

NEWS

218/17



ROHDE & SCHWARZ

ビデオ品質の 監視

放送局とストリーミング・サービス・プロバイダーは、自動システムを使用して、プレイアウトセンターからの伝送、道路上での伝送、クラウド内の伝送を監視します。

汎用測定器

アナログRF/マイクロ波信号発生器を使用して性能限界を押し上げる

汎用測定器

高感度のプローブを使用して無線機器の消費電力を低減する

モニタリング

ハンドヘルドアンテナを使用して送信機と干渉源の方向を特定する

NEWS

発行元：

Rohde & Schwarz GmbH & Co. KG

Mühldorfstrasse 15 · 81671 München

www.rohde-schwarz.com

地域別連絡先

- ヨーロッパ、アフリカ、中東 | +49 89 4129 12345
customersupport@rohde-schwarz.com
- 北米 | 1 888 TEST RSA (1 888 837 87 72)
customer.support@rsa.rohde-schwarz.com
- 中南米 | +1 410 910 79 88
customersupport.la@rohde-schwarz.com
- アジア太平洋 | +65 65 13 04 88
customersupport.asia@rohde-schwarz.com
- 中国 | +86 800 810 8228 | +86 400 650 5896
customersupport.china@rohde-schwarz.com

編集者へのメール宛先：newsmagazine@rohde-schwarz.com

編集長：Volker Bach (Rohde & Schwarz)

編集およびレイアウト：Redaktion Drexler & Knobloch GmbH (German)

英訳：Dept. 5MS2

写真撮影：Rohde & Schwarz

印刷国：ドイツ

ボリューム：57

発行部数（ドイツ語版、英語版、フランス語版、スペイン語版、日本語版）：
約60,000部

発行回数：年に約3回

ISSN 0028-9108

最寄りのローデ・シュワルツ販売店を通して無料で提供します。

出典が記載される場合には抜粋の転載も許可されます。コピーを
Rohde & Schwarz（ミュンヘン）までお送りください。

PD 3606.9679.72

R&S®はRohde & Schwarz GmbH & Co. KGの登録商標です。商標名は所有者のトレードマークです。CDMA2000® はTelecommunications Industry Association (TIA-USA) の登録商標です。Bluetooth®のワードマークとロゴはBluetooth SIG, Incが所有しており、ローデ・シュワルツは、ライセンスに基づいてこれらを使用しています。他のすべての商標はそれらの個々の所有者の財産です。

表紙について

高速ネットワークにアクセスしていて、信号強度が強い場合、スマートフォンでYouTubeを視聴する際に、遅延せずに即座にスタートして欲しいと期待します。多くの場合、この期待が裏切られることはありません。なぜなら、大手ビデオ・サービス・プロバイダーは、満足度の高いユーザーエクスペリエンスの重要性を認識していて、インフラへの投資を適宜実施しているからです。同じことがネットワークオペレーターにも当てはまります。パフォーマンス低下の疑いがある場合、たとえデータを送信するだけであっても、ネットワークオペレーターが責任を負うことがよくあります。プロバイダーとしては、ユーザーからの怒りの苦情を待つ代わりに、ビデオの品質を事前に現場でチェックする方が得策です。その際、サービスの主観評価を行うために、大勢にテストして頂く必要はありません。かなり以前から、自動化された方法が利用可能になっているからです。バックパックに簡単に収まるモバイル測定ソリューションを使って、短時間で客観的な作業が行えます。本書の8ページから掲載の記事で、これらのソリューションに導入されたテクノロジーについて説明しています。モバイルビデオの視聴は比較的歴史が浅いため、ユーザーには、いくつか制限があってもしかたがないという考えがまだ残っています。しかし、従来型テレビには、コンセントからの電力供給と同様の、高い品質と信頼性が厳しく要求されます。では、従来型とは何でしょうか？ストリーミングサービスは、継続的にその勢いを拡大しています。TVプロバイダーやディストリビューターは、放送環境の多様化や多過ぎるメディアフォーマットへの対応を迫られています。この混沌とした状況でコンテンツの概要と品質を維持するには、入力に到着した信号などのすべてを処理できるモニタリングソリューションが必要です。R&S®PRISMONは、こうしたニーズに応える機能を備えたオールラウンダーです。オプションでクラウドに常駐させ、どこでも使用できる純粋なソフトウェアソリューションであるため、ケーブルジャックすら不要になります。この革新的なソリューションは、ラスベガスで最近開催されたNABショーで業界から高い評価を受けました。本書の42ページから掲載の記事をお読みいただくと、専門家からこうした評価を得ている理由がわかります。



表紙写真の提供元：MX1 GmbH

概要

NEWS

218/17

無線

電子計測器

モバイル・ビデオ・サービスの
エンドツーエンド評価 8



汎用測定器

信号の発生と解析

**R&S®SMA100B アナログ信号
発生器**

妥協のないソリューション 16

オシロスコープ

R&S®RTO

USB 3.1インターフェースと
PCIeインターフェースの効果的な
デバッグ 22

**R&S®RT-ZVC マルチチャネル・パワー・
プローブ**

無線機器の消費電力を
最小限に抑える新しいプローブ 30

試験システム

**R&S®OSP オープンスイッチと
制御プラットフォーム**

スイッチおよび攻略法 34

ネットワーク解析

**R&S®ZNLE ベクトル・ネットワーク・
アナライザ**



簡単なSパラメータ測定の実現 38

ハイエンドのR&S®SMA100B
アナログRF/マイクロ波信号発生器により、
出力パワーと信号純度間での妥協は
もはや不要です (16ページ)。



放送およびメディア

リファレンス

ドイツでのDVB-T2の導入

一夜にして実現された鮮明な画像への
切り替え..... 39

韓国での世界初となるUHDTV送信機 ネットワーク

UHDTVとオリンピック..... 40

電子計測器

R&S®PRISMON オーディオ/ビデオ コンテンツモニタリング&マルチビューワ ソリューション

放送/ストリーミングサービス向けの
集中コンテンツモニタリング..... 42

R&S®PRISMONは、集中モニタリングソリューションを提供することで、放送/ストリーミングでの
多様化に対応します (42ページ)。



モニタリング

ポータブル無線モニタリング

R&S®HE400

R&S®HE400 ハンドヘルド指向性
アンテナの使用による、干渉探索の
簡素化..... 50

その他

発行人..... 2

NEWSコンパクト..... 6

ニュース..... 54

R&S®HE400 指向性アンテナをポータブル
モニタリング受信機と組み合わせて使用すれば、
送信機や干渉源の位置を正確に特定できます
(50ページ)。





初のNB-IoTカバレッジ測定用ソリューション

携帯電話ユーザーは、カバレッジホールに入ると、通常、近くの基地局のカバレッジエリアを見つけることができます。機械や固定無線端末装置にはその選択肢がありません。操作エリア内には、信頼性の高いカバレッジが必要です。無線通信において不都合な場合、例えばスマート電力計が地下にある場合など、ワイヤレス接続は非常に困難になります。無線カバレッジが、人間主体のワイヤレス通信よりも、モノのインターネット (IoT) にとってさらに重要であるのはこのためです。ネットワークプロバイダーには、インフラを (マシン) ユーザーまで到達させることが、これまで以上に求められます。それが実現されているかは、ネットワークスキャナーで確認できます。R&S®ROMES4 ドライブ・テスト・ソフトウェアの最新アップ

デートにより、すべてのローデ・シュワルツのネットワークスキャナーでLTE Cat NB1に準拠したNB-IoTカバレッジ測定を実行できるようになりました。ネットワークスキャナーは、加入者デバイスとは異なり、ネットワークにログオンしません。現場のRF条件のチャンネル別解析に基づいて測定結果を作成します。スキャナーは、無線機器よりも精度が高く、無線スペクトラム全体をカバーし、ローカルに利用可能な無線サービス間の干渉の可能性についての洞察を提供します。ただし、特定のネットワークの遅延やスループットなど、パフォーマンスパラメータをテストするには、モバイルデバイスを経由したアクティブなネットワーク接続が必要です。この作業には、ソフトウェア拡張が利用できます。



新しいボードが搭載され、4.5Gテストに最適となったR&S®CMW500

長年にわたり、R&S®CMW500 ワイドバンド無線機テストは、開発および製造においてワイヤレス製品をテストするための信頼できるオールラウンダーであり続けています。R&S®CMW500は、さまざまな規格 (特に3GPP) によって定期的に導入される新機能に対応するために、継続的に更新されています。こうした新機能の導入は、5Gの開始を想定したネットワーク性能の強化が目的です。新しいR&S®CMW-B500I シグナリングボードには、3GPPリリース13および14 (LTE-Advanced Pro/4.5G) の課題に対応するプラットフォームが装備されています。テストは、R&S®CMW-B450H オプションと組み合わせると、最大2 Gbit/sのデータレート

を処理できます。ボードは、例えば4つのLTEセルを同時にエミュレートするために、ダブルロードすることができます。また、R&S®CMW500でサポートされる予定のすべての携帯電話規格と携帯電話以外の規格を処理し、以前のフェージングボードの代わりに幅広い機能を提供します。これまで高価な外部フェーダーで処理されていた最新の高速列車 (HST) のチャンネルモデルと洗練されたSCMEフェージングは、選択可能なフェージングプロファイルになりました。すべての新しいデスターに、R&S®CMW-B500I ボードが含まれています。古い機器には後付けすることができます。



要求の厳しいGNSSシナリオ用のハイエンドシミュレータ

メーカーが、ほぼすべてのモバイルデバイスやその他のモバイル設備へのGNSSレシーバーの統合を開始したため、ロケーションベースのサービスが急速に発展しています。これらのレシーバーの必要性が高まっており、その結果、電子計測機器の需要も高まっています。ライブ信号は、場所や時間に依存し、障害のない環境でしか受信できないため、GNSSのテスト信号源として使用できません。必要なのは、考えられる受信条件を再現可能な状態でエミュレートできるシミュレータです。実稼働環境でGNSSモジュールをテストするには比較的単純なソリューションで十分ですが、要求の厳しいシナリオをテストする必要がある場合は、開発ラボのシミュレーションが急速に複雑化する可能性があります。こうした環境では、シミュ

レータは、すべての側面と影響を信号経路に沿ってライブのように統合する必要があります。これには、固有の特性を備えた衛星 (GPS、GLONASS、BeiDou、Galileo、SBAS、QZSS)、大気 (電離層、対流圏)、地上条件 (不明瞭化、マルチパス伝搬)、レシーバーの動作条件 (移動プロファイル、アンテナ特性、干渉) が含まれます。R&S®SMW200A ベクトル信号発生器をベースにした新しいハイエンドGNSSシミュレータは、これをすべて実行することができます。マルチコンスタレーション、マルチ周波数、マルチアンテナ、干渉シナリオをシミュレートする能力を備えているため、これまで以上に複雑なテスト要件にも対応できます。



最大5 GHz帯域幅での信号解析

新たな周波数拡張により、R&S®FSW シグナル・スペクトラム・アナライザで、5Gに関連する高分解能レーダー測定やR&D作業を処理できます。R&S®FSW-B2001 オプションを追加すると、2 GHzの内部解析帯域幅を備えた世界初の測定器が実現します。43 GHzおよび50 GHzのベースユニットの周波数レンジ全体で使用することができ、多くの解析オプションと互換性があります。R&S®RTO2044 オシロスコープ (I/Qデータ用) とR&S®FSWを結合すると、より高い周波数でも広帯域幅を使用することが可能となっています。これには、

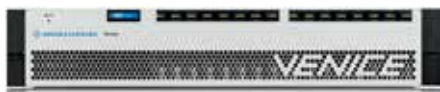
R&S®FSW-B2000オプションが必須です。R&S®FSW-B5000 オプションをR&S®RTO2064 オシロスコープと組み合わせると、85 GHzモデル用にさらに広い帯域幅 (5 GHz) が得られます。R&S®FSW85にR&S®FSW-B90G オプションを装備すると、周波数の上限値が90 GHzに拡張され、Eバンド全体をカバーできます。これらの新しいオプションの代表的な用途には、車載用FMCWレーダー、周波数アジャイル、超短パルスレーダー、802.11ay Wi-Fi信号、5G波形候補の測定が含まれます。



非常に便利な方向性パワー測定

方向性パワーメータをつないで伝送路を形成すると、順方向および、反射パワーレベルを測定し、トランスミッターが必要なパワーを放射しているか、アンテナへの経路に沿った干渉反射を識別しているかを確認します。こうしたパワーメータのRF特性は、ニュートラルである必要があります。挿入損失やインピーダンスの不整合による信号への影響を与えることは出来ません。R&S®NRT-Z センサは、この要件を何年も厳密に満たしています。このセンサは、最大4 GHz、120 Wの連続パワー (300 Wピーク) で、あらゆる信号波形形状のパワーレベルを優れた精度で測定します。コンピューター、またはさらに便利な新しいR&S®NRT2コントロールユニット上のUSBアダプタを使って操作

できます。最新の5インチタッチスクリーンが装備されていて、設定可能なディスプレイにすべての関連データが一覧表示されます。順方向では、パラメータは平均パワー、平均パーストパワー、ピーク・エンベロープ・パワー (PEP) です。正味の値 (順方向値-反射値)、クレストファクター、CCDFとして表示することもできます。反射波により、反射パワー、リターンロス、反射率、反射係数、SWRの測定値が得られます。順方向パワーレベルと反射パワーレベルが自動的にスケーリングされ、数値および棒グラフ (リミットラインあり/なし) で表示されます。R&S®NRT2は、その前身であるR&S®NRTとリモート制御互換です。



ファイルベースのワークフロー用の新しいメディアサーバー

スタジオおよび放送の世界は、テープベースのワークフローからファイルベースのワークフローへと急速に移行しています。IT世界のクライアント・サーバー・アーキテクチャーは、この進化のためのテンプレートとして機能し、業界の特別なニーズに合わせて調整されています。ハードワイヤードの専用デバイスは、IPネットワークコンポーネントに置き換えられています。これらのコンポーネントは、ネットワーク内で仮想サービスとして、トランスコーディング、ストレージなどの機能を提供します。チャンネル再生とスタジオ/ライブアプリケーション用に完全に再設計されたR&S®VENICE メディアサーバーは、このような環境を考慮してデザインされています。このサーバーは、スムーズな移行を可能にするハイブリッドデザインが特長です。R&S®VENICEは、従来のSDIフォーマッ

トの処理と同時に、IP信号の処理も行えます。このシステムは、FIMSまたはVDCPを経由して統合することができます。オープンスタンダードに基づいた相互運用性を向上させることが重要な開発目標でした。同時に、最高の信頼性を確保することがもう一つの目標でした。新しいローデ・シュワルツの仮想ストレージ・アクセス・テクノロジーは、特にR&S®SpycerBox Cellストレージソリューションと組み合わせて使用する場合に、干渉のない操作を保証します。R&S®VENICEは、UHD-1/HDRまでのすべての入力/出力フォーマットを同時にサポートします。インターレース解除、クローズドキャプションの入力と書き出し、Dolby Eデコードなどの機能を備えた強力なツールセットにより、ハードウェア製品やソフトウェア製品を追加する必要がなくなります。

モバイル・ビデオ・サービスの エンドツーエンド評価



ビデオは、最も人気のあるウェブコンテンツとして、長年、モバイルネットワーク内のデータ量の大部分を占めてきました。こうした理由から、ビデオコンシューマーのみならず、ビデオサービスプロバイダーやネットワークプロバイダーも、高いQoE（体感品質）に常に関心を持っています。モバイル測定システムは、視聴者による評価と同等の信頼性でQoEを自動的に評価します。

現在、モバイルビデオは、かならずしも目新しくはないにもかかわらず、活発に議論が行われているトピックです。ミレニアムの変わり目直後（最初のスマートフォンが登場するはるか以前）でさえ、QuickTime®やRealPlayer®を使用してメディアサーバーからビデオにアクセスし、ストリーミングすることは可能でした。こうしたUDP/RTPベースの伝送では、ストリーミングという用語をリアルタイム伝送の意味で使用しても何ら支障はありませんでした。モバイルネットワークの容量が限られていたため、高い圧縮率でビデオを連続リアルタイム伝送するしかなかったからです。高速伝送でのバッファリングや、誤差補正の強化には対応できませんでした。このような制限は、画像サイズがさして大きくない（通常、QCIF（144×176）またはQVGA（240×320））にも関わらず存在しました。DVB-Hなど、他のモバイル・ビデオ・テクノロジーも、これらの初期のストリーミングサービスと同様に成功せずに終わっています。

モバイルビデオが十分受け入れ可能なレベルに達したのは、HSPA伝送テクノロジーが出現し、モバイルディスプレイが大型化（480×640以上）した後です。それからまだ10年も経っていません。しかし、それ以降、使用量は指数関数的な伸びを示し、現在では、ネットワーク内のデータ量の大部分を占めるまでに至っています（図1）。理由としては、モバイルネットワークの伝送容量の増加と、安価なデータプランの提供が挙げられますが、最大の牽引役は、高解像度の大型スマートフォンの普及です。スマートフォンは実質的に、すべてのメディアに対する中心的なアクセスデバイスとして使用されています。その結果、主要な情報源としてのビデオの利用は、さらに拡大を続けています。現在、YouTubeが、使用頻度が2番目に高い、Googleに迫る検索エンジンであるのも無理からぬことです。

一般に、モバイルビデオサービスは、ネットワークプロバイダーの主要提供サービスではありません。モバイルビデオサービスの大部分の機能は、電気通信の標準や規格とは無関係です。コンテンツ、サーバー、アプリケーションは、独立したサービスプロバイダーによって提供されますが、これらのプロバイダーは、データを転送するためだけにモバイルネットワークを使用しています（OTTサービスと呼ばれます）。データは通常、アプリケーション層で独自のプロトコルを使用して暗号化され、転送されます。ビデオ圧縮技術もサービス固有です。アプリとサービス間のすべての情報交換は、

モバイルサービスの利用

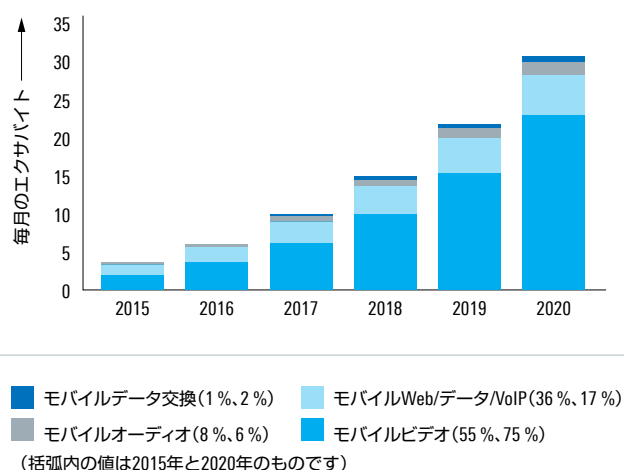


図1：モバイルネットワークにおけるデータトラフィックの増加。ビデオサービスのデータ量は、相対的にも絶対的にも急激に増加しています（出典：Ericsson Mobility Report 2017）。

ビデオサービスの指揮下にあり、最適化と適応が絶えず行われています。そのため、市場で利用可能な多くのビデオサービスに対して、正確かつ詳細な情報を提供することはほぼ不可能です。したがってここでは、主要な技術を簡単に紹介し、サービス品質の知覚的評価の必要性について説明することとします。

ビデオサービスの知覚品質は、以下の基準に基づいて大まかに決定することができます。

■ サービスの可用性

■ ビデオを要求してからビデオが開始するまでの遅延の長さ（最初の画像までの時間）

■ 望ましくない中断が発生する程度（ストール）

■ 画像の解像度と品質の高さ。以下が画質に及ぼす影響の度合い

- ・ 圧縮損失（圧縮または解像度の低下、フレームレートの低下によるぼやけ）、ブロッキングアーチファクト
- ・ 伝送エラー（アーティファクト、画像の破損、短時間のストール）

音声とビデオが非同期になる場合もあります。

モバイルデバイス上でのビデオ伝送の技術的背景

要求されるビデオの過半数は、コーデック圧縮されたビデオファイルとしてサーバーに保存され、呼び出しを待っている状態にあります（ライブビデオとは対照的な、ビデオ・オン・デマンド）。民生用デバイスへの伝送を説明する際にストリーミングという用語がよく用いられますが、正確には、ストリーミングは、「民生用デバイス上での連続した伝送とリアルタイム処理」のみを意味します。ただし、先に説明した初期のモバイルビデオとは異なり、現在、データは、より大きなセクションで伝送され、バッファリングされます。

原理上は、ビデオ全体を1つのファイルとしてダウンロードし、受信が完了した後でビデオを表示することができます。とはいっても、ユーザーにとって待ち時間はイライラするもので、受け入れがたいものです。こうした問題を解決するのが、プログレッシブダウンロード技術です。スマートフォンで最初のセクションが利用可能になり次第、ビデオがスタートします。その間、ビデオの残りが、バックグラウンドでサーバーから引き続きダウンロードされます。この方法を使用すると（十分なチャネル容量がある場合）、ビデオ全体が、短時間のうちにデバイス上で使用可能になります。利点は明らかです。ひとたびロードされれば、接続品質を気にすることなく、ビデオを中断なしで再生できます。

ただし、ユーザーはビデオを最後まで視聴しない場合が多いため、すべてダウンロードすると、伝送容量が無駄に使用されることになります。その妥協策として、ビデオの複数のセクションをバッファリングすることで中断のない再生を確保しつつ、利用可能な伝送容量が無駄に使用されないようにしています。

最初に、ビデオファイルの大きな初期セクションが保存されます。ビデオを継続して視聴する意思が明らかな場合は、ある再生ポイントに達したときに次のセクションがダウンロードされます。ロードされる各セクションの長さは、数秒から数分の範囲です（ビデオサービスの指針によって異なります）。セクションは短くなる傾向にあり、その結果、ストリーミングの究極の目標に近づいてい

ます。しかし、リアルタイムストリーミングとは違ってビデオの大きなセクションはバッファに残るため、接続で生じる長いギャップを埋めることができます（図2）。

技術的な観点からは、ビデオ・オン・デマンドは依然として、リアルタイム伝送を必要としないファイルダウンロードです。データ転送は、ほとんどの場合、信頼性の高いTCP/HTTPプロトコルをベースとしたものです。このプロトコルは、データの損失を防ぐことができ、すべてのオペレーティングシステムでサポートされています。例外は、YouTubeです。YouTubeは、GoogleのQUICプロトコルに移行中です。性能上の理由から、トランスポート層でTCPの代わりにUDPが使用されていて、これがデータ損失につながる可能性があります。ただしアプリケーション層では、QUICは、損失を防ぐメカニズムを実装しています。

ビデオ・オン・デマンドと比較した場合、ライブビデオのネットワークでの役割は、ボリュームという点では小さいものの、伝送経路に対してより大きなリアルタイムデマンドを持っています。代表的なアプリケーションには、ビデオ電話、監視カメラからの画像、ビデオ支援リモート制御システムがあります。各ケースで「リアルタイム」という用語をどれだけ厳密にとらえるかは、アプリケーションによって異なります。ソーシャルメディアの中心はテレビとライブビデオです。どちらのケースも、リアルタイム要件はそれほど厳しくなく、数秒の時間遅延が許容されます。このため、ビデオ・オン・デマンドの場合と同じ技術基盤で伝送が行えます。唯一の違いは、ストレージとリロードの間隔がわずか数秒と短い点です。

また、セクションごとに少しずつずらして伝送する技術により、ビットレートを伝送チャネルに適合させやすくなります。ビデオの各セクションを現在のチャネル容量に基づいて、適切な圧縮で（例えば、DASH）配信できます。伝送経路が輻輳状態にある場合は、ビデオセクションの配信時に解像度を下げるか、圧縮率を高めることで、データレートを低くします。これは画像の品質に影響を与えますが、バッファメモリが空になって休止が発生する方が厄介です。

ダウンロード戦略

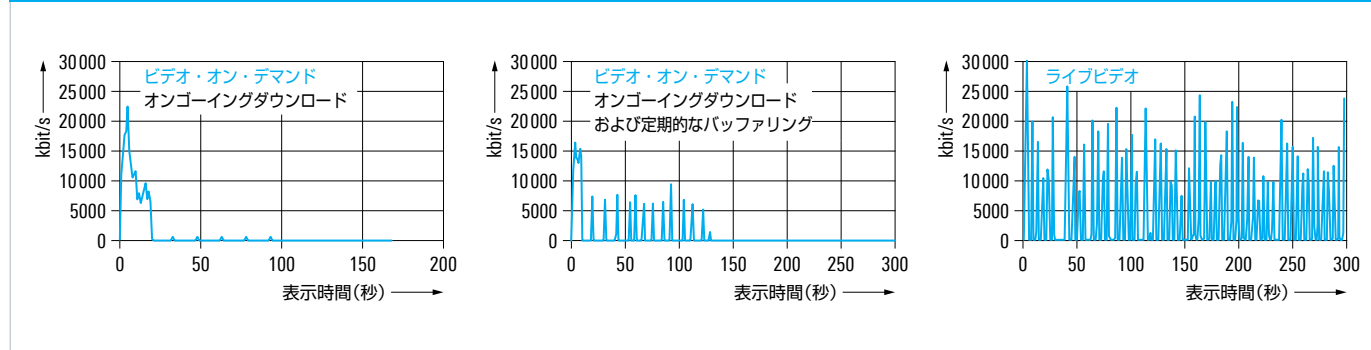


図2: ビデオサービスのデータ伝送測定例の3つ

ビデオプロバイダーは、適切な圧縮レベルの選択、この動作を規制する時定数の定義、およびその他のすべての詳細のベースとして使用するチャンネル情報を、スマートフォン上のクライアントとサーバーのどちらが決定するのか定義する責任があります。モバイルネットワークが提供するものは、伝送手段のみです。ビデオサービスが、(チャンネル容量に応じて)高い画像品質を維持しながら、画像フリーズを回避することを主目的として、与えられた状況に対応します。圧縮手法の使用には、損失がつきものです。欠落する細部の量は、コード化方式と圧縮レベルによって変化します。最良のケースでは、その影響は知覚しきい値以下に留まります。圧縮率を上げる必要がある場合は、画像がぼやけます。ぼやけは、動きのあるシーンでより顕著です。さらに圧縮率を高めると、ピクセル化やカラーシェーディングの欠落など、厄介なアーチファクトが発生します。

品質評価の決め手とはならないデータストリーム

本質的に、ビデオサービスの技術的構成は評価に無関係です。最終的に重要なのは、視聴者が見ているもの、すなわち、よく引用されるQoEです。問題は、技術的な手法を使ってQoEをどう評価するかです。

再生時間との関係に基づいたビデオファイルのサイズや、関連するビットレートからは、限られた情報しか得られません。個々のコーデックは、異なる効率レベルで機能する(すなわち、異なる画像品質が同じビットレートで送信される)からです。ほとんどのコーデックには、プロファイルと呼ばれる複数の品質レベルが用意されています。プロファイルは、圧縮のための計算効率を定義します。圧縮の複雑度が上がると、データ量が同じでも詳細の表現力が高まる可能性があります。最後に、画像コンテンツもデータ量に影響を与えます。静止したシーンの大型画像は、動きやカラーダイナミクスが激しい、高輝度の小型画像よりも効率的にエンコードできます。

サーバーとアプリは、フィードバックループで設定を調整することにより、ネットワークや画像材料内の変化に対応しています。データフロー解析のみに基づく評価ツールを使用していて、画像およびアプリケーションのメタデータの知識がない場合、最終顧客の観点からの品質に関する、信頼できる情報を提供することができません。たとえサービス固有のメタ情報にアクセス可能であったとしても、この業界のダイナミックな変化は非常に激しいので、解析ツールメーカーが、変化に合わせて速やかにソフトウェアを開発するのはほぼ不可能です(11ページのボックスを参照)。さらに、今日のビデオサービスの過半数は、すでにトランスポート層で暗号化を使用しています。受信したビットストリームの単なる解析では、品質評価に必要な情報を少ししか提供できません。それに代わる方法として、文字通り、すべてを見ることができる方法があります。この方法では、表示された画像自体が、解析用ソースの役割を果たします。ビデオの圧縮、送信、デコード、表示準備など、

新たな動き – ビデオ規格の最新の進化

MPEG-4 (part 2)、H.264、H.265は、よく知られた標準化されたビデオコーデックです。長年、MPEG-4 (part 2) は、IPTVおよびDVDビデオの標準規格でした。H.264 (AVC) への次の開発ステップで、HDTVが実用化され、Blu-rayディスクフォーマットにも使用されています。最新の標準コーデックは、H.265 (HEVC) です。DVB-T2などの規格で使用されていて、UHD1伝送 (4K) 用コーデックとしての地位を確立しています。極めて高い圧縮度でも、許容可能な画質を提供することができるからです。

GoogleのVP9など、独自仕様の、主にオープンな(ただし標準化されていない) コーデックもあります。品質面ではH.264とH.265の間にあり、現時点でYouTubeで使用されている唯一のコーデックです。近い将来、AV1 (Alliance for Open Mediaが策定したVP9ベースのオープン・ソース・ビデオ・コーデック) への移行が予定されています。開発が完了すれば、AV1が、YouTubeで採用されることは間違いありません。Netflixなど、他のビデオ・サービス・プロバイダーも採用する可能性があります。現在、主要なインターネットプレーヤーの間では、一般的に、ITUとMPEGの古典的な標準化作業から離れる傾向があります。代わりに、合併やコンソーシアムの枠組みの中で、コーディングと伝送の規格について議論し、採用しています。すべてのサービスが独自の技術的エコシステムを維持していて、他のサービスとの互換性を確保する必要がないため、コーデックは(サーバーとアプリの間の通信と同様に)、通常、通知や開示なしに変更されます。

その最たる例がYouTubeです。2年足らず前には、YouTubeはMPEG-4でコード化されたビデオを、暗号化されていないTCPコネクションを経由して、3GP形式で送信していました。それ以降、最初はTLSを使用し、その後はGoogle独自のSPDYプロトコルを使用して、ビデオが暗号化されています。ビデオは、H.264でも記録されていました。しばらくして、アダプティブ・ビット・レートを可能にするためにMPEG DASHに移行しました。もう1つのステップがビデオの再コード化で、今度は、Google独自のビデオコーデックVP9が使用されました。その後、2017年の初めに、Androidスマートフォンのために、YouTubeはTCPを放棄し、UDPとQUICアプリケーションプロトコルを採用しました。この変更の一覧は、ビデオの伝送に関する指標にのみ関連しています。実質的にアプリバージョンが変わるたびに、YouTubeでは、スマートフォンでのバッファメモリの管理方法も変更しています。すなわち、データがいつ、どれだけバッファリングされるかを定義するルール、およびビットレートが変更されるときに準拠する基準です。

他のビデオサービスも、同様の調整を継続的に行っています。サービスの進化の影響を受けずにさまざまなサービスの品質を比較するには、使用されるすべての測定手法、評価手法、および基準が、長期間にわたってすべてのサービスで測定可能でなければなりません。また、伝送路に沿って役割を果たすコンポーネントをすべて含める必要があります。

表示に先立って行われたすべての作業が、画像に反映され、解析で考慮できるようになります。重要なのは、視聴者に最終的に提示される画面だけです。ただし、画面のコンテンツを解析するには、モバイルデバイスの画像メモリにアクセスする必要があります。これは困難ですが、スマートフォンでは扱いやすい課題です。

最終的に重要なのは視聴者に表示される画面の品質

すでに述べたように、ビデオが要求されてから再生が始まるまでの時間（最初の画像までの時間）は、サービス品質を評価する際に不可欠なパラメータです。データのバッファリングが行われるため、表示が開始されるのは、最初のデータパッケージがIPレイヤーで受信された時点ではありません。そのはるか後です。この時間遅延を測定するには、画面を見るしかありません。または、画像メモリ内で測定する必要があります。

受信したデータストリームからバッファメモリの空きを（正確に）診断することも不可能です。メモリの使用状況や、ワーピング指標の使用の有無が不明だからです。ビデオのフリーズやハングを確認する場合も、ディスプレイを見る必要があります。各画像の実測の表示時間が、基準として使用されます。

実際の画像の評価自体にも、課題が残っています。人間の知覚の特異性を考慮した、知覚的客観ビデオ品質モデルとして知られている技術的な手法が必要です。

知覚的客観ビデオ品質モデル

知覚的客観ビデオ品質モデルは、さまざまな基準に準拠してフレームを評価するだけではありません。長い画像シーケンスにわたる運動パターンも、人が静的および動的な側面に反応するのと同じ方法で評価します。解析は複雑かもしれませんが、結果はシンプルです。最終的には、品質スケール上で総合的価値として要約されます。例えば、国際的に認知されている絶対品質スケールでは、品質を1 (bad) から5 (excellent) の値で記述します (図3)。多くの個別評価の平均が、MOS (Mean Opinion Score) 値です。

知覚的客観解析の簡単な例として、ストールの評価があります。シーンがダイナミックであるほど、厄介な画像のフリーズがより頻繁に起こります。動きが非常に少ないシーンでは、ストールによって失われる情報はわずかです。風景など、静的な被写体の場合、全く気付かれないことすらあります。一方、スポーツ放送では、たとえ中断が短時間であっても、非常に迷惑であると認識されます。運動アスペクトの知覚的客観指標は、ジャーキネスと呼ばれます。ジャーキネスでは、ビデオ内の動きで画像の表示持続時間を重み付けし、情報の損失と待たされる煩わしさを表す単一の値を返します。

格付け	英語	ドイツ語	フランス語	スペイン語
5	excellent	ausgezeichnet	excellente	excelente
4	good	gut	bonne	buena
3	fair	ordentlich	assez bonne	regular
2	poor	dürftig	médiocre	mediocre
1	bad	schlecht	mauvaise	mala

図3：MOSによく使われる国際格付け

画像の破壊が発生する環境も、ディスラプションを評価する上で重大です。画像のフォアグラウンドまたは動くオブジェクト（アトラクション領域）内にあるアーチファクトは、そうしたアーチファクトが目立たない、非常に明るい非常に暗い画像領域内でのブロック形成よりも、はるかに評価を下げます。

ビデオコーデックでも、ビデオコンテンツの特性を利用して圧縮を最適化するため、知覚的客観戦略を採用します。例えば、画像内の特定の注目される領域をより高い詳細レベルでエンコードする一方、注目されない領域では細部の欠落が多くなることを容認します。

標準化されたビデオ品質モデルのアプリケーション分野

IPTVの普及により、ネットワーク内のさまざまな配信ポイントでビデオ品質を測定する必要性が高まっています。近年、この目的のために多くのビデオ品質評価装置が開発されています。評価装置が解析するのはビデオビットストリームのみですが、これらのアプリケーションでは十分に正確な結果が得られます (図4)。ビットストリームが暗号化されていない場合は、メタデータ（コーデックタイプとプロファイル、パケットサイズ）だけでなく、コンテンツ情報（フレームの表示持続時間、圧縮構造）も使用できます。画像をデコードすることも可能です。暗号化されたビットストリームの場合は、評価できる情報の量は、厳しく制限されています。制限の度合いは、暗号化の影響範囲が実際のビデオデータのみであるかどうか、およびどのプロトコル階層レベルが適用対象となるかによって異なります。

ビットストリームベースの評価は、モニタリングを目的としています。この場合、ビデオは、既知である必要も、デコードされた形式で使用可能である必要もありません。現在の評価は、ITU P.1201、P.1202.1/2、およびP.1203.1-4に記載されています。

エンドツーエンドのテスト（特にモバイル通信）の場合、前述のように、画像ベースのモデルには利点があります。これらのモデル

は、人間の知覚に基づいていて、画像を解析することができるため、ユーザーエクスペリエンスを表す上で最も正確です。現在のHD互換の測定手法は、ITU J.341およびITU J.343.1-6に記載されています。参照ベースの手法と参照なしの手法には、基本的な違いがあります。参照ベースの手法（画像ベースの完全参照手法、図5）には、ビデオソースへのアクセス機能があり、画像ごと、さらにはピクセルごとに、受信されたビデオに対する知覚関連の差異を計算し、結合して品質値を取得することができます。こうした手法は、ITU J.341およびITU J.343.5/6に記載されています（42ページの記事も参照してください）。ただし、これらの手法を使用するには、テスト対象のビデオサービスのサーバーに事前に参照ビデオをアップロードしておく必要があります。品質測定中、これらのビデオが、測定器に保存された同じビデオと比較されます。この手法は、プライベートビデオのロードとストリーミングを許可するサービス（例えば、YouTube）によってサポートされていますが、通常、プロフェッショナルプロバイダー（例えば、Netflix）ではサポートされていません。参照ベースの手法は、以前の再生ソースが利用できないため、ライブビデオの評価にも適していません。

対照的に、参照不要の手法（画像ベース、参照なしの手法）は、ビデオソースの先験的知識が必要ありません。受信されたデコードされたビデオで、代表的な輻輳時（ジャーキネス、細部の欠落、圧縮歪みなど）が解析され、この情報が品質値の計算に使用されます。標準化された手法は、ITU J.343.1/2に記載されています。

これらの手法の利点は、伝送経路に関係なく機能するため、アプリケーションの幅が広いことです。そのため、ETSI TS 102 250-2では、すべてのタイプのモバイル・ビデオ・ストリーミング・サービスにJ.343.1を使用することを推奨しています。

現在、モバイル・ビデオ・ストリーミングにほぼ独占的に使用されているこのセキュアな伝送法は、過去に重大なアーチファクトや画像エラーの原因となったビットエラーを防止します。また、圧縮アーチファクト（画像の細部の欠落、動きのぼやけ）およびストール（す

ビットストリームベースのビデオ品質評価装置

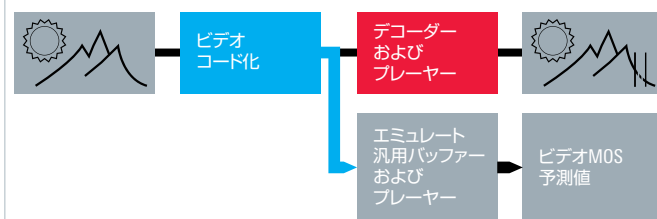


図4：ビットストリームベースの品質評価装置は、少量のメタデータとヒューリスティック法を使用してMOSを導出します。

なわち、動く画像のフリーズ）の問題も低減させます。しかし、リアルタイム要件の厳しいビデオ電話の普及により、モバイルデバイスでは安全でない（すなわち、損失のある）伝送が、再び広がりつつあります。現在の測定手法の多くには、その対策が備わっています。

ローデ・シュワルツ製品におけるITU J.343.1の構造とアプリケーション

ITU J.343.1に準拠した品質測定手法は、SwissQual/ローデ・シュワルツの社内開発です。2014年にITUによってテストと標準化が行われ、以来、ローデ・シュワルツのモバイル・ネットワーク・テストのAndroidベースのテストアプリケーションで実装されています。この手法には、ビデオストリームからの一部のメタ情報も使用可能です。ジャーキネス値は、個々のフレームの移動および表示持続時間から計算されます。画像の複雑さを示す情報から、細部の欠落が計算されます。最後に、ビデオ品質が、1 (bad) から5 (excellent) までのMOS値で評価されます。

参照ベースのビデオ品質評価装置

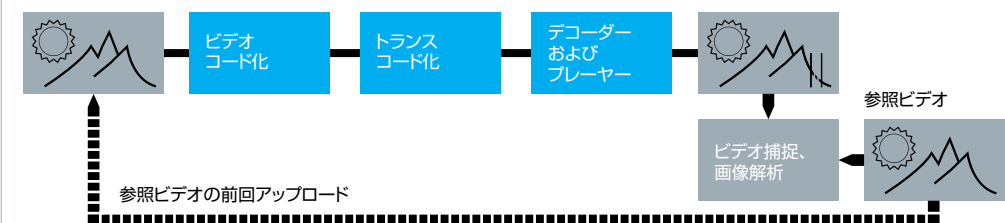


図5：参照ベースの手法では、ストリーミングされたビデオは、測定器に格納されたオリジナルと比較されます。

開発時には、測定手法をリアルタイムアプリケーションで使用できるようにすることが最優先事項でした。実装では、現在のビデオフレームのみを、少数の画像からなる履歴との関係に基づいて解析します。この制約にもかかわらず、画像評価は、次のフレームの前に完了させるため極めて迅速に行う必要があります。1秒あたり

25フレームの場合、3 Mバイトの画像の解析に使用可能な時間は、わずか40 msです。

この手法では、ビデオ信号から他の情報も取得します。ストールが検出され、使用される画像サイズとビデオコーデックも認識されます(図6)。より深いプロトコルレイヤーのデータも記録されます。これにより、累積品質値だけでなく、伝送経路の最適化や、問題発生時の効率的なトラブルシューティングに使用できる、多くの情報も得られます。

ビデオ品質評価は、一般的にビデオサービスを評価する際の主要な作業です。測定アプリケーションは、AT&Tの独自のDirecTVサービスだけでなく、最も一般的に使用されるビデオサービスであるYouTubeライブビデオを含め、YouTubeの完全自動制御をサポートしています。半自動測定アプリケーションでは、他のほとんどのビデオサービスのテストも可能です。これにより、新しいサービスへの迅速な対応だけでなく、地域的に重要なビデオサービスの評価と最適化への対応も行えます。

ビデオ・テスト・アプリケーションは、QualiPoc製品ファミリーでサポートされています。このファミリーには、ネットワーク最適化作業用のR&S®ROMESおよびQualiPoc Handheld、ネットワークモニタリング用のQualiPoc Remote Control、および特にベンチマーク・システムとしてFreeRiderウォーク・テスト・ソリューションとSwissQual Benchmarkerが含まれます。

ITU J.343.1に準拠したビデオ解析

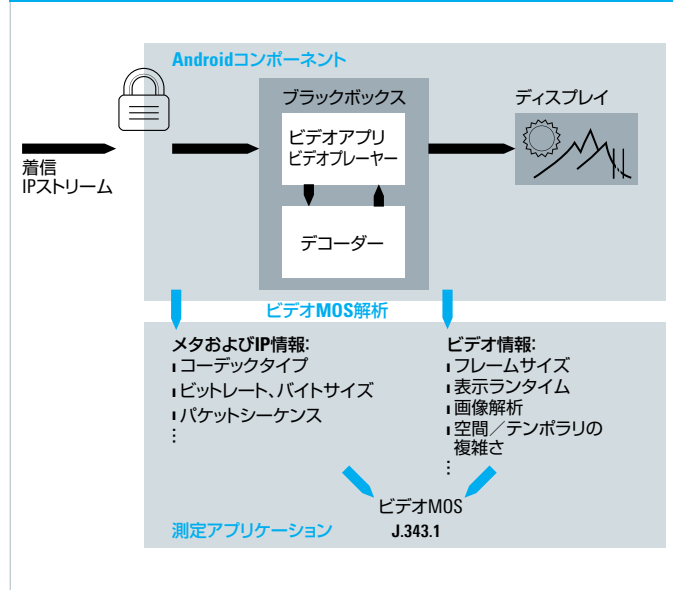


図6: ITU J.343.1に準拠したビデオ解析は、画像そのものと少量のメタデータに基づいています。

画質だけでは不十分なQoEの評価

画質は、ビデオサービスを評価する上で最も重要な基準ですが、画質だけでは不十分です。サービスへのアクセスビリティ、アクセスに要する時間、およびロードの進捗度に関する情報も評価対象となります。全体像を把握するため、ローデ・シュワルツのモバイル・ネットワーク・テスト製品には、実際の使用状況をシミュレートしてビデオ品質を測定するテストシーケンス（スマートフォンでビデオアプリケーションを起動してから、特定のビデオを要求し、表示された画像を解析するまで）が含まれています(図7)。実世界で待ち時間が関与する場合は、仮想上の平均的ユーザーの最大待ち時間が使用されます。これらの時間を超えると、テストは、ビデオが一度も表示されなかった場合は「Failed」、ビデオが長時間フリーズした場合は「Dropped」とみなされます。このような中断基準は、自動化されたテストシーケンスに不可欠です。

テストシーケンスは、スマートフォンのテストログで正確にたどることができます(図8、左側)。テストが成功すると、全体的な品質(MOS)と、ジャークネス、フリーズ(ストール)などのその他の状況が返されます(図8、右側)。画像レート、画像解像度、使用されるプロトコル、IPおよびトレース・ログ・ファイルなど、他の多くの測定値がバックグラウンドで収集されます。その結果、ユーザー

QualiPoc製品のテストシーケンス

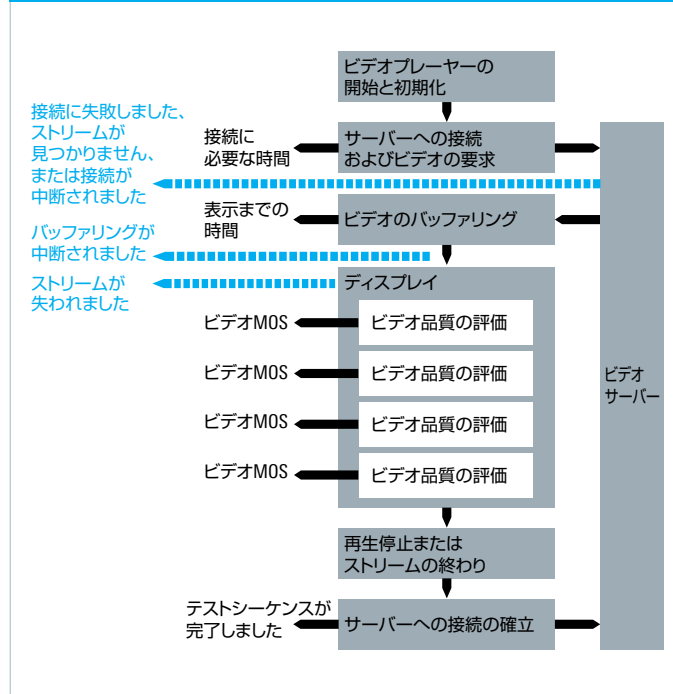
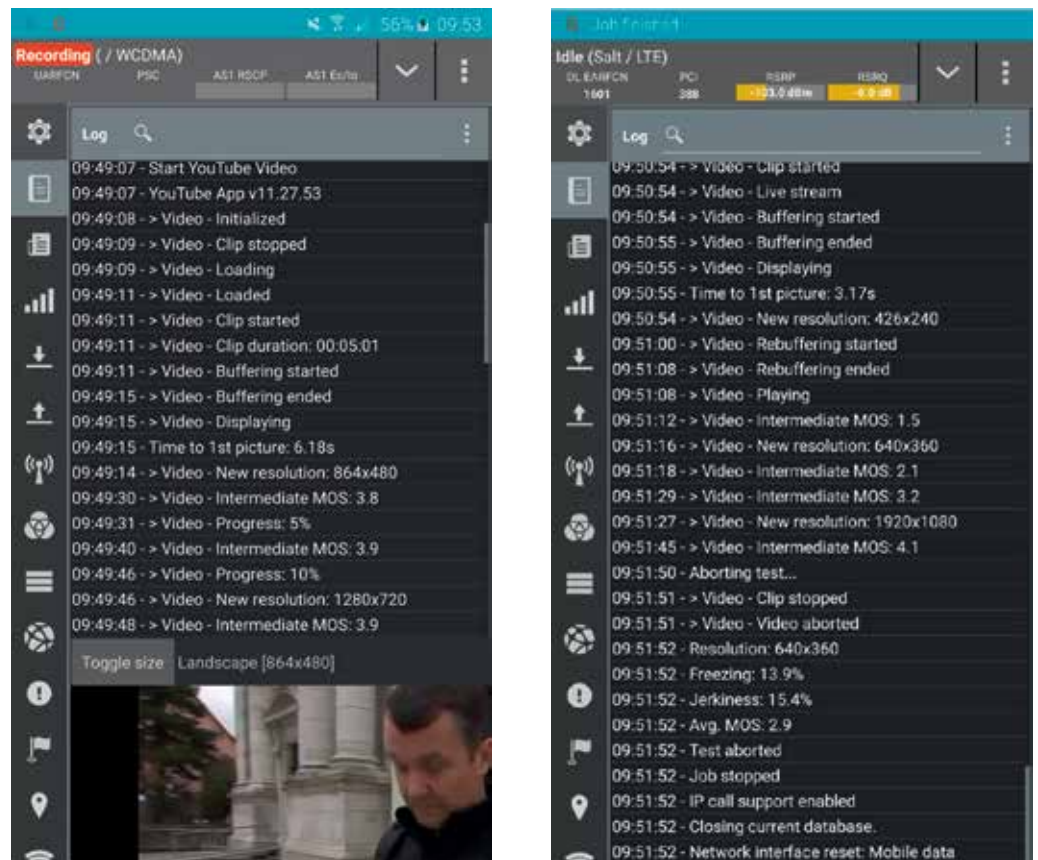


図7: アプリケーションの開始から接続の確立までのビデオサービスの測定

図8：図7のフローチャートに従ったQualiPocによるYouTubeビデオのリアルタイム解析



は、ビデオ品質の測定値にアクセスするだけでなく、伝送経路を最適化するために必要なすべての情報にもアクセスできます。

サマリと将来の動向

ビデオは、長年、モバイルネットワークで転送されるデータの多くを占め、引き続き劇的な伸びが見込まれます。したがって、ネットワークプロバイダーおよびビデオ・サービス・プロバイダーは、高い技術的品質のサービスを保証することでビデオコンシューマーを満足させ続けることに、常に関心を持っています。自動テストシステムは、品質のレベルを短時間に高い信頼性で評価します。モバイル分野では、参照なしの知覚的客観解析手法が、ビデオ品質測定に代わる手法として有効であることが実証されています。これらの手法では、演算によって意味のある結果が得られます。演算は、スマートフォンでも実行できるため、安価で使い易い手法といえます。

ビデオ電話などのリアルタイムアプリケーションの役割は、現在それほど大きくないものの、この状況は近い将来変化します。事実上待ち時間のない5Gモバイル規格の登場で、高品質のリアルタイムアプリケーション（例えば、遠隔医療のためのビデオ伝送）が可能になり、実現が容易になります。高い信頼性、高い伝送路品質

が不可欠です。現在のローデ・シュワルツのモバイル・ネットワークテスト監視製品は、すでにこうしたアプリケーションに対応しています。

Dr. Jens Berger, Dr. Silvio Borer

参考資料

- Quality evaluation of streaming video on mobile networks; Rohde&Schwarz white paper; www.rohde-schwarz.comで5215.4369.92を検索してください。
- ETSI Technical Report TR 102 493 (v.1.3.1): Guidelines for the use of Video Quality Algorithms for Mobile Applications. ETSI, Sophia Antipolis, 2017.
- ETSI Technical Specification TS 102 250-2 (v.2.5.1): QoS aspects for popular services in mobile networks; パート2 : Definition of Quality of Service parameters and their computation. ETSI, Sophia Antipolis, 2016.
- Recommendation ITU-T H.264: Advanced video coding for generic audiovisual services. ITU-T, Geneva, 2013.
- Recommendation ITU-T H.265: High efficiency video coding. ITU-T, Geneva, 2016.
- Recommendation ITU-T J.341: Objective perceptual multimedia video quality measurement of HDTV for digital cable television in the presence of a full reference. ITU-T, Geneva, 2016.
- Recommendation ITU-T J.343.1: Hybrid perceptual bitstream models for objective video quality measurements. ITU-T, Geneva, 2014.
- Recommendation ITU-T P.1201: Parametric non-intrusive assessment of audiovisual media streaming quality. ITU-T, Geneva, 2014.
- Recommendation ITU-T P.1202.1: Parametric non-intrusive bitstream assessment of video media streaming quality. ITU-T, Geneva, 2014.
- Recommendation ITU-T P.1203: Parametric bitstream-based quality assessment of progressive download and adaptive audiovisual streaming services over reliable transport. ITU-T, Geneva, 2016.

妥協のないソリューション

マルチスポーツ競技ですべての種目を得意とするアスリートは稀です。しかし、新しいR&S®SMA100B アナログ信号発生器は常識を覆す性能を備えています。この新しい信号発生器は、あらゆる面で最高得点を獲得し、他社の同クラスの製品より抜きん出た性能を誇っています。



図1: ハイエンドのR&S®SMA100B
アナログRF/マイクロ波信号発生器により、
出力パワーと信号純度間での妥協は
もはや不要です。

最適な特性を備えた製品を開発するには、しばしば、技術的に実現可能な限界を研究開発の段階で押し広げる必要があります。エレクトロニクス分野では、デザインの可能性を最大限に引き出すために、あるいはその性能を検証するために、通常、アナログ信号源がソリューションとして用いられます。その際、測定結果への影響を避けるには、信号源の性能が十分に高くなければなりません。例えば、A/DおよびD/Aコンバーターをテストするエンジニアは、スプリアスフリー・ダイナミック・レンジ (SFDR) ができるだけ広く、広帯域ノイズが非常に低い信号が必要です。レーダー

エンジニアの場合は、位相雑音が小さいことが最も重要な要件です。信号源をケーブル損失の大きい大規模なテストセットアップで使用する際には、信号源の出力パワーが高いと、性能の低下につながる外部増幅器を使用する必要がありません。残念ながら、今日までに市販されているすべての信号発生器では、何らかの性能を妥協しなければなりません。これらの基準すべてを同時に満たすことができる測定器はありませんでした。

ローデ・シュワルツでは、R&S®SMA100AおよびR&S®SMF100A RF/マイクロ波信

号発生器の後継器の開発を決断した際に、シンプルですが、非常に野心的な目標を掲げました。それは、新しい測定器で、さまざまな特性が互いに複雑な依存関係を持たない状態で最高の特性を実現することです。この結果、優れた信号品質と妥協のない高出力パワーを兼ね備えたR&S®SMA100Bが誕生しました (図1と図5)。

以下に、この測定器の長所が活かされる代表的なアプリケーションの例を示します。



ADC/DACコンポーネントのテスト

新世代のA/DおよびD/Aコンバーターは、より高い最大クロック周波数と実効分解能を備えています。こうした高性能コンポーネントをテストするには、被試験デバイス

(DUT) の信号純度を超える純度を備えた、クロック信号およびテスト信号用の信号源が必要です。R&S®SMA100Bは、非常に純度の高い信号を発生できます(SFDRは、搬送波周波数1 GHzで100 dBc未満、

搬送波周波数10 GHzで80 dBc未満です)。以前の測定器と比べると、10 dB ~ 18 dBの向上となっています。また、市販されている同等の測定器の仕様をはるかに上回っています。図2に示すように、非高調波歪みの抑圧の測定値は、保証値を大幅に下回っています。

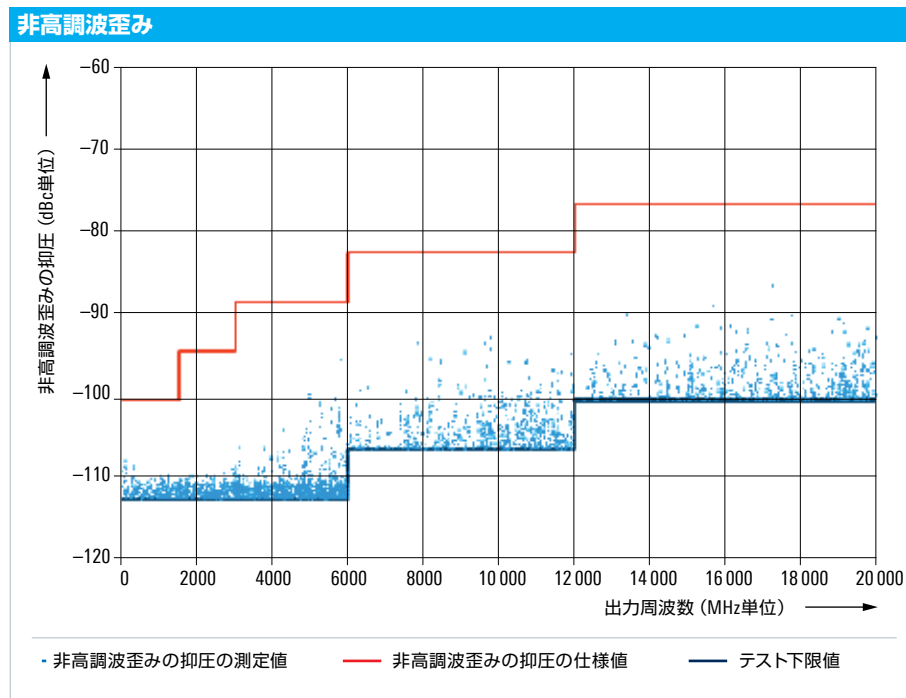


図2 : R&S®SMAB-B711 オプションを追加したR&S®SMA100Bの非高調波歪みの抑圧の測定値と仕様値

10 GHzでの単側波帯位相雑音

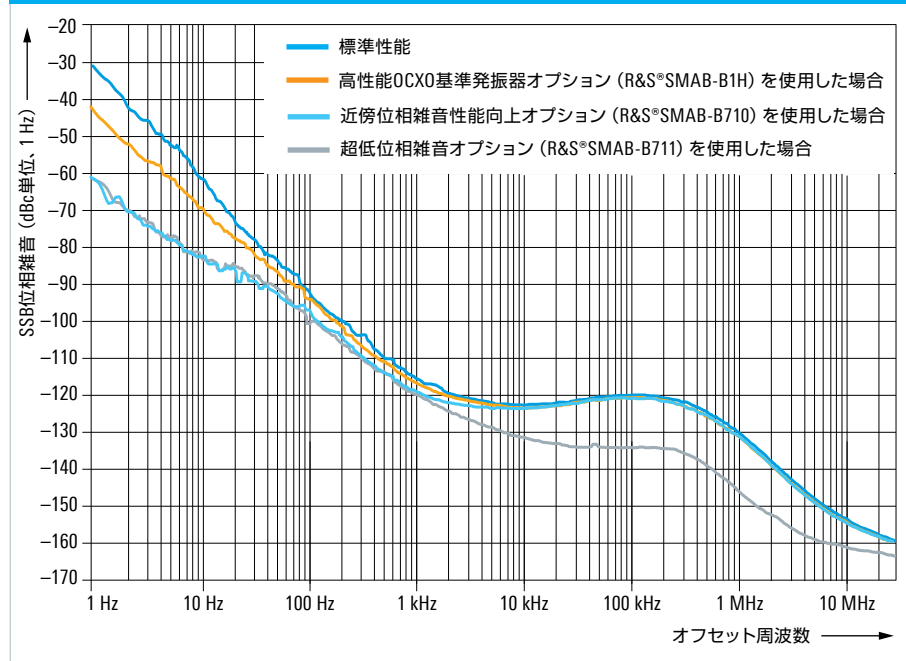


図3 : R&S®SMA100Bの10 GHzでの単側波帯位相雑音

サンプリング周波数と分解能が高いため、信号源の広帯域ノイズを非常に低く抑える必要があります。広帯域ノイズの低いクロック信号を使用することで、ADCのサンプリングされた入力信号のS/N比が低下するのを回避するためです。これは、特にアンダーサンプリングを使用するADCに当てはまります。R&S®SMA100Bでは、最適化されたRFデザインと、新しいフルデジタル増幅制御ループの組み合わせにより、搬送波周波数10 GHzで-160 dBc/Hz (代表値) の広帯域ノイズが保証されます。これまでは、非常に特殊な信号源を使用しないと、こうした値を達成することはできませんでした。

ADCのテストでは、通常、2つの信号源が必要です。1つ目の信号源はDUT用のクロックを供給し、2つ目の信号源はアナログ入力信号を供給します。R&S®SMA100Bは、両方備えています。オプションのクロックシンセサイザにより、位相雑音および広帯域ノイズが非常に低い、完全に独立した最大6 GHzの第2信号源が追加されます。このオプションは、ADCのクロック入力用に最適化されています。その周波数は、メインの信号とは独立して設定することができます。共通の1 GHz基準を使用して、クロック出力信号とメインのシンセサイザ信号との間で非常に高い位相安定度を実現しています。さらに、信号タイプ、振幅、DCオフセットをすべて設定できるため、差動型だけでなくコモン不平衡型のクロックインタフェースにも対応できます。

ハイエンドレーダー開発

ハイエンドレーダー・システムをデザイン／テストする際の検出感度は、RF信号源の位相雑音によって制限される場合があります。R&S®SMA100Bには、最も要求の厳しい要件に対応するために、位相雑

音を改善できる複数のオプションが用意されています(図3)。オフセット1 Hz、搬送波周波数10 GHzの場合、近傍位相雑音を-60 dBc/Hz(代表値)に抑えることができます。位相雑音をオフセット範囲全体で可能な限り低くする必要がある場合は、オプションのYIG発振器を使用すると、出力周波数10 GHz、オフセット10 kHz~100 kHzで、値-132 dBc/Hz(代表値)を達成できます。R&S®SMA100Bは、位相雑音特性では、他の測定器よりはるかに優れています。

レーダーシステムをテストするときは、高速かつ十分に制御されたRFパルスが不可欠です。5 ns(代表値)の立ち上り/立ち下り時間と80 dBを超えるパルス・ダイナミック・レンジを備えたR&S®SMA100Bは、レーダーアプリケーションに最適です。最先端のレーダー受信機の場合は、通常、高いレベル安定度とレベル再現性を備えた、非常に高速なパルスによるテストも必要になります。R&S®SMA100Bに備えられたパルス変調器は、特にこれを目的としてデザインされています。この変調器は、低デューティーサイクルの状況でも、最初のパルス・オンから、パルス長100 nsまでのパルスの振幅を制御することができます。

マイクロ波増幅器の製品テスト

パワーアンプのテストで重要なのは、十分なドライブパワーがあることです。これまでのマイクロ波信号発生器には、通常、十分なドライブパワーを発生する機能がなかったため、高価な外部増幅器が必要でした。しかし、R&S®SMA100Bには標準またはオプションでパワーアンプが内蔵されています(図4)。3つの出力レベルが利用可能です。標準バージョンが不十分な場合は、キーコードを使用して、最大+35 dBmの高出力パワーオプションをオンにすることができます(工場でのサービスは不要です)。超高出力パワーオプション(工場でのインストールが必要)により、レベルが+38 dBmまで上がります(6 GHzモデルの場合)。これまで、こうした高出力パワーを供給できる汎用信号発生器はありませんでした。

隠れたトップ企業



R&S®SMA100Bのような成功を収める測定器を構築する際の鍵となる社内開発コンポーネント

まずは(高い)目標を立てました。この場合、その時点のトップモデルであるR&S®SMA100Aより、出力パワーを10 dB高くし、位相雑音と非高調波歪みを10 dB下げ、同時に高調波歪みを大幅に低減することを目標にしました。新しい信号発生器がその旧機種をはるかに上回るだけでなく、市場で新しい基準を打ち立てることも目指しました。

定義段階の第1ステージでは、測定器のコンセプトを開発し、主要コンポーネン

トと必要な仕様を特定しました。これはデザインチームにとって困難を極める作業でした。その時点では要件が確定されておらず、コンセプトの根本的な変更を余儀なくされたためです。

主要コンポーネントの要件を早い段階で定義し、開発パートナーのロードマップを調整するには、コンポーネントの可用性に関する集中的な市場調査、およびコンポーネントメーカーとの頻繁な打ち合わせが必要でした。新たに開発するASICの長いリー

最大出力パワーの測定値

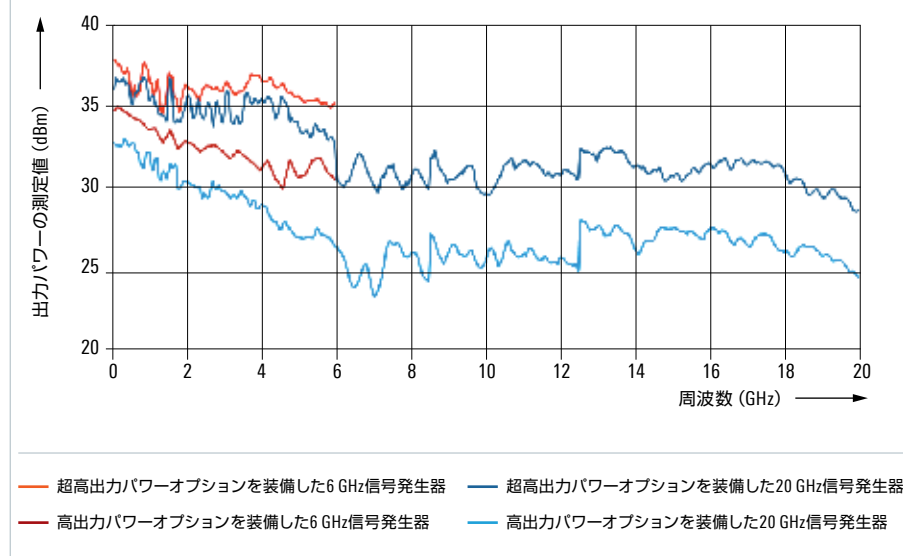


図4：R&S®SMA100Bの最大出力パワーの測定値

ローパスフィルターが内蔵されているため、すべての出力パワーオプションで、-65 dBc (代表値) の高調波抑圧がハイパワーレベルまで保証されます。非常に高い出力パワー、低い高調波、極めて低い広帯域ノイズという特性を備えたR&S®SMA100Bを使用すれば、外部増幅器とフィルターが不要になり、複雑で高価なテストセットアップは必要なくなります。

R&S®SMA100Bは、2 HUまたは3 HUのサイズで注文できます (図5)。どちらのモデルにも、タッチ操作式のグラフィカル・ユーザー・インターフェースが装備されています。2 HUの測定器は、ラック設置時のスペースの節約に有効です。3 HUモデルは、より大きなディスプレイとフロントパネルコネクタを利用できるので、ラボアプリケーションに推奨します。

Daniel Blaschke, Jürgen Ostermeier

優れた堅牢性と操作性

自動化された製造環境では、サービスや修理によるダウンタイムを最小限に抑えることが重要です。R&S®SMA100Bでは、マイクロ波発生器の代表的な摩耗要因の1つが除去されています。それは、メカニカル・ステップ・アッテネータです。最大6 GHzの信号発生器には、電子式 (すなわちメンテナンスフリーの) ステップアッテネータが10年以上にわたって標準装備されてきました。R&S®SMA100Bは、このテクノロジーをマイクロ波発生器の世界に導入しました。電子式アッテネータ (標準機能) により、マイクロ波周波数 (最大20 GHz) でも摩耗のない非常に高速なレベル設定が可能です。

図5：ラックアプリケーション用のスリムなデザインのモデル、またはフロントパネルコネクタを装備したラボベンチ用モデル：どちらのモデルも同じ高度なテクノロジーを使用



ドタイムは、プロジェクト全体のスケジュールを狂わせる可能性があるため、これは特に重要でした。

ローデ・シュワルツが戦略的に重要であると分類したコンポーネントに対して十分な品質の市販製品が見つからない場合は、社内開発プロセスを立ち上げました。コンポーネントの社内開発には高いコストがかかりますが、多くの利点があります。機能のカスタマイズに加えて、会社は、コンポーネントへの排他的なアクセス権を保持し、それを比較的低い製造コストで別の測定器にも使用することができます。その結果、ハイエンド測定器用に開発されたテクノロジーを、後の段階で中価格 (さらには予算に合った) 測定器に移行することができます。

ローデ・シュワルツでは長年にわたり、ミックスドシグナル・デザイン・センターを運用しています。このセンターでは、非常に有能でイノベーションを指向するチップデザイナーの専任チームが、市販製品の限界を超える性能を備えた主要コンポーネントの開発にあたっています。ローデ・シュワルツは、数多くの大手半導体メーカーと緊密な協力体制を築いているため、さまざまな最先端の半導体プロセス (GaN, SiGeなど) から、技術要件に適したものを選択することができます。

R&S®SMA100Bに対する技術要件は非常に厳しいため、多くの重要なコンポーネントは社内開発されました。以下に、最も重要なコンポーネントを簡単に紹介します。

YIG発振器：バイエルン州の経済メディアエネルギー技術省が出資する研究プロジェクトの一環として、エアランゲン＝ニュルンベルク大学のマイクロ波フォトリクス研究所 (LHFT) およびその他のパートナー (Infineon AG, Innovent e.V.) の協力の下に、最適化されたSiGe

トランジスタをベースにしたまったく新しい発振器を開発しました。このデバイスは、非常にコンパクトなデザインで、波長範囲全体にわたって位相雑音の新しい基準となるものです。ここ数年間で、ローデ・シュワルツは、これらの重要な高品質YIG共振器を製造するためのテクノロジーを成功裏に展開し、Innovent e.Vと連携してテクノロジーの開発をさらに進めてきました。YIG共振器とトランジスタは、発振器の重要なコンポーネントです。この研究プロジェクトで信頼できる外部パートナーと協力したことは、ローデ・シュワルツのYIG発振器の性能をさらに向上させるための次のステップに必然的につながりました。

周波数デバイダー: シンセサイザの位相雑音を非常に低く抑えるには、低ノイズの発振器と共に、低位相雑音、低広帯域ノイズの高周波広帯域デバイダーが必要です。ローデ・シュワルツは、高速、低ノイズのデバイダーコンポーネントの開発を長年にわたって手掛けており、この領域における高度な専門知識を有しています。R&S®SMA100Bの場合は、次世代のデバイダーコンポーネントが自社で開発されました。革新的なアーキテクチャーと、SiGe半導体プロセスを使用して実装された新しい回路コンセプトを組み合わせることにより、位相雑音の新たな基準が誕生しました。性能は、先行のモジュールより10 dB向上し、その結果、市販されているすべてのコンポーネントを上回りました。

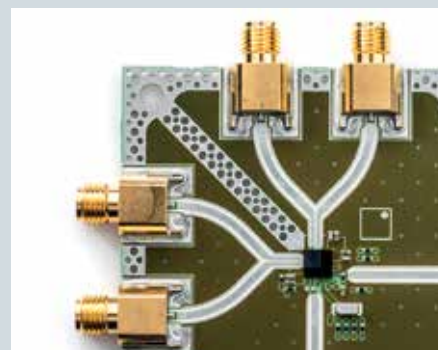
増幅器: この周波数レンジで10 Wまでの非常に高い出力パワーレベルを実現するには、最新のGaNテクノロジーをベースにして新しいパワーアンプを開発することが不可欠でした。このテクノロジーを使用すると、ノイズと高調波の領域で妥協することなく、非常に広い周波数レンジでパワーを出力できます。さらに、パワーアンプの大きな散逸パワーを効果的に処理し、プリント基板で適切な冷却を確実に行うには、パッケージングにおいて新たなブレークスルーが必要でした。

スイッチ: しばしば見過ごされますが、電子スイッチには、ハイパワーアンプに匹敵する重要性があります。スイッチは、測定器の出力でさまざまな信号経路の結合に使用されるため、非常に小さい損失と歪みで、最大10 Wの高出力を処理できる能力が求められます。ローデ・シュワルツは、業界で初めて、こうしたGaNテクノロジーをベースにしたスイッチを開発しました。

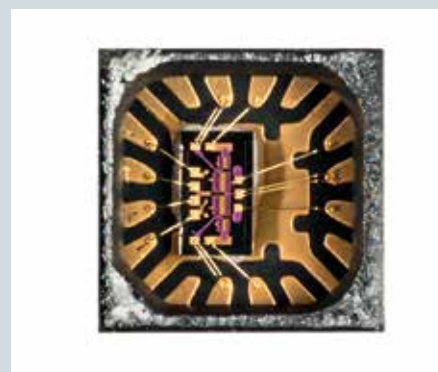
完全な電子式の20 GHzステップアッテネータの採用により、スイッチに課される要件が増え、ほとんど克服できないような問題が発生しました。このモジュールを実装するには、スイッチは、非常に高いアイソレーション、低伝送損失、低歪み、非常に高いスイッチング速度、8 kHz~20 GHzの信号帯域幅を同時に提供する必要があります。これらの要件は相反する性質を持つため、単一のスイッチデザインですべてに対応しようとするれば、測定器の性能が実質的に損なわれることは明白でした。このソリューションでは、ステップアッテネータの全く新しいアーキテクチャーが、さまざまなスイッチトポロジーやテクノロジーと組み合わせられています。CMOS、GaN、およびAlGaAsテクノロジーを使用してさまざまなスイッチ構造を開発し、アプリケーションごとに最適な結果が得られるようにしました。信号発生器で最大20 GHzまで使用できる初の電子式ステップアッテネータを開発するには、これが唯一の方法でした。ステップアッテネータは、リレーをバイパスすることなく、非常に高い出力パワーを非常に低い高調波歪みで提供します。こうした性能は、過去にはメカニカル・ステップアッテネータでしか実現することができませんでした。顧客の利点は明らかです。設定時間が短縮され、磨耗や損傷がなくなります。



YIG発振器



評価ボード上の周波数デバイダー



GaNスイッチ



GaNパワーアンプ

USB 3.1インターフェースと PCIeインターフェースの 効果的なデバッグ



6 GHz R&S®RTO オシロスコープは、USB 3.1 Gen 1、PCIe 2.0などの高速デジタルインタフェースを最大5 Gbit/sのデータレートで測定します。したがって、プロトコルレベルでのデバッグだけでなく、高速データラインのシグナルインテグリティのテストにも最適です。

確かなトレンド：高速通信インタフェースの統合

増え続けるデータ量や、高速化し続ける処理速度と伝送速度への対応は、基板設計者にとって大きな課題となっています。最も広く使用されている高速データインタフェースは、DDRメモリアンタフェース（DDR2、DDR3、DDR4、低電力型を含む）と、USBおよびPCI Express（PCIe）シリアル通信インタフェースです。

USBは現在、至る所で使用されていて、標準的なPCや民生用エレクトロニクスをはじめ、車載用、産業用、医療用のテクノロジーとして幅広く用いられています。USBインタフェースでは、USB 3.1 Gen 1（SuperSpeed）規格で5 Gbit/s、Gen 2（SuperSpeed+）規格で10 Gbit/sの高いデータレートを実現しているほか、USBの電源供給仕様に基いた電源供給と充電の機能も強化されています。もう1つの重要な革新が、コネクタの統一です。USB Type-C™ スリムプラグはあらゆる方向に接続でき、モバイル機器に適しています。高速データレートを特長とし、最大100 W（5 A、20 Vの電力供給モード）を供給でき、DisplayPortとThunderboltもサポートします。

PCIeインタフェースも、幅広い用途に用いられています。もともとはコンピューター業界向けに開発されましたが、現在では、補助デバイスやコンポーネントをCPUに接続したり、USBまたはUARTをPCIeに変換したりするための組み込みアプリケーションで多く使用されています。パワフルなPCIe 4.0（Gen 4）の導入が予定されており、16 GT/sの最大データレートが実現されます。ただし、組み込みアプリケーションでは、それぞれ2.5 GT/sと5 GT/sで動作する第1世代と第2世代のインタフェースで機能的には十分です。新世代の各インタフェースは、通常、前の世代の動作モードをサポートしています。このため、Gen 2またはGen 3インタフェースを備えたデバイスでも、専用動作の際には第1世代の最大データレートである2.5 GT/sで動作していて、それに応じたデバイスのテストが必要になります。

課題：シグナルインテグリティ

USB、PCIeなどのデジタルシリアル・インタフェースを経由したセキュアなデータ伝送には、物理層でのバイナリー信号のエラーのない送信が不可欠です。伝送チェーンの主要コンポーネントは、トランスミッター、伝送ライン、およびレシーバーです。開発メーカーは、これらのコンポーネントの信号が、関連するインタフェース規格に準拠するようにする必要があります。

実際には、課題は主に基板設計に存在します。一方では、例えば、プラグ、ビア、リレーがPCBラインまたはケーブル上の信号の伝送に影響を与える可能性があるため、伝送ラインのシグナルインテグリティを考慮する必要があります。他方では、高速データインタフェースを、近くのコンポーネントから干渉を受けないように保護する必要があります。例えば、隣接する信号線間の距離が近すぎると、USBやPCIeが差動シグナリングを使用している場合でも、クロストークが発生する可能性があります。

ほとんどの場合、トランスミッターとレシーバーは、メーカーによって仕様がテストされている標準コンポーネントです。ただし、配線の欠陥、または基準クロックや電源の品質と安定度の問題はこれによってなくならないため、ボード開発中にトランスミッターとレシーバーもテストする必要があります。

アイダイアグラムとヒストグラムを使用したシグナルインテグリティの確保

デジタル信号をアイダイアグラムで表示することは、信号品質を評価する有効な方法です。信号ビットが個別に重ねて書き込まれ、蓄積されて、1つのダイアグラムが構築されます。典型的なアイダイアグラムは、0から1および1から0への多数のビット遷移の結果です（図1）。信号の伝送に対する多くの品質パラメータを、ダイアグラムから決定することができます。例えば、横軸（時間軸）にはアイ開口部と、アイの両側のジッタ（ビット遷移）が、縦軸には垂直方向のアイ開口部とノイズが示されます。

USBおよびPCIeインタフェース規格では、アイ・ダイアグラム・テスト用のマスクが定義されていて、信頼性の高いデータ伝送のため必要最小限のアイ開口部が提供されているかどうかを容易に評価できます。図2に、データレート2.5 Gbit/sのPCIe CEM Gen 2仕様からの例を示します。

回路設計者は、ヒストグラムを使用して、水平軸でビット遷移、垂直軸でアイの中心点を表示することにより、ジッタ分布と振幅ノイズに関する役に立つ詳細な情報を確認できます。図3に、6 GHz R&S®RTO オシロスコープを使用した測定例を示します。テスト信号は、PCIe Gen 2インタフェース（2.5 GT/sモード）を備えたPCのプラグインボードから来ています。R&S®RTOの波形捕捉レートは、市販されている他の測定器よりもはるかに高速です。数秒で数百万ビットを捕捉し、捕捉したビットをアイダイアグラムの表示

アイダイアグラム

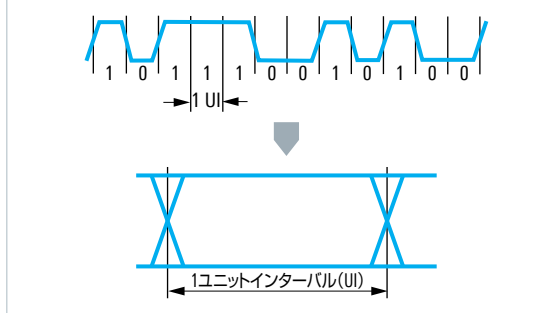


図1: データ信号のアイダイアグラム (UI=1/データレート)

アイマスクの定義

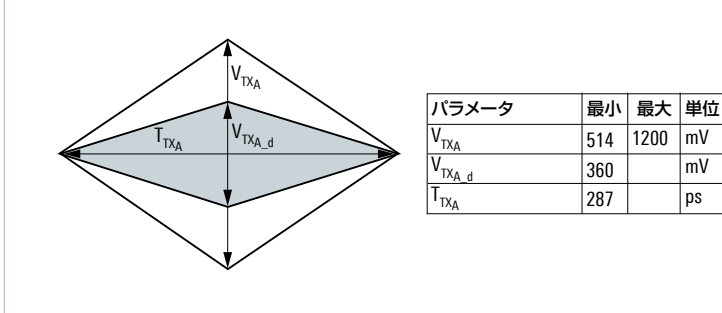


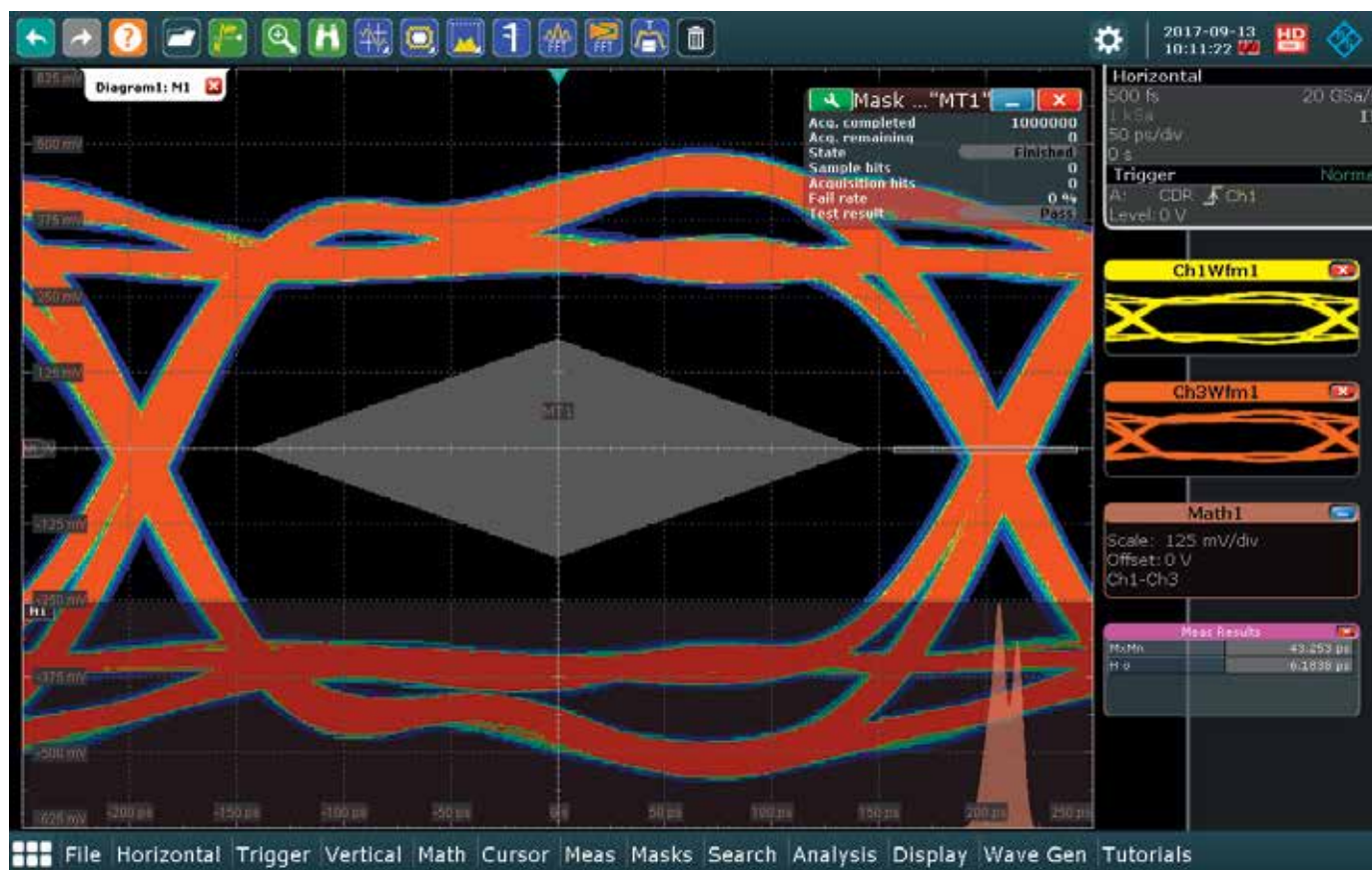
図2: PCIe 2.0仕様のアイマスク (2.5 GT/sモード)

に使用できます。カラーコード化された残光表示により、頻度の高い信号シーケンスと希な信号シーケンスの両方を確認できます。マスクは、PCIe仕様の定義に従って、アイの中心に配置されています。アイパターン違反は自動的に捕捉され、捕捉された波形の数、マスク違反、エラーレートなどの詳細が表示されます。ヒストグラムでは、アイの右端にガウスジッタ分布を表示できます。ヒストグラムは、ピークツーピークジッタ (最大値から最小値まで)、RMSジッタ (標準偏差) など、他の測定にも適しています。

高速アイダイアグラム・テストのCDRトリガ

アイダイアグラムのビットシーケンスを正しくオーバーレイするには、時間基準が必要です。DDRメモリアンタフェースなどのパラレル・データ・インタフェースは、データの送信に加えて、各データビットの送信の正確な開始時間と終了時間を定義するクロック信号も送信します。USB、PCIeなどのシリアル・データ・バスは、基準クロックをデータ信号に埋め込みます。レシーバーは、クロック・データ・リカバリ (CDR) を使用してエンベディッドクロックを抽出する必要があります。その後、レシーバーは、抽出されたクロック

図3: マスクテストとヒストグラムを含む、PCIe Gen 2 (2.5 GT/s) で定義されている信号のアイダイアグラム。R&S®RTO2064 オシロスコープで測定



信号を使って入力データストリームをサンプリングします。CDRでは、周波数変動（通常、1 MHz～10 MHz）に追従するため、フェーズロックループ（PLL）、遅延ロックループ（DLL）などのレギュレーションコンポーネントが使用されます。この周波数変動を平坦化する機能は、データ伝送の安定化には非常に有効ですが、テストを困難にする要因となります。テスト測定器のクロックを基準として使用する従来の手法では、テストマージンが減少し、テストが不可能になる可能性すらあります。一部の標準では、電気的な放射を減らすために、周波数変動も用いられます。例えば、PCIeではスペクトラム拡散クロック方式（約30 kHzの三角波変動）が使用されています。

以上のような理由から、エンベディッドクロック信号を正常にテストするには、レシーバーのCDRの動作を考慮する必要があります。R&S®RTOユーザーはこの点で一歩先んじています。このオシロスコープではアイダイアグラムの表示にR&S®RTO-K13 ハードウェアCDRオプションを使用するからです。PLLの次数、帯域幅、制動に関する動作を設定し、レシーバーのCDRを詳細に記述するさまざまなプロトコル仕様に沿って、テストを実行することができます（図4）。このハードウェアCDRオプションでは、CDRから抽出されたクロック信号がトリガソースとして使用されるため（図5）、データビットがエンベディッドクロック信号と同期することが効率的に確保されます。UIオフセットが0.5の場合は、アイの中心のトリガポイントは設定可能です（図4）。

R&S®RTO オシロスコープの捕捉レートが最大100万波形／秒と非常に高いことから、ハードウェアCDRではアイダイアグラムの生成



図4：R&S®RTO オシロスコープの設定可能なハードウェアCDR

時に、多数のデータビットを非常に短時間でオーバーレイできるため、統計的に信頼度の高い結果が得られます。従来のソフトウェアCDR解析は、個々の波形の後処理中に実行されるため、より時間がかかります。R&S®RTOソリューションのもう1つの利点は、ハードウェアCDRがすべての波形捕捉を一貫した動作で継続して実行することです。一方、ソフトウェアCDRのPLLアルゴリズムは捕捉ごとに再起動する必要があるため、波形の先頭のサンプルが使用不能になります。

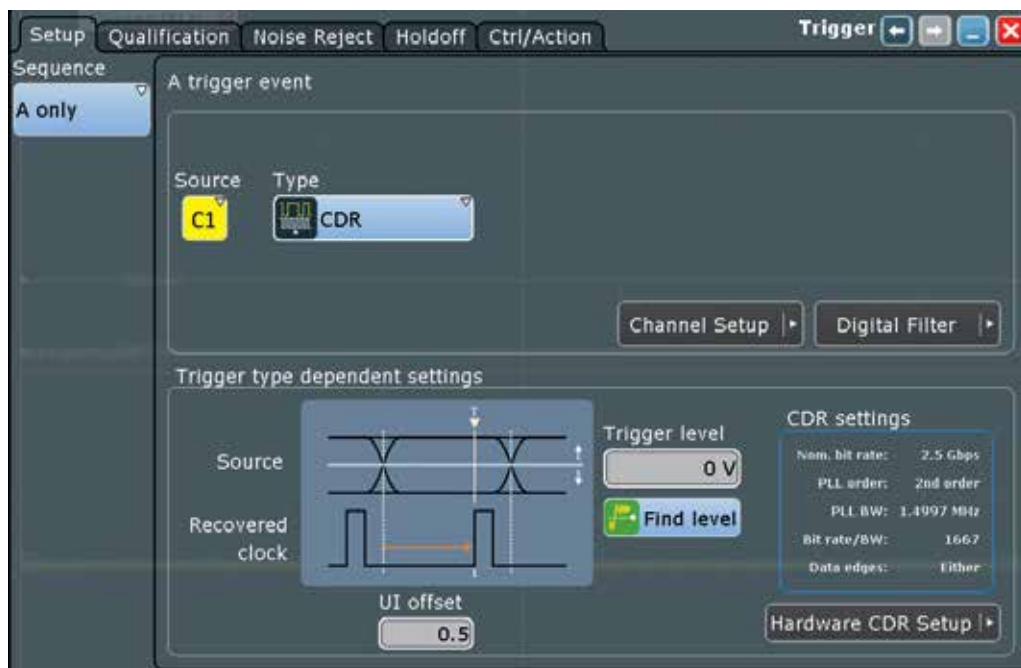


図5：R&S®RTO-K13 ハードウェア CDRオプションを使用する場合のトリガソースとしてのCDRの選択

接触エラーの防止

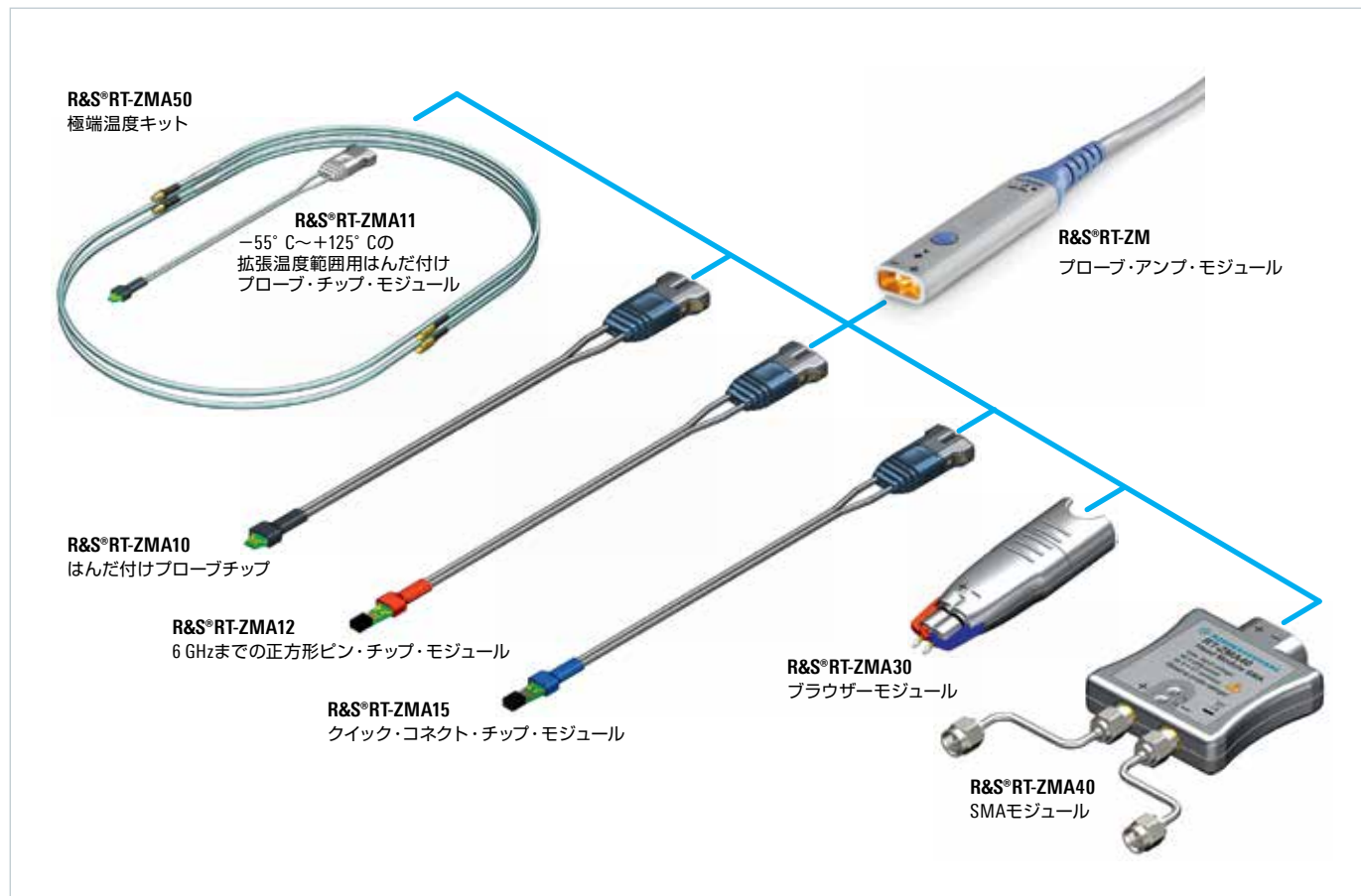
高速の信号を測定する際に信頼性の高い結果を得るには、プローブを正しくコンタクトさせることが重要です。R&S®RT-ZM 広帯域プローブなどのローデ・シュワルツのモジュラープローブには、異なるコンタクト方法をサポートするため、さまざまなチップモジュールが用意されています (図6)。最も一般的なのは、チップモジュールをはんだ付けする方法です (図7)。いずれの方法でも、付加されるインダクタンスと容量を最小限に抑えるために、接点をできるだけ短くする必要があります。これは、はんだ付け接続の場合も同じです。はんだ接合部の長さは、2~3ミリメートルを超えないようにする必要があります。

高速データインタフェースは、信号の伝送に主に差動ラインを使用します。差動プローブを使用して、2つの V_p 信号と V_N 信号をタップします。寄生効果が小さく、コモンモード除去比 (CMRR) が良好な、安定した信頼性の高いテスト環境を確保するには、追加のグラウンド接続を強くお勧めします [*]。



図7: R&S®RT-ZMA10 はんだ付けチップモジュールを使用した高速インタフェースへの接触

図6: R&S®RT-ZM モジュラー広帯域プローブ用チップモジュールの選択



R&S®RT-ZM 広帯域プローブをVP信号とVN信号のほか、グラウンドにも接続した場合、オシロスコープのマルチモード機能により、 V_P と V_N で差動測定からシングルエンド測定に簡単に切り替えることも、接続を変更することなくコモンモード電圧を直接測定することも可能です(図8)。

USBおよびPCIeのコンプライアンステスト

USB Implementers Forum (USB-IF) やPCISigなどの標準化委員会で、データインタフェースのコンプライアンステストを定義しています。シグナルインテグリティ測定の場合、これらのテストでは、通常、オシロスコープの帯域幅がデータ信号の5次高調波をカバーすることが求められます。例えば、データレート480 Mbit/sの高速USBデータ信号の場合は、オシロスコープは、1.2 GHzの最小帯域幅を備えている必要があります(480 Mbit/sは240 MHzに相当します。これに5を乗算します)。6 GHzの帯域幅を持つR&S®RTOでは、コンプライアンステストを最大2.5 Gbit/sのデータレートまでサポートしています。こうしたテストに対して、ローデ・シュワルツでは、ユーザーが測定を行い、その結果をレポートに出力するためのソフトウェアオプションを提供しています(図9)。R&S®RTO-K24オプションは、USB 2.0で使用できます。R&S®RTO-K81オプションは、第1世代と第2世代のインタフェースのPCIeコンプライアンステストを最大2.5 Gbit/sのデータレートまでカバーします。

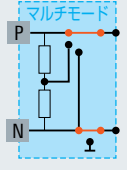
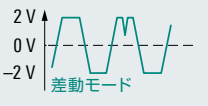
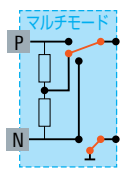
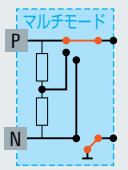
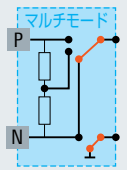
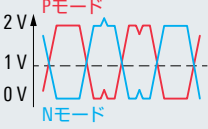
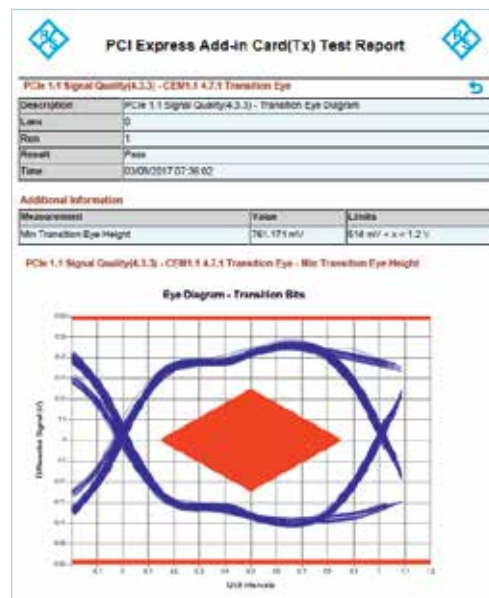
測定モード			説明
差動モード (DM)			PピンとNピン間の電圧: $V_{DM} = V_P - V_N$ 
コモンモード (CM)			PピンおよびNピンとグラウンド間の平均信号電圧: $V_{CM} = \frac{V_P + V_N}{2}$ 
シングルエンド・モード			PピンまたはNピンとグラウンド間の電圧 

図8: R&S®RT-ZM 広帯域プローブのマルチモード構成

図9: ガイド付きPCIeコンプライアンステストの例(左)と詳細なレポート



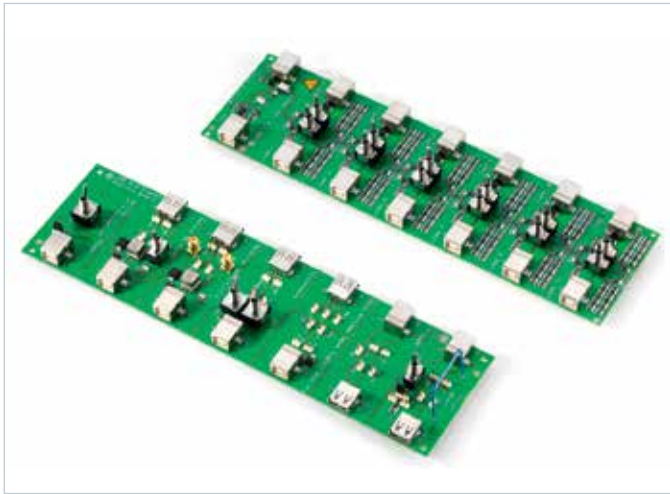


図10：ローデ・シュワルツのUSB 2.0テスト・フィクスチャ・セット



図11：R&S®RTO-K61 オプションを使用してUSB 3.1 Gen 1をデコードする場合の設定ダイアログ

コンプライアンステスト中は、DUTに接触する際、テストフィクスチャを使用します。USB 2.0テストに対して、ローデ・シュワルツでは、R&S®RT-ZF1 テスト・フィクスチャ・セットを提供しています(図10)。このセットは、さまざまなテスト環境をサポートし、USBデバイス、ハブ、およびホストの高速テストとレガシーテストに適したコンタクトを実現します。高速信号品質テストには、さらに「USB 2.0ハイスピード信号品質テストフィクスチャ」セットが必要です。これはUSB.orgからのみ入手可能です。

PCIe用の認定済みテストフィクスチャは、PCIeマザーボードのテスト用 (PCI Expressコンプライアンス・ロード・ボード - CLB) とアドインカードのテスト用 (PCI Expressコンプライアンス・ベース・ボード - CBB) のどちらも、通常、PCISigコンソーシアムからのみ入手可能です。CLB/CBBテストフィクスチャは、各PCIe世代で使用できます。後の世代のフィクスチャは、前の世代をサポートしています。

プロトコルのトリガとデコードを使用した起動中のデバッグ

USBまたはPCIeインタフェースを備えた回路では、シグナルインテグリティをチェックし、プロトコルデータを解析することが重要です。通常、エラーは、トランスミッターとレシーバーの間のインタフェース接続を確立するとき、障害のあるデータを受信したときによく発生します。USB、PCIeなどのシリアルインタフェースは、接続を確立する際にハンドシェイク手順を実行します。この手順の実行中に、2つの送信パートナーは、データレートなどに関する能力を報告し、適切な伝達関数を取り決めます。

R&S®RTO オシロスコープ用のプロトコル・デコード・オプションを使用すると、開発者は、これらのシーケンスを捕捉し、詳細に

評価することができます。個々のプロトコル要素に対するターゲットトリガにより、他のインタフェースや機能ブロックからデータを捕捉し、それらのタイミングを解析することが可能となります。

例として、R&S®RTO-K61 トリガ/デコードオプションを使用したUSB 3.1 Gen 1インタフェースのプロトコル解析を示します。図11から、デコードの設定作業がいかに容易であるかがわかります。ユーザーは、差分信号のチャンネルと極性を選択し(プローブが後方にはんだ付けされたため、信号を反転させる必要がある場合は非常に重要です)、信頼できるデコード結果を得るために、ロジック1とロジック0に対するスイッチングしきい値がデータ信号の中央に正しく位置することを確認するだけです。CDRのPLL設定は、関連するUSB規格に基づいて自動的に定義されます。ソフトウェアは、抽出されたエンベディッドクロック信号を基準クロックとして使用して、データをデコードするために各波形捕捉のビット境界とワード境界を定義します。

図13に、結果の例を示します。スクリーンショットの上部には、データバーストが、拡大された詳細と共に表示されます。デコードは、拡大されたプロトコルの詳細とともに、スクリーンショットの中央に表示されます。個々のプロトコル要素は、読みやすくするためにカラーコード化されています。プロトコルデータを表にリストすることもできます。各データフレームに対して追加のプロトコルの詳細が表示可能です。

プロトコルの詳細でトリガすることも可能です。図12に示すように、トリガタイプとして、フレーム開始、フレームコンテンツ、フレームエラーなど、多くの異なるプロトコル要素を選択できます。個々のプロトコル要素のターゲットトリガにより、他のインタフェースや機能ブロックからのデータを時間相関させて捕捉し、解析する

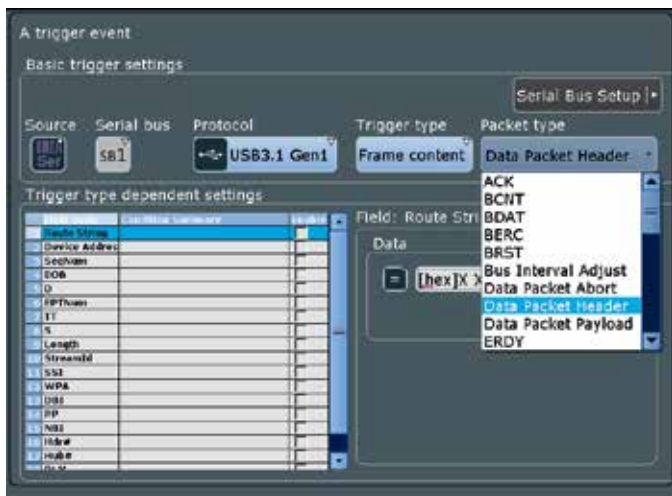


図12：USB 3.1 Gen 1に準拠してトリガタイプをデータパケット・ヘッダーにするための設定

オシロスコープの従来のタイムドメイン解析機能と、追加のプロトコル、ロジック、スペクトラム解析機能、さらにはファンクション／パターン・ジェネレーターを組み合わせることで、すべてを単一の測定器で実現することができます。

サマリ

高速データバスの統合では、デザインおよびテスト時に新たな課題が生まれます。ローデ・シュワルツは、シグナルインテグリティ問題のデバッグとプロトコルデータの解析をサポートするために、6 GHz R&S®RTOとモジュラー広帯域プローブで構成されたコンパクトなテストソリューションを提供しています。高い捕捉レートと、マスクテスト、ヒストグラムなどの強力な解析ツール、およびハードウェアCDR、プロトコルトリガ／デコードなどのさまざまなオプションの組み合わせにより、短時間で結果が得られるようになります。

Guido Schulze

ことができます。この方法を使えば、実装密度の高いエンベディッドデザインで、シリアルインタフェース、アナログセンサ、無線インタフェース、電源など、他の機能ユニットからの相互干渉を検出できます。ローデ・シュワルツのオシロスコープは、マルチドメイン機能によって、この種の複雑なデバッグをサポートしています。

参考資料

* アプリケーションカード「Optimized differential measurements on high-speed interfaces」

図13：USB 3.1 Gen 1に準拠したデータデコードの例



無線機器の消費電力を最小限に抑える 新しいプローブ

最新のオシロスコープには、エレクトロニクス関連のデザインに必要とされるもの（広い帯域幅、自動デジタル・プロトコル・デコード、さまざまな解析機能）がすべて揃っています。ただし、IoTモジュールの消費電力を最適化する場合や、非常に小さい信号を測定する場合は、オシロスコープだけでは限界があります。この問題を解決するのが、R&S®RT-ZVC マルチチャンネル・パワー・プローブです。

モバイルデバイス、モノのインターネット (IoT) モジュール、ウェアラブルデバイスでは、バッテリーが長寿命であることが重要な要素の1つです。消費電力を最小限に抑えるために、これらの製品の多くは、非常に低いゼロ入力(スリープ)電流に最適化されています。製品は、アクティブ期間中(通常、短い時間)のみ追加の電力を消費します。このため、全消費電力の測定には、非常に広いダイナミッ

クレンジが必要です。複雑な製品の電子回路に使用される各種モジュールは、アクティブになる時間が異なるため、多くの場合、複数の測定チャンネルが必要になります。R&S®RT-ZVC02/04 マルチチャンネル・パワー・プローブは、こうしたアプリケーションに対応するほか、 μ Vレンジの信号の測定も可能です。

図1: 2つのR&S®RT-ZVC
マルチチャンネル・パワー・プローブを
1台のR&S®RTEまたはR&S®RTO
オシロスコープに接続すると、
最大16個の追加測定チャンネルが
得られます。



18ビット分解能の高感度データ捕捉システム

R&S®RT-ZVC02/04 マルチチャンネル・パワー・プローブ (図1および図2) には、非常に広いダイナミックレンジのデータ捕捉システムが含まれていて、最大4つの電流と4つの電圧を測定することができます (図3)。各電流および電圧チャンネルで、18ビットA/Dコンバーターが、1 MHzのアナログ帯域幅、5 MSa/sのレートで信号を捕捉します。その結果、短い電流パルスと電圧パルスが、広いダイナミックレンジで簡単に捕捉されます。非常に小さい信号を測定する場合は、可変のデジタル・ローパス・フィルタをアクティブにして、システムノイズを低減することができます。

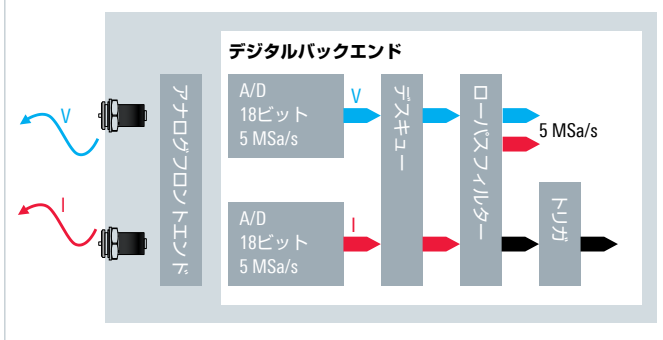
測定データは、デジタル・ロジック・インタフェースを経由してR&S®RTEまたはR&S®RTO オシロスコープに伝送され、オシロスコープのアナログチャンネルと時間同期した状態で表示されます。オシロスコープの測定機能と解析機能はほとんどすべて、R&S®RT-ZVCのチャンネルでも使用できます。プローブに内蔵されたトリガユニットにより、任意の入力信号をトリガできます。

電流測定用の内蔵シャントと外部シャント

3つの切り替え可能な内蔵シャントによって、 $4.5\ \mu\text{A}$ ~ $10\ \text{A}$ のフルスケール電流測定範囲が得られます (図3)。プローブには差動入力があります。各入力は、 $\pm 15\ \text{V}$ 内の任意の電圧で動作可能です。シャントは完全に校正されていて、測定の不確かさは0.2 %です。

柔軟性を高めるために、外部シャントを使用することもできます。外部シャントは、できれば最初の段階からテストデザインに統合しておきます。外部シャントは、専用の動作モードによってサポート

デジタルデータ捕捉システム



電流測定範囲

	シャント
$\pm 4.5\ \mu\text{A}$, $\pm 45\ \mu\text{A}$	$10\ \text{k}\Omega$
$\pm 4.5\ \text{mA}$, $\pm 45\ \text{mA}$	$10\ \Omega$
$\pm 4.5\ \text{A}$, $\pm 10\ \text{A}$	$10\ \text{m}\Omega$
$\pm 45\ \text{mV}$, $\pm 450\ \text{mV}$ (シャント値に依存)	外部

電圧測定範囲

$\pm 1.88\ \text{V}$
$\pm 3.75\ \text{V}$
$\pm 7.5\ \text{V}$
$\pm 15\ \text{V}$

図3: R&S®RT-ZVC プローブのデジタルデータ捕捉システムは、18ビットの分解能、5 MSa/sのサンプリング・レート、1 MHzの帯域幅を提供します。各電圧／電流入力ペアにより、広いダイナミックレンジのパワー測定システムが形成されます。

されるため、実際のアプリケーションに合わせて測定範囲をカスタマイズできます。利得係数を切り換えることで、測定範囲の設定の柔軟性がさらに高まります。

図2: R&S®RT-ZVCは、2×2チャンネルと2×4チャンネルで使用できます。



例：IoTモジュールのバッテリー寿命の最適化

電子モジュールおよびデバイスのデザイン時には、消費電力を最小化することが、品質に関するクリティカルな課題となっています。長寿命バッテリーは、IoTの分野で特に重要ですが、医療機器、無線機ヘッドホンなどの民生用エレクトロニクス、および煙感知器などのビルオートメーション製品の場合も同じです。多くの場合、これらのデバイスでは、非常に低い消費電力の長いスリープフェーズと、中程度または高い消費電力の周期的で、しばしば非常に短いアクティブフェーズが、交互に発生します（図4）。

こうしたデバイスの平均の全消費電力を最小限に抑えるには、スリープフェーズとアクティブフェーズの両方で消費電力を測定する必要があります。その際、威力を発揮するのが、R&S®RT-ZVC マルチチャンネル・パワー・プローブです。このプローブは垂直軸分解能が高く、オプションでローパスフィルタリング機能を備えているため、非常に広いダイナミックレンジが得られます。最新のオシロスコープが提供する幅広い測定機能と組み合わせると、さまざまな種類の解析が行えます。一般的な測定として、スリープフェーズ中の平均消費電力とアクティブフェーズ中の全消費電力があります（図5）。このデータに基づいて予想バッテリー寿命を簡単に判断することができます。

IoTモジュールの消費電力（代表値）

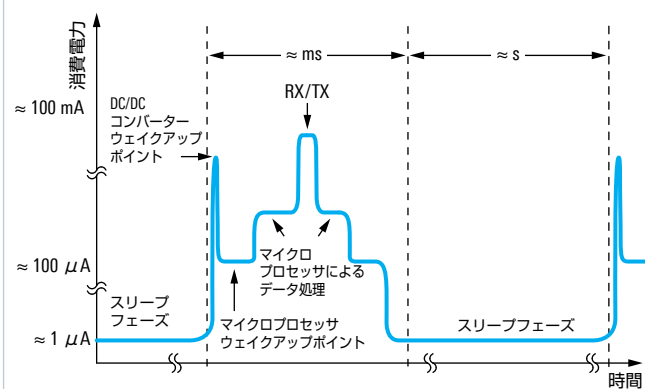
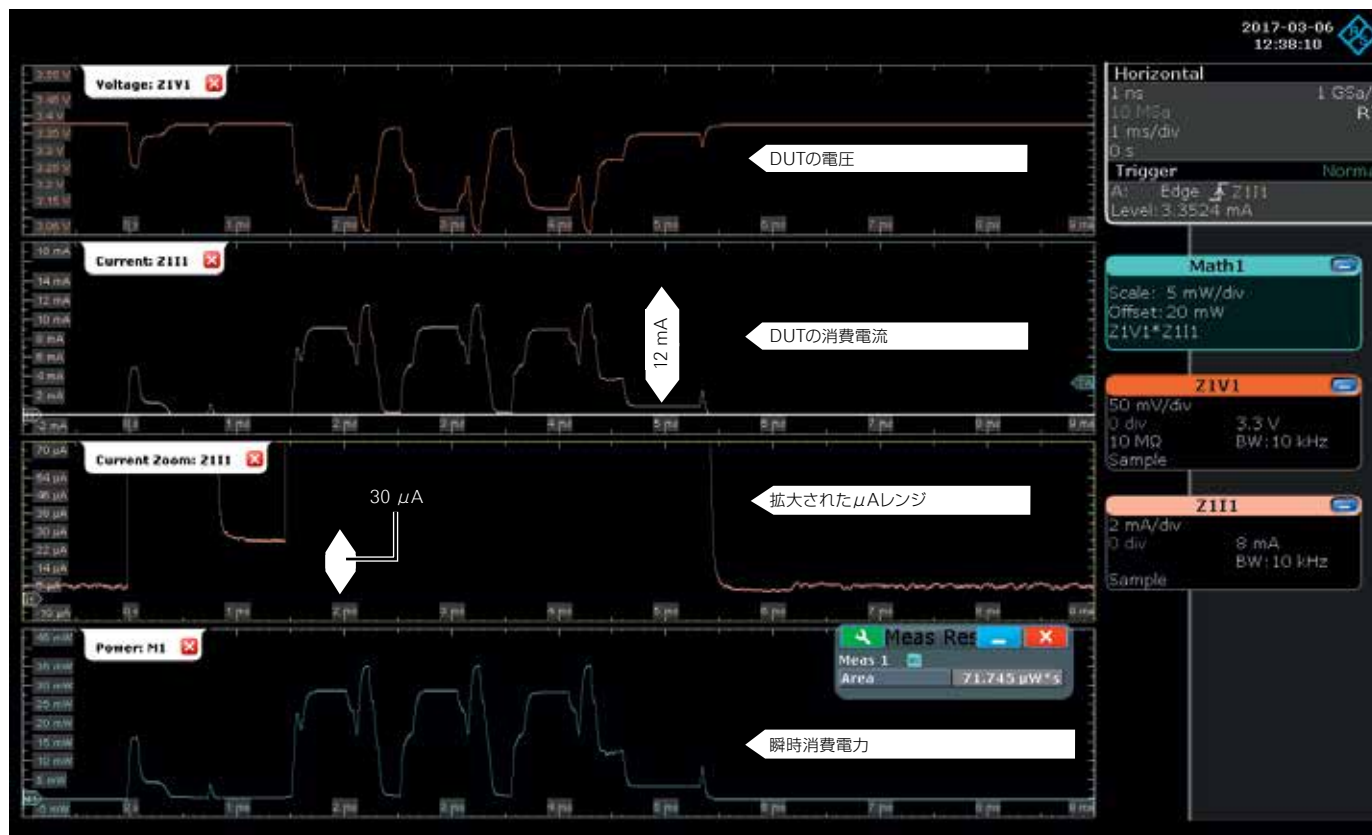


図4: IoTモジュール上で測定された消費電力には、通常、非常に消費電力の低い、長いスリープフェーズと、消費電力の高い、短いフェーズが現れます。

図5: R&S®RT-ZVC プローブは非常に広いダイナミックレンジを提供するので、モジュールの消費電流をアクティブ条件とスリープ条件で測定することができます（この例の供給電流は、それぞれ12 mAと30 μAです）。



携帯電話、タブレットなどの複雑なモバイルデバイスの場合は、すぐに必要のないモジュールを電源から切断し、必要時にのみアクティブにすることで、さらに消費電力を削減できます。R&S®RTEおよびR&S®RTOオシロスコープはそれぞれ、2つのR&S®RT-ZVCプローブをサポートするので、電流信号と電圧信号を8ポイントで同時に測定することができます。標準オシロスコープチャンネルは、制御信号の捕捉用としていつでも使用可能な状態にあります。このような方法で、複雑な電子システムの個々のモジュールの電力消費を測定し、制御信号およびシリアル制御プロトコルと関連させることができます。

例：非常に小さい信号の測定

外部シャントを使ってプローブを操作すると、電流測定入力が高感度の電圧計に変わります。この動作モードにより、最高感度（フルスケール入力電圧 ± 45 mVで18ビット分解能）が得られます。したがって、非常に小さい信号の、低ノイズかつ高感度での測定が可能になります。図6に、 $200 \mu\text{V}$ (V_{pp}) という低電圧の心臓信号パルスを示します。プローブが、このパルスを低ノイズで簡単に捕捉します。

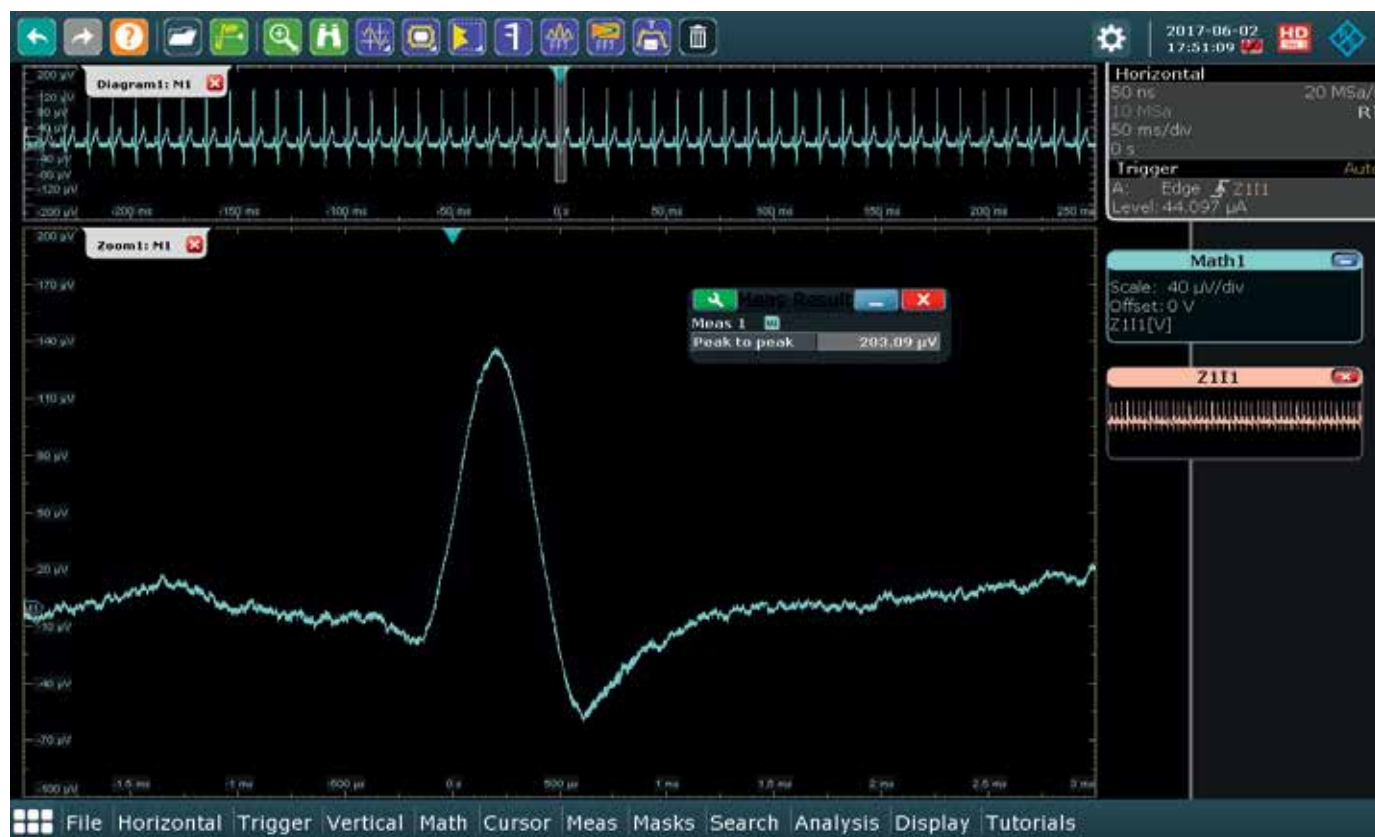
柔軟なインタフェースオプション

プローブには、各チャンネル用の高品質のシールドケーブルのほか、はんだ付けケーブルとピンのセットが付属しています。オプションとして、入力電圧／電流の測定範囲を拡張するために、標準オシロスコーププローブまたは電流プローブ用のBNCコネクタケーブル以外にも、さまざまな長さの4 mmコネクタケーブルが用意されています。

R&S®RT-ZVC マルチチャンネル・パワー・プローブは、R&S®CMW500 プロトコル・テストと組み合わせて使用するモデルに加え、R&S®RTEおよびR&S®RTO オシロスコープと組み合わせて使用できます。R&S®CMW500と一緒に構成すると、無線プロトコルを、IoTデバイス上で動作するアプリケーションソフトウェアと関連させることが可能です。したがって、1つの電源プローブを、エンベディッドシステムのデザイン時のオシロスコープ測定と、後のIoTシステム・アプリケーション開発でのシステムの消費電力の解析と最適化に使用することができます。

Dr. Markus Herdin

図6：外部シャントを使ってプローブを操作すると、電流測定入力が高感度の電圧計に変わります。そのため、 $200 \mu\text{V}$ の心臓パルスのような非常に小さな信号でも簡単に測定可能です。



スイッチと攻略法

R&S®OSP オープンスイッチ／制御プラットフォームは、RF信号源と負荷を接続するための洗練された汎用ソリューションとして、長年使用されています。新しいスイッチモジュールは、マイクロ波領域の高周波側を対象にしたものです。高周波側では無線通信およびレーダーアプリケーションで、新たな周波数バンドの開拓が絶えず行われています。

RF試験システムを使って作業する場合、与えられた状況での要件に合わせて、コンポーネントをソフトウェア制御で相互接続することがよくあります。R&S®OSP オープンスイッチ／制御プラットフォームは、こうした作業に対して、長年にわたり、高い信頼性と実績を誇っています。R&S®OSPには、フロント・パネル・コントロールとディスプレイを搭載したモデルと、搭載していないモデルがあります。19インチの拡張ユニットを使用して機能拡張すれば、任意の複雑な切り替えや制御が行えます。ローデ・シュワルツでは、DUTの近くで切り替えを実行する、コンパクトなサテライトユニットを新たに追加しました(図1)。図2と図3に、現在提供されている、プラットフォームに統合可能なRF同軸リレーモジュールの概要を示します。

高周波への移行と汎用化のさらなる推進

5Gやレーダーアプリケーションなどの次世代ワイヤレス通信テクノロジーは、周波数レンジの高周波化が進んでいて、RFスイッチもこの流れに沿っています。R&S®OSP プラットフォーム用の新しいモジュールは、マイクロ波領域の高周波側を対象にしたもの

です。現在、特に重要性が高いのは39 GHz近傍の5Gレンジで、最高40 GHzの各種リレーによってカバーされています(図2)。50 GHzモジュールと67 GHzモジュールは、より高い周波数が必要な場合や、別のタイプのアプリケーションに対処する場合にお勧めします。6極50 GHzリレーは世界初です。他社の同クラスのモデルとは異なり、すべてのポートが同じRFパラメータ値を持つ、真のSP6Tマルチポジションリレーです。50 GHzリレーと67 GHzリレーは、より質の高い材料を使用しており、少量生産で品質を高めています。

R&S®OSP-B133 N型 (f) SP6Tマルチポジションリレーによって、既存のポートフォリオが12.4 GHzまで拡張され、パワーレベルの切り替えを周波数に応じて行えるようになりました(例えば、1 GHzでは最大700 W、2.4 GHzでは最大200 W)。このリレーは、N型接続を使用するシステムの柔軟性を高めます。例えば、1つのジェネレーターをEMC試験システム内の複数の異なる増幅器に接続できます。R&S®OSP-B133は、SMAコネクタを備えた従来のマルチポジションリレーよりもかなり大きいため、R&S®OSPプラットフォームを変更する必要がありました。そのため、モジュ-



	タイプ	0 Hz	9 kHz	～ →	6 GHz	8 GHz	10 GHz	12.4 GHz	18 GHz	40 GHz*	50 GHz**	67 GHz**	
ソリッド ステート リレー (SSR)	SPDT		6×SPDT、1 W: R&S®OSP-B107										
			6×SPDT、1 W、終端: R&S®OSP-B127										
	DP3T		3×DP3T、10 W、終端: R&S®OSP-B142										
	SP6T		3×SP6T、1 W、終端: R&S®OSP-B128										
電子 メカニカル リレー	SPDT	3×BNC+3×SPDT (N): R&S®OSP-B106 、2×SPDT (N): -B131 、6×SPDT (N): -B132											
	DPDT	2×DPDT、フェールセーフ: R&S®OSP-B136											
	SP6T	1×SP6T、フェールセーフ: R&S®OSP-N133											
	SPDT	ラッチ: R&S®OSP-B101L 、フェールセーフ: R&S®OSP-B101								OSP-B111	OSP-B111UL	OSP-B111VL	
		終端、フェールセーフ: R&S®OSP-B121								OSP-B121H			
	DPDT	フェールセーフ: R&S®OSP-B116								OSP-B116H			
	SP6T	ラッチ: R&S®OSP-B102L 、フェールセーフ: R&S®OSP-B102								OSP-B112	OSP-B112UL		
		終端、フェールセーフ: R&S®OSP-B122 フェールセーフ: R&S®OSP-B126								OSP-B122H			
	SP8T+2× SPDT	フェールセーフ: R&S®OSP-B119											
		フェールセーフ、終端、SP8T: R&S®OSP-B129											
	SPDT+SP8T	フェールセーフ、終端、6×SPDT+1×SP6T: R&S®OSP-B123 ; 3×SPDT+2×SP6T: R&S®OSP-B124											
		6×SPDT+3×SP6T: R&S®OSP-B125											
コネクタタイプ		N								SMA	2.92 mm	2.4 mm	1.85 mm

図2: 現在使用可能なR&S®OSP モジュールとRF同軸リレー (* フェールセーフ、** ラッチ)

ルの統合は、2017年3月以降に製造されたプラットフォームに限定されます。

あらゆる場所での切り替えに対応

R&S®OSP130 (フロント・パネル・コントロールとディスプレイを搭載) とR&S®OSP120 ベースユニットは、最大4つのR&S®OSP150 拡張ユニットを使ってCANバスを経由して展開できます。拡張ユニット (独自の制御システムはありません) を使用すると、モジュールの追加によるベースプラットフォームの機能拡張や、リモート・スイッチング・アプリケーションの実装が可能です。

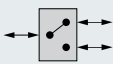
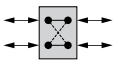
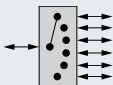
	リレータイプ
	SPDT (単極/双投) チェンジオーバーリレー
	DPDT (2極/双投) クロスオーバーまたは転送スイッチ
	SPnT (単極/n投) マルチポジションリレー

図3: 基本的なRFリレータイプ

図1: フロント・パネル・コントロールとディスプレイを搭載したR&S®OSP130 ベースユニットと、新しいR&S®OSP-B200S2 サテライトユニット



ただし、R&S®OSP150 19インチ筐体は、一部のリモート切り替え作業には大きすぎます。こうした理由から、ローデ・シュワルツでは、R&S®OSP-B200S2 サテライトユニットを開発しました。このサテライトユニットは、より単純な切り替え作業と制御作業をDUTまたはアンテナで直接実行することができ、価格面でも利点があります。

サテライトユニットに装備された2つのスロットに、シングル幅モジュールを2つ、またはダブル幅モジュールを1つ接続できます。モ

ジュールは、シリアル電気バスケーブルまたは光ファイバーリンク (FOL) を経由して、ドライバーモジュールからリモート制御されます (図4)。電気ケーブルは、最長距離が10 mです。また、サテライトユニットに28 Vの動作電圧を供給します。一方、光ファイバーリンクは、長距離 (最長25 m) に対応でき、電磁放射を生成しません。サテライトユニットには、外部電源が必要です。

Gert Heuer

R&S®OSPバス、拡張ユニット、サテライトユニットの可能な組み合わせ



図4：R&S®OSP ベースまたは拡張ユニットにサテライトユニットを接続すると、DUTの近くで切り替え操作が行えます。

N型コネクタを備えたリレー付きモジュール：R&S®OSP-B131、R&S®OSP-B133、R&S®OSP-B136



一般的なRFコネクタタイプ

誘電絶縁材料の最適な直径と、同軸ケーブルの中心コンタクト

(f) の最適な直径は、波長、およびその結果としてRF信号の最大カットオフ周波数に直接依存します。そのため、周波数とスイッチングされる平均パワーに応じて、異なるタイプのコネクタが使用されます。

BNCコネクタは、低周波信号に適します。BNCコネクタは、R&S®OSP-B106 LFリレーでも使用されます。N型コネクタと7/16コネクタは、より高いパワーレベルの切り替えに使用されます。

18 GHzまでのRF信号では、通常、直径4.1 mmのSMAコネクタを使用します。40 GHzから67 GHzまでの周波数用の

2.92 mm、2.4 mm、1.85 mmコネクタは、SMAをベースにしています (mm値は誘電絶縁材料の直径を示します)。これらのコネクタは、メカニカル仕様データの一部に互換性がありますが、RF特性が異なります。SMA (4.1 mm) コネクタと2.92 mmコネクタは、中心コンタクト (f) とネジ山が同じですが、誘電絶縁材料の直径が異なります。2.4 mmコネクタと1.85 mmコネクタにも、同じことが当てはまります。ただし、RFケーブル/コネクタの組み合わせは、常に、使用する周波数レンジに合わせて選択する必要があります。

どのタイプのコネクタでも、周波数が高くなるにつれて平均パワー (コールドスイッチング) が大幅に減少する点に留意することが重要です。

コネクタタイプ		N	SMA	2.92 mm (K)	2.4 mm	1.85 mm (V)
誘電絶縁材料の直径 (B)		7 mm	4.1 mm			
周波数 (GHz)	ケーブル	DC ~ 12.4 GHz	DC ~ 18 GHz	DC ~ 40 GHz	DC ~ 50 GHz	DC ~ 67 GHz
	リレー	(オプション使用時 : ~ 18 GHz)	(オプション使用時 : ~ 26.5 GHz)			
コネクタ (f)						
中心コンタクト (f) の直径E		1.6 mm	0.92 mm		0.51 mm	
ネジ山		5/8-24UNEF-2A	1/4-36UNS-2		M7×0.75-6	
最高周波数の最大平均パワー		例 : 200 W (12.4 GHz)	100 W (18 GHz)	10 W	5 W	1 W
		例 : 700 W (1 GHz)	40 W (26.5 GHz)			
メカニカル仕様互換						

各種RFコネクタ (f) のメカニカル仕様データとRF特性

40 GHz以上用の新しいモジュール: R&S®OSP-B111VL、R&S®OSP-B112UL、R&S®OSP-B116H



コラム

簡単なSパラメータ測定の実現

多くのネットワーク解析アプリケーションでは、Sパラメータの測定にのみ重点が置かれています。新しい、コストパフォーマンスの高いR&S®ZNLEベクトル・ネットワーク・アナライザでは、Sパラメータの測定の操作性を高めることに重きを置きました。

奥行きわずか24 cm、重さ6 kgの新しいR&S®ZNLEベクトル・ネットワーク・アナライザは、クラスで最も軽量かつコンパクトな測定器です(図1)。サイズはコンパクトですが、R&S®ZNLEには、パッシブコンポーネントの双方向2ポート測定用の完全なSパラメータ・テスト・セットが含まれ、10.1インチWXGAタッチスクリーンを備えています。測定を設定するための外部PCは不要です。R&S®ZNLEは、フル機能のネットワーク・アナライザで、周波数レンジ1 MHz ~ 3 GHz用(R&S®ZNLE3)と1 MHz ~ 6 GHz用(R&S®ZNLE6)の2つのモデルがあります。

自動校正ユニットを使用すれば、校正を高速かつ容易に行えます。校正中や測定条件の設定中に、ウィザードによる操作支援が受けられます。そのため、測定器の機能の習熟にかかる時間も短縮できます。疑問がある場合は、コンテキスト依存ヘルプメニューから、測定器のすべての機能に関する詳細情報が得られます。

明確に構造化されたシンプルなユーザーインターフェースを使って、ダイアグラム、トレース、チャネルを任意の組み合わせで配置できます。大きなタッチスクリーンには複数のトレースを表示するスペースがあり、必要に応じてドラッグ・アンド・

ドロップ操作も行えます。マルチタッチズーム機能を使用して必要なトレースセクションを拡大できるため、スタート周波数/ストップ周波数またはレベル範囲を変更する必要がありません。測定器のセットアップを一度に1つずつロードする代わりに、複数のセットアップを同時にロードして、メモリに保存することができます。そのため、異なる測定作業をより迅速に処理できるようになります。

低トレースノイズは、安定した再現性のある測定値を得るための前提条件です。R&S®ZNLEは、10 kHzのIF帯域幅で、0.001 dB(代表値)のクラス最高の性能を提供します。この優れた性能によって、使用可能な帯域幅が従来の測定器より広がるため、測定速度が著しく高速化します。フル校正された測定器を用い、帯域幅100 kHzで201ポイントを測定する場合の測定時間は、わずか9.6 msです。リモート操作中のデータ転送時間は事実上無視できます。掃引時に測定されたデータは、次の掃引動作中にコントローラーに転送されるからです。もう1つ大きな特長が、120 dB(代表値)の広いダイナミックレンジです。

R&S®ZNLEには、ボード上またはテストフィクスチャ内でテストする必要があるコンポーネントに

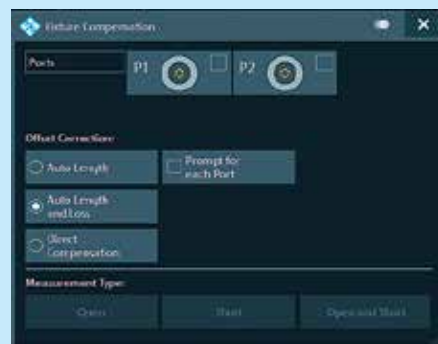


図2: R&S®ZNLEによって提供されるディエンベディングオプション

対する、エンベディング/ディエンベディング機能が備わっています。これらの機能により、例えば、フィードライン、ストリップラインなどを補正できます。Auto Length and Loss機能とFixture Compensation機能は、同軸ケーブルの端の校正面を被試験デバイスに向かって移動させます(図2)。DUTとその整合回路を一緒に特性評価する必要がある場合は、R&S®ZNLEによって、DUTを仮想整合回路に埋め込むことで実環境を実現できます。この作業には、定義済みの整合回路または*.s2pファイルで定義された回路を使用します。

Andreas Henkel



図1: コンパクトで軽量なR&S®ZNLEベクトル・ネットワーク・アナライザは、Sパラメータを容易かつ正確に測定します。

一夜で実現された鮮明な画像への切り替え

2017年3月28日から3月29日にかけて、ドイツ放送史上最大の機器のアップグレードが一晩で行われました。このアップグレードによって、地上波テレビ放送の画質が飛躍的に向上され、視聴者は高画質の映像を楽しむことができるようになりました。

主要な公共インフラが瞬時に次々とオフになり、すぐに新しいインフラに置き換わるといった出来事は、そうそう起こるものではありません。しかし、2017年3月にドイツで実施された地上デジタルテレビ放送の規格であるDVB-T方式から新しいDVB-T2規格への移行の際に、現実には起きた事です。切り替えの朝、それまでの信号はもはや利用できなくなり、古い受信機は利用出来なくなりました。当然のことながら、変更を周知徹底させるための大々的な広報キャンペーンがXデーの前に行われていたため、寝耳に水だった人はいなかったはず。この事業には、トランスミッターの主要なサプライヤーであるローデ・シュワルツを含め複数の企業が関与し、長期間にわたり移行の準備を進めてきました。DVB-T2トランスミッターは既存のインフラと一緒に設置されていたため、テクノロジーの移行計画と準備には十分な時間が費やされました。

初期段階においては、アップグレードの対象となる設置場所は69か所あり、新しいトランスミッターを400台以上提供する必要があります。これらのトランスミッターのうち、約360台をローデ・シュワルツが提供しました。3月29日の前夜、新しい機器の同時起動を管理するために、ネットワークオペレーターによって200人の技術者が配置されました。朝の番組の放送が始まったとき、ドイツではDVB-T2信号が送信されていたというわけです。アナログからデジタル地上波テレビ放送（DVB-T）への移行計画は、2003年に開始されてから終了までに長い年月を要しましたが、DVB-T2のカバレッジは、ドイツのすべての大都市圏で直ちに利用可能となりました。拡張は今後も段階的に進められ、2019年春までに最大の構成が達成される見込みです。

ローデ・シュワルツは、R&S®THU9 水冷式高出力トランスミッターとR&S®TMU9 空冷式中出力トランスミッターを提供する予定です。実際の配信には、いくつかの異なるネットワークオペレーターが関与しています。民間企業のMedia Broadcast GmbHは、すべてのトランスミッターをローデ・シュワルツから調達しました。この会社は、民間放送局と公共放送局（ZDF）の番組を放送しています。ドイツ公共放送連盟（ARD）系列の放送会社は、自社のトランスミッターを運用しています。彼らは調達プロセスを6つのバッチに分けました。ローデ・シュワルツは、最大のカバレッジエリアを持つ3つのバッチを獲得しました。ローデ・シュワルツの2台のR&S®AVHE100 ヘッドエンドも稼働を始めました。1つは主要なARD系列放送局によって使用されています。その際、要件仕様でエンジニアに提示されたタスクは非常に困難なもので、それを解決できるのは柔軟なソフトウェアベースのヘッドエンドだけでし

た。この放送局では2つの地域番組を放送していますが、いくつかの番組ごとの違いはあるものの、内容はほぼ同じです。そこで帯域幅を多く使用する番組を2つそのまま配信せずに、番組の同じ部分はメタデータのステーションIDを変えて1回配信するだけで済ませています。非常に高い画質を実現しています。地域番組の放送が開始されたときだけ、画像圧縮を少し高くしてチャンネルが分離されます。この変換は、視聴者に分からないように行う必要があります。

DVB-T2を導入した主な理由として、HDフォーマットへのアップグレードの際に最先端の画質を実現できる点でした。ドイツは一貫してこの方法を追求し、利用可能な最高性能のコーデック（H.265/HEVC）を使用する、最初のDVB-T2採用国となりました。このコーデックでは、同じ画質で、通常のH.264規格の2倍の圧縮が可能です。データレートが同じであれば、画質がはるかに向上します。革新的なDolby Digital Plusをオーディオオプションとして利用すると、音質も同様に向上します。こうした高品質の画像と音声テクノロジーの組み合わせにより、ドイツは現在、DVB-T2の先進放送技術の世界的リーダーとなっています。

Volker Bach

主要都市ミュンヘン地域では、ミュンヘンオリンピックタワーに設置された強力な60 kWのトランスミッターシステムにより、最良のDVB-T2受信環境が実現されています。



UHDTVとオリンピック

近年販売されているすべての大型テレビはUHD対応ですが、依然として十分な4K番組コンテンツが提供されていないのが現状です。韓国では、2018年冬季オリンピック大会の開催国になったことを機にUHDキャンペーンが開始され、その際、ローデ・シュワルツのトランスミッターが利用されています。

ほとんどの国と同様に、韓国でも、地上波アナログテレビ放送は数年前に終了し、2012年末、ATSC規格に準拠したデジタル放送に移行しました。その当時すでに、テレビ放送局側で（主に韓国メーカーの取組みによるもの）、UHDテクノロジーのブレイクスルーの兆しが見られたため、地上波放送局3社（公共放送事業者のKBSおよび民間放送事業者のMBCとSBS）が早くも2014年から、テクノロジーの習熟と実環境での稼働状況の確認のために、UHD番組の試験放送を開始しました。市場調査によれば、テクノロジーに精通した韓国の視聴者の受け入れ体制は万全のようでした。当時、UHD対応の地上波配信テクノロジーはDVB-T2規格のみでしたが、ローデ・シュワルツのトランスミッターはこの規格にすでに対応していました。したがって、試験放送にはこれらのトランスミッターが使用されました。しかしながら、その間、製品への実装という段階にこぎつけたところで、ATSC標準化委員会が新

しい規格ATSC3.0を策定したのです。このテーマに取り組む韓国の国家機関（NGBF：Next Generation Broadcasting Forum、TTA：Telecommunications Technology Association）の最終決定は、ATSCファミリーの規格を国として採用し、ATSC 3.0ネットワークを実装するというものでした。性能面から見ると、ATSC 3.0規格とDVB-T2規格の間にそれほど大きな違いはありません。スペクトラム効率はほぼ同じで、どちらも高度なビデオエンコードの使用が可能です。ただし、ATSC 3.0は、ベースバンドでのインターネットプロトコル（IP）に一貫して重点を置いている点で、最初のIPネイティブ配信規格といえます。ローデ・シュワルツは業界初のサーバーベースのエキサイター（励振器）であるR&S®SDE900を開発して、信号処理における新しい境地を切り開きました（ボックスを参照）。このエキサイター（励振器）により、規格の柔軟性を最大限に活かすことができます。

図1：ナムサン放送局は、他の3つの局と共に、ソウル大都市圏向けにUHDTV放送を提供しています。



SBS (Seoul Broadcasting System) は、新しい配信テクノロジーを採用した放送局として、韓国のみならず、世界の先駆けとなりました。2016年12月に放送が開始されると、視聴者は、グアナクスに配備されたR&S®THU9 高出力トランスミッターによって配信されるUHD品質の地上波受信を通して、短距離スピードスケートのワールドカップ大会を楽しむことができました。ナムサン (図1)、ヨンムン、クァンギョの3つの局にもローデ・シュワルツのトランスミッターが配備され、これらの局との連携により、グアナクのトランスミッターがソウル地域を単一周波数ネットワーク (SFN) でカバーしました。

韓国のUHDプロジェクトの第1段階では、5,000万人の居住者の約半分が暮らすソウル首都圏が対象となりましたが、第2段階では、2017年末までに77 %のカバレッジ達成を目指しています。これには、大都市圏であるプサン、クァンジュ、テグ、テジョン、ウルサンのほか、オリンピックの開催地も含まれます。2020年までに90 %のカバレッジを達成することが目標です。3つの放送局すべてがこのカバレッジの拡大に参加していて、ローデ・シュワルツのトランスミッターを選択しています。第2段階では、5 kWおよび2 kWパワークラスの27のトランスミッターシステムを顧客固有のバックアップ構成で設置します。すべての配備を短期間で終了し、2017年末までに稼働させる必要があります。遅れることは許されません。冬季オリンピックは2月9日にピョンチャン市で開幕を迎えるからです。そしてそれと同時に、新たなテレビの時代が訪れます。

世界初のサーバーベースのエキサイター (励振器)

ローデ・シュワルツではATSC 3.0配信用に、世界初のサーバーベースのエキサイター (励振器) ソリューションを発売しました。ATSC 3.0の開発目的はIPテクノロジーの統合にあるため、これは賢い選択です (図2)。この方法は非常に柔軟性に優れ、ATSCが進化しても今後も長く使い続けられるだけでなく、潜在的に他の規格の統合も可能であるため、ブロードキャスト・ネットワーク・プロバイダーには利点があります。

フラットプラグインにより、R&S®Tx9 トランスミッターの現行世代を新しい規格に簡単にアップグレードできます。純粋にソフト

ウェアベースのエンコーダーがI/Q変調データを生成し、データをR&S®TCE90x エキサイター (励振器) にフィードします。次にエキサイター (励振器) が、市場で最も強力な誤り訂正機能を使用してCOFDM波形を生成します。ローデ・シュワルツだからこそ可能なハイレベルの信号品質を、ソリューション全体で実現しています。

Fang Yang, Johannes Sinnhuber

ATSC 1.0からATSC 3.0へ

ATSC (Advanced Television Systems Committee) 規格は、デジタル地上波テレビ放送用の一連の規格です。ATSCは、米国に本拠を置く国際的な非営利団体です。最初のATSC規格は、1990年代半ばに、最初のDVB規格と同時に策定されました。ATSC 1.0は、MPEG-2でコード化されたビデオコンテンツと、19.39 Mbit/sの固定データレートを提供します。その後、多少修正され、MPEG-4 ビデオ (H.264) にも対応するようになりました。物理層は、単一搬送波上の8レベル残留側波帯変調 (8VSB*) に基づいています。RFチャンネル帯域幅仕様は、6 MHzです。単一搬送波変調であるため、単一周波数ネットワーク (SFN) の実現性は非常に限定されています。一方、新しいATSC 3.0規格 (バージョン2.0は正式に承認されたことはありません) は、最新の直交周波数分割多重化方式 (OFDM) に基づいています。そのため、単一周波数ネットワークのセットアップにも使用できます。

ATSC 3.0の一般的なデザインゴールは、固定デバイスとモバイルデバイスが受信する高解像度ブロードキャストフォーマットを高い信頼性で伝送すること、およびスペクトラムをより効率的かつ柔軟に利用することでした。スペクトル効率の向上を達成する主な手段は、多様な適応変調とフォワードエラー訂正 (FEC) です。

この規格では、ベースバンドとプロトコルレイヤーでのIPの使用に整合性があるため、他のIPソースによる配信サービスの拡張が可能です。例えば、ATSC3.0ブロードキャストの画像コンテンツと、ユニキャストを経由してインターネットでユーザーに届く音声トラックを組み合わせることが、理論的に可能です。

* 数字の8は、この変調方法を使用して送信可能なデジタル記号が8つであることを表します。

図2 : 先駆的な方法を複雑そうに見えてシンプルなパッケージで実現 : サーバーベースのR&S®SDE900 ベースバンドユニットは、特殊なハードウェアではなく標準のITコンポーネントを使用します。



放送／ストリーミング サービス向けの 集中コンテンツモニタリング

多種多様な環境が混在し成長を続ける放送／ストリーミングサービス業界で成功要因として挙げられるのが、規格への迅速な追従、高い柔軟性、優れたコストパフォーマンスです。新しいR&S®PRISMON オーディオ／ビデオコンテンツモニタリング&マルチビューワーソリューションは、このような課題の解決に向けてサービスプロバイダーを支援します。



コンテンツモニタリング：過去と現在

過去において、従来のTV/音声放送サービス向けのコンテンツモニタリングでは、事実上、1次元的で画一的な専用の送信テクノロジーとメディアフォーマットを使用していました（図1）。テレビやラジオはこうしたテクノロジーとフォーマットに特化していたため、真のインテリジェンス機能やネットワーク接続機能を備えていませんでした。そのため、オーディオ/ビデオコンテンツ・モニタリング&マルチビューシステムは、多かれ少なかれ固定的なものでした。これらのシステムアーキテクチャは、主にハードウェアに基づいていました。このようなソリューションは、一般的に、柔軟性に欠け、顧客要件シナリオやアプリケーションシナリオの動的な開発に対応することができません。

しかし、今日の放送／ストリーミングサービス業界は、多次元かつ多様です（図2）。このような状況により、さまざまなトレンドや課題が生じています。プロトコルの観点では、IPテクノロジーが制作および集信¹⁾の領域まで及び、SMPTE 2022-6/7、SMPTE 2110-20/30、AIMS (Alliance for IP Media Solutions)、ASPEN (Adaptive Sample Picture Encapsulation) などの新しい規格が出現しています。特に、配信¹⁾の領域では、メディアサービス（例：ストリーミング）用のインテリジェントなエンドユーザー端末が多様化し、ますます多くのOver-The-Top (OTT) プロトコル²⁾のサポートを促進しています。

インフラの観点では、このような転換期のコストを節約するために、放送専用機器から標準的な民生用IT (COTS IT) 機器への移行が進んでいます。この移行により最終的には仮想化が可能になり、プレイアウト、エンコード、配信がクラウドベースで実現できるようになります。現在、放送／メディアサービス市場全体に、IPテクノロジーへと向かうパラダイムシフトが生じています。このような現状は、モニタリングやマルチビューの作業を行う方法にも影響を与えています。

従来のコンテンツモニタリング

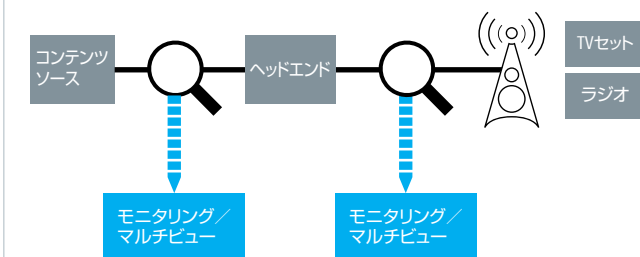


図1：1次元的で画一的なTV/音声放送業界における従来のコンテンツモニタリング

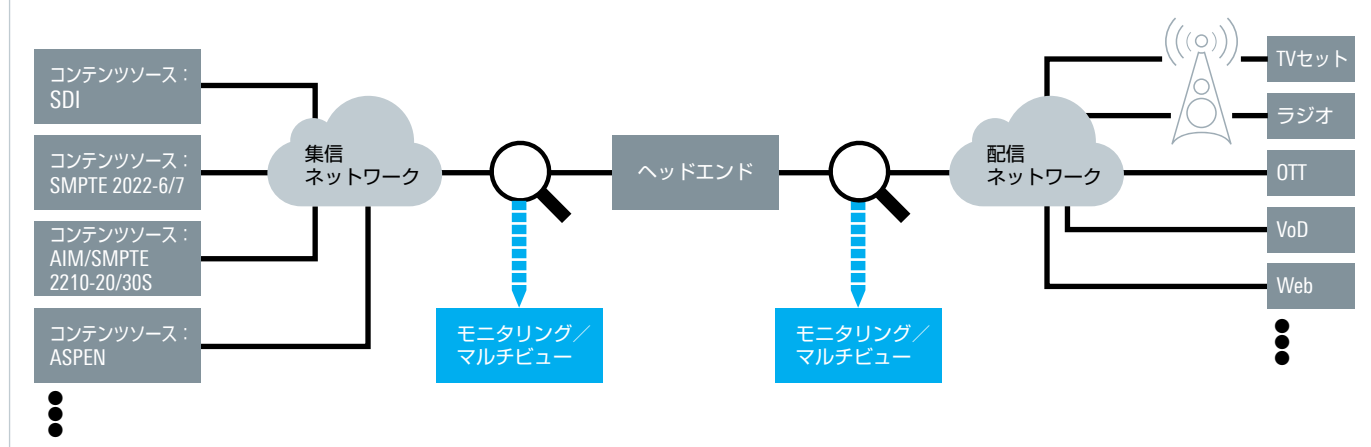
新しいR&S®PRISMONソリューション

R&S®PRISMONは、放送／ストリーミングサービスのメディアコンテンツを自動モニタリングするための汎用ソリューションをユーザーに提供します。ソリューションは完全にソフトウェアベースで、革新的なマルチスタンダード／マルチプロトコル手法が採用されています。R&S®PRISMONはBMM-810 マルチビューワ&コンテンツモニタリング・システムが進化したもので、GMIT GmbHによって開発されました。GMIT GmbHは2010年8月からローデ・シュワルツの完全子会社として事業を開始しています。数百ものBMM-810システムが、今でも20数か国で使用されています。R&S®PRISMONに統合されたBMM-810の機能は大幅に拡張され、ハードウェアベースとクラウドベースの配備に使用できるプラットフォームの数と種類も増加しました。

他社の多くのソリューションとは異なり、特定のコンテンツや伝送フォーマットをカバーするさまざまな専用デバイスが用意されています。R&S®PRISMONは、単一プラットフォームで放送／ストリー

図2：多元的で多種多様な放送／ストリーミングサービスにおけるコンテンツモニタリング

現在のコンテンツモニタリング



ミングサービス向けの次世代集中オーディオ／ビデオモニタリング & マルチビューを実現します。R&S®PRISMONは、以下の事業者を対象にしています。

- 放送/OTTサービスプロバイダー
- コンテンツプロバイダー
- プレイアウトネットワークプロバイダー
- 衛星ネットワークプロバイダー
- 地上波ネットワークプロバイダー
- ケーブルネットワークプロバイダー
- インターネットサービスプロバイダーおよび電気通信ネットワークプロバイダー
- モバイルネットワークプロバイダー

これらの事業者は、何年にもわたり拡張を続ける信号／プロトコルの多様性と、それらに対応できる適切なモニタリングツールの配備に向き合ってきました。R&S®PRISMONを使用すれば、必要なモニタリング機器が劇的に減少し、サービス中心の集中モニタリングワークフローを実現できます（図3）。システムには、以下のような利点とオプションがあります。

- サービス中心の統合モニタリングと、多様な配信ネットワークへの送信チャネルステータス情報の出力が可能（これらのチャネルの中には、解像度やコーデックが異なるものがあります）

- 放送およびOTT／ストリーミングアプリケーションのシナリオに使用できるシングルソース・ソリューション
- 通常運用と試用の両方に使用できる均一な集中システム
- 後続のコストパフォーマンスの高いクラウドへの移行に転用／移行できるソフトウェアライセンス

R&S®PRISMONテクノロジーの概要

システムデザイン理論

R&S®PRISMONは最先端のデザイン理論に基づいているので、現在だけでなく将来の要件にも対応できます。

- ハードウェアに依存しない完全なソフトウェアベースのソリューションなので、変化する要件に迅速かつ柔軟に対応でき、新しい機能（例：新しいメディアエンコードやトランスポートフォーマット）を統合できます。

- プラットフォーム（図4）は、COTS ITハードウェアまたはオープン仮想化フォーマット（OVF）と互換性のあるハイパーバイザー上で動作するので、独自のハードウェアプラットフォームを使用するよりも設備投資／運用コストを節約できます。

- IPベースのトランスポートとシグナリングプロトコルをフル活用して、確立されたTCP/IPプロトコル・スイート・フレームワークを利用できます。

R&S®PRISMONによるコンテンツモニタリング

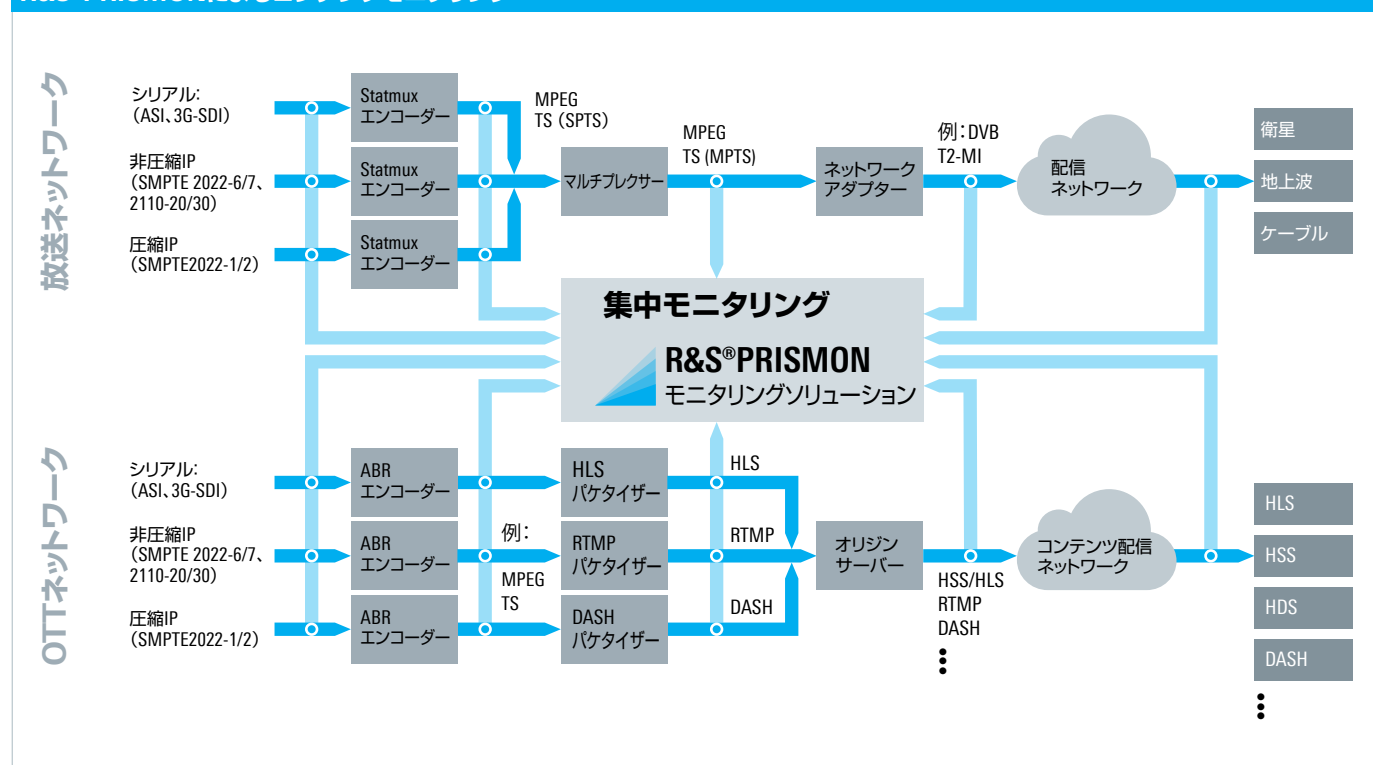


図3：R&S®PRISMONを用いた、複数の異なるネットワークに渡るサービス中心の集中コンテンツモニタリング

- インタフェースを介して従来のフォーマットや信号を統合することにより、既存の機器に対する下位互換性と投資の保護を実現します。
- オープンなモジュラーソフトウェア・アーキテクチャーにより、柔軟にシステムを変更／拡張でき、臨機応変な開発が可能です。
- スケーラブルなプラットフォームにより、進化し続ける市販のユニバーサルマルチコアCPUの計算能力を活用できます。

このようなデザイン理論に基づいて、R&S®PRISMIONはOTTシナリオ（配信）の高度なストリーミングテクノロジーだけでなく、新しいIPベースの伝送テクノロジーやメザニン圧縮手法³⁾もサポートします。これらは、従来のSDI信号（集信）に代わるものです。SDIやASIのような従来のテクノロジーを専用インタフェースカードによって統合すれば、IPへの移行中も、従来の信号と新しいIPベースの伝送フォーマットがミックスされたハイブリッドシナリオをモニタリングできます。

主要な設計機能ブロック

図5に、集中コンテンツモニタリングで使用される、拡張可能なソフトウェアフレームワークの基本アーキテクチャーと、主要な機能ブロックを示します。R&S®PRISMIONソフトウェアは、Linuxオペレーティングシステム（Ubuntu）上の標準アプリケーションとして動作します。

R&S®PRISMIONは、2017年4月にラスベガスで開催されたNational Association of Broadcasters (NAB) 展示会で初めて公表されました。R&S®PRISMIONは即座に、お客様や業界関係者から注目を集め高い評価を得ました。特に、2017年のNAB展示会ではTV Technology誌のNewBay MediaのBest of Show Awardを受賞しました。NewBay MediaのBest of Show Awardは、業界にもたらす革新性、機能セット、コストパフォーマンス、性能などに基づいて、エンジニアおよび業界の専門家のグループによって選定されます。



R&S®PRISMIONの特長

- マルチスタンダード、マルチプロトコルによる今までにない柔軟性の実現（例：SDI、SMPTE 2022-1/2、SMPTE 2022-6/7、SMPTE 2110-20/30、AIMS、ASPEN、OTTプロトコルスイート、DVB）
- 単一プラットフォームでプレイアウト／集信および配信環境のアプリケーションシナリオを幅広くサポート
- フルソフトウェアベースのソリューションで将来の拡張性を保証
- ハイパーバイザーを介したクラウドのサポート、オーケストレーション⁴⁾をすぐに使用できるデザインによって動的かつ柔軟にモニタリング機能を割り当て可能
- クラウドベースのリモートビデオ・ウォール・サービスによる安全な統合



図4：COTS ITサーバーにインストールされたR&S®PRISMION

R&S®PRISMONソフトウェアフレームワーク

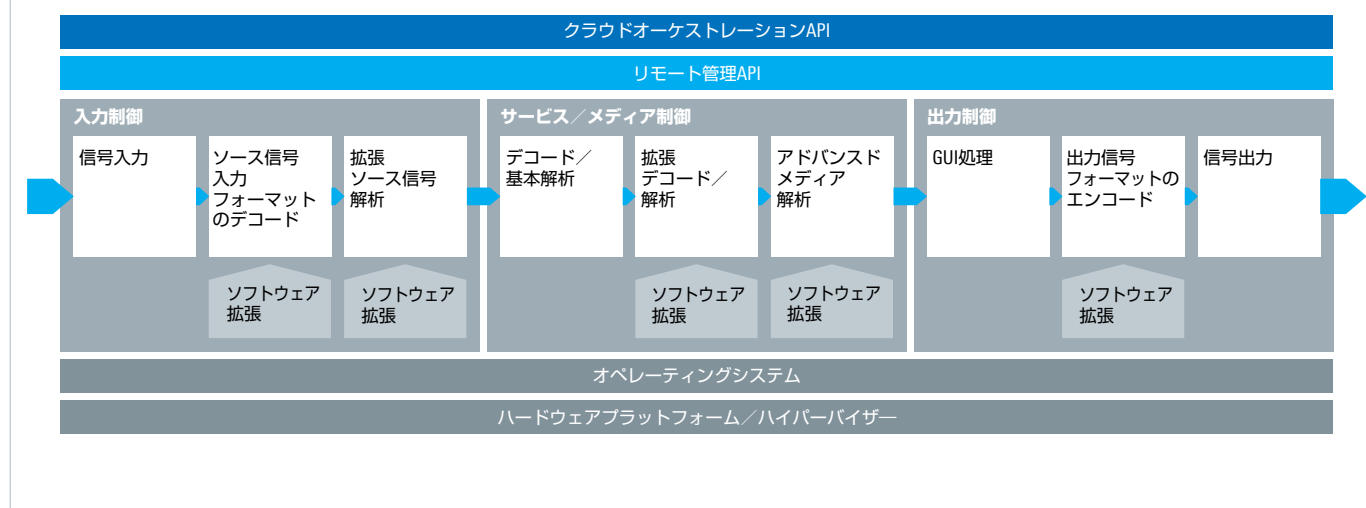


図5: R&S®PRISMONソリューションの主要な機能ブロック

オペレーティングシステムはCOTS ITサーバー・ハードウェア・プラットフォーム、または、ポータブルな仮想マシン用のオープン仮想化フォーマット(OVF)をサポートするハイパーバイザー上にインストールできます。プライベート／パブリッククラウドのインストールでは、OVFがハイパーバイザーインスタンスを、迅速かつ柔軟に、わかりやすく簡素化された方法で展開します。

R&S®PRISMONソフトウェアフレームワークには、以下の主要な設計ブロックが付属しています。

入力制御

「信号入力」モジュールは、イーサネットやIPトランスポートなどのさまざまな物理メディアに対応できます。メディアトランスポート・ストリームは、IPユニキャストまたはIPマルチキャストのどちらかとして扱われます。ローデ・シュワルツの手法では、「ソース信号入力フォーマットデコード」モジュールが集中コンテンツモニタリングで重要な役割を担い、あらゆる環境で、今までになく増加しているさまざまなフォーマットのIPベース・メディア・トランスポートを調和させることができます。さらに、SDIやASIなどの従来のフォーマットに対応できるインタフェースドライバーも付属しています。将来のソース信号フォーマットも、ソフトウェアプラグインとして組み込むことができます。

サービスおよびメディアの制御

「デコード／基本解析」モジュールは、受信されたオーディオ／ビデオコンテンツをデコードし、信号の異常と品質の基本的なチェックを実行します。オプションの「拡張デコード／解析」モジュールによって、HEVC、J2K、TICOなどの、さらに複雑な新しい（メザニン）エンコードフォーマットを処理できます。新しいデコーダーやより高度な解析機能が必要になった場合は、適切なソフトウェアプラグインを追加してこのモジュールの機能をさらに拡張できま

す。ITサーバープラットフォームやクラウドの計算能力が向上し続けても、高度なコーディングフォーマットに対応するために多くの費用をかけて独自の専用ハードウェアを開発する必要はありません。

出力制御

「GUI処理」モジュールは、マルチビュー表示に使用されるタイルのレイアウトやロジックなどのタスクを制御します。タイルに表示されるオーディオ／ビデオコンテンツ・モニターに伴う測定パラメータ値の出力も制御します。マルチビュー画面上で動的にコンパイルされた画像は、「出力信号フォーマットエンコード」モジュールで後処理できます。例えば、レンダリング画像をHDMI経由でビデオ画面に出力したり、複数のIPベースのビデオストリームを出力したりできます。

リモート管理API

R&S®PRISMONはHTTPベースのアプリケーションプログラミング・インタフェース (API) をサポートし、これにより、モニタリングインスタンスのリモート設定／管理やモニタリング作業を自動化できます。これにはユーザー定義された受信者の電子メール通知も含まれていて、これが応答するエラーやアラームもユーザー定義できます。

クラウドオーケストレーションAPI

近い将来、R&S®PRISMONに組み込まれるオープンAPIでは、モニタリングインスタンスをSaaS (Software-As-A-Service) 機能ブロックとしてクラウドベースのエンドツーエンドのワークフローに統合できるようになります。さらに、プレイアウト、エンコード／トランスコード／デコード、広告やロゴの挿入、デジタル著作権管理 (DRM) などの機能インスタンスにも対応する予定です (図5を参照)。

使用例

R&S®PRISMONは、プレイアウト／集信／配信環境の広範囲のアプリケーションをサポートします。以下の2つの使用例を用いて、具体的な内容を説明します。

ビデオの品質保証／測定

ビデオ品質測定は複雑かつ高価で時間もかかりますが、放送／ストリーミングメディア・サービス・プロバイダーが顧客満足を実際に得るために不可欠な測定です。1つのチャンネルごとに必要な帯域幅を最適に調整しながら高品質のコンテンツを顧客に配信することが、あらゆるサービスプロバイダーが商業的に成功するための鍵になります。R&S®PRISMONを使用すれば、ビデオフィード上のビデオ品質測定作業を短時間で容易に行えるようになります。測定は、ライブでも実際のネットワーク環境でも可能です。さらに、ピークS/N比 (PSNR) や構造的類似 (SSIM) 指数などの準規格指標を使用する複数のパラレル測定がサポートされています。これらの測定を使用したビデオエンコーダーのベンチマークにより、ビデオ品質のライブモニタリング／保証、ビデオ製作やトランスポートの解析／最適化が可能です。

R&S®PRISMONは測定されたビデオ品質を数値として提供するだけでなく、ヒートマップを作成して、リアルタイムに品質の劣る領

域／輝度を強調表示できます。マルチビュー画面の中央に、チャンネルのタイトルとピクセルブロックが表示されます (図6)。このモニタリング機能により、たとえ小さな面積にしか影響を与えない場合でも、あらゆるエンコードアーティファクトやその他のずれが短時間で明らかになります。不慣れたユーザーでも、容易に結果を解釈できます。

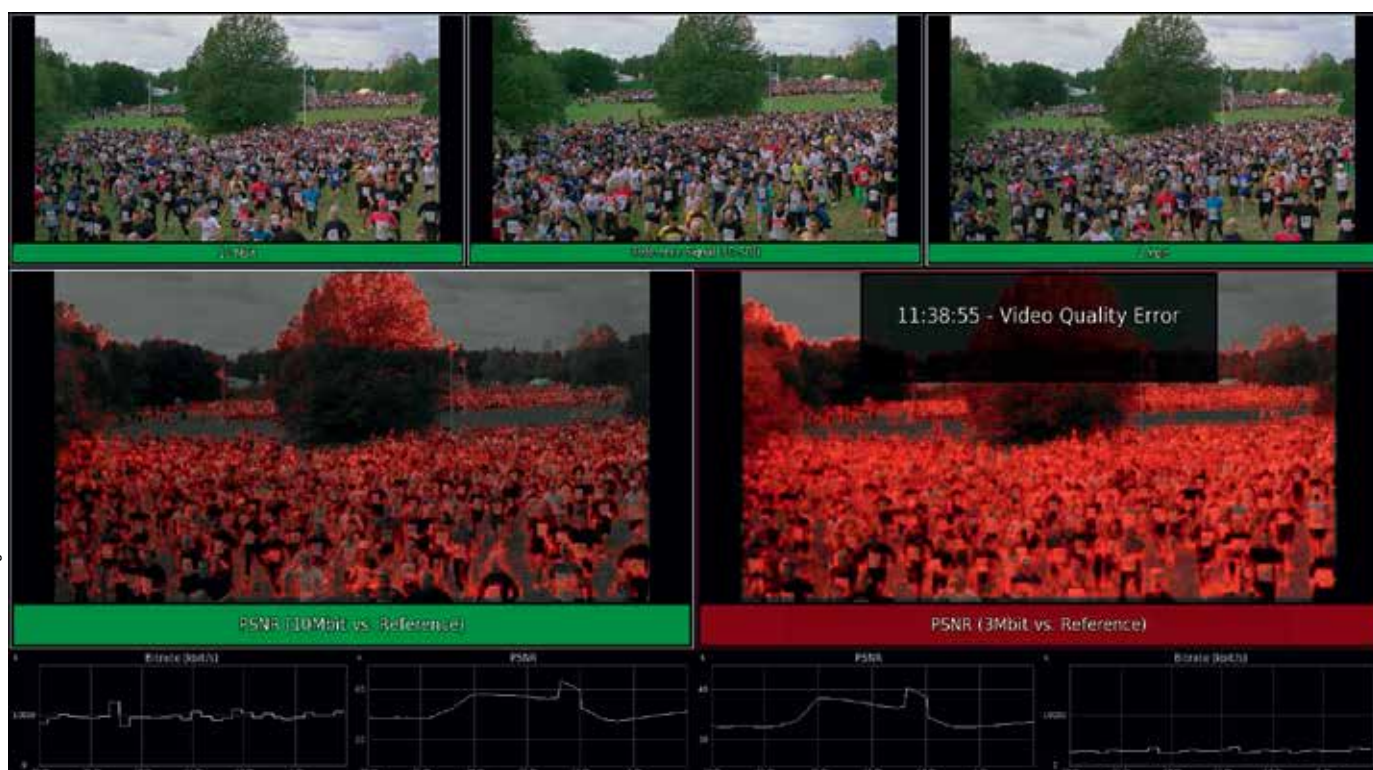
R&S®PRISMONは複数のビデオ品質測定をパラレルに実行して、1つのマルチビュー画面に結果を並べて表示できます。これにより、エンコーダーのベンチマークを1つずつシーケンシャルに行う必要がなくなり、ビデオ品質の向上に必要な時間と労力を削減できます。

信号フローをモニターするためのビデオコンテンツ比較機能

ビデオコンテンツ比較機能は、R&S®PRISMON独自のセールスポイントです。この機能により、個々のコンテンツを配信する多種多様なメディアストリームを自動的に同時に集中モニタリングできます。

異種混在環境では、放送／ストリーミングプロバイダーは、さまざまなネットワークに対して個々のコンテンツを異なる解像度で配信しなければならないという課題に直面します。複雑に組み合わ

図6：R&S®PRISMONによる、ビデオのライブ品質測定のスクリンショットサンプル



されたイーサネット切り替えとIPルーティングにより、コンテンツが間違った経路にトランスポートされるリスクが生じます。例えば、成人向けのコンテンツが誤って子供向けのテレビチャンネルに配信されてしまうというクリティカルなミスが発生する可能性があります。既知の優良な基準チャンネルと比較しながら、外に向かうチャンネルのコンテンツを自動モニターできれば、このようなミスを防止できます。

個々のピクセルに焦点を当てるダイレクトな解析は非常に不正確なため、多くの誤警報のきっかけになります。ビデオコンテンツ比較機能では、より客観的なコンテンツ認識手法を採用しています。この機能は、動く物体、シーンカット、平均輝度レベルなどの特性基準を用いて、解析するメディアストリームを基準ストリームと自動的に比較します(図7)。比較の結果によって、あらかじめ定義されている対策が実行されます。例えば、不適切なコンテンツが子供向けのテレビチャンネルに配信されている場合は、番組の配信が停止されます。

クラウドサービスの統合による安全なリモートコンテンツ・モニタリング

放送／ストリーミングサービス・プロバイダーが直面している課題はもう1つあります。従来のマスターコントロール・ルームの外部から、オペレーターが安全なリモートコンテンツ・モニタリングを実行しなければならないことです。ローデ・シュワルツは、このような問題に有用なソリューションを開発しました(図8)。virtuWallと呼ばれる仮想マルチビューウォール・クラウド・サービスは、個々のR&S®PRISMONインスタンスから集中的にモニタリングデータを収集します。R&S®PRISMONインスタンスは、ローカルなオーディオ／ビデオコンテンツのプロープとして機能するもので

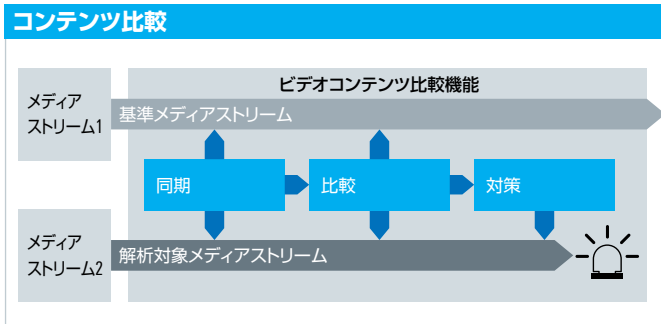


図7: ビデオコンテンツ比較アルゴリズムの主要なステップ

す。プロープは、複数の地域に配備できます。例えば、サービスプロバイダーの異なる事業所のマスターコントロール・ルームに配置できます。これは、IP接続を介して中央クラウドサービスにリンクされます。必要な場合は、IPSec暗号化などの手法を用いて、IP接続のセキュリティを確保できます。

クラウドでは、個々のプロープから収集したモニタリングデータを元に、全体のモニタリングステータス情報とマルチビュー画像を作成します。中央クラウドサービスはプロキシとしても動作し、統合されたモニタリング情報をモバイルモニタリング・クライアントに配布します。

モバイルクライアントは、ローカルな無線LAN、または、リモートの安全な無線接続を経由して、中央モニタリングプロキシに接続できます。モバイルクライアントは、中央プロキシにより読み取り専用アクセスを許可されるように自身を認証する必要があります。モバイルクライアントが安全に接続されると、プロキシに

安全なリモートコンテンツ・モニタリングのためのクラウドサービス

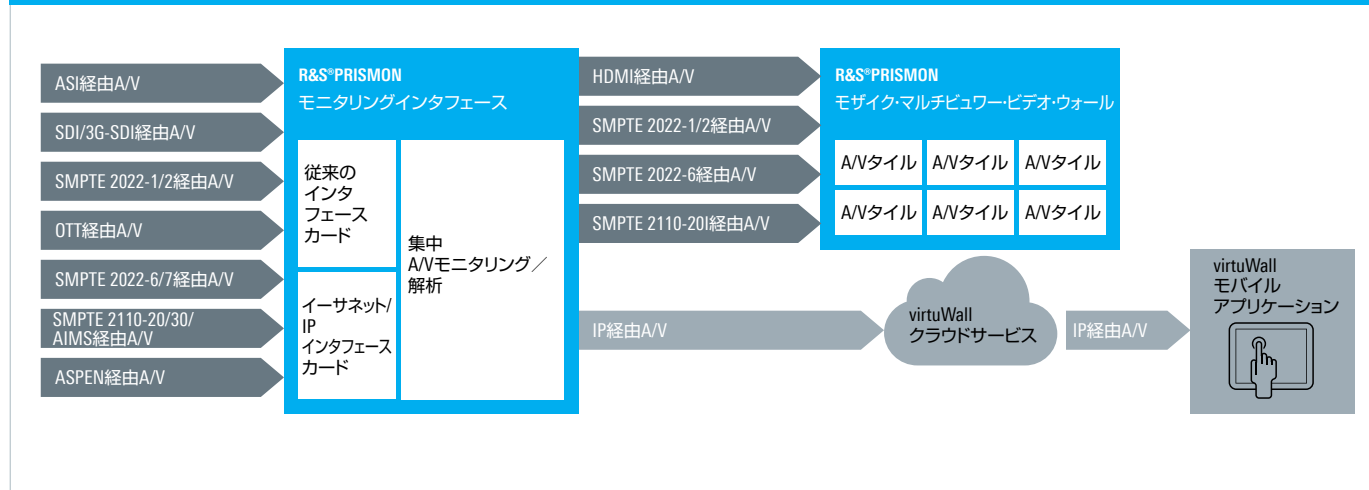


図8: 安全なリモートコンテンツ・モニタリング。R&S®PRISMONとvirtuWallクラウドサーバーによるサンプルシナリオ

よってコンパイル済みの情報が、クライアントにインストールされているvirtuWallアプリケーションに送信されます。この場合のクライアントには、市販のタブレットやスマートフォンを使用できます。virtuWallアプリケーションは、サービスプロバイダー施設の内部または外部のモニタリング/サービス担当者に対して、すべての放送/ストリーミングサービスおよび送信されたオーディオ/ビデオコンテンツに関する完全な情報を提供します。

図9は、virtuWallアプリケーションによって提供された代表的な情報を含む2つのスクリーンショットサンプルです。最初のページには、すべてのモニタチャネルの一覧が表示されています。ユーザーはチャネルグループをタップして、詳細なモニタリングデータと拡大されたマルチビュー画像をモザイクスタイルで表示できます。

R&S®PRISMONとモバイルクラウド・サービスを組み合わせた革新的なソリューションを使用すれば、局をモニタリングする作業者がほとんど必要なくなり、数人のシフト作業者がサービスプロバイダー施設の外部で作業が行えるので、運用コスト（OPEX）を低減できます。

R&S®PRISMONとvirtuWallクラウドサービスに組み込まれているあらゆるセキュリティ対策に関わらず、このソリューションの実装/操作には、サイバーセキュリティの専門家による最新のコンサルティングと緻密な管理が必要になります。その理由は、新しい脅威/攻撃ベクトルが日々発生し、あらゆる既存のセキュリティ概念に対する課題となるからです。ローデ・シュワルツの子会社であるCybersecurity GmbHが、単一のソースから必要な専門知識をお客様に提供します。

サマリ

R&S®PRISMONは、あらゆる放送/ストリーミングサービスに対して集中モニタリングソリューションを提供し、多様化がますます進むオーディオ/ビデオのプロトコル/フォーマットの概念に対応します。このソリューションは、配信チャネルに関係なく、コンテンツプロバイダーやネットワークプロバイダーが任意の数/種類の送信されたオーディオ/ビデオコンテンツをモニタリングできるシンプルかつパワフルなツールを1つの機器で提供します。



図9：モバイルクライアント（タブレットまたはスマートフォン）から安全なリモート・コンテンツ・モニタリングを行うためのモバイルvirtuWallのスクリーンショットサンプル

R&S®PRISMONは、完全にソフトウェアベースのソリューションです。そのモジュラーソフトウェア・フレームワークとプラグインを用いた手法により、将来の拡張性が保証され、新しいトランスポートプロトコルとメディアフォーマットを迅速に高いコストパフォーマンスで組み込むことができます。

R&S®PRISMONソフトウェアは、I/Oカードを介して従来のフォーマットにも統合できるCOTS ITサーバプラットフォームにインストールできます。または、ソフトウェアをクラウドで仮想化することもできます。これら両方のオプションで、同様の豊富な機能を使用できます。現在、市場で独自の機能であるR&S®PRISMON virtuWall拡張機能は、モニタリング情報をクラウドサービス経由でモバイルユーザー機器に送信するものです。これにより、オペレーターは遠隔地からタスクのモニタリングを実行できます。

Dr. Markus Lautenbacher

1) 集信 (Contribution) とは、地理的に離れた位置にあるメディアネットワーク間のメディアコンテンツの送信のことです。例えば、コンテンツプロバイダーと衛星プロバイダーの間の送信です。これに対して、配信 (Distribution) とは、エンドユーザー端末に対するコンテンツの送信のことです。
2) Over-The-Top (OTT) サービスは、サービス (YouTube、Skypeなど) を提供するのにネットワークプロバイダーを介さずにIPネットワークでデータをトランスポートします。

3) メザニン圧縮手法 (メザニン：中二階、中間) はデータを十分に圧縮して、必要なメモリと伝送量を大幅に削減できます。別のデータフォーマットにアーカイブ/変換するのに適した高品質の圧縮成分を作成します。
4) クラウドオーケストレーション：安全かつ管理された方法で企業環境にクラウドアプリケーションを統合することが目的の技術的な管理方法です。

R&S®HE400 ハンドヘルド指向性 アンテナの使用による、 干渉探索の簡素化



図1：R&S®HE400には現在、5つのプラグインモジュールを使用できます。表紙の写真の製品はR&S®HE400 VHFモジュールで、R&S®PR100 ポータブル受信機を備えています。

R&S®HE400 ハンドヘルド指向性アンテナは、高い評価を得た先行機種R&S®HE300の後継機です。R&S®HE300の各種モデルは、10年近くにわたって市場の要求に対応して来ました。R&S®PR100 ポータブル受信機やR&S®FSH/R&S®FPH ハンドヘルド・スペクトラム・アナライザと組み合わせて使用すれば、送信機や干渉源の位置を正確に特定できます。

さまざまなユーザーグループが、手動で方向を探知するのに使用することもできるポータブル無線モニタリング機器を高く評価しています。モバイルネットワーク事業者や規制当局から施設警備会社、軍、諜報機関まで幅広くご利用いただいています。実際のアプリケーションに応じて、受信機または、スペクトラム・アナライザのうちの1台が使用されますが、新しいR&S®HE400 アンテナシステムは、それらすべてと互換性があります。

軽量かつコンパクトで使いやすい

R&S®HE400には、ハンドル、受信機専用のケーブルセット、全体で8.3 kHz ~ 8 GHzの周波数レンジをカバーする現在使用可能な5つのプラグインモジュールのうちの1つが付属します(図1)。ハンドルとアンテナモジュールは、PC/ABSプラスチックまたはアルミニウム製で軽量(約1 kg)であり、耐衝撃性に優れています。アンテナは受信機やスペクトラム・アナライザからパワーを受信するため、バッテリーが不要で、さらに小型化を実現しています。

エルゴノミックハンドルは手になじみ、2つのコントロール(トリガボタンと切り替えスイッチ)は親指と人差し指で操作しやすくなっています。長期間作業する場合は、アンテナに付属のアームレストを使用してください。アームレストは、ハンドルに取り付けるだけです(図2)。切り替えスイッチにより、ハンドルに内蔵されている低雑音増幅器(LNA)を起動できます。ハンドルには、電子コンパ

スとデュアルGPS/GLONASS受信機も内蔵されています。この方法で取得された位置と方向は接続されている受信機に転送され、接続されているアンテナモジュールのタイプとLNAの状態も自動的に認識されます。このため、表示される電解強度値は常に正確で、ユーザー設定は不要です(図3)。

ハンドルのトリガボタンを押すだけで、測定または受信機に定義済みのアクションを開始できます。送信機の位置は、三角測量を用いて計算され、マップ上に表示されます。

モジュールおよびケーブル

図4に、使用可能なアンテナモジュールを示します。R&S®HE300にも使用可能なHF/VHF用の一般的なループモジュール、UHF/SHF用の広帯域ログペリモジュールに加えて、新たに2種類のモジュールがあります。

R&S®HE400UWB ウルトラワイドバンドモジュールは、30 MHz ~ 6 GHzの非常に広い周波数レンジをカバーしています。このモジュールを用いれば、モジュールの交換が不要なので、多くのアプリケーションでアンテナの取り扱いが大幅に簡素化されます。R&S®HE400UWBは、1つのレドームに2つのアンテナが収容されています。アンテナは、ダイプレクサー経由で相互接続されています。

図2：アームレストを取り付ければ、長時間にわたって操作しても疲れしない



図3：電解強度、コンパス、GPSデータが表示されたPR100のディスプレイ



R&S®HE400用のプラグインモジュール

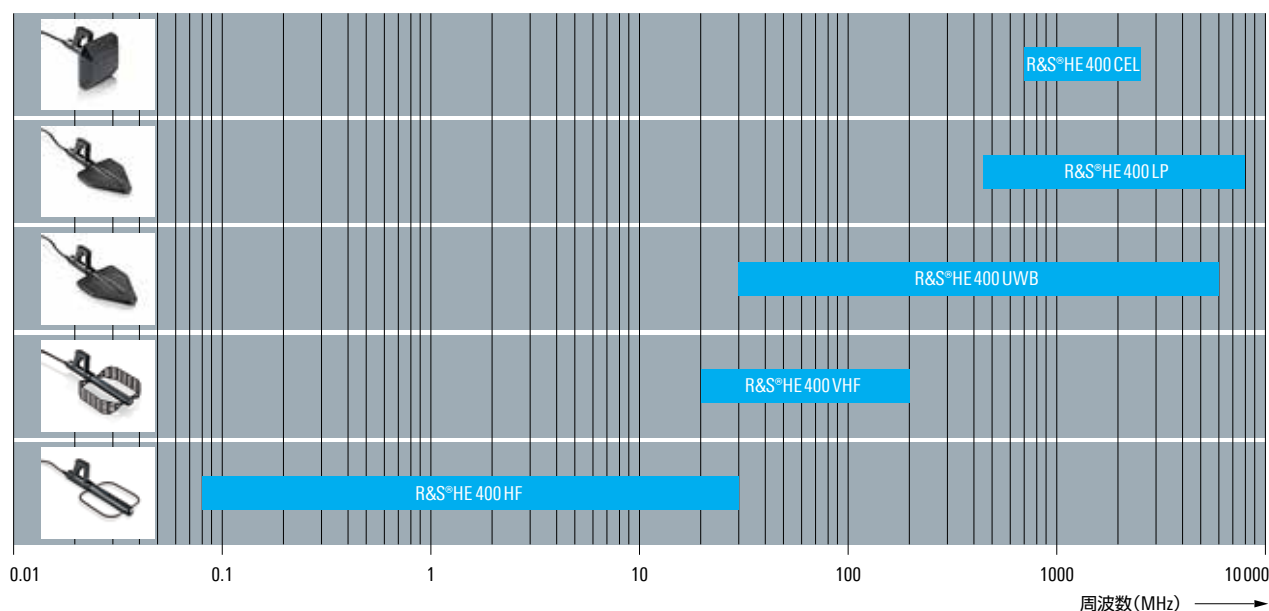


図4：使用可能なアンテナモジュール（周波数レンジ別）

R&S®HE400CEL セルラーモジュールは、700 MHz～2.5 GHzのセルラーバンド向けに設計されています。このモジュールは、ログペリアンテナやループアンテナなどよりも正確で特別な方向探知手法を採用しています。ハンドルのボタンを押すだけで、隣り合う広帯域ダイポールのノーマルモードとデルタモードを切り替えることができます。ノーマルモードでは、ダイポールは同位相で動作し、比較的広い放射パターンが前面に生じます。デルタモードでは、2つのダイオードが逆位相で励振され、視野方向に急峻なノッチが生じます（図5）。

実際には、ノーマルモードは、一般的な方向の特定に使用されます。次に、デルタモードに切り替えて、その前に決定した最大の角度範囲でのみアンテナを動かします。放射パターンのノッチが非常に急峻なので、最小信号方向探索を使用して方向を正確に割り出すことができます。

構成およびアクセサリ

R&S®HE400は、お客様固有の要件に合わせて構成することができます。図4に示されているアンテナモジュールは、プラグを差し込んで止めナットで固定するだけです。受信機専用のケーブルセットを使用して、現在サポートされている3つのレシーバーモジュールの1つに接続できます。これらのケーブルセットは、ユーザーがすばやく組み立てることができ、保守作業中に簡単に交換することも可能です。

の1つに接続できます。これらのケーブルセットは、ユーザーがすばやく組み立てることができ、保守作業中に簡単に交換することも可能です。

R&S®HE400CELモジュールの放射パターン

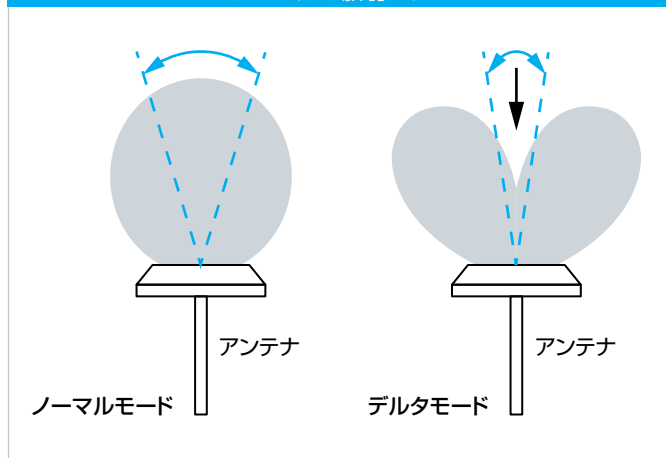


図5：デルタモードでは、送信機を最小信号に基づいて正確に特定



図6：すべてが手の届くところに：持ち運び用ケースには、すべてのアンテナモジュールと受信機を収納

利用可能なアクセサリとして、アンテナ、すべてのアンテナモジュール、R&S®PR100 モニタリング受信機を収納できる堅牢な持ち運び用ケース（図6）があります。2つまたは4つのモジュールを持ち運ぶためのコンパクトな輸送用バックも2種類ご用意しています。ハンドルには、アンテナを三脚（ボールヘッド付きの軽量三脚：R&S®HE400Z4など）に取り付けるためのネジ式ソケットがあります。

Maik Reckeweg

R&S®HE400 – 主な特長

広い周波数レンジ

- ┃ 8.3 kHz ~ 8 GHz (5つの交換可能なアンテナモジュールを使用)
- ┃ ウルトラワイドバンドモジュール：30 MHz ~ 6 GHz

非常に使いやすい

- ┃ エルゴノミック形状で軽量
- ┃ 取り付け可能なアームレスト
- ┃ アクセスが容易なコントロール

豊富な内蔵機能

- ┃ 感度の高いプリアンプ (LNA)
- ┃ GPS/GLONASS受信機
- ┃ 電子コンパス
- ┃ 偏波およびモジュール認識

非常に正確な方向探索

- ┃ 明確な順方向放射パターン
- ┃ R&S®HE400CELモジュール特有のデルタモードによる正確な最小信号方向探索

アクセサリ

- ┃ 持ち運び用ケースと各種輸送用バッグ
- ┃ 軽量三脚（ボールヘッド付き）
- ┃ 受信機専用のケーブルセット

アプリケーション例

左：セルラーバンドの測定用のR&S®HE400CEL：取り外し可能なアームレストにより、アンテナを動かしながらの作業でも疲れない

右上：R&S®HE400UWB ウルトラワイドバンドモジュールによるバグ探索

右下：Bottom right: R&S®HE400HFによるセルラーバンドの干渉探索



SWR放送局がテープアーカイブのデジタイズにローデ・シュワルツのエンコード／ストレージソリューションを採用

ローデ・シュワルツは、ドイツ放送局 (SWR) のビデオアーカイブのデジタイズという大きな移行プロジェクトを開始しました。このため、ローデ・シュワルツは、スイスに拠点を置く



レトロアーカイブのスペシャリストであるJordi AGと緊密に協力しています。SWRのアーカイブの課題は、その規模の大きさです。放送局は、毎年40,000テープ時間のコンテンツをアーカイブする必要があります。テープの老朽化の問題を軽減するために、放送局はすべてのテープベースのアーカイブをデジタイズすることを決定しました。SWRは複数のシステムを評価した後、Jordi AGのADAMマイグレーションシステムにR&S®VENICE ビデオサーバーとR&S®SpycerBox モジュラー・ストレージ・システムを組み合わせることを決定しました。ADAMは自動的に、テープの挿入からアーカイブファイルの保存までのすべてのワークフロー手順を実行します。R&S®VENICEサーバーはアーカイブフォーマットでのエンコードを実行し、R&S®SpycerBox CellおよびR&S®SpycerBox Ultra TLがストレージ容量を提供します。ターンキーシステムは従来の手動ワークフローよりも40倍高速で、かつ高い信頼性を備え、自立的に72時間記録することができます。これにより、週末の無人オペレーションが可能になります。

米国向けの初のHD無線トランスミッターをローデ・シュワルツが提供

フロリダ州ペンサコーラのWYCT FMIは、HD無線オプションを搭載したR&S®THR9 トランスミッターを配備する初のラジオ局です。HD無線は主に米国で使用されている一般的なアナログ／デジタルハイブリッド規格で、欧州のDABシステムと同じ時期に開発されました。HD無線信号はアナログのFMまたはAMレシーバによって処理されますが、デジタル方式でプログラムが配信され、デジタルカバレッジに段階的に移行できるようになっています。WYCTでは、43年前の空冷式トランスミッターが液冷式ハイパワートラン

スミッターに交換されます。このトランスミッターが採用される決め手になったのは、エネルギー／コストが節約できることと放熱が非常に低いことです。さらに、R&S®THR9の占有面積は従来のトランスミッターよりも非常に小さくなっています。R&S®THR9 HD無線トランスミッターは、従来のトランスミッターよりもかなり強いデジタル信号を配信でき、5倍のカバレッジを実現できるので、WYCTは聴取者を拡大できます。これは、HD無線の民間世帯への浸透を後押しするものです。



導入したトランスミッターに大きな期待を寄せる：Dave Hoxeng氏 (WYCT経営者、左) と Briton Smith氏

ドイツ連邦軍がSVFuA (統合無線システム) を調達

ローデ・シュワルツは、50台の指揮官用装甲車に初めてドイツ連邦軍の統合無線システム (SVFuA) を搭載する契約をドイツ連邦国防省から獲得しました。SVFuAは、国際的に認知されているSoftware Communications Architecture (SCA) 規格に準拠した高度なソフトウェア定義無線システムです。最初に、50台の車両 (PUMAおよびBOXER) に搭載されます。ローデ・シュワルツは2020年までに最初の配備を開発／出荷予定です。調達契約に基づき、ドイツ連邦軍は7年以内に追加システムをオーダーできます。SVFuAの獲得によって、ドイツ連邦軍はMoTaKoプログラムのフレームワーク内でドイツ連邦軍の戦術上の通信を近代化する第一歩を踏み出そうとしています。これを長期的にサポートするために、ローデ・シュワルツはRheinmetall AGと合併事業を立ち上げ、ゼネコンとして入札する予定です。両社ともドイツの企業で、信頼できるテクノロジーを幅広いポートフォリオで提供しており、何年にもわたり複雑なプロジェクトに取り組んできた実績があります。



BOXER装甲輸送車は、SVFuAが最初に搭載される2つのプラットフォームのうちの1つです。

ESG、Diehl Defence、ローデ・シュワルツが ドローン防衛で協業

ドローンは販売数が伸び、使用に制限がなくなったことで、深刻な安全上のリスクをもたらしています。このような背景を考慮して、ESG Elektroniksystem- und Logistik-GmbH、Diehl Defence、ローデ・シュワルツは、ドローン防衛の分野で業務提携する契約を結びました。2015年のG7エルマウサミットと2016年の米国大統領によるハノーファー訪問によって強化された協力関係に基づき、3社はさらに緊密に協調した取り組みによって、レーダー、無線モニ

タリング、電磁波対抗策、指揮制御情報システム、位置マッピングの分野における自らの経験を活かして、フルカスタムのバンドルソリューションを構築したいと考えています。GUARDIONドローン防衛システムでは、これらの協調企業の位置特定／防衛機能がカスタマイズされたスケラブルなソリューションに内蔵されています。詳細については、www.Drohnenabwehr.deをご覧ください。



Tesat-Spacecomの Supplier Awardを受賞

Airbusの子会社であるTesat-Spacecomが2009年と2013年に主催したSupplier Awardを、3回目の今年はローデ・シュワルツが受賞しました。Tesat-Spacecomは欧州における衛星用通信パイロード市場のリーダーです。このアワードは、品質、納期、信頼性、柔軟性に関する工場の達成度を表彰するものです。ドイツ、バーデン＝ヴュルテンベルク州のバックナングを拠点とするTesat-Spacecomは、実績と数字以外の要素も考慮して評価を行っています。顧客との関係も評価対象です。たとえば、購入者とサプライヤの連携はどのようにしていますか？、どのようにコミュニケーションを取っていますか？そして、どれくらいの速度で応答が来ていますか？ Tesat-Spacecomの購買部長であるHans-Dieter Collissy氏は、「ローデ・シュワルツのタイスナッハ工場は、信頼性に関しても高いスコアを実現しています」と述べています。タイスナッハ工場とTesat-Spacecomの間の取引関係は、20年以上も続いています。工場は、衛星との送受信に使用される導波管などの電気モジュール／コンポーネントを製造しています。



ローデ・シュワルツがフィンランド航空の 管制無線システムをアップグレード

フィンランドの空港と国際航空管制システムを運用しているFinaviaは、ATC無線システムを最新化するために、ローデ・シュワルツのR&S®Series4200 デバイスを使用しています。既存の機器もローデ・シュワルツ製品ですが、長期間に渡るサービスで寿命が終了し、欧州の航空無線規制がチャンネル間隔を8.33 kHzに変更することを要求しているため、交換する必要があります。ローデ・シュワルツは、国際的な入札手続きで落札が認められました。アップグレードは69か所のロケーションで行い、450台の無線機の出荷と配備が必要になります。ATC無線システムはまだアナログですが、ローデ・シュワルツは、すべてのテクノロジーをIPに基づいたデジタルに変換する方針です。これにより、システムが非常に高い柔軟性を備えて将来に渡って使用できるようになり、さらに、デジタル信号処

理でしか実装できない機能、例えば1つの無線チャネル上の同時送信を検出するDSiTなどの機能を提供できるようになります。

ローデ・シュワルツは、450台のR&S®Series4200 ATC無線機をFinaviaに提供しています。



ローデ・シュワルツが Motamaのテクノロジーを買収

ローデ・シュワルツの子会社であるGMIT GmbHがザールブリュッケンを本拠地とするストリーミングのスペシャリスト、Motama GmbHのテクノロジーを買収しました。この買収により、ベルリンを拠点とする弊社の製品、特にIPネットワークを介したオーディオ／ビデオコンテンツの中断のない伝送を実現するための製品ポートフォリオが拡充されます。Motama独自のRelayCasterプロトコルにより、パケット損失が最小になります。これは高いサービス品質（QoS）を実現するのに不可欠な条件です。RelayCasterなどのMotamaの製品は、ローデ・シュワルツの配信ネットワークを介して利用できます。Motamaのテクノロジーは、ローデ・シュワルツの放送／メディアテクノロジーにも統合され、さらに開発が進められる予定です。

サイバーセキュリティには 信頼が必要です。



コンパクトなSME向けITセキュリティ製品から拡張性の高いエンタープライズ・ソリューションまで、ローデ・シュワルツ・サイバーセキュリティは以下の機能を提供します。

- 「セキュアで透明性の高いネットワーク
- 「セキュアなウェブ・アプリケーション
- 「盗聴防止通信
- 「エンドポイント・セキュリティおよび信頼できる管理

弊社の受賞歴のあるソリューションは、企業、重要インフラ、および公共機関をスパイ活動およびサイバー攻撃から守ります。これらは「セキュリティ・バイ・デザイン」の原則に従って開発されており、複雑なサイバー攻撃をリアクティブではなくプロアクティブに予防します。

cybersecurity.rohde-schwarz.com



ROHDE & SCHWARZ

サイバーセキュリティ