

無線LANにおける Agilentのイコライゼーション技術と OFDMのトラブルシューティング

Application Note 1455

概要

802.11aおよび802.11g無線LANシステムで用いられているOFDM(直交周波数多重化)信号には、数種類のシステムやチャネルの障害を補正するためにレシーバのイコライゼーションに関する規定が含まれています。テスト・エンジニアは、これらの機能を使って、トラブルの原因を突き止め、性能を向上させることができます。このアプリケーション・ノートでは、これらのイコライゼーション機能とアナライザや測定用レシーバでの使用方法を説明します。イコライゼーションを補完するOFDM信号やアナライザの機能についても説明します。

以下で説明する内容や測定は、Agilent 89600シリーズ・ベクトル・シグナル・アナライザとその無線ネットワーク測定ソフトウェアを利用したものです。このソフトウェアは、信号の解析やトラブルシューティング用の豊富な機能を備えています。ここでは、これらのツールを使用した高品質測定、信号やシステムのトラブルシューティングに効果的な機能について説明します。

はじめに

多くのデジタル通信信号と同様に、OFDM無線LAN規格802.11aおよび802.11gには、レシーバのアダプティブ・イコライゼーションに関する特別な規定が含まれています。このイコライゼーションにより、振幅や遅延歪みなどの線形誤差や障害が補正され、レシーバの性能が向上します。これらの誤差は、トランスミッタとレシーバ間の信号経路内のマルチパスや、トランスミッタ回路内の周波数応答に起因します。

このようなアダプティブ・イコライゼーションは、チャネル帯域幅が約20MHzで、OFDM無線LAN規格のように周波数応答の問題が発生しやすい広帯域信号に特に適しています。

これらの規格で要求されているイコライゼーション機能は、トランスミッタの問題の原因を識別するために、測定用レシーバ(Agilentのベクトル・シグナル・アナライザなど)で用いることも可能です。これは、測定用レシーバは、アダプティブ・イコライゼーションを様々な方法で計算/実行し、イコライザの計算結果や補正結果を明示的に表示できるからです。

以下は、柔軟性の高い復調機能と信号解析機能を備えたAgilent 89600シリーズ・ベクトル・アナライザの説明ですが、一般的なトラブルシューティング用のイコライザ・ツールを使用する際にも適用できます。

OFDM信号のイコライゼーション機能

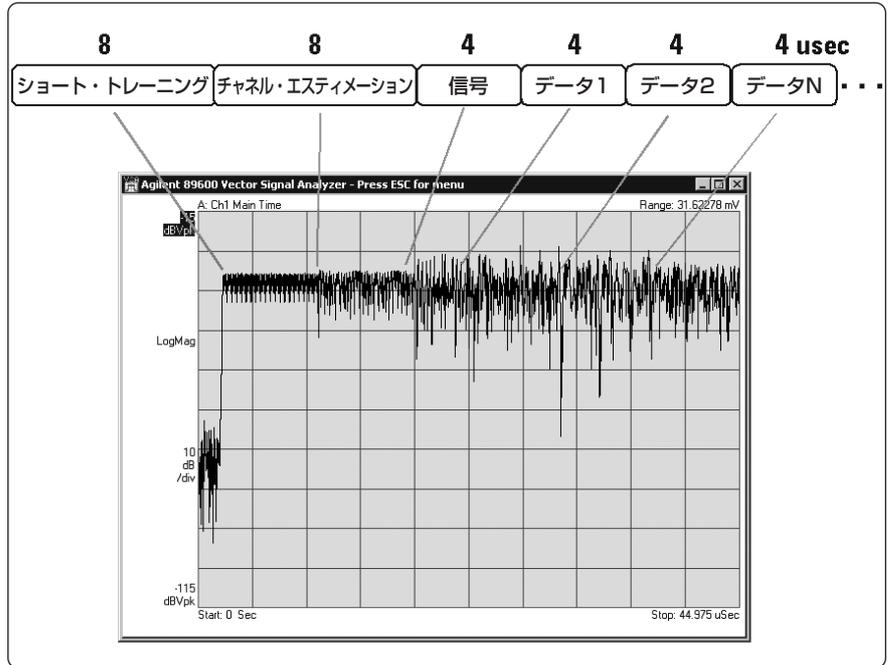


図1. OFDMバースト/フレームの構造

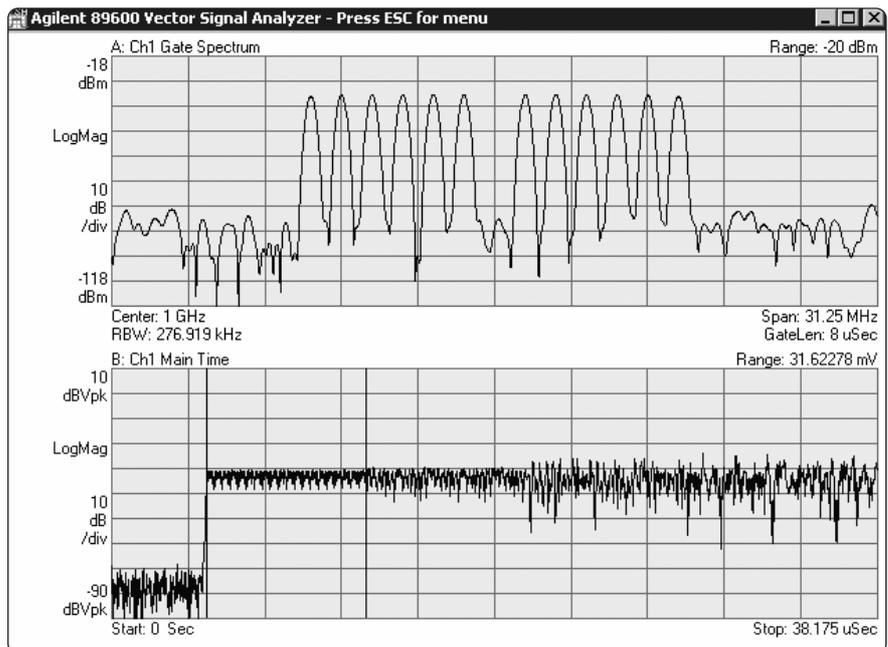


図2. ショート・トレーニング・シーケンス状態の搬送波のゲーティッド・スペクトラム測定

図1に示されているように、典型的なOFDMバーストのプリアンブルは、2倍長(4 μ sではなく、8 μ s)のシンボルとそれに続く4 μ sの「信号」シンボルによって構成されています。

2倍長シンボルの前半部は、ショート・トレーニング・シーケンスと呼ばれます。図2は、信号のこの部分のゲーティッド・スペクトラム測定を示したものです。このシーケンスの場合、トランスミッタは、4搬送波ごと、つまり、全部で52個の搬送波のうちの12個の搬送波だけでしか送信しません。搬送波は、同じ位相で、すべて同じ振幅で送信されます。この信号は単純であるため、レシーバは、簡単に信号の収集とタイミング同期を実行したり、利得を調整することができます。

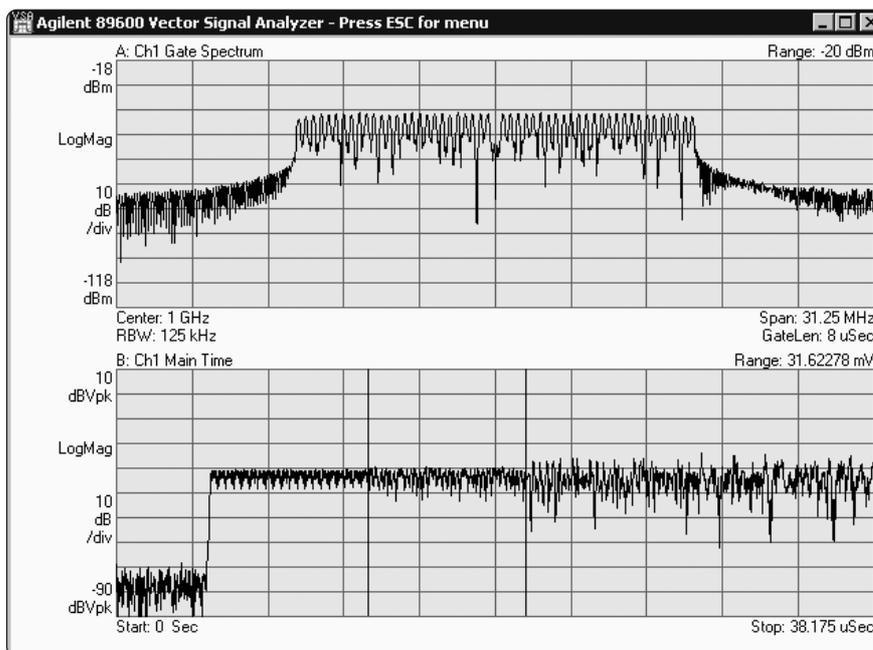


図3. チャンネル・エスティメーション・シーケンス状態の搬送波のゲーティッド・スペクトラム

2倍長シンボルの後半部は、チャンネル・エスティメーション・シーケンスと呼ばれます。図3は、信号のこの部分のゲーティッド・スペクトラム測定を示したものです。このシーケンスの場合、トランスミッタは52個の搬送波をすべて送信します。やはり、搬送波は、同じ位相で、すべて同じ振幅で送信されます。これは、OFDMレシーバのイコライザの1次トレーニング・シーケンスです。これにより、レシーバは、トランスミッタの周波数や位相を正確にトラッキングすることもできます。これは、隣接し、重なり合っているOFDM搬送波間での搬送波間干渉を防ぐための重要な動作です。

図3のゲーティッド・スペクトラム測定は、比較的短い(8 μ s)ゲート時間であるにもかかわらず、周波数分解能が非常に優れています。この測定は、ゲート・ウィンドウのシーケンスの周期性(正確に8 μ sに設定)や、自己ウィンドウ信号や選択したゲート時間周期の周期的な信号用に設計された89600の「ユニフォーム」FFTウィンドウ機能など、89600アナライザの特定の機能を活用することによって得られたものです。この結果、与えられた時間(ゲート)に対する最高周波数分解能が実現します。

トレーニング・シーケンスの種類とトレーニング／アダプテーション手法

この測定によって、イコライゼーションの1つの側面が明らかになります。52個の信号ピークを解析することにより、トランスミッタとチャネルの組合わせの周波数応答で振幅が平坦な部分を測定できます。この周波数応答を反転し、入力信号を乗算することによって、こうした周波数応答の問題を補正することができます。

これらのトレーニング・シーケンスに続く信号シンボルは、通常(4 μ s)のシンボルで、常にBPSKで送信されます。このシンボルには、バーストのデータ・レート、変調方式、使用されている信号コーディングに関する情報が含まれます。

Agilent 89600シリーズ・アナライザは、このシンボル内の情報をデコードし、それを使って適切な変調方式(バーストによって異なる場合がある)やバースト長に復調器を自動的に設定します。

ほとんどのシステムにおいて、トレーニング・シーケンスは、バーストまたはフレーム内の特定の時刻にデジタル変調された信号シーケンスです。また、送信されるビット・シーケンスはレシーバにとって既知でなければなりません。一般的には、変調方式やシンボル・レートは、残りのデジタル送信と同じです。しかし、絶対条件がないため、システム設計者は様々な理由から他の方法を選ぶ場合もあります。信号がどのように見えるはずかレシーバが知っている(または特定できる)限り、またそのシーケンスが必要な周波数で十分なエネルギーを提供する限り、様々な種類のトレーニング・シーケンスを使用することも可能です。すなわち、トレーニング信号により送信チャネルを適切に「機能」できれば良いのです。

明示的なトレーニング・シーケンスの使用は、レシーバがイコライザ係数を計算するための唯一の方法ではありません。場合によっては、送信されたデータ自体を解析して、トランスミッタや送信チャネルの特性を評価することも可能です。この手法は、「データ・ダイレクト」イコライゼーションとも呼ばれます。

一部のシステムでは、データ・ダイレクト・イコライゼーションの方が便利な場合があります。一般には、計算したイコライザ係数の品質は、計算に用いられたデータの数が多くなるほど高くなります。特に、雑音による信号の変動が計算品質を制限する場合、レシーバの係数計算能力を低下させる雑音は、トレーニング・シーケンス内のデータの個数の平方根に比例します。例えば、1つのバーストで25個のデータ・シンボルを使用する方が、1つの2倍長シンボル(この場合、チャネル・エスティメーション・シーケンス)を使用するより、雑音変動が3.5分の1になります。

ただし、この手法にはいくつかの欠点があります。次の2つの点に注意してください。第1に、シーケンスが事前に既知でなく、大規模なデータ・シンボル・ブロックからイコライザ係数を決定することは、さらに困難（計算量が増大する）になるということです。このような計算負荷はシステムの許容量を上回っていたり、コストに見合った結果が得られない可能性があります。第2に、ビット・エラーが多数存在する悪い送信条件では、レシーバのイコライザ係数の計算能力（たとえ概算でも）は、トレーニング・シーケンスに関する事前の情報があるほうがはるかに優れているということです。

これらのトレーニング・シーケンス手法は、もちろん、条件に応じて、組合わせて用いることも、選択して用いることも可能です。OFDM信号の場合、89600ベクトル・シグナル・アナライザにチャンネル・エスティメーション・シーケンス／バーストのトレーニング機能があるため、高い柔軟性が得られます。詳細については後述します。

802.11a/g OFDM レシーバにおける イコライザの動作

このような手法すべてにおいて言えることですが、トレーニング・シーケンスの送信に時間が費やされるということは、データの送信に使用できる時間が短くなることを意味します。送信信号にどの機能を含めるかについての決定は、一般的には、信号に生じる可能性のある劣化やレシーバに用いられる手法が前提となります。ただし、規格では送信信号の特性を比較的厳密に規定していますが、レシーバのデザイナーは、信号の処理方法や、トレーニング・シーケンスなどの機能をかなり自由に決めることができます。

信号に生じる可能性のある劣化の評価には、劣化の程度や種類に加えて、動的特性も含まれます。トレーニング・シーケンスは、送信チャンネル内の変化（例えば、遅延経路の変化）をトラッキングするのに十分な量を送信する必要があります。トレーニング・シーケンスはまた、補正されるデータに（時間的に）近接して送信する必要があります。チャンネル特性がトレーニング・シーケンスが送信される時点で有効な特性から大きく変化してはいけません。一部のシステムでは、トレーニング・シーケンスがデータ・バーストまたはフレームの途中で送信され、トレーニング・シーケンスの前と後のデータがほぼ同様に補正されます。しかし、802.11aおよび802.11g OFDM信号では、バーストは短く、一般的には1ms未満の長さであるため、送信チャンネルの特性はこの間は比較的一定であると考えられます。したがって、1バーストごとに約1回トレーニング・シーケンスを送信するだけで、バースト全体のデータを十分に補正できます。

802.11 OFDMシステムでは、一般に、前のフレームの係数に関係なく、イコライザ係数はフレームまたはバーストごとに1回計算されます。イコライザ係数のチューニング時のフレーム間メモリはより多くのデータを提供できるため、イコライザ係数のより適切なチューニングが可能です。フレーム間メモリは、規格では禁止されていませんが、現時点では採用されるかは分かりません。

これらのシステムでは、実際のレシーバはチャンネル・エスティメーション・シーケンスに基づいてイコライザ係数を計算し、バースト内のペイロード・データは使用しないというのが、一般的な前提です。バースト間メモリと同様に、データ・ダイレクト・イコライザ・トレーニングは禁止されていませんが、現時点では採用されるかは分かりません。

イコライゼーション対 パイロット・トラッキング

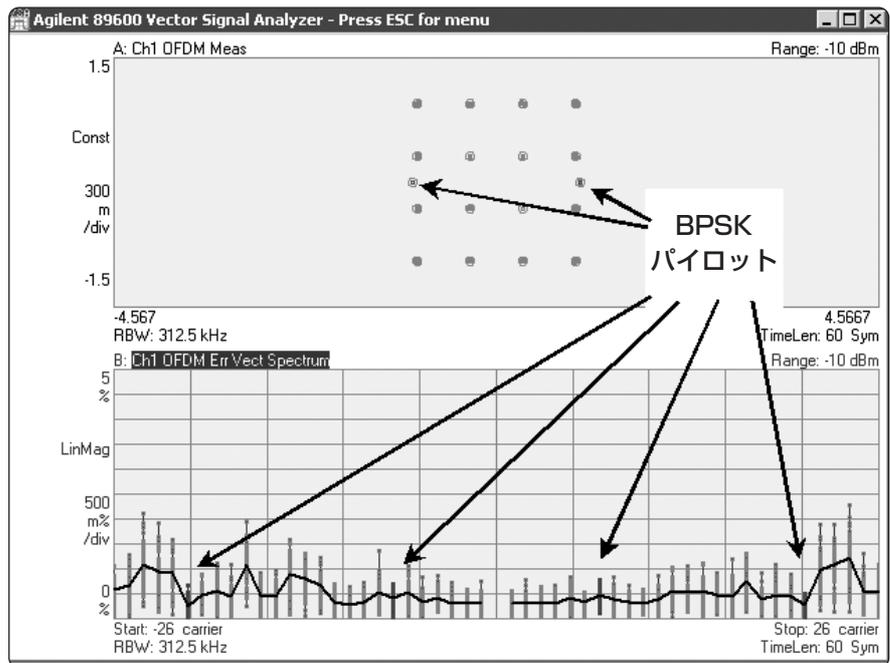


図4. 4 BPSKパイロットの位置

トラブルシューティングを効果的に行うためには、イコライゼーションの意図する役割と送信信号のパイロットの意図する役割を、レシーバの対応するパイロット・トラッキングと共に区別することが重要です。パイロットは、52個のOFDM搬送波のうち4個の搬送波によって構成され、常にBPSK変調で送信されます。これらのパイロットを部分的に使用して、データ・フレーム全体にわたって連続する振幅／位相基準が作成されます。その後、これらのパイロット搬送波を基準にして復調が行われます。このため、いくつかの種類の信号劣化をバースト全体で連続的に補正することができます。このような復調におけるパイロットの使用は、パイロット・トラッキングと呼ばれ、全パイロットに共通の誤差や劣化は、総称してコモン・パイロット・エラー (CPE) と呼ばれます。

イコライゼーションと同様に、システムの一部は、データそのものの送信の向上させるための情報によって置き換えられます。置き換えなければペイロード・データの送信に使用される4個の搬送波は、復調支援に用いられます。

主として周波数依存誤差を補正するイコライゼーションとは対照的に、パイロット・トラッキングは主に、時間変動誤差を補正します。例えば、レシーバの周波数基準がプリアンプルの信号によって設定されると、パイロット・トラッキング・アルゴリズムは、レシーバの位相基準を連続的に調整して、位相雑音を「完全に除去する」ことができます。振幅誤差についても同様に、プリアンプル中にALCが設定され、熱効果やドループに起因する時間依存振幅変動が、残りのバーストから除去されます。

パイロット・トラッキングとアダプティブ・イコライゼーションは、レシーバ内で協調動作して、互いに補完するように設計されていて、より密度の高いコンスタレーション(すなわち、より高速のデータ・レート)を実現します。これらの機能は、89600シリーズなどのアナライザでも動作し、以下で説明する信号情報やトラブルシューティング手法を提供します。

イコライゼーションやパイロット・トラッキングの詳細については、このアプリケーション・ノートの末尾に掲載されている参考文献をご覧ください。

イコライゼーション機能を使った信号解析／ トラブルシューティング

このようなシステムのデザイン、トラブルシューティング、評価では、最初に測定のゴールを理解しておくことが大切です。このゴールによって、実行する解析の種類、使用するアナライザの設定、どのようなトレード・オフを行うかが決まります。測定のゴールの例を以下にいくつか挙げます。

- レシーバをエミュレートし、レシーバと同様の方法で信号品質を解釈する
- システムを動作させ、壊れているパーツや望ましくない相互作用を見つける
- 問題の原因を突き止め、その情報に基づいてシステムの性能の向上を図る
- 増幅器、発振器、変調器などの個々のシステムの構成要素の歪み性能を評価する

シグナル・アナライザの役割

一般的には、89600シリーズ・ベクトル・シグナル・アナライザなどのシグナル・アナライザは、信号品質を測定して、問題を簡単に究明することを目的としています。複合システムでは、様々な種類の解析を実行したり、様々な方法で信号を処理することができます。複合システムは、可能な限り正確に(可能な限り高分解能、最小誤差で)信号品質を測定したり、実際のレシーバをエミュレートしたり、信号特性を解釈して問題の原因を正確に解明するものと考えられます。実際に、複合システムは、これらの機能をすべて実行することができますが、使用される技術やセットアップ構成は、前提条件によって多少異なる場合があります。

これらの測定に欠かせない重要なアナライザの機能

89600シリーズなどのベクトル・シグナル・アナライザのいくつかの機能は、イコライゼーションに関連した測定やトラブルシューティングに適しています。

- 高度な調整が可能な復調／イコライゼーション・パラメータ：解析方法や設定パラメータの変更によって得られた様々な結果は、問題の本質や原因を究明するための重要な手掛かりとなります。
- タイム・キャプチャ／再生機能：解析方法や設定を変更した場合、測定結果の変化(もしあれば)は解析方法の変更に起因するものだけでなければなりません。ポスト・プロセッシングによるタイム・キャプチャ／再生機能は、解析ルーチンや手法の変更に合わせて信号を表示することができます。パルスド信号やバースト信号では、バーストやフレームによって信号特性にバラツキが見られる場合もあるため、こうしたバラツキが予想できない場合や不要な場合にはこれらの機能が必要になります。

- 新たにデータを収集することなく設定変更が可能：多くの復調パラメータは、89600シリーズで変更ができ、新しい設定に基づいて結果を計算し直します。解析中にアナライザの設定に複数の変更を加える場合は、これにより解析時間が大幅に短縮されます。新たに信号を捕捉したり、再起動する必要はありません。例えば、イコライゼーション・トレーニング、同期基準、パイロット・トラッキング・タイプ(振幅、位相、タイミング)、測定間隔などの変更が可能です。
- 柔軟性の高いイコライゼーション・トレーニング：前述のように、レシーバ内のイコライザをトレーニングするには、様々な手法があります。これらの各種手法を用いて、問題の原因を特定するための測定手法を以下で説明します。

ベクトル・シグナル・アナライザを使った解析／トラブルシューティング手法

デジタル復調では、はじめに信号の周波数、パワー、タイミング特性を検証します。信号の周波数やバースト構造の検証、この情報を用いたトラブルシューティングの詳細については、このノートの末尾に掲載されている参考文献をご覧ください。デジタル変調信号に関連した問題の多くは、デジタル復調を用いなくても識別できます。

詳細な解析には、タイム・キャプチャ機能によりバーストを捕捉することをお勧めします。捕捉したバースト・データは特定のサブセグメントを識別して、ポスト・プロセッシングに繰り返し用いることができ、復調パラメータを変更した場合の結果を比較することができます。アナライザのチャネル振幅トリガ、プリトリガ遅延、トリガ・ホールドオフ機能を使用することにより、バーストの始まり(およびそれに先行するすべての信号)を確実に解析できます。タイム・キャプチャ後は、再生トリガ機能により、捕捉した信号に対して同様の機能を実行することができます。

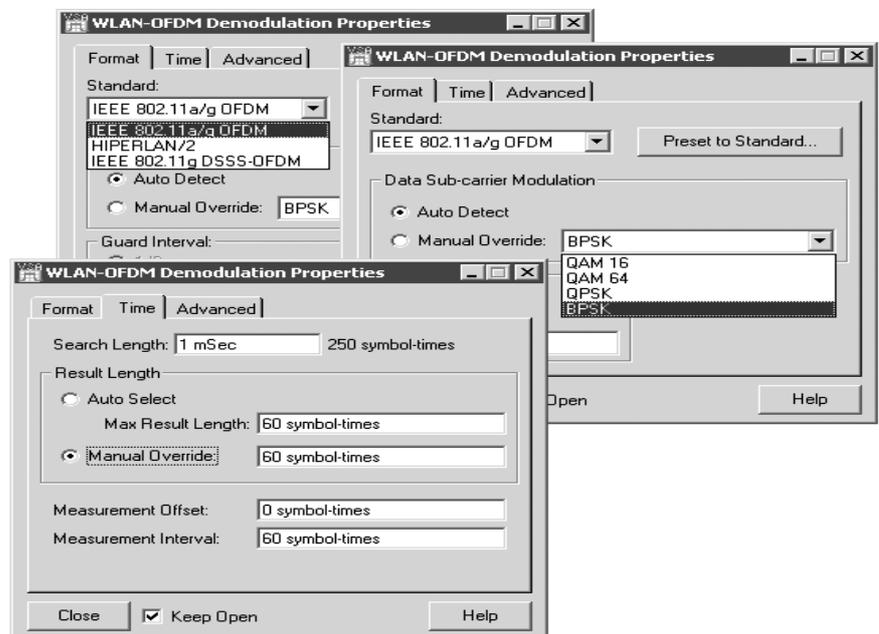


図5. 標準セットアップ、変調方式、測定間隔の選択

“Meas Setup” および “Demod Properties...” を選択して、アナライザの自動復調セットアップを活用します。図5を参照してください。データ副搬送波の変調方式は手で設定できますが、89600は、前述のシンボル情報から自動的に設定することもできます。同様に、測定間隔 (“Time” タブ下の項目) も自動的に設定されます。同じ復調プロパティ・ダイアログ・ボックスで、Advancedタブを選択し、Equalization Trainingダイアログ・ボックスで、“Chan Estimation Seq Only” を選択します。これにより、実際のOFDMレシーバとほとんど同じように、チャンネル・エスティメーション・シーケンスだけを用いてイコライザ係数を計算することができます。

適切なTrace DataおよびData Format設定を選択して、各種測定結果を調べます。特に、シンボル／エラー・テーブルのEVMとチャンネル周波数応答(通常は、対数振幅フォーマットまたは位相(折返しなし)フォーマットで表示される)に注意してください(図6を参照)。

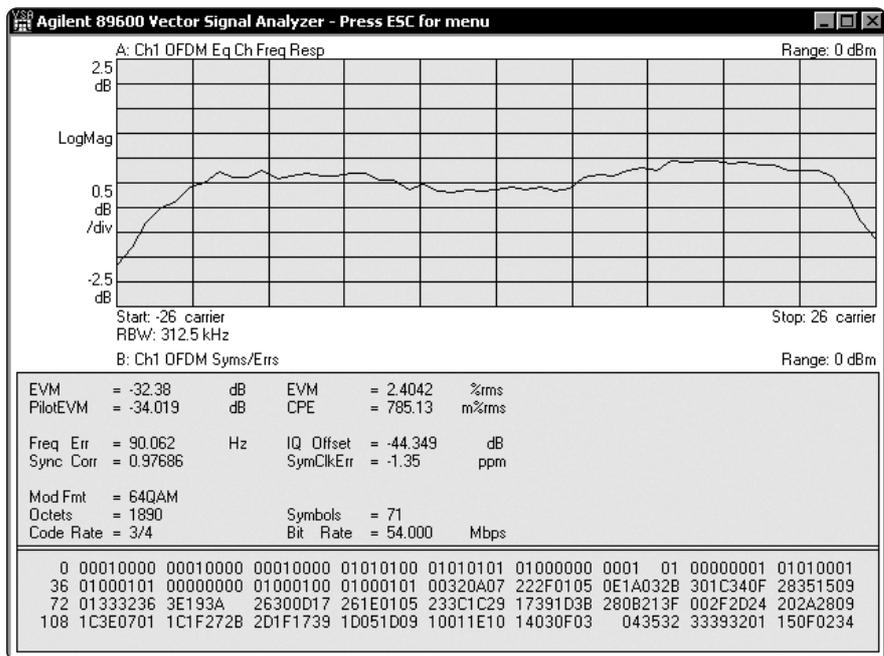


図6. イコライザからのチャンネル周波数応答(上)とEVMを含むシンボル／エラー・テーブル(下)。イコライザはチャンネル・エスティメーション・シーケンスだけを使ってトレーニングされています。

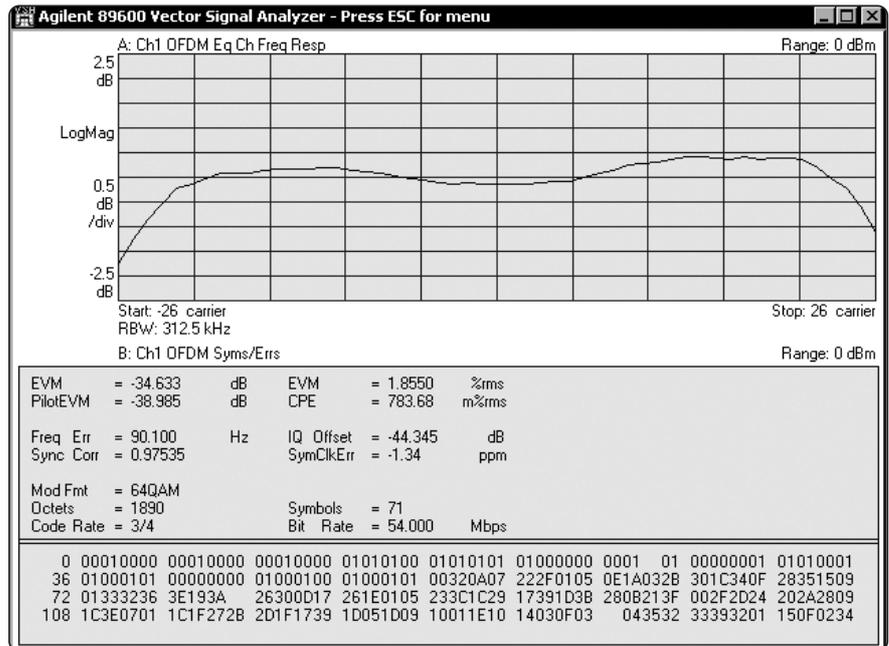


図7. チャンル・エスティメーション・シーケンスとバースト・データの両方に基づいてイコライザをトレーニングすることにより計算されたチャンネル周波数応答(上)

イコライザ・トレーニングをチャンネル・エスティメーション・シーケンス/データに変更して、さらにチャンネル・エスティメーション・シーケンスのみに戻すまでの間、イコライザ・チャンネル周波数応答などのパラメータを連続的に測定しておくに役立ちます。信号内の雑音の影響によって、イコライザ係数(EQチャンネル周波数応答によって示される)の雑音が同じように大きくなり、チャンネル・エスティメーション・シーケンスだけが用いられた場合は、この応答はバーストごとに大きく異なります。必要に応じて、この2種類の手法を用いて、EVMを比較することもできます。

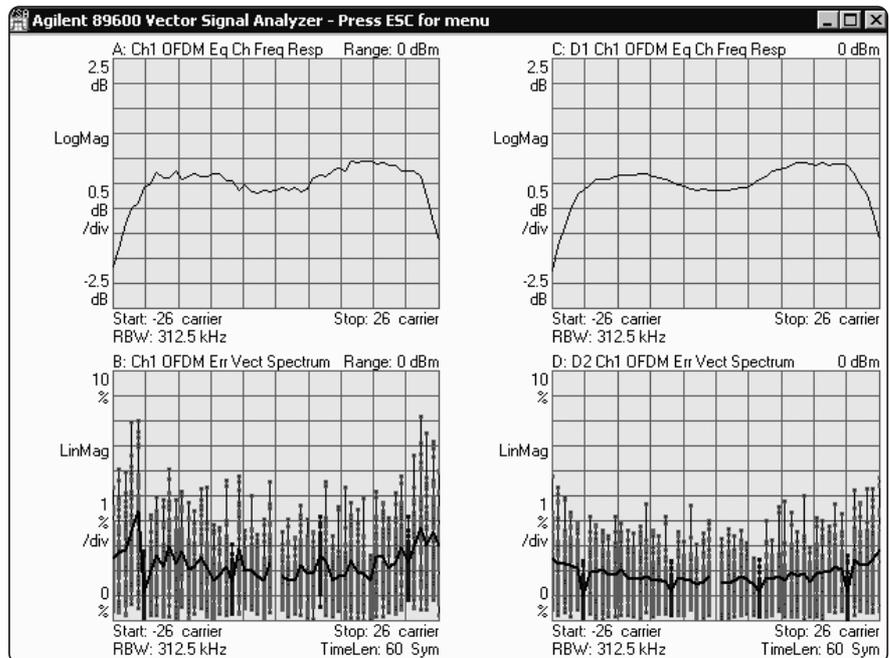


図8. チャンル周波数応答(イコライザから)とEVM対周波数。イコライザをチャンネル・エスティメーション・シーケンスに基づいてトレーニングした場合(左)とチャンネル・エスティメーション・シーケンスおよびデータに基づいてトレーニングした場合(右)

このような測定により、レシーバ内での信号品質や、イコライゼーションの品質における雑音の役割を詳しく調べることができます。図8には、これらの影響がわずかですが示されています(信号は非常に鮮明なものです)。より多くのデータ(チャンネル・エスティメーション・シーケンスおよび全フレーム・データ)を使用してイコライザをトレーニングすることにより、チャンネルやEVMの周波数応答は滑らかになり、EVM自体も小さくなります。

イコライゼーション係数が適切に機能し、バースト間のチャンネル周波数が安定している場合は、この時点での選択は、どのイコライゼーション・トレーニング・シーケンスが測定ゴールに適合しているかということだけです。チャンネル・エスティメーション・シーケンスを使用すると実際のレシーバの性能を適切に予測できるのに対して、OFDMフレーム全体を使用すると測定の誤差が減少します。ただし、信号に問題が見つかり、イコライゼーションが疑われる場合には、89600 OFDM復調ソフトウェアの他のツールを使用します。いくつかの例を以下に示します。

- エラー・ベクトル・スペクトラム：スプリアス干渉はイコライゼーション係数の計算を妨げる可能性があるため、エラー・ベクトル・スペクトラム測定により、チャンネル内のスプリアス・レベルを把握しておきます。エラー・ベクトル測定は残留測定なので、必要な信号が除去され、歪みや雑音が強調されます。
- エラー・ベクトル時間：一部の信号の劣化は一時的な過渡現象であるか、そうでなければ時間に関係しています。エラー・ベクトル信号対時間を振幅や位相で表すことにより、バースト間の大きな変動など、イコライザの機能を劣化させる可能性のある障害を簡単に見つけることができます。

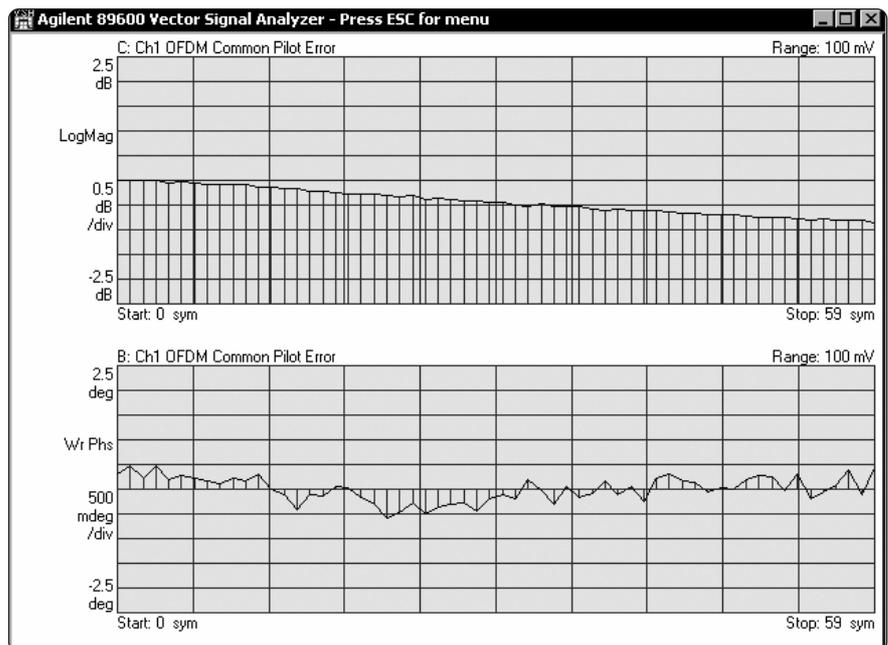


図9. 振幅(上)および位相(下)誤差対時間(またはシンボル)のコモン・パイロット・エラー(CPE)測定

- コモン・パイロット・エラー：信号の復調はパイロットが基準であり、復調器は特定の種類の誤差を「完全に除去する」ように設計されているため、各種CPEパラメータを調べることにより、バースト中の問題を切り分けることができます。こうした誤差は、時間またはシンボルと対比して表示されるため、バーストのどこでも振幅、位相、周波数誤差を表示することができます。
- プリアンプル誤差：プリアンブル誤差やプリアンブル周波数誤差により、OFDMフレームの信号品質や安定度を詳しく調べることができます(図10を参照)。なお、デジタル復調はその間隔内でだけ実行されるにも関わらず、デジタル復調間隔の外側の信号の一部が測定されることに注意してください。

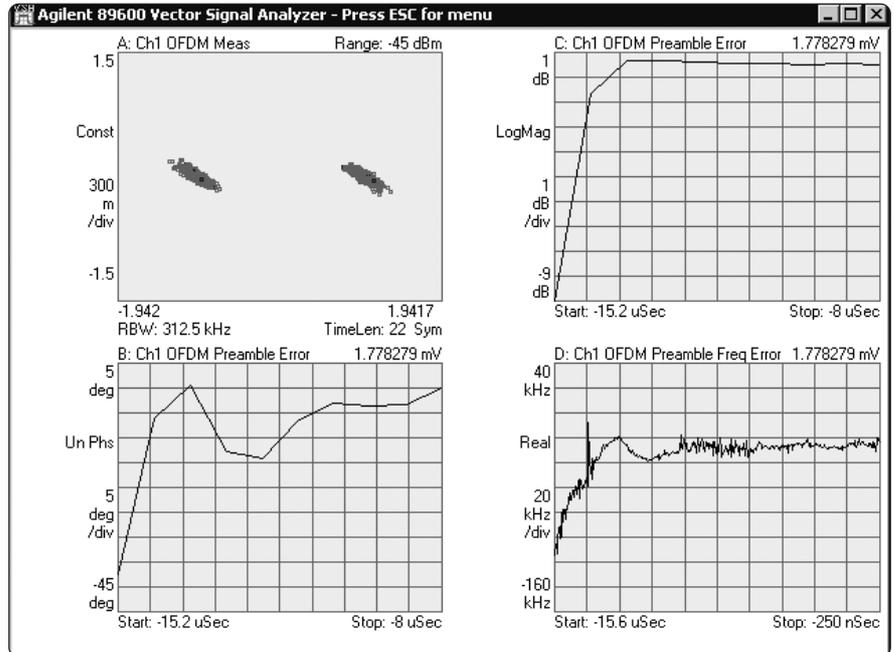


図10. 位相誤差(左下)、振幅誤差(右上)、周波数設定(右下)などのショート・トレーニング・シーケンスのプリアンブル誤差の測定

「正しい」イコライザ・ トレーニング手法とは？

あらゆる状況に適合するたった1つの「正しい」答えはありませんが、通常は、測定ゴールを理解することにより最良の手法が得られるはずで、概要については、「各種イコライザ・トレーニング手法の利点の概要」を参照してください。一般に、(チャンネル・エスティメーション・シーケンスを使って)実際のレシーバの性能を反映するように設計された手法を選択するか、(OFDMフレーム全体を使って)最小残留誤差と最も矛盾のない結果が得られる手法を選択するかが主な選択肢です。

各種イコライザ・トレーニング手法の利点の概要

チャンネル・エスティメーション・シーケンスを使用する場合

- レシーバ内での実際の信号品質の良い指標となる測定を実現
- トレーニング・シーケンスの制限された長さや特定の位置により、簡単にトランジェントなどの問題を切り分けたり、プリアンプル内の問題を解決することが可能
- 「送信変調精度試験」(802.11a規格のセクション17.3.9.7)の説明に準拠

バースト全体を使用する(データ・シンボルを含む)

- イコライザは雑音やその他の種類の歪みによる影響をあまり受けないため、EVMが一般に小さくなります。(EVMは、雑音、非線形歪み、スプリアス、残留線形歪みによる誤差を表します)。このように残留誤差が小さいと、パワーアンプ誤差評価などの低歪み信号の測定において、優れた感度が得られます。
- イコライザ係数は、通常、より優れた精度で線形チャンネル障害を反映します。これは、イコライザのトレーニングに使用されるデータ・セットがより大きく、バースト内のターンオン・トランジェント効果の影響をあまり受けないためです。
- EVM測定は、アベレージングにより、より安定度の高いバースト間測定になります。

参考文献

- [1] Cutler, Bob. 2002. 『Effects of Physical Layer Impairments on OFDM Systems.』
RF Design Magazine
http://rfdesign.com/ar/radio_effects_physical_Layer/index.htm
- [2] Voelker, Ken. 2002. 『Vector Modulation Analysis and Troubleshooting for OFDM Systems.』 2002年のワイヤレス・システム・デザイン会議で発表された論文
- [3] Agilent Technologies. 2003. 『Making 802.11g Transmitter Measurements. 』
Application Note 1380-4、カタログ番号5988-7313EN
- [4] _____. 2002. 『IEEE 802.11無線LANのPHYレイヤ (RF) の動作と測定』
Application Note 1380-2、カタログ番号5988-5411JA
- [5] _____. 2001. 『無線LAN製品のRFテスト』 Application Note 1380-1、
カタログ番号5988-3762JA
- [6] _____. 2003. 『OFDM Troubleshooting Tutorial and Demonstration Video (.AVI) Files on Agilent 89600 Series.』 ソフトウェア・ディスクv.4、
カタログ番号5980-1989E (無料)

便利なURL

<http://www.agilent.co.jp/find/wlan-j>

<http://www.agilent.co.jp/find/89600>

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。製品の製造終了後、最低5年間はサポートを提供します。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、製品の測定精度の維持をお手伝いします。



www.agilent.com/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電子計測ソフトウェアおよびコネクティビティ

Agilentの電子計測ソフトウェアおよびコネクティビティ製品、ソリューション、デベロッパ・ネットワークは、PC標準に基づくツールによって測定器とコンピュータとの接続時間を短縮し、本来の仕事に集中することを可能にします。詳細についてはwww.agilent.co.jp/find/jpconnectivityを参照してください。

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
(12:00~13:00も受付中)
※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)

E-mail: contact_japan@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 2003
アジレント・テクノロジー株式会社



Agilent Technologies

August 21, 2003
5988-9440JA
0000-00DEP