

R&S FSW を使用した マルチスタンダード 無線基地局の効率的な 測定 アプリケーションノート

製品：

| R&S®FSW

このアプリケーションノートでは R&S FSW マルチスタンダード無線アナライザを紹介するとともに、この機能を使用してマルチスタンダード無線送信機の測定を行う方法を説明します。R&S FSW は、異なる規格の携帯電話信号が混在することによる相互の影響を明らかにして、その根本原因を特定します。ここでは、3つの無線アクセス技術（GSM/WCDMA/LTE FDD）の信号が混在する基地局を例にして、それらの信号間の影響を容易に明らかにできることを示します。R&S FSW は、広い帯域幅と多様な機能を備えたマルチスタンダード無線アナライザを1台にまとめた、トラブルシューティングに最適な測定器です。

目次

1	はじめに.....	3
2	R&S FSWのマルチスタンダード無線アナライザ.....	4
3	R&S FSWを使用したMSR基地局の トラブルシューティング.....	5
4	MSRAモードのその他の機能.....	13
5	参考文献.....	15
6	オーダー情報	16

1 はじめに

マルチスタンダード無線送信機を扱う RF 技術者は、困難な問題を抱えています。さまざまな無線アクセス技術 (Radio Access Technologies : RAT) で使われる複雑な信号は、共通のハードウェアを使用して生成、送信されます。送信機、特に出力アンプには、電力効率が良いこと、そしてできるだけ小さい DC 電力消費で高い RF 出力を得られることが求められます。また、その一方で、GSM や TD-SCDMA のように高い ON/OFF パワー比の TDMA 信号を送信したり、3GPP WCDMA で使われる CDMA 信号や、LTE で使われる OFDM 信号を同時に送信したりする必要があります。これらの信号それぞれがすでに難しい要素を含んでいますが、これらの信号を共通の信号経路で送信する場合は、解決すべき課題がさらに多くなります。それぞれの信号の RAT 特性の低下を防ぐためには、これらの信号が互いに干渉しないようにしなければなりません。

このように異なる信号を組み合わせる場合は、異なる信号同士の相互動作によって生じる問題を解析して特定することのできる、先進的な測定器が必要です。

このアプリケーションノートでは、R&S FSW シグナル・スペクトラム・アナライザとマルチスタンダード無線アナライザ (MSRA) を紹介し、MSRA とマルチビュー機能の違いを説明します (後者もマルチスタンダード無線アナライザと呼ばれることがあります)。ここでは実際的な例に基づき、信号源 (R&S SMU または R&S SMBV) によっていくつかの問題を含むマルチスタンダード無線信号を生成し、この信号を使用して R&S FSW の動作を示します。

これにより、R&S FSW を使用することでいかに容易に問題を発見できるかを理解することができます。

その他、R&S FSW の MSRA を使用したロング・シーケンスの取り扱いや測定速度の向上など、いくつかの追加的な機能についても説明します。

2 R&S FSW のマルチスタンダード無線アナライザ

マルチスタンダード無線アナライザ（MSRA）は R&S FSW の標準機能で、160 MHz までの周波数帯域内でさまざまな信号を解析することができます。また、R&S FSW は周波数帯域内のすべての信号を 1 回の測定でキャプチャします。MSRA は、キャプチャした帯域内の個々のチャンネルに対して、GSM（FSW-K10）、3GPP WCDMA（FSW-K72）、cdma2000（FSW-K82）、LTE（FSW-K100/104）などの適切な解析機能を適用して復調し、測定することができます。MSRA はこのようにして、たとえば特定シンボルにおける高い EVM 値のような 1 つの信号内のイベントに着目したり、同じ時点における MSRA チャンネル内の他の信号を評価してその発生源を考察したりすることによって、それぞれの信号を相互に関連付けることができます。

図 1 は、2 つの WCDMA 信号と 2 つの GSM 信号で構成され、合計帯域幅 16 MHz のマルチスタンダード無線信号のシナリオを示したものです。

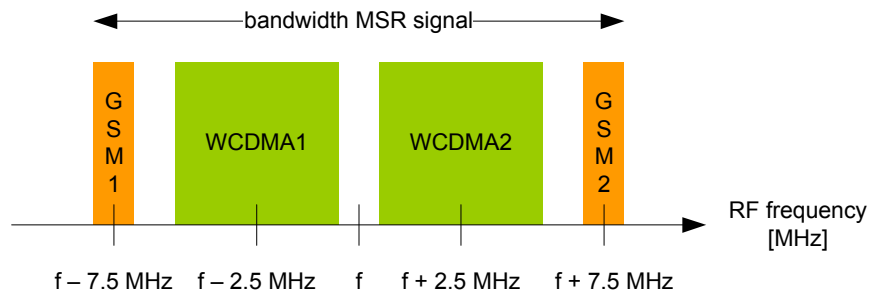


図 1：2 つの GSM 搬送波と 2 つの WCDMA 搬送波で構成される信号の例

R&S FSW は 1 回の測定で 16 MHz 全体の情報をすべてキャプチャし、その後、設定されたチャンネル・パラメータに従って信号にフィルタをかけ、再度サンプリングを行います。次いで、それぞれの信号に対して個々に測定アプリケーションを適用します。各信号の測定結果は、R&S FSW スクリーン上の別々のウィンドウに表示されます。

異なるチャンネルでの測定の元となるのは共通する 1 つのデータセットなので、異なるチャンネルを時間的に関連付けることができます。また、R&S FSW は最大で 200 メガサンプルの信号データをキャプチャできる大容量のメモリを搭載しており、稀に発生するイベントを捉える確率が高くなっています。

R&S FSW のマルチビューとシーケンサ・モード

マルチスタンダード無線信号を評価するためのもう 1 つの方法は、異なる信号を順番に測定することです。この方法を用いる測定器もマルチスタンダード無線アナライザと呼ばれることがあり、この方法でも、異なる送信信号のすべての測定結果を得ることが可能です。また、R&S FSW も、そのマルチビュー機能によって同時にすべての試験結果を表示することができます。

上に挙げた方法との違いは、異なる送信信号間で相互に時間的な関連付けを行うことができず、異なる信号間の影響を特定することが困難か、あるいはまったく不可能なことです。後者の方法の利点は、1 台のアナライザで、その最大解析帯域幅よりも広い帯域幅の信号についても測定を行うことができるという点です。しかし、160 MHz の解析帯域幅を備えた R&S FSW であれば、今日の携帯電話用送信基地局が使用する帯域幅をカバーしています。

3 R&S FSW を使用した MSR 基地局のトラブルシューティング

MSR 基地局は、ある国や地域で使用する RAT を 1 台の送信機で送信します。たとえば、ヨーロッパでは GSM、3GPP WCDMA、および LTE が組み合わされることが多く、この場合は通常、そのオペレータが持つ帯域幅の端に GSM 信号が置かれ、3GPP WCDMA 信号と LTE 信号はその間に置かれます。その他の地域では、使われている無線アクセス技術によって構成が異なります。

R&S FSW でマルチスタンダード無線信号の測定を行うには、適切な中心周波数、レベル、および解析帯域幅で MSRA モードを使用し、送信信号を完全にキャプチャすることから始まります。以下に示す測定例は、MSR 信号の測定手順を示したものです。ここでは、特定シンボルにおける WCDMA 搬送波に EVM グリッチがある信号を使用しますが、この信号は R&S のシグナル・ジェネレータによって生成します。実際の信号は、たとえばベースバンド・セクションや出力アンプ内など、基地局が使用する送信機の任意の段で測定することができます。従来の方ではこの種のグリッチの原因を見つけるのは難しく、時間もかかりました。この例では、R&S FSW の MSRA を使用して、この作業をいかに簡単に行うことができるかを示します。

R&S SMU ジェネレータまたは R&S SMBV ジェネレータは、ARB ファイルを使用して、2 つの GSM 信号、1 つの 3GPP WCDMA 信号、および 1 つの LTE 信号の組み合わせで信号を生成するように設定されています。

測定セットアップ

測定は、以下の測定器とアクセサリを使用して行います。

- R&S FSW (R&S FSW-K72 3GPP FDD BTS 測定と R&S FSW-K10 GSM 測定 必要)
- ベクトル・シグナル・ジェネレータ：
R&S SMU (R&S SMU-K240 デジタル規格 GSM/EDGE、SMU-K242 デジタル規格 3GPP FDD、SMU-K255 デジタル規格 EUTRA 必要)
または
R&S SMBV (R&S SMBV-K240 デジタル規格 GSM/EDGE、SMBV-K242 デジタル規格 3GPP FDD、SMBV-K255 デジタル規格 EUTRA 必要)
(この例では、ベクトル・シグナル・ジェネレータを SMx と表記します)
- 同軸ケーブル 1 本、50Ω、N コネクタ
- 同軸ケーブル 1 本、50Ω、BNC コネクタ

測定器のセットアップ方法

1. SMU または SMBV の「RF output」(RF 出力)を R&S FSW の RF INPUT (RF 入力) コネクタに接続します。
2. SMU または SMBV の「Marker1」(マーカ 1)を R&S FSW のフロント・パネルにある TRIGGER INPUT (トリガ入力) コネクタに接続します。

注：

MSRA では必ずしもトリガを使用する必要はありませんが、このアプリケーションノートではタイミングを明確にするために使用しています。トリガを使用しない場合、このアプリケーションノート内に示すタイミング値はすべて異なったものとなります。

準備

このデモ用途に使用するマルチスタンダード無線信号を含む波形は、R&S FSW のハードドライブの以下のパスに置かれています。

C:\R_S\Instr\user\Waveforms\MSRA_GSM_WCDMA_LTE_GSM.wv

同じフォルダにある Readme.txt ファイルには、この信号に関する解説が記載されています。

波形ファイルには、3 種類の異なる無線アクセス技術を使用する 4 つのキャリアを含む信号が収められています（下の表を参照）。

周波数	RAT	信号の内容
994.9 MHz	GSM	ノーマル・バースト、スロット 2、TSC2、ランプ時間 0.2 シンボル、4 フレーム
997.5 MHz	WCDMA	Test Model1_64 Channels、1 フレーム
1002.5 MHz	LTE FDD	Test Model 1_1_5 MHz、4 フレーム
1005.1 MHz	GSM	ノーマル・バースト、スロット 2、TSC2、ランプ時間 0.2 シンボル、4 フレーム

▶ USB メモリを使用して R&S FSW からファイルをコピーします

R&S SMU または SMBV の設定

1. PRESET（プリセット）キーを押して測定器をリセットします。
2. 周波数を 1 GHz に設定します。
3. 出力レベルを 0 dBm に設定します。
4. RF をオンにします。
5. DIAGRAM（ダイアグラム）キーを押して「Load Waveform」（波形をロード）を選択し、USB メモリから MSRA_GSM_WCDMA_LTE_GSM.wv の信号データをロードします。
6. 「Trigger/Marker」（トリガ/マーカ）メニューを選択して「Marker1」（マーカ 1）を「Restart」（リスタート）に設定し、ESC キーを押してダイアログ・ボックスを閉じます。
7. 「State」（状態）ボタンを「ON」に切り替え、波形をアクティブにします。

R&S FSW の設定

1. R&S FSW の PRESET (プリセット) キーを押します。
 2. MODE (モード) キーを押して、「Multi-Standard Radio Analyzer」 (マルチスタンダード無線アナライザ) タブを選択します。
MSRA モードの開始を確認するメッセージが表示されたら、確認してモードを変更します。
 3. 「Center Frequency」 (中心周波数) を 1 GHz に設定します。
 4. 基準レベルを 10 dBm に設定します。
 5. TRIG (トリガ) キーを押して「External Trigger 1」 (外部トリガ 1) を選択し、SMU または SMBV の外部トリガを使用します。
 6. MEAS CONFIG (測定構成) キーを押して「Data Acquisition」 (データ収集) を選択し、「Analysis Bandwidth」 (解析帯域幅) を 16 MHz に変更します。
- R&S FSW はデフォルトで連続スイープ・モードに設定されているので、トリガ・イベントごとにデータ収集が開始されます。MSRA Master (MSRA マスタ) タブには、マルチスタンダード送信信号のスペクトラムが表示されます (図 2 参照)。

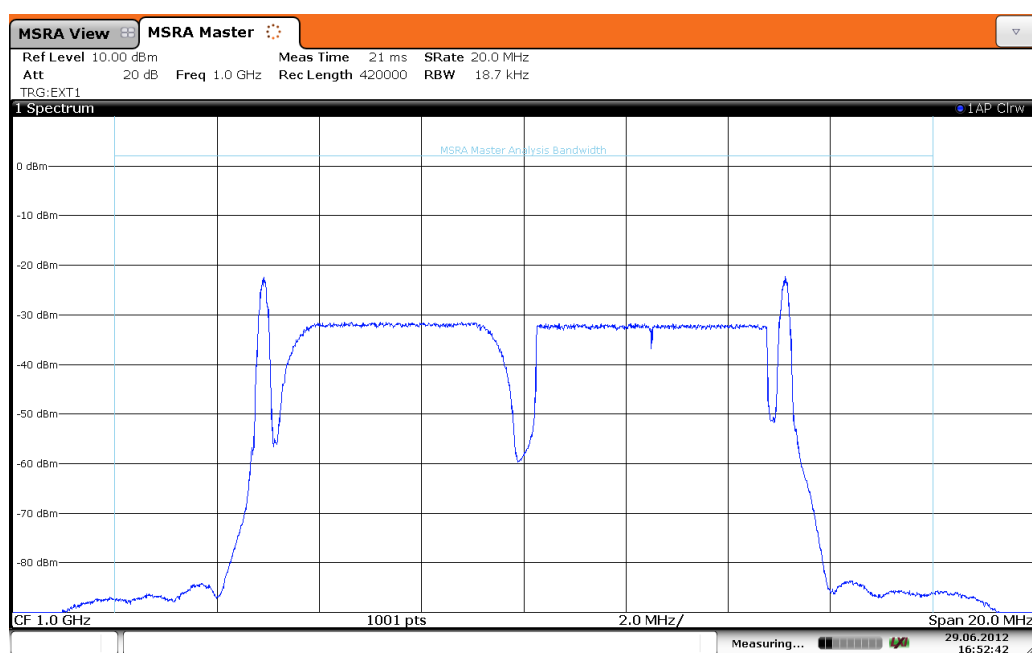


図 2 : GSM/WCDMA/LTE/GSM 搬送波を示す MSRA モードのスペクトラム表示

994.9 MHz における GSM 信号の解析方法

GSM 信号を解析するために GSM 測定チャンネルをアクティブにします。

1. MODE (モード) キーを押して「GSM」ボタンを選択します。
2. 中心周波数を 994.9 MHz に設定します。
3. ジェネレータによって生成された信号 (GSM、スロット 2 がアクティブ) に合わせて GSM スロット設定を調整します。

MEAS CONFIG (測定構成) キーを押して「Slot Scope」(スロット範囲) ソフトキーを選択し、「Slot to measure」(測定するスロット) を 2 番に設定します。「Slot tab」(スロットタブ) に変更して「Slot 0」(スロット 0) を「Off」に、「Slot 2」(スロット 2) を「On」に設定します。

4. これはマルチ搬送波のシナリオなので、マルチ搬送波フィルタを適用する必要があります。MEAS CONFIG (測定構成) キーを押して「Meas Settings」(測定設定) ソフトキーを選択し、「Multi Carrier BTS」(マルチ搬送波 BTS) トグルスイッチを「On」にします。

5. ジェネレータからの信号シーケンスの長さは限定されているので、解析するデータの量を減らします。

SWEEP (スイープ) キーを押し、「Capture Time」(キャプチャ時間) ソフトキーを選択して値を 10 ms に設定してから、「Statistic Count」(統計カウント) キーを選択して値を 1 に設定します。

GSM 測定アプリケーションは、994.9 MHz の最初の搬送波について、MSRA Master (MSRA マスタ) によってキャプチャされたデータの一部を抽出します。キャプチャされたデータのスペクトラムのうち GSM 測定アプリケーションが解析する部分は、MSRA Master (MSRA マスタ) ウィンドウ上において、シアン色の垂直線でマークされます (図 3 の一番上のウィンドウを参照)。

WCDMA 信号の解析方法

WCDMA 信号を解析するために、3GPP FDD WCDMA 測定チャンネルを有効にします。

1. MODE (モード) キーを押して「3GPP FDD BTS」ボタンを選択します。
2. 中心周波数を 997.5 MHz に設定します。

R&S FSW は、3GPP WCDMA チャンネルでの測定のために、MSRA Master (MSRA マスタ) によってキャプチャしたデータのセットを 3GPP FDD BTS アプリケーションに入力します。

3. スクリーン最上部にキャプチャデータのスペクトルを表示し、測定された GSM および 3GPP WCDMA 信号をその下に同時に表示するには、「MSRA View」(MSRA ビュー) タブを選択します。

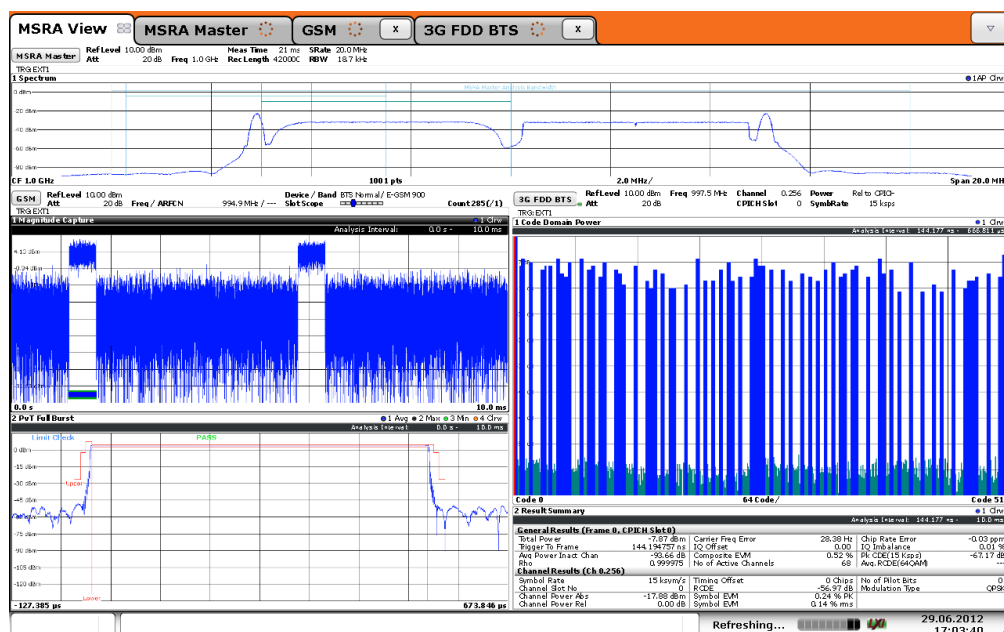


図 3 : GSM および 3GPP FDD BTS アプリケーションの MSRA View (MSRA ビュー)

4. 3GPP WCDMA の結果を表示するには、「3GPP FDD BTS」タブをタップします。
5. WCDMA バーストの複合 EVM を表示します。
 - a. MEAS CONFIG (測定構成) キーを押して、「Display Config」 (表示構成) ソフトキーを選択します。
 - b. 「Composite EVM」 (複合 EVM) というボタンが表示されるまで結果表示ボタンをスクロールさせ、そのボタンをディスプレイの図表エリアまでドラッグします。「Code Domain Power」 (コード・ドメイン・パワー) という表示が「Composite EVM」 (複合 EVM) という表示に変わります。
 - c. 結果表示リストの一番上にある赤い十字をタップして、SmartGrid (スマートグリッド) モードを終了します。
6. 図表ディスプレイのスケールを最適化するには、AUTO SET (自動設定) キーを押して「Auto Scale Window」 (ウィンドウに合わせて自動スケール) を選択します (図 4 参照)。

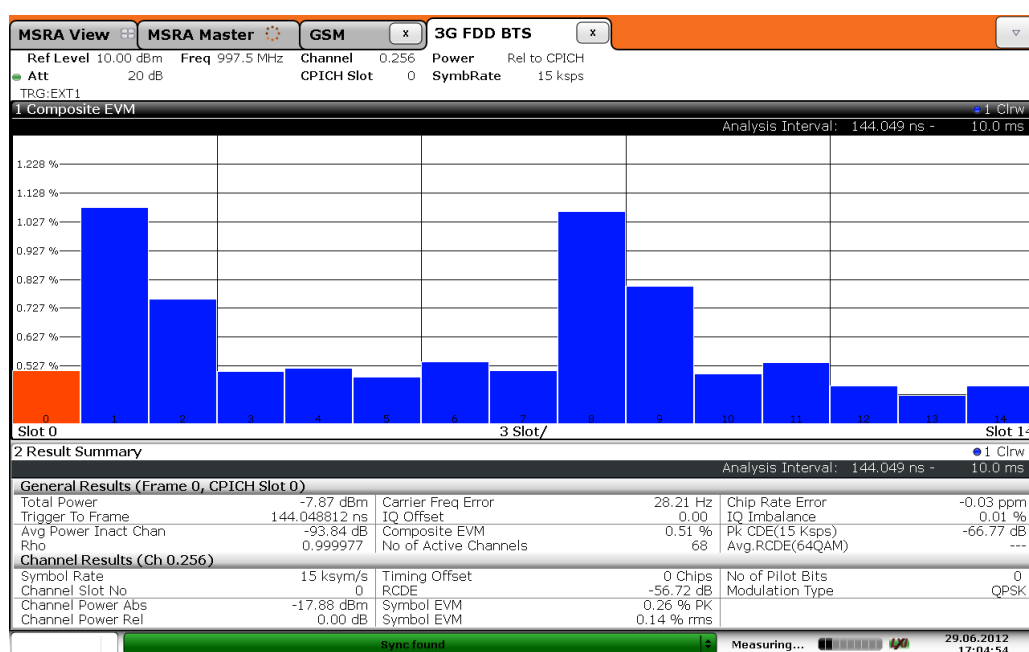


図 4 : WCDMA 信号の複合 EVM 表示

スロット 1、2、8、および 9 は、他のスロットよりもかなり高い EVM 値を示しています。

7. これらのスロットにおけるチップ EVM を解析します。
 - a. MEAS CONFIG (測定構成) キーを押して、「Display Config」 (表示構成) ソフトキーを選択します。
 - b. 「EVM vs Chip」 (EVM とチップ) ボタンを「Composite EVM」 (複合 EVM) ディスプレイの下にある「Result Summary」 (結果の概要) にドラッグして、表示を変更します。
 - c. 結果表示リストの一番上にある赤い十字をタップして、SmartGrid (スマートグリッド) を終了します。
 スロット 0 の EVM とチップが表示されます。

8. EVM 値が高いスロット 1 の状態を詳しく観察します。
 - a. 「Evaluation Range」 (評価範囲) ソフトキーを選択して「Slot」 (スロット) を 1 に設定すると、Composite EVM (複合 EVM) ディスプレイ上のスロット 1 が赤でハイライト表示されます。
 - b. 「EVM vs Chip」 (EVM とチップ) ウィンドウをタップして、フォーカスを移動します。スロット 1 の個々のチップの EVM が表示されます。ウィンドウのタイトルバーに表示された解析間隔は、「EVM vs Chip」 ウィンドウに表示された結果が 666.8 μ s から 1.333 ms (キャプチャされた I/Q データの絶対時間を表す) までの間にキャプチャされたことを示しています。
 - c. PEAK SEARCH (ピーク検索) キーを押して、スロット 1 で EVM 値が最も大きいチップ上にマーカ 1 を置きます。

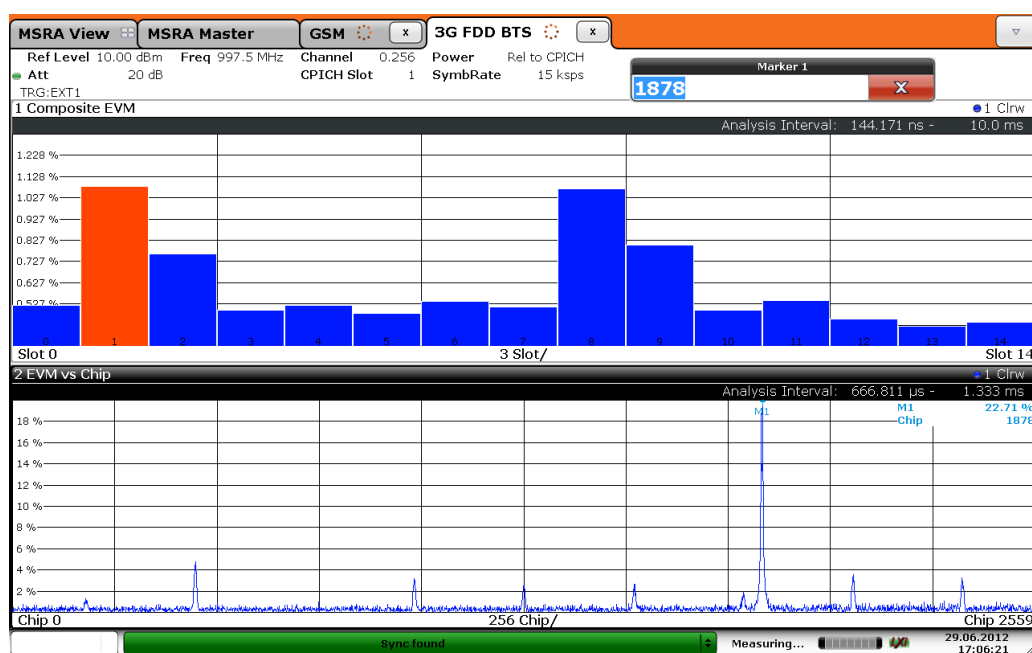


図5: WCDMA スロット中で EVM 値が最も大きいチップを特定

マーカ 1 は、チップ番号 1878 の EVM が最大値であることを示しています。WCDMA 信号の各スロットは長さ 667 μ s であり、2560 個のチップから構成されているので、「EVM vs Chip」 (EVM とチップ) 結果ディスプレイの解析間隔は、このエラーが 666.8 μ s と 1.33 ms の間で発生したことを示しています。グリッチ発生時の絶対時間は次式で計算されます。
 $666.8 \mu\text{s} (\text{解析間隔の開始時点}) + 1878/2560 * 667 \mu\text{s} = 1.156 \text{ ms}$

MSR 信号における時間的な関連付け

以上で特定のエラーが発生する絶対時間が分かったので、MSRA を使用して、他の搬送波内で同時に発生している関連イベントを特定することができます。994.9 MHz における GSM 信号を解析することから調査を進めます。

1. 「GSM」タブを選択します。
2. 「Magnitude Capture」(振幅キャプチャ)と表示されたグラフをダブルクリックして、フルスクリーン表示にします。
3. MKR (マーカ)キーを押して、マーカ 1 を 1.156 ms に設定します (1.1559 ms にある次の有効サンプルに丸められます)。

注:

将来のファームウェア・バージョンでは、表示ラインを通じて、異なる測定アプリケーション間の時間的相関関係を表示できるようになる予定です。

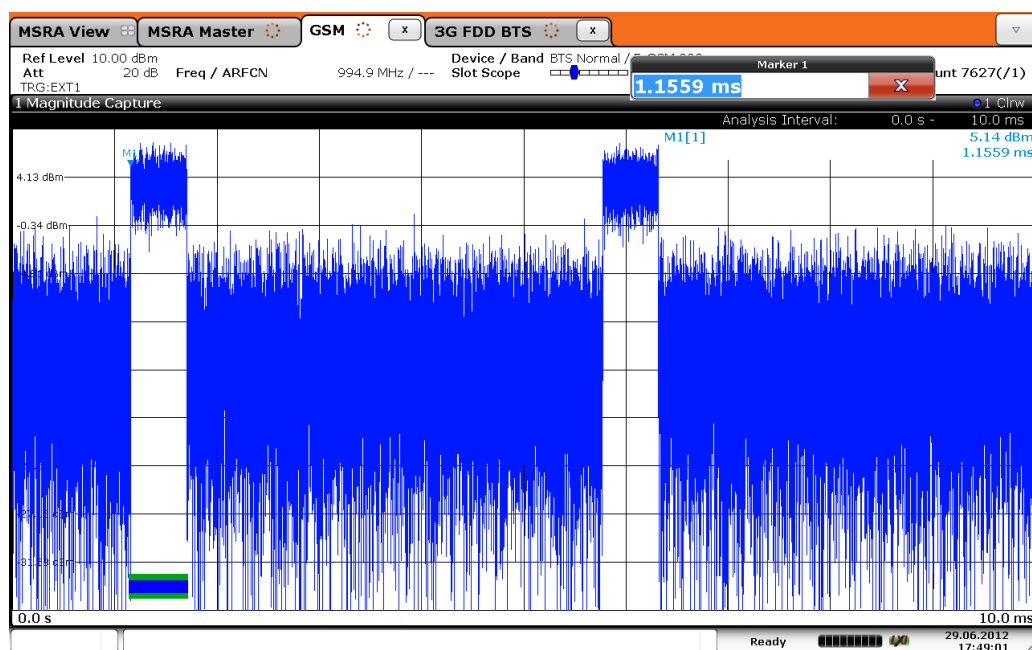


図 6 : GSM パーストに関するイベントの時間的な関連付け : 信号の立ち上がりエッジ

マーカ位置を見ると、GSM 信号の立ち上がりパーストは、WCDMA シンボルの EVM が高い値になったときに発生していることが分かります。

測定例に関する結論

R&S FSW の MSRA モードでは、I/Q データの共通セットに基づいて解析を実施するので、異なる搬送波間における相互の影響を簡単に明らかにすることができます。MSRA View (MSRA ビュー) には、キャプチャされたデータと特定アプリケーションの結果が 1 つのスクリーン上に並べて表示されるので、このビューでは特に解析が容易です (図 7 参照)。

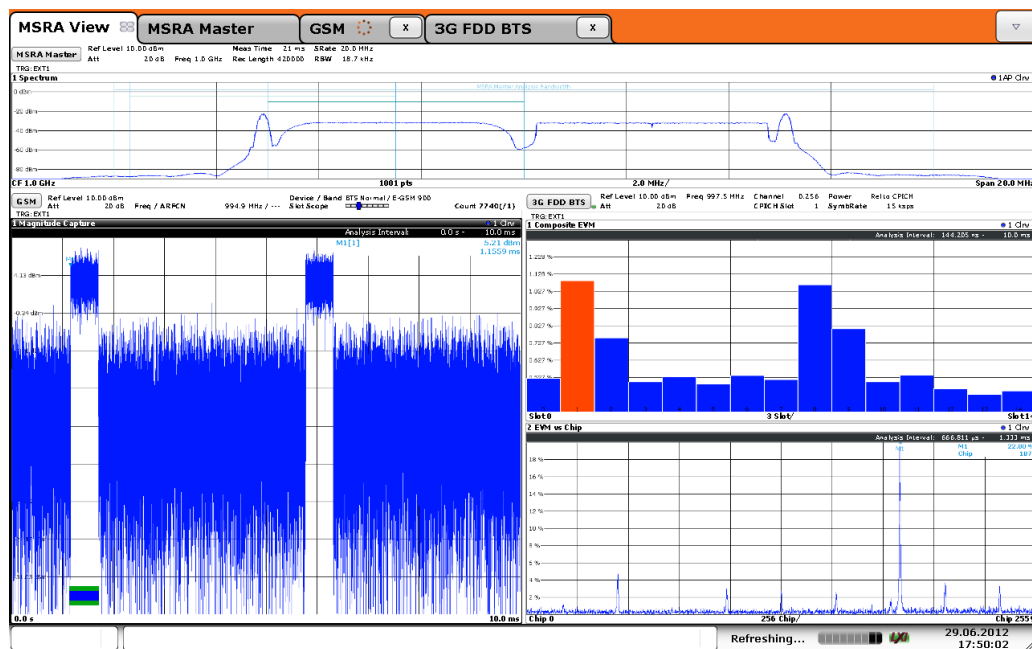


図 7 : 時間的な関連付けを行った MSR 信号の MSRA ビュー

4 MSRA モードのその他の機能

ロング・データ・シーケンスのキャプチャと解析

R&S FSW MSRA は、非常に長い信号シーケンスをキャプチャすることができます（最大 200 メガサンプル）。特定の領域を調査するために、MSRA 内の各測定アプリケーションは「Capture Offset」（キャプチャ・オフセット）の設定をサポートしています（TRIG（トリガ）メニューまたは「Data Acquisition」（データ収集）／「Signal Capture」（信号キャプチャ）ダイアログ・ボックスを参照）。

「MSRA Master」（MSRA マスタ）タブの「Magnitude」（振幅）結果ディスプレイ内にあるシアン色の垂直線は、各アプリケーションが信号データのどの時間間隔を解析するのかを示します。

この例では、40 ms がキャプチャされています。GSM アプリケーションは 16 ms（4.0 ms/div で 4 目盛り）のキャプチャ・オフセットで解析を開始し、3GPP FDD BTS アプリケーションは 20 ms（5 目盛り）のキャプチャ・オフセットで解析を開始します（図 8 参照）。

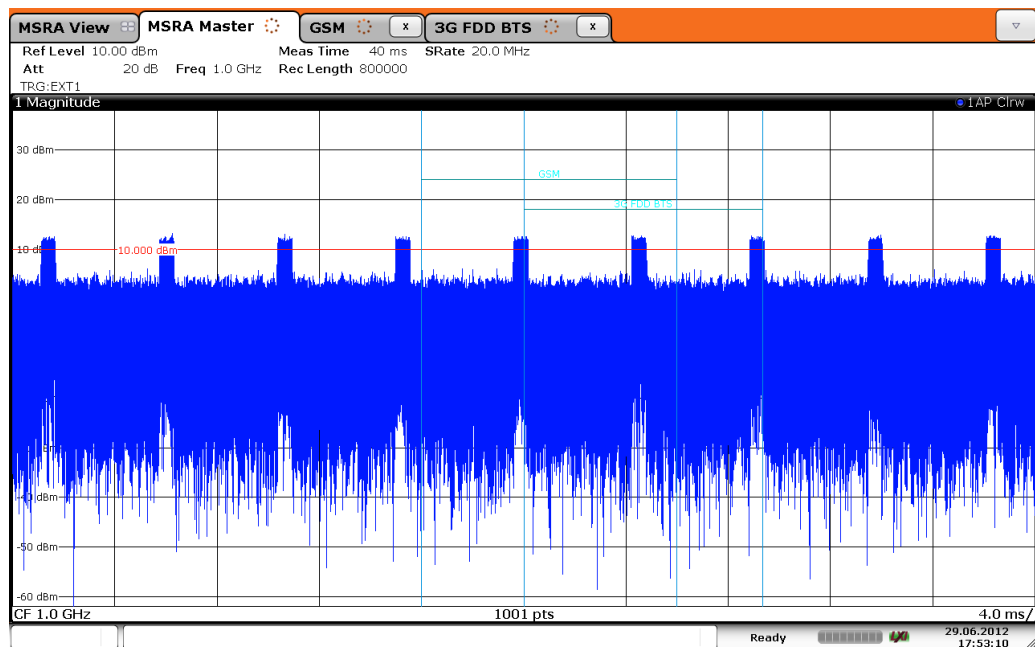


図 8 : アプリケーションが使用した I/Q データを MSRA Master (MSRA マスタ) の振幅ビューにシアン色の線で表示 (横軸は時間)

R&S FSW の信号解析中に基地局の設定変更を実施

MSR 基地局からの複雑な信号を解析するようなテスト手順を想定します。この作業に要する総試験時間は、シグナル・アナライザの速度だけではなく、適切な試験シナリオをセットアップするために基地局が必要とする時間にも左右されます。

通常、それらの試験シナリオは、リモート制御プログラムによって実行されます。このような場面に対応するために、マルチスタンダード無線アナライザはユニークな機能をサポートしています。

STAT:OPER レジスタのステータス・ビット#9 (MSRA のキャプチャ完了) は、I/Q データのキャプチャが完了するとセットされます。データが使用可能になると、別の MSRA 測定アプリケーションによる新たな解析が開始されます。重要なポイントは、これらの解析ステップの間はキャプチャされた I/Q データが変更されないということです。ロング・シーケンスを解析するためにキャプチャ・オフセットが変更された場合でも、保存された I/Q データは同じままです。

したがって、このステータス・ビットは、次の試験ステップに備えて基地局の設定変更を開始するために使用できます。このように、基地局のセットアップは R&S FSW 内での解析と並行して行うことができるため貴重な試験時間を短縮することができます。

5 参考文献

- [1] ローデ・シュワルツのアプリケーションノート : Measuring Multi-Standard Radio Base Stations 1MA198

6 オーダー情報

品名	型番	オーダー番号
シグナル・スペクトラム・アナライザ	R&S@FSW8	1312.8000.08
シグナル・スペクトラム・アナライザ	R&S@FSW13	1312.8000.13
シグナル・スペクトラム・アナライザ	R&S@FSW26	1312.8000.26
AM/FM/φM のアナログ変調解析	R&S@FSW-K7	1313.1339.02
GSM/EDGE/EDGE Evo/VAMOS 測定	R&S@FSW-K10	1313.1368.02
ベクトル信号解析	R&S@FSW-K70	1313.1416.02
HSPA+を含む 3GPP FDD 基地局信号の解析	R&S@FSW-K72	1313.1422.02
CDMA2000@ BS 測定	R&S@FSW-K82	1313.1468.02
1xEV-DO BS 測定	R&S@FSW-K84	1313.1480.02
EUTRA/LTE FDD ダウンリンク測定	R&S@FSW-K100	1313.1545.02
EUTRA/LTE TDD ダウンリンク測定	R&S@FSW-K104	1313.1574.02

ローデ・シュワルツについて

ローデ・シュワルツ・グループ（本社：ドイツ・ミュンヘン）は、エレクトロニクス分野に特化し、電子計測、放送、無線通信の監視・探知および高品質な通信システムなどで世界をリードしています。

75年以上前に創業し、世界70カ国以上で販売と保守・修理を展開している会社です。

ローデ・シュワルツ・ジャパン株式会社

本社／東京オフィス

〒160-0023 東京都新宿区西新宿 7-20-1

住友不動産西新宿ビル 27 階

TEL:03-5925-1288/1287 FAX:03-5925-1290/1285

神奈川オフィス

〒222-0033 神奈川県横浜市港北区新横浜 2-8-12

Attend on Tower 16 階

TEL:045-477-3570 (代) FAX:045-471-7678

大阪オフィス

〒564-0063 大阪府吹田市江坂町 1-23-20

TEK 第2ビル 8 階

TEL:06-6310-9651 (代) FAX:06-6330-9651

サービスセンター

〒330-0075 埼玉県さいたま市浦和区針ヶ谷 4-2-11

さくら浦和ビル 4 階

TEL:048-829-8061 FAX:048-822-3156

E-mail: info.rsjp@rohde-schwarz.com

<http://www.rohde-schwarz.co.jp/>

Certified Quality System
ISO 9001
DQS REG. NO 1954 QM

Certified Environmental System
ISO 14001
DQS REG. NO 1954 UM

このアプリケーションノートと付属のプログラムは、ローデ・シュワルツのウェブサイトのダウンロード・エリアに記載されている諸条件に従ってのみ使用することができます。

掲載されている記事・図表などの無断転載を禁止します。

おことわりなしに掲載内容の一部を変更させていただくことがあります。あらかじめご了承ください。

ローデ・シュワルツ・ジャパン株式会社

〒160-0023 東京都新宿区西新宿 7-20-1 住友不動産西新宿ビル 27 階

TEL:03-5925-1288/1287 FAX:03-5925-1290/1285

www.rohde-schwarz.co.jp