

干渉波の探索 高性能ハンドヘルド スペアナ フィールドマスタ プロ MS2090A

フィールドマスタプロ™ MS2090A

はじめに

今日、ワイヤレス通信は重要な社会の基盤です。携帯電話や Wi-Fi 端末などのワイヤレスデバイスの台数と適応市場は、指数関数的に増加しています。ワイヤステクノロジーの進歩は、生活を革新し、ワイヤレスヘッドホン、スマートホームセキュリティ、救命医療機器などへの応用が広がっています。無線データ通信の増加に伴い、ワイヤレス通信システムの管理が複雑になり、電波干渉（干渉波）が課題となっています。干渉波によって、データ転送速度の低下やワイヤレス通信の信頼性低下、さらにはワイヤレスネットワークが機能不全に陥る可能性もあります。それによって、利用者の不満やネットワーク運用コストの増加、さらには、時として安全上の問題が発生します。ワイヤレス通信事業者や規制当局にとっては、干渉波の原因（干渉源）をすばやく特定／除去（干渉波探索）して、ワイヤレス通信が安定に機能することが必須です。

フィールドマスタ プロ MS2090A ハンドヘルド スペアナは、干渉波探索の理想的な機能を搭載しています。110MHz の帯域幅のリアルタイムスペアナ（RTSA）機能が 5ns の極小パルス信号も検出し、干渉波を探知するオーディオトーン機能が干渉源の位置を特定します。また、IQ データキャプチャ機能とデータ解析ツールが干渉波の特性を明確にします。MS2090A は モバイル・インターフェアレンス・ハンター™（MIH）MX280007A ソフトウェアや PIM ハンター™プロープなど、アンリツの他の製品と組み合わせて、各種ワイヤレスネットワークの干渉波探索が実施可能です。

干渉源

干渉源は、「意図的干渉源」と「意図しない干渉源」の 2 つの種類があります。「意図的干渉源」は、紛争時のレーダー妨害装置、あるいは電波をジャミングして、携帯電話を不通にする単純なデバイス（携帯電話ジャマー）もあります。レーダー妨害装置では、レーダーシステムが飛行機を発見／追跡できない場合、民間の人さえも危険にさらされます。携帯電話ジャマーは、生命にかかわるほどではありませんが違法です。これを特定／除去しなければ、携帯電話サービスに影響を与え、数億円の損害が発生する可能性もあります。

「意図的干渉源」は、重要な通信を妨害するように特別に設計されており、通信関係の企業／公的機関やビジネスに、実際に影響を与えます。「意図しない干渉源」は、より一般的で、干渉源が特定困難な場合があります。ワイヤレス通信システムの干渉源は多種多様であり、特定の原因に絞込むことは簡単ではありません。「意図しない干渉源」の一般的な原因は以下です。

- 規定周波数帯域において、高調波やスプリアスを放射する低品質電子機器
- 新規格の周波数帯域で、動作するレガシー送信機器
- 違法輸入製品（家庭用ワイヤレス電話やリピーターなど）
- 長尺 CATV ケーブルの絶縁体劣化による輻射
- 国境を越えて違法に電波放射する、不計画なワイヤレスネットワーク
- バッシブインターモジュレーション（PIM）の原因：くぎやケーブル、板金、錆びたボルトの緩み

以上の原因に加えて、低品質の照明機器が散発的に RF エネルギーを発生する可能性があります。これらの干渉源を特定／除去するには、干渉波探索の測定器と、トレーニングを受けた作業者がが必要です。

干渉波探索：3つのステップ

通常、干渉波探索は、3つのステップで実行します。（干渉波探索の状況により、一部のステップは省略や簡単化できます）

ステップ 1. スペクトラムのモニタ/クリアリング

ステップ 2. 干渉波の特性解析

ステップ 3. 干渉源の位置特定

このドキュメントの残りの部分では、これらのステップと MS2090A 干渉波探索の機能について説明します。

スペクトラムモニタ/クリアリング

スペクトラムモニタ/クリアリングのステップでは、ネットワークモニタ作業者は、規定帯域内で散発的に起こる信号または、挙動不明な信号を探します。スペクトラムモニタ/クリアリングは、新規のワイヤレス通信サービスが、旧サービスの周波数帯域を引き継ぐような場合（通常は、新規サービスが稼働する前）に実施します。その周波数帯域のスペクトラムに「旧サービスの信号が含まれていない」また、「意図しない信号が含まれていない」ことを確認します。たとえば、T-Mobile（米国）が 600 MHz 帯域で 5G 携帯電話サービスを始めるにあたり、その周波数帯域を占めていた TV 放送信号を確実に除去することが必須でした。

MS2090A のようなスペアナを使用してスペクトラムをモニタ/クリアリングする場合、鍵となるスペアナの性能は、周波数範囲と掃引速度、そしてデータキャプチャ速度です。MS2090A は、クラス最高の 54 GHz までの周波数範囲を搭載し、高速掃引とデータキャプチャ機能と組み合わせ、低電力信号でもスペクトラムを詳細に確認できます。MS2090A のリアルタイム性能は、データは 527,000 FFT/s を実行します。100%POI で 2.06 μ s の短時間信号をキャプチャし、さらには極小時間 5 ns の信号をキャプチャ可能です。RTSA の波形密度表示により、信号内の干渉波であっても見逃すことはありません。たとえば、変調された LTE 信号に隠れている CW ジャマー信号は、RTSA の波形密度表示には現れますが、スペアナの波形表示には現れません（図 1）。

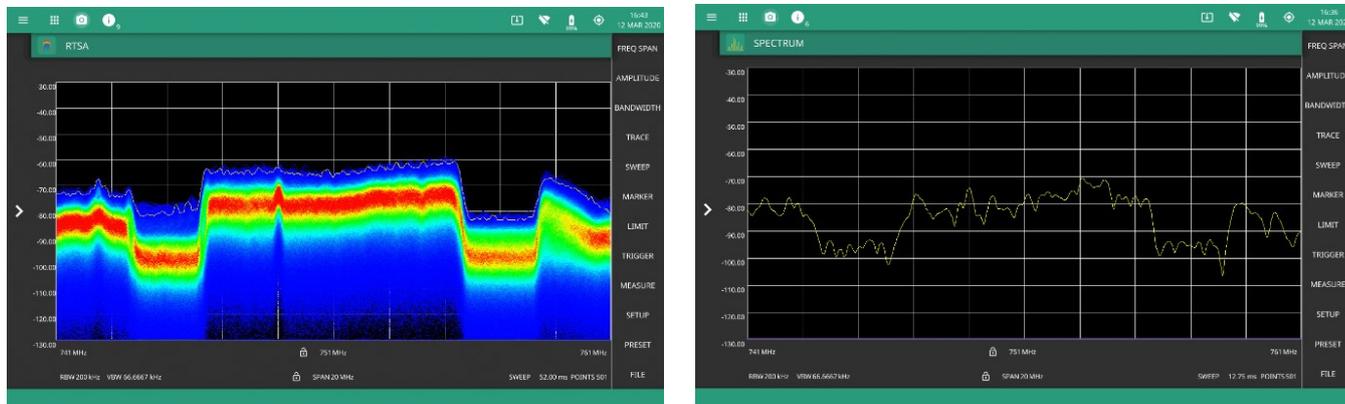


図 1：RTSA（左画面）が信号の中にある、干渉波を測定

MS2090A は、MX280007A ソフトウェアと併用できます。MX280007A を使って対象地域を車両でドライブし、目的の周波数帯域における信号レベルのマップを作成します。信号 RF パワーが、所定のレベルを超える領域はマップ上にマークされ、干渉源を調査できます（図 2）。

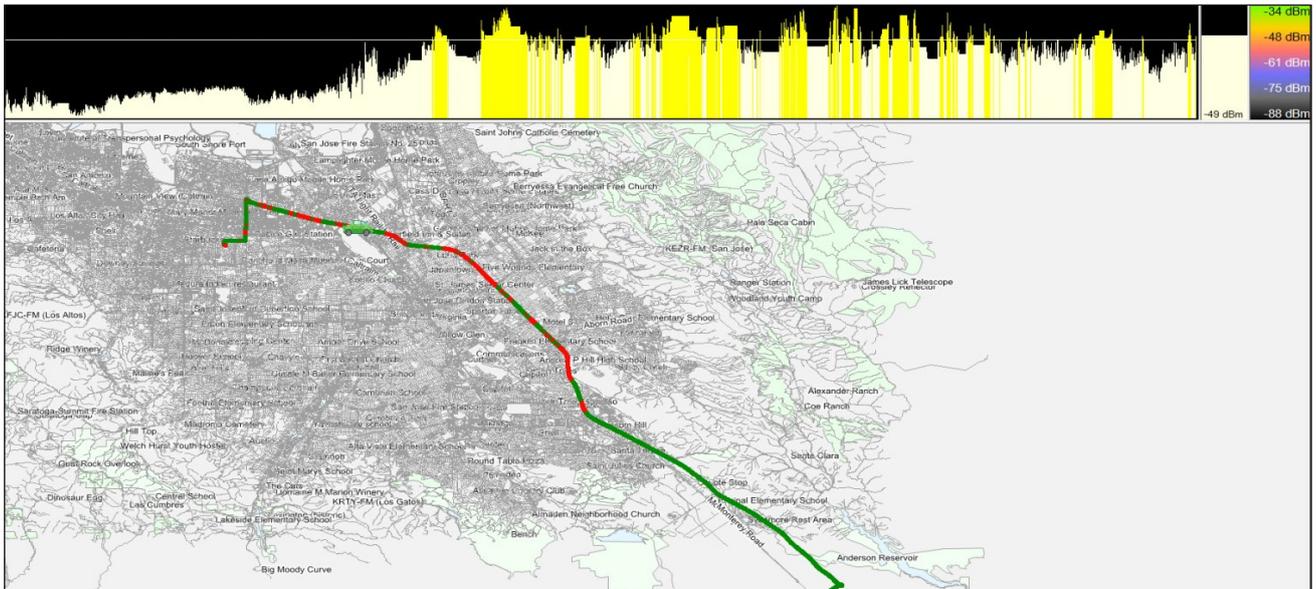


図2：車両ドライブでのスペクトラムモニタ/クリアリング

干渉波の特性解析

干渉波が存在し、発生タイミングと周波数が判明している場合、干渉波の特性を解析可能です。この解析を基にした以下の質問に対する具体的な回答は、ワイヤレス通信事業者に干渉源について多くの情報をもたらし、干渉源の特定に役立ちます。

- 干渉波は反復的？
- 干渉波の帯域幅やスペクトラム形状など、変調方式のパターンは？
- 干渉波の振幅、位相、周波数がランダム？
- 干渉波の発生時間に、近くで別の出来事（たとえば、車両の交通または、機械が使用中など）があったか？

たとえば、蛍光灯によって引き起こされる干渉波の特徴は、レーダー妨害装置とは非常に異なります。干渉波の特徴を詳細に解析するには、信号をIとQ成分に分解して解析します。MS2090AにはIQデータキャプチャおよび、ストリーミングオプションがあり、最大数時間のIQデータをキャプチャ可能です（キャプチャ帯域幅/サンプルレートに依存する）。キャプチャデータをPCに転送し、Matlab（MathWorks社）やSpectro-X（Bird Technologies社）などのポストプロセスソフトウェアで解析します。干渉波を再生してスペクトラムパターンを分析したり、コンスタレーションダイアグラムにIとQをマッピングして基本的な変調方式を解析したりします。または、干渉波を復調して特性を明らかにします。干渉波のスペクトラムパターンまたは変調方式の情報は、経験豊富なネットワークモニタ作業者が、干渉源を特定する手掛かりになります。

図3は、ポケット・レーダ・デバイスから発生する干渉波の例です。このデバイスは、通販で購入でき、ピッチャーのボール速度やゴルフスイングの速度を測ります。信号は24 GHz前後で送信します。この周波数は、気象レーダーおよび新規規格のミリ波5Gの周波数帯の近くです。RTSAで信号を観察すると、周波数と帯域幅がわかります。スペクトログラムでは、時間の経過に伴う信号の動きを測定できます。しかし、送信信号の特性を明確にするためには、IQデータをキャプチャして、信号の動きを詳細に解析します。図3で示したように、各チャープの最初と最後を拡大すると、隣接する他の信号に干渉する可能性がある、短い帯域外スイープがあります。

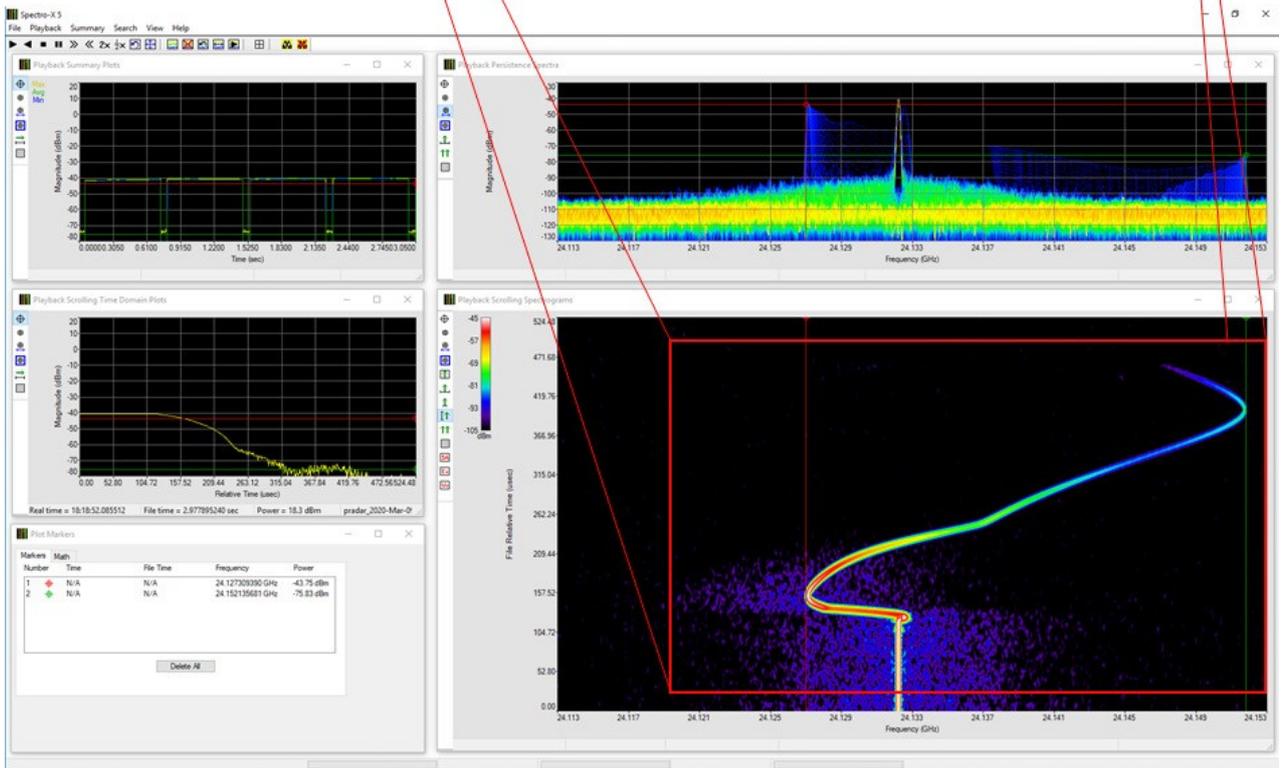
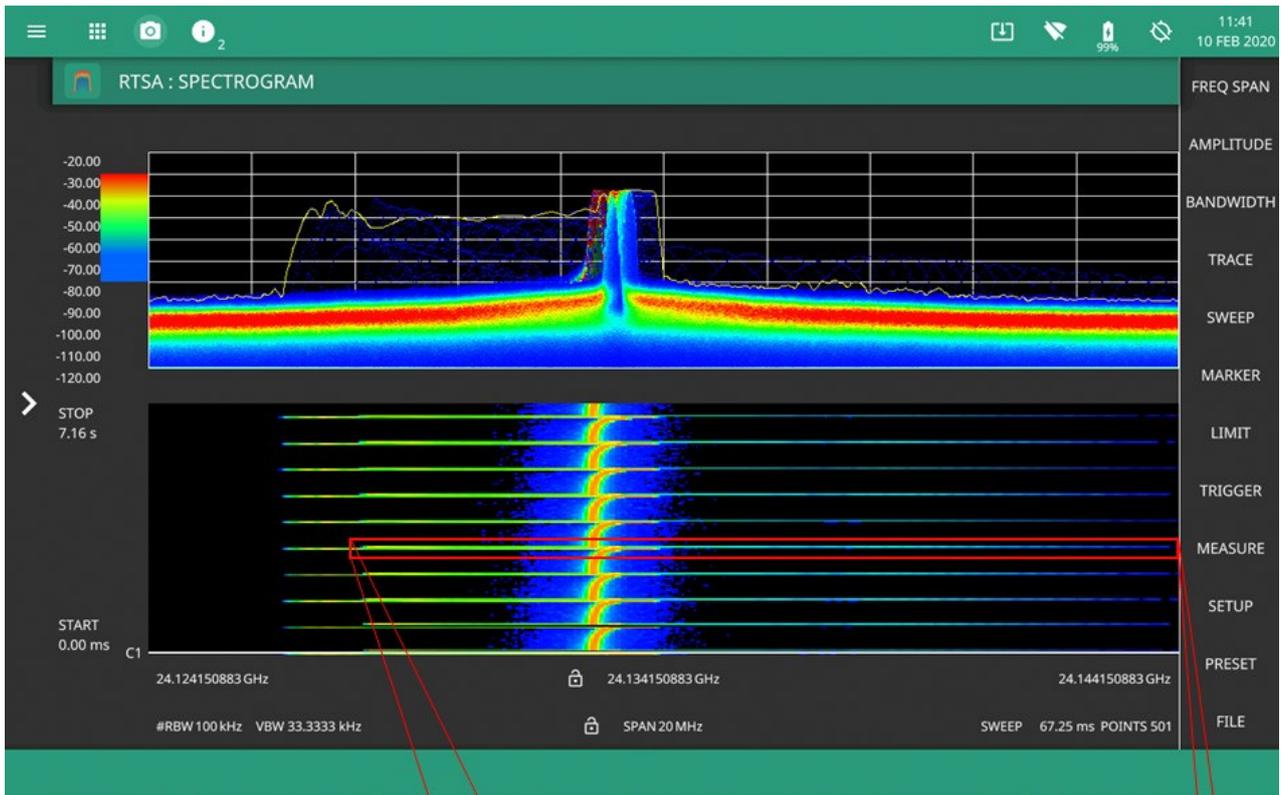


図3：信号 IQ データを詳細解析、干渉波の特性を明確にする

干渉源の位置特定

干渉源の存在が確実で、干渉波の解析によりその原因が判明すると、最後の課題は、干渉源の位置を特定／除去することです。そのために MS2090A には、干渉源の位置を特定するための強力な機能があります。

インターフェアレンス ファインダ（干渉波探索、オプション 0024）は、MS2090A の掃引スパンと、干渉波の測定帯域幅（干渉波の全 RF パワーを測定する）を設定します。このオプションのオーディオトーン機能は、干渉波 RF パワーの強弱に比例して、MS2090A が出力する音の音程が変化します。MS2090A 高速掃引機能と FPGA 処理によって、高速測定された干渉波 RF パワーに対して、作業者はオーディオトーンの調子を聞き分けます。指向性アンテナを利用して、オーディオトーンの音程が高い調子になる方向に干渉源があります。オーディオトーン機能で干渉源を追跡し、干渉源の位置を特定します（図 4）。



図 4 : MS2090A オーディオトーン機能による干渉波探索

また、MS2090A の高速掃引機能は、PIM Hunter プローブ (P/N 2000-1884-R) もサポートしています。PIM がシグナルインテグリティの問題を引き起こしている場合、PIM Hunter プローブを MS2090A に接続して、PIM 干渉源の正確な位置を特定できます。プローブの先端が PIM 干渉源に近づくにつれて、信号パワーが劇的に増加します（図 5）。

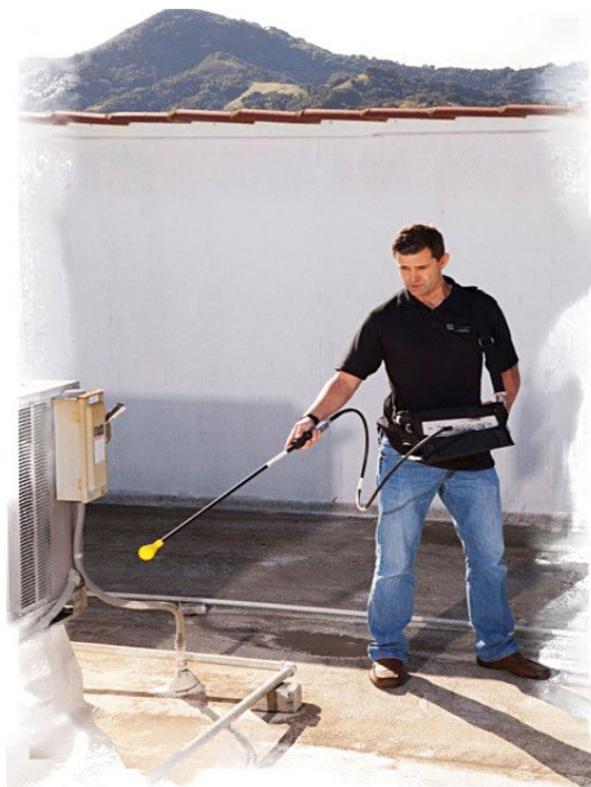


図 5 : PIM 干渉源の位置特定

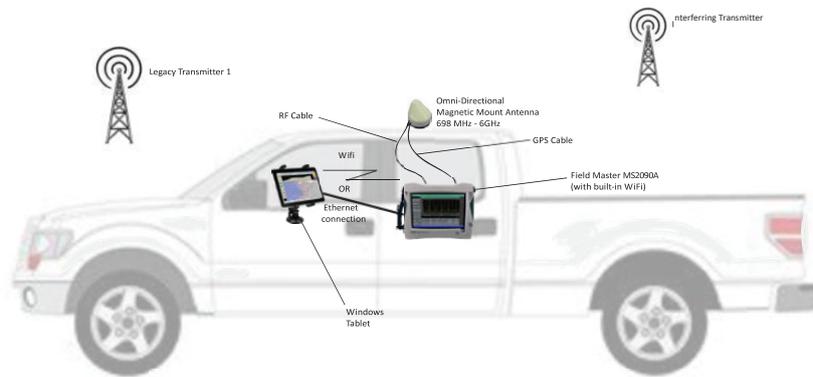


図 6 : 車両による干渉波探索システム

MX280007A ソフトウェアと MS2090A を併用して、干渉が疑われる地域を歩くまたは、車両でドライブして、干渉源の位置を特定します。車両の場合は、車両の屋根に全方向性アンテナを取り付けて、POA (Power of Arrival) 測定を実行しつつ、対象地域をドライブし、干渉源の位置を特定します。これは、ドライブ中に地理的測位情報と共にキャプチャされた、チャンネル RF パワーのデータを利用して、独自アルゴリズムにより干渉源の位置を導きます。また、MX280007A はマルチエミッター機能も備えており、複数の干渉源による干渉を探索できます (図 6、7)。

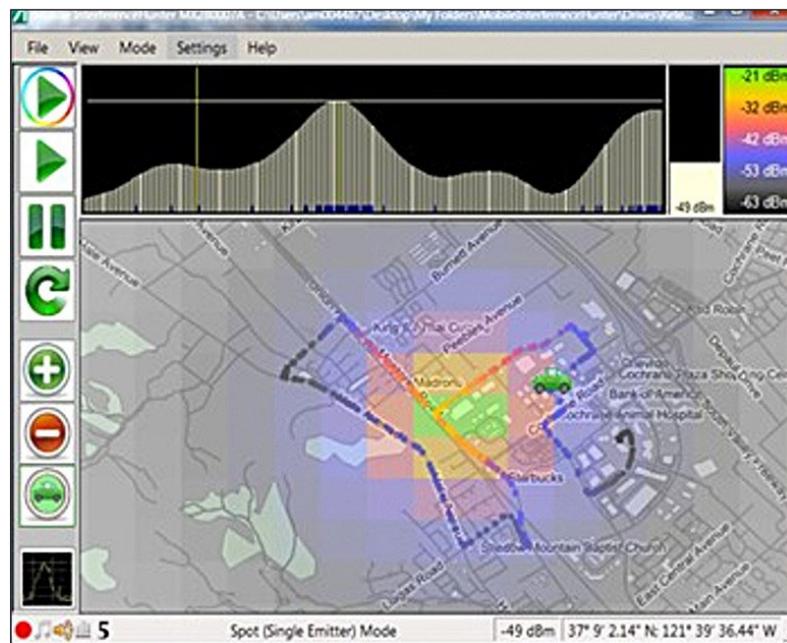


図 7 : MX280007A を使った干渉波探索

MS2090A と MX280007A の併用の利点の一つは、電力束密度の測定です。校正されたアンテナを使用し、MX280007A で電力束密度測定を指定し、MS2090A は $\text{dBm}/\text{m}^2/\text{MHz}$ (電力束密度の単位) で測定値を MX280007A に返します。ワイヤレス通信事業者にとって、国境を越えた干渉波の問題解決を規制当局に求める上で、電力束密度の測定は重要です。

MS2090A および MX280007A の併用詳細については、アプリケーションノート (Spectrum Clearing and Geo-Locating Legacy Signals: P/N 11410-01154) を参照してください。

結論

ますます拡大するワイヤレス通信ネットワークにおいて、干渉は避けられません。円滑なワイヤレス通信を維持するために、ワイヤレス通信事業者は、干渉波を迅速かつ正確に、モニタ、解析、および干渉源の位置特定が必須です。MS2090A は、最も包括的で強力な干渉探索機能を搭載しています。