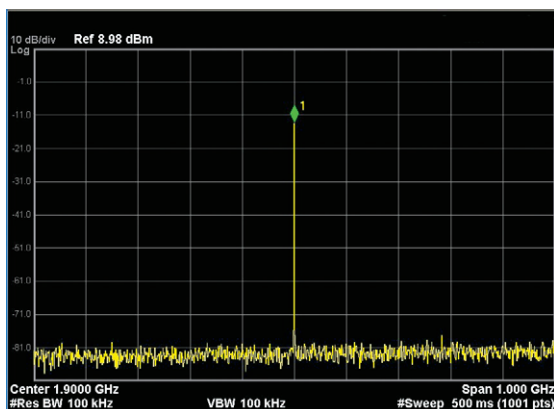


図2. トレース・アベレーシングとアベレージ検波を用いた場合の再現性の比較

フロント・パネル操作(続き)

プリセレクタの同調

最近のシグナル・アナライザの多くは、マイクロ波周波数での信号測定にプリセレクタを使用しています。プリセレクタとは同調可能なバンドパス・フィルタであり、不必要なLO高調波とイメージ応答をフィルタによって測定から除去します。広帯域の測定では、プリセレクタは測定掃引の間に中心周波数をトラッキングすることになります。プリセレクタによる広帯域の同調は、アナライザの掃引時間を高速化する上での制限要素の1つとなります。プリセレクタは、磁界によって制御される、共振同調YIG(イットリウム-鉄-ガーネット)球を使用して動作します。結合ループに同調電流を印加することにより磁界が変化して、球の共振周波数がシフトします。広い周波数レンジには印加電流の大きな変化が必要で、これがアナライザの掃引速度を制限する場合があります。周波数スパンを適切に選択し、プリセレクタの同調の必要性を少なくすれば、掃引時間が向上します。

MXAシグナル・アナライザ内のプリセレクタ・フィルタは、動作周波数に応じて40 MHz~80 MHzの帯域幅を持っています。周波数スパンを適切に選択すれば、測定速度が最適化できます。3 GHzを超えるマイクロ波周波数では、MXAは5 MHz以下の周波数スパンで最高速の掃引時間となります。この場合は、周波数スパンはプリセレクタの通過帯域内にあり、最初にフィルタを設定した後は同調の必要はありません。

5 MHz~200 MHzの周波数スパンでは、小さな同調電流しか必要ないので、掃引時間は5%増加するだけです。200 MHzを超える周波数スパンでは、プリセレクタの同調に大きな電流変化が必要なので、測定の掃引時間が制限されます。

測定速度を向上させるためにMXAが備えているユニークな機能として、「プリセレクタ・センタリング」に関する機能もあります。温度変化、経時変化、YIG材料の非線形性などが原因で、最大の振幅確度を得るためにプリセレクタの中心を同調し直さなければならない場合があります。従来は、アナライザの仕様振幅確度を得るには、ユーザがスペクトラム・アナライザにCW信号を入力し、プリセレクタの同調操作を実行する必要がありました。このプロセスは、特に広帯域の測定が必要な場合には手間のかかるものでした。これに対して、MXAには広帯域ノイズ・ジェネレータと特殊なアルゴリズムが内蔵され、簡単にプリセレクタ・センタリングが行えます [5]。

自動調整

最大の絶対振幅確度を得るために、MXAシグナル・アナライザは定期的にRF/IF/ADCサブシステムの自動調整を実行します。これらすべてのサブシステムのフル調整は、24時間おきか、3℃の温度変化が発生するごとに実行されます。RFサブシステムだけに制限された調整は、15分おきか、1.5℃の温度変化が発生するごとに実行されます。調整するサブシステムに応じて、このプロセスには3 s~18 sの時間がかかります。連続して掃引測定を行なう場合には、この自動調整機能をオフにすることができます。この場合、振幅確度が若干低下する可能性があります。また、MXAには「アラート」モードもあり、このモードでは調整が必要なことがユーザに警告されます。アラート・モードでは、ユーザがフロント・パネルから、または測定器のI/Oを介して調整コマンドを実行するまで、調整は行われません。

リモート操作

MXAシグナル・アナライザには、さまざまなI/Oインタフェースがあり、パーソナル・コンピュータ、プリンタ、ソフトウェア・プログラムとの通信が可能です。また高速の周波数同調とデータ捕捉、高速のI/Oコネクティビティにより、さまざまな測定条件に対して、高速の信号解析とデータ転送を提供します。このセクションでは、MXAをリモートから操作する場合の、測定速度とデータ転送速度の改善を中心に説明します。

I/Oの選択

MXAシグナル・アナライザは100 Base-T(高速インターネット)、USB 2.0、GPIBなどのさまざまなインタフェースを装備しています。I/Oの選択により、そのインタフェースを介したデータ転送の速度が大きく左右されます。旧型のスペクトラム・アナライザではGPIBが唯一使用可能なオプションで、多くのプログラマがGPIBを介したSCPIコマンドを使用していました。しかし、USB 2.0または100 Base-Tを使用すると、非常に高速にデータ転送が行えるようになります。

USB 2.0インタフェースは100 Base-Tよりも高速ですが、ケーブル・リピータを使わない限り、一般的にはケーブル長は5 mに制限されます。LANを介した測定器の制御が必要な場合は、100 Base-Tが適しています。ただし、MXAを会社の企業LANに接続する場合は、LAN上に過大なトラフィックがあると実際のI/O速度が低下することもあるので注意が必要です。そのようなケースでは、アナライザの制御とデータ捕捉のためのプライベートLANを構築したほうが良いでしょう。

リモート操作 (続き)

ループでの周波数のプログラミング

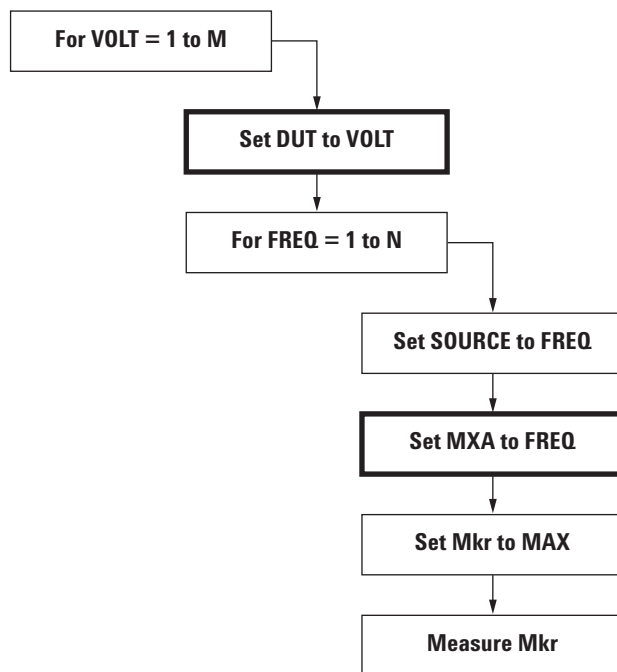
このセクションではMXAの速度よりも、制御ソフトウェアのプログラム・フローを適切に構成する方法について説明します。どの測定機能や設定機能に最も時間がかかるかを理解して、プログラム・ループを少し構成し直すだけで、制御/捕捉ソフトウェアの実行速度を大幅に向上させられます。前のセクションで示したように、アナライザの中心周波数を再同調することなしにデータを転送すれば、速度の向上に有利です。被試験デバイス (DUT) の異なるステートに対してスペクトラム測定を行う場合は、外側のプログラミング・ループは遅い動作で構成し、内側

のプログラミング・ループには速い動作を含めます。このようにすると、全体的なテスト速度を改善できます。

例として、図3は、いくつかの電圧条件および動作周波数でのピーク・マーカ値を測定するための、2種類のフロー図を示しています。この例では、DUTの電圧設定を変更するのにかかる時間は、アナライザの中心周波数の同調よりも速いと仮定しています。左側のフロー図は、アナライザの中心周波数はM×N個の同調動作が必要になるので、遅い測定プロセスとなります。この例では、アナライザの同調を外側のループに置くようにループを構成し直すと測定速度を改善できます。図3の右側のフロー

図は、アナライザはN回の同調動作しか必要ないので、より高速な測定プロセスとなっています。

遅いプロセス



速いプロセス

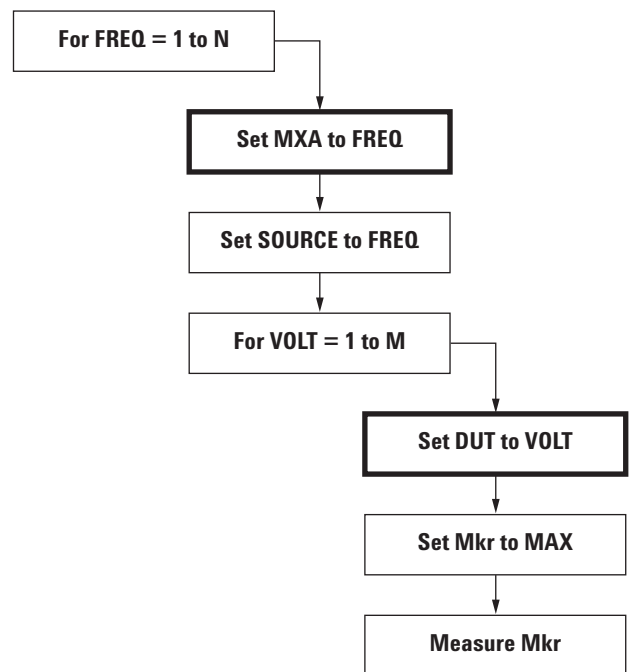


図3. デバイス/測定器制御をループする2種類のアプローチを示したプログラム・フロー図

リモート操作(続き)

最適なトレース・ポイント数

「同時複数検波／トレース表示」のセクションで説明したように、MXAでは1~20,001個のトレース・ポイントを設定できます。選択したトレース・ポイント数が測定に必要な最低のポイント数であれば、I/Oインタフェースを介したデータ転送の速度を最大にすることができます。例えば、テスト条件が72個の等間隔チャンネルのパワー測定の場合は、MXAは72トレース・ポイントに設定するべきです。この場合は、I/Oを介したデータ転送は、測定器をデフォルト設定の1001ポイントのままにするよりも、72ポイントを使用した方がずっと高速な結果が得られます

マーカ検索

従来、マーカ検索機能は時間のかかる動作であり、外部PCに全トレース・データをダウンロードして検索を行った方が効率的な場合が多くありました。これに対して、MXAマーカによるピーク検索の速さは、I/Oかフロント・パネル操作かにかかわらず5 ms以下です。MXAは高速のマーカ検索機能を備えているので、検索を終了した後でマーカ値のみをダウンロードする方が効率的になりました。

リモート操作(続き)

リスト掃引モード

MXAには高度な局部発振器(LO)が内蔵され、リスト掃引モードと呼ばれる高速の周波数同調が行えます。このモードでは、一連のプログラミング・コマンドを使用して必要な周波数のリストをMXAにプリロードします。リスト掃引では、標準的なゼロ・スパン同調に比べて、2倍速い測定速度が得られます。リモート・プログラムが制御する従来のスペクトラム・アナライザでは、アナライザの中心周波数を調整するために、個々の周波数コマンドが必要でした。このようなプロセスでは、多くの場合、アナライザのいくつかのハー

ドウェア・サブシステムを部分的なプリセットにする必要があります、これがかなり時間を消費していました。MXAのリスト掃引モードを使用すれば、完全な周波数リストがアナライザのメモリにダウンロードされ、LOとその関連ハードウェアにはリスト内の次の周波数に必要なステートがプリロードされます。例えば、従来のゼロ・スパン同調シーケンスを使って124個のGSMチャンネルの信号パワーを測定する場合は、トータルの測定時間は約1.5 sかかります。同じ測定をリスト掃引モードを使って行えば、測定時間をほとんどその半分の0.8 sに短縮できます。

図4は、MXAをリスト掃引モードに設定するための、プログラミング・コードの一部を示したものです。この例では、測定のための周波数が、アナライザのメモリにロードされています。

```
CAL:AUTO OFF
INST:SEL SA
INIT:CONT OFF
LIST:FREQ 890.2 MHz, 890.4 MHz, 890.6 MHz, 890.8 MHz, 891.0 MHz, 891.2 MHz, 891.4 MHz, 891.6 MHz, 891.8 MHz, 892.0 MHz
LIST:ATT 10dB
LIST:BAND:RES:TYPE FLAT
LIST:BAND:RES 300 kHz
LIST:BAND:VID 3 MHz
LIST:SWE:TIME 600 us
LIST:DET RMS
LIST:TRIG:SOURce IMM
:SENSe:SWEep:TYPE:AUTO:RULes SPEed
READ:LIST?
```

図4. リスト掃引モードのためのプログラム例

リモート操作(続き)

ディスプレイのオフ

MXAに限らず多くのスペクトラム・アナライザに対して、測定速度を向上させる最も基本的な操作は、測定器のディスプレイをオフにすることです。リモート操作では、一般にディスプレイをオンにして測定器を動作させる必要はありません。ディスプレイをオフにすれば、測定捕捉ごとに画面を更新する必要がないため、MXAの動作は約20%高速になります。ディスプレイをオフにするためのSCPIコマンドは、**DISPlay:ENABLE OFF**です。コマンド**DISPlay:ENABLE ON**を使用すると、ディスプレイはいつでもオンにできます。たとえば、W-CDMA信号の高速ACPモードを測定する場合に、測定およびデータ転送は、ディスプレイがオンのときに比べて、ディスプレイをオフにしたときは20%高速になります。

バイナリ・フォーマットとASCIIフォーマット

バイナリ・フォーマットのデータ転送は、ASCIIフォーマットの場合よりかなり高速です。バイナリ・フォーマットのタイプには、**INTEGER32**、**REAL32**、**REAL64**の3種類があります。MXAでは、**INTEGER32**または**REAL32**を使用したときに最も速いデータ転送が行えます。測定データを**REAL64**フォーマットで転送すると、**INTEGER32**および**REAL32**の場合に比べて2倍の時間がかかります。ソフトウェア・プログラマにとって、一般にバイナリ・フォーマットよりもASCIIフォーマットでプログラミングするほうが簡単ですが、ASCIIフォーマットを使用したときの転送速度は、**INTEGER32/REAL32**を使用した場合よりも5倍遅くなります。

参考文献

- [1] Agilent Application Note 150、スペクトラム解析の基礎、カタログ番号5952-0292JAJP
- [2] Agilent Application Note 1286-1 "スペクトラム・アナライザ測定を成功させる8つのヒント" カタログ番号5965-7009J
- [3] Agilent Application Note 303 "Spectrum Analyzer Measurements and Noise" カタログ番号5966-4008E
- [4] Agilent Application Note "PSAシリーズ：掃引解析とFFT解析" カタログ番号5980-3081JA
- [5] Agilent Application Note "Achieving Amplitude Accuracy in Microwave Spectrum Analyzers" カタログ番号5989-4946EN

関連カタログ

タイトル	カタログ・タイプ	カタログ番号
<i>MXA Signal Analyzer</i>	Brochure	5989-5047EN
<i>MXA Signal Analyzer</i>	Photo Card	5989-4049EN
<i>MXA Signal Analyzer</i>	Data Sheet	5989-4942EN
<i>MXA Signal Analyzer</i>	Configuration Guide	5989-4943EN

製品Webサイト

アプリケーションと製品に関する最新の詳細な情報は、製品のWebサイトをご覧ください。

www.agilent.co.jp/find/mxa

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。
ご注文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

Windows® はMicrosoft Corporationの米国登録商標です。



October 23, 2006
5989-4947JAJP
0000-00DEP