

# NEWS

213/15



ROHDE & SCHWARZ

## レーダーの進出

最近まで、レーダー・システムは防衛、気象、および航空／海上航法用といった特殊な分野の技術でした。今日これらの技術は、自動車エンジニアリングにも欠かすことのできない要素として、世界的に広く使われるようになっていきます。



### 無線技術

複雑なスマートフォン・フロントエンドの容易な特性評価

### 放送およびメディア

DOCSIS 3.1 標準がケーブル・ネットワークをスピードアップ

### 無線モニタリング／無線探知

仮想管制センターが航空交通管制を変革



## NEWS アプリケーション

iPad、アンドロイド・タブレット、およびアマゾン kindle といったデバイスに使用される R&S®News アプリケーションは、それぞれのプロバイダのアプリケーション・ストアから無料でダウンロードすることができます。アプリケーションの言語は、内部で英語、ドイツ語、フランス語、またはスペイン語へ設定することができます。

最新文書の印刷版の他に、最近の 3 年間に刊行されたすべての記事へ秒単位でアクセスすることが可能で、しかもトピック毎に分類された状態でそれを行うことができます。コンテンツは多数のビデオを含みます。グラフィカル・サインはアプリケーションを最後にオープンしてからどの新しい記事が表示されたかをマークし、新しい機能の選択的ガイドを提供します。

R&S NEWS またはローデ・シュワルツというキーワードを使って、個々のアプリケーション・ストアに用意されているアプリケーションを見つけることができます。

## NEWS

発行元:

**Rohde & Schwarz GmbH&Co. KG**

Mühlhofstrasse 15 · 81671 München

[www.rohde-schwarz.com](http://www.rohde-schwarz.com)

### 地域別連絡先

- ヨーロッパ、アフリカ、中東 | +49 89 41 29 1 23 45  
[customersupport@rohde-schwarz.com](mailto:customersupport@rohde-schwarz.com)
- 北米 | 1 888 TEST RSA (1 888 837 87 72)  
[customer.support@rsa.rohde-schwarz.com](mailto:customer.support@rsa.rohde-schwarz.com)
- 中南米 | +1 410 910 79 88  
[customersupport.la@rohde-schwarz.com](mailto:customersupport.la@rohde-schwarz.com)
- アジア太平洋 | +65 65 13 04 88  
[customersupport.asia@rohde-schwarz.com](mailto:customersupport.asia@rohde-schwarz.com)
- 中国 | +86 800 810 82 28/+86 400 650 58 96  
[customersupport.china@rohde-schwarz.com](mailto:customersupport.china@rohde-schwarz.com)

編集者へのメール宛先: [newsmagazine@rohde-schwarz.com](mailto:newsmagazine@rohde-schwarz.com)

編集長: Volker Bach, Rohde & Schwarz

編集およびレイアウト: Redaktion Drexl & Knobloch GmbH (ドイツ)

英訳: Dept. GF-MC7

写真撮影: Rohde & Schwarz

印刷国: ドイツ

ボリューム: 55

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 75,000 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。コピーをローデ・シュワルツ (ミュンヘン) までお送り下さい。

PD 3606.9627.72

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

革新技术を市場に広く受け入れられる製品とするには、そのすべての主要コンポーネントが一定の成熟度に達し、十分な量の製品が妥当なコストで入手できるようにならなければなりません。フラットパネル・ディスプレイ、メモリ、バッテリー、センサ、通信技術などの開発が一点に集約するという幸運がなければ、スマートフォンが形になることもなかったでしょう、これほど普及することもなかったでしょう。自動車の電子化にもいくつかの類似点があります。最初は、個々のサブシステムだけが電子的にアップグレードされました。そのスタート点となったのがドライブレインです。現在では、小型化やデジタル化に加え、高性能エレクトロニクスが手頃な価格で購入できるようになったことで、すべてのコンポーネントが電子制御ユニットと車載コンピュータを介してネットワーク化されています。エンジニアが便利さと安全性のための新機能を実装しようとするのに合わせて、この複雑なネットワークには新しいコンポーネントが追加され続けています。結果として、レーダーなどのように、かつてはほとんど関連性がないと見られていた技術が大幅に取り入れられるようになっていきます。これは安全が重視される領域についても同様であり、そのことが、これらの技術に最も厳しい信頼性要件が求められる理由となっています。しかし、高周波に関するほぼあらゆる問題に関しては、ローデ・シュワルツのポートフォリオが、必ず問題解決の鍵となる T&M 機器を提供します。たとえば、ARTS9510 自動車用レーダー・ターゲット・シミュレータがその一例で、この装置はコストのかかる多くのドライブ・テストを不要にします。これは、レーダーという言葉から通常連想される「本格的な」レーダー・システムも例外ではありません。特別なソフトウェアが、すべての主要な基準に基づいてその信号を解析し、焦点を絞った形でこれらのシステムをさらに最適化することを可能にします。このトピックに関する記事は、30 ページ以降に記載されています。



# 概要

## NEWS

### 213/15

#### 無線技術

##### テスタ

**R&S®CMW500 ワイドバンド・無線機テスタ**  
R&S®CMWcards による  
eMBMS アプリケーション・テスト..... 10

**R&S®CMW290 モバイル無線サービス・テスタ**  
製品概要..... 15

**R&S®CMA180 無線テスト・セット**  
新しいアドオンによる  
汎用性の向上..... 16

##### 信号の生成と解析

**R&S®SMW200A ベクトル信号発生器**  
マルチ信号シナリオ用の最大 8 つの  
独立したベースバンド・ソース..... 19



#### 汎用測定器

##### ネットワーク解析

**R&S®ZNB ベクトル・ネットワーク・アナライザ**  
生産ラインでのフロントエンド・モジュールの  
特性評価を効果的に実施..... 22

##### オシロスコープ

**R&S®RTM2000**  
スペクトラム解析機能を備えた  
多機能オシロスコープ..... 26

##### 信号の生成と解析

**R&S®FSW85 シグナル・スペクトラム・アナライザ**  
シンプルな測定器の登場:あらゆる  
帯域での車載レーダーの測定..... 30

R&S®CMW290 モバイル無線サービス・テスタでは、R&S®CMW500の強力な機能範囲をサービスに必要な機能だけに限定しています (15 ページ)。

##### ARTS9510

##### 車載レーダー・ターゲット・シミュレータ

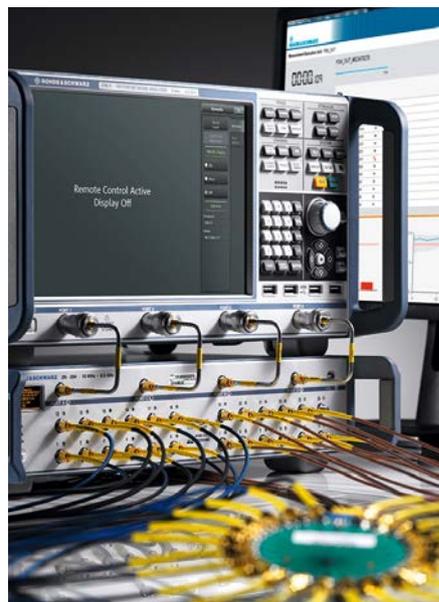


新しいレーダーテスト:ターゲット・シミュレータによるテストコスト削減..... 34

レーダー・システムの  
パルス圧縮解析..... 37

非常に長いレーダー・パルス・シーケンスの解析..... 38

その MIPI® RFFE インタフェースにより、R&S®ZNB ネットワーク・アナライザはファームウェアから直接フロントエンド・モジュールを操作できます (22 ページ)。



## 放送およびメディア

### フォーカス

DOCSIS 3.1 – TV と  
インターネットの変革 ..... 40

### 参考資料

ローデ・シュワルツ、再び  
ベルリン国際映画祭の  
公式デジタル・シネマ・パートナーに ..... 46

Rohde & Schwarz DVS GmbH は、3年連続でベル  
リン国際映画祭をサポートしました(46 ページ)。



Photo: Jan Windszus / Berlinale

## セキュア通信

### 参考資料

ローデ・シュワルツ SIT の  
vdek 向け暗号化ソリューション ..... 49

ビッグデータのセキュリティ:  
ローデ・シュワルツ SIT がドイツ・  
データセンター・アワードを受賞 ..... 51

ボトルネックのないネットワーク・  
トラフィックのための  
ローデ・シュワルツ SIT と  
シスコの IP 暗号化ソリューション ..... 52

航空交通管制用の  
革新的クラウド・アーキテクチャ ..... 54

ユニークなクラウド・ソリューションが航空交通管  
制機関による構造変更への取り組みを支援します  
(54 ページ)。



## 無線モニタリング／無線探知

### アンテナ

**R&S® AU600 アクティブ無指向性  
アンテナ・システム**

あらゆるタスクに使用可能:  
広帯域無線モニタリング用  
小型アンテナ ..... 60

### その他

発行人 ..... 2

NEWS コンパクト ..... 6

ニュース ..... 64

規制当局が主対象:周波数  
範囲 20 MHz~8 GHz のコ  
ンパクトな R&S®AU600 ア  
クティブ無指向性アンテナ・  
システム(60 ページ)





### 最大限の小型化を実現:

#### 歩行およびドライブ・テスト用の新しいネットワーク・スキャナ

モバイル・ネットワークにおけるほとんどのデータ・トラフィックは屋内で生成されます。ネットワーク・オペレータ、インフラストラクチャ・メーカー、ネットワーク・サービス・プロバイダが、空港、駅、列車内など、屋内の通信に不利なエリアを歩き回ってテストを行う技術者にも便利に使える超小型のテスト・ソリューションを必要とする理由はここにあります。また、テストおよび測定用の機器は、無線の世界で急速な進歩を遂げているマルチスタンダード/マルチバンドのシナリオを扱うことができなければなりません。R&S®TSMA ネットワーク・スキャナは、この要求を完全に満たしています。これは Windows PC を内蔵した初のスキャナで、SwissQual 製の QualiPoc テスト・スマート

フォンかタブレットに接続するだけで、完璧な歩行およびドライブ・テスト・システムを構成できます。接続は Bluetooth® を介して行います。QualiPoc は、スキャナによって提供される RF 情報を補足的に用いることで、あらゆる規格と帯域における包括的な音声およびデータ解析を可能にします。R&S®ROMES4 ドライブ・テスト・ソフトウェアを使用すれば、より詳細なカバレッジ測定、特に LTE ネットワークを最適化するためのカバレッジ測定を行うことも可能です。このソフトウェアは R&S®TSMA にインストールして、Android、Apple、または Windows タブレットからリモート制御することができます。



#### 異なる二重モードの LTE バンドにおけるキャリア・アグリゲーション・テスト

帯域幅を改善する方法は、帯域幅を広げることしかありません。3GPP Rel.10 (LTE-Advanced) に、最大 5 つの周波数帯のコンポーネント・キャリアを最大帯域幅 100 MHz で 1 つのチャンネルに集約 (アグリゲーション) するという可能性が盛り込まれている理由は、ここにあります (これらのキャリアが必ずしも互いに隣接している必要はありません)。このオプションを実際に利用しているネットワークはまだありませんが、モバイル通信業界は、現在開発中のネットワーク・コンポーネントや UE に対して、この標準に準拠したテストを行えるようにしておく必要があります。今年のモバイル・ワールド・ कांग्रेस (Mobile World Congress) において、ローデ・シユワルツは、4 つのコンポーネント・キャリア

からなるアグリゲーション・システム用の MIMO テスト・ソリューションを出展した初のメーカーとなっただけでなく、TDD/FDD 組み合わせ動作のテスト機能を使用して、異なる二重モードでアグリゲーションされたセルを動作させることも初めてしました (3GPP Rel.12)。ネットワーク・オペレータはさまざまな周波数帯のスペクトラムを使用することが多く、状況に応じて TDD または FDD モードでこれらを利用しています。TDD/FDD の組み合わせ動作は、FDD セルと TDD セルを結合させることで、より柔軟なスペクトラム管理を可能にします。キャリア・アグリゲーション・テスト機能は、R&S®CMW500 RF テスタと R&S®CMW500 プロトコル・テスタの両方で使用できます。



#### 5G を視野に入れた 2GHz の解析帯域幅

第 5 世代の無線通信は依然として開発の初期段階にあり、いかなる種類のものであっても、標準化に着手できるのはまだはるかに先のことです。しかし、今後 10 年間のシナリオに対処する上で、現在の技術では不十分になる日はそう遠いことではありません。モノのインターネットは、インターネットにアクセスする機器を大幅に増加させると予想されます。同時に、技術的要求によってデータレートが著しく増加して応答時間も大幅に短縮される一方で、非常に低速の省電力型の通信も求められるでしょう。考えられる 5G ソリューションに関する議論には予想し得るあらゆる技術的側面が含まれますが、一般的に言って、現行のシステムよりもはるかに広い帯域幅、最大

2 GHz 程度の帯域幅が必要となると思われます。このような可能性があるのは、現在適合性が検討されている 28 GHz、60 GHz、73 GHz 帯といった高いマイクロ波領域に限られます。2 GHz の解析帯域幅を持ち、最大 85 GHz の入力周波数を備えた R&S®FSW のシグナル・スペクトラム・アナライザは、これらの調査に最適なツールです。R&S®RTO1044 オシロスコープは、アナライザの高い初期 IF をデジタル化する A/D コンバータとしての役割を果たします。LAN 経由で送り返される信号はアナライザによって処理されてデジタル・ベースバンドにミキシングされ、広範な解析を行うことができるようになります。



## 最新仕様への適合を確認するための eCall および ERA-Glonass 車両緊急通報システムのテスト

欧州連合の車両緊急通報システムである eCall の運用開始日がついに設定されました。2018 年 4 月以降、新型車両には eCall を搭載することが求められます。ロシアの場合はさらに進んでいます。本年 1 月から、すべての輸入新型車には、同様に動作する国内用の ERA-Glonass システムを搭載することが求められています。自動車のメーカーとサプライヤは両方のシステムをテストしなければならないのですが、同じセットアップを使用してすべてのテストを行うのが合理的です。理想的なセットアップは、R&S®CMW500(モバイル・ネットワークのシミュレーション用)、R&S®SMBV100A(GNSS のシミュレーション用)、および R&S®CMW-KA09x システム・ソフトウェ

アです。このソフトウェアの最新バージョンには、EN 15722(eCall)と GOST(ERA-Glonass)に沿った最新要件が含まれています。すなわち、eCall 用最小データセット(MSD)の改訂バージョンの他、外部オーディオ・コンポーネント用のテスト、WCDMA のサポート、SIM カード用のセキュリティ設定、および ERA-Glonass 用 SMS テキストメッセージの取り扱いです。この標準に沿ってロシア市場用の証明を受ける必要のあるエレクトロニクス・デバイスは、テストのため、モスクワにある Svyaz-Certificate 証明センターへ提出する必要があります。同センターでは、ローデ・シユワルツのソリューションを使用してテストを行っています。



## 低速の方が望ましい場合: チップ・デザイン・テストのための信号生成

新世代の T&M 機器プラットフォームは、それ以前の機器よりも優れた性能を備えています。しかし、高速過ぎることが問題を引き起こすこともあります。たとえば、チップ・ハードウェアがまだ使用できないような初期段階での RF チップ・デザインのテスト、つまり、設計および検証システム内のソフトウェア・モデル上でテストを行わなければならないような場合です。実際的な環境でデザインをテストするには、R&S®SMW200A などの高度な信号発生器で生成できるような、複雑なモバイル通信信号の I/Q データを使用する必要があります。しかし、シミュレータではチップ・ハードウェアほどの速度が出ないので、発生器

のデジタル I/Q 出力の高いデータレートに対応できなくなってしまいます。このような場合は、新しい R&S®SMW-K551 オプションが役立ちます。このオプションの目的は、R&S®SMW200A の速度を抑えることです。シミュレータは必要な速度を設定し、同期または非同期のほか、完全に停止させることも可能です。設定は、MIMO、フェージング、ノイズ追加を含むすべての発生器機能に適用されます。チップ・メーカーは、ソフトウェア・モデルからプロトタイプ、さらには大量生産段階に至るまで、同じ装置とデータを使用してすべてのテストを行うことができます。



## IP プローブがネットワーク・オペレータによるデータ・トラフィックの解析を支援

データ・ネットワークの目的は、電子メール、VoIP コール、ビデオ・ストリームなどの別を問わず、高品質のサービスを一貫して保証するために、タイプを区別することなくユーザ・データを伝送することにあります。しかし、これらのサービスに関しては性能要件が大きく異なるので、ネットワーク・オペレータは、需要に合わせてその能力を正確に調整し、ビジネスに関するその他の決定を下すことができるように、誰が何の目的で自分たちのネットワークを使用しようとしているのかを正確に知ろうとします。代表的な疑問は次のようなものです。すなわち、ビデオ・データはネットワーク・トラフィックの何パーセントを占めるのか、多くのユーザがデータレートについて不満を漏らす場合のトラフィック・プロファイルはどのようなものか、既存システムでネットワーク容量を十分に拡大することができるのか、あるいは

トラフィック管理のための追加投資が必要か、といったことです。もしくは、特定タイプの UE のオーナーは特に大きなソーシャル・メディアのユーザか、という問題もあれば、特定の消費者グループは各種の販売促進活動に対してどのように反応するか、といった問題も考えられます。IP ヘッダの情報を使うだけではこの種の問題に答えることはできず、信頼できるデータ分類が必要になります。新しい R&S®Net Sensor はこれを可能にします。この装置は、すべてのネットワーク層を通じ、世界中で多用されている 2000 種類のプロトコルやアプリケーションを認識します。R&S®Net Reporter は、オフラインまたはリアルタイムでの解析と明確なデータ表現を行います。R&S®Net Sensor は、IP ベースによるすべての固定ネットワークとモバイル・ネットワークに適しています。



### 40 GHz までのアプリケーションに使用するベクトル変調信号

通信およびレーダーにはより高い周波数範囲が使われるようになっていますが、その周波数範囲においても、低周波数域で通常使われるものと同じ、高度な信号生成オプションが求められます。最大で 12.75 GHz、20 GHz、31.8 GHz、または 40 GHz まで使用できる R&S<sup>®</sup>SMW200A ベクトル信号発生器の各種マイクロ波モデルは、これらのニーズを満たします。これまで多くの場合、マイクロ波ユーザは RF 性能や操作性の面での妥協を余儀なくされてきた上、誤差の出やすい複数機器によるセットアップを使用しなければなりませんでしたが、R&S<sup>®</sup>SMW200A は、煩雑な設定を行うことなく、極めて複雑な信号を最高の品質で提供します。その用途は広範です。無線中継リンクや衛星技術は 1024QAM のような高品質の変調

モードを使用しますが、これらの技術には、R&S<sup>®</sup>SMW200A が提供するものと同様の変調品質が必要です。レーダーには、変調パルスや CW 信号、位相制御アンテナ・アレイが使われています。このような環境は R&S<sup>®</sup>SMW200A が得意とするところであり、特に、新たな R&S<sup>®</sup>SMx-K3x パルス・シーケンサ・ソフトウェアを組み合わせた場合や、R&S<sup>®</sup>SGS100A/SGU100A ジェネレータ(写真)を使用して最大 4 つの位相コヒーレント・パスにアップグレードした場合は、大きな威力を発揮します。そして、最後になりますが大切なことは、R&S<sup>®</sup>SMW200A が、5 G モバイル開発に焦点を当てた周波数範囲にも対応しているという点です。これにより、適切な技術を容易に選択することができます。



### R&S<sup>®</sup>BBA150 広帯域アンプ・ファミリが 1 GHz 未満の周波数にも対応

近年、R&S<sup>®</sup>BBA ファミリのパワー・アンプには、広帯域送信機の作成における多年の経験を通じて得られたアンプに関するロード・シュワルツのノウハウが反映され、EMS 測定をはじめとする他の各種用途にも利用できるようになっています。これらの用途には、製品の妥当性確認テストや品質保証テストも含まれています。R&S<sup>®</sup>BBA150 プラットフォームにおける 9 kHz~250 MHz および 80 MHz~1 GHz 用の新しいアンプ・モジュールは対応可能な範囲を広げ、最大 6 GHz までの細かくスケーリングされたプログラムを提供します。どちらの新周波数範囲においても、アンプは 70 W~2.5 kW のパワーレベルで使用することができます。

す。R&S<sup>®</sup>BBA システムの強みのひとつが、その柔軟性です。たとえば、同じハウジングやラックで、異なる周波数範囲とパワー範囲に対応することが可能です。コントローラ、スイッチ・マトリクス、サンプル・ポート、インターロックが内蔵されているので、追加的なシステム・コンポーネントは不要です。R&S<sup>®</sup>EMC32 EMC 測定ソフトウェアを使用すれば、R&S<sup>®</sup>BBA システムを簡単かつ透過的に EMC テスト・センターへ組み込むことができます。



### 設定済みのオールインワン・システムがEMS/EMIテスト・システムのセットアップを簡略化

EMI/EMS テスト・システムのセットアップは、初期のプランニングおよび設計から始めて、計測機器その他のコンポーネントの設置、構成、および校正に至るまで、その範囲に関わらず、コストも労力もかかります。標準化された R&S<sup>®</sup>CEMS100 テスト・プラットフォームは、このプロセスを簡略化して必要な時間を短縮します。連携して機能するように調整された実績あるシステム・コンポーネント、たとえば信号発生器、スイッチング・ユニット、広帯域アンプ、EMCソフトウェアなどで構成された R&S<sup>®</sup>CEMS100 は、IEC / EN 61000-4-3 に従った 3 GHz までの事前適合テストおよび証明(放射 EMS 測定)用のコスト効果の高い既存ソリュー

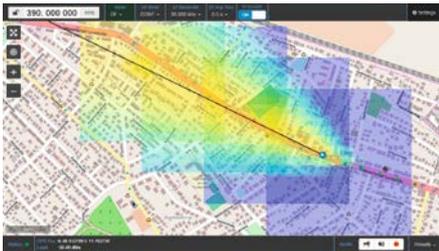
ションです。テスト・レシーバを追加すれば、アンテナを交換することなく最大 6 GHz までの自動 EMI 測定を行うことができます。これは、全周波数範囲をカバーする高性能の EMS/EMI アンテナによるものです。このシステムは、テスト・チャンバなしで可能な範囲で、テスト、校正、および事前設定がすべて完了した状態で提供されます。たとえば、伝導妨害テストなどのための補足的なアップグレードも簡単に行うことができます。



### 最大 10 箇所の DME 地上局を空中から同時に測定

この衛星航法の時代にあっても、地上型距離測定装置 (DME) は航空航法において依然として重要な位置を占めています。DME 地上局は、航空機から発信されるパルスへのトランスポンダとして機能します。航空機から地上局までの距離 (斜距離) は、応答パルスの遅延を使用して決定されます。システムの信頼性を維持するために、国際民間航空機関 (ICAO) は、空中からの測定を含む定期的なモニタリングを義務付けています。飛行時間には大きなコストがかかるので、このタスクをできるだけ効率的に行うことには大きな意味があります。これには R&S®EDS300 DME/Pulse アナライザが威力を発揮します。新しい R&S®EDS-K5 オプションを使用すれば、10 箇所の DME

地上局の特性評価を、高い精度で、しかも最大 310 NM の距離 (合計測定時間は 50 ms) で同時に行うことができます。これは、実質的にすべての地上局について、テスト飛行を 1 回行うだけで信頼性の高い評価が可能であることを意味します。R&S®EDS300 のその他の利点としては、パルス・パワー・トランスミッタ (インタロゲータ) を内蔵したオールインワンの計測装置であることや、TACAN (DME の軍用版) および DME 地上局の測定に最適であることなどが挙げられます。



### 車両からの自動 EMI モニタリング

市街地での手動信号モニタリングは、建物での反射や屈折による信号のマルチパス伝播のため、非常に時間がかかる上に誤差も出やすく、経験豊富な技術者を必要とします。R&S®MobileLocator ソフトウェアは、容易に改造可能な一般的な車両を走行させることによって得られる一連の個別方位の統計的な解析と評価を通じ、これらの問題を解決します。このシステムは、磁石取り付け式のルーフ・アンテナ、R&S®DDF007 携帯型方向探知機、およびラップトップまたは強力な Windows タブレットにインストールされたソフトウェア・パッケージで構成されます。ウェブ GUI を備えた任意のタブレット (システム・ソフトウェアはラップトップ上) からリモート操作することも可能です。無線

探知の結果は、ターゲットの方位および予想位置範囲を表示し、さらに予想位置範囲を確率に応じてカラーコード化したヒートマップに変換されます。モニタリング結果は、車両の移動時間が増えるほど、また、ターゲットに近いほど正確になります。最終的な無線モニタリング結果は円でマークされません。干渉源の位置を正確に特定するためにハンドヘルド・アンテナを携帯型方向探知機に接続すれば、たとえば建物内などにおいて、徒歩で干渉源を探すことができます。

### 屋外無線モニタリング用のコスト効率の良い小型受信機

R&S®EM100 デジタル小型受信機により、ローデ・シュワルツのポートフォリオは広範かつ経済的な無線モニタリングソリューションを提供します。IP 67 に基づく耐候性ハウジングに収納され、マスト取り付けや車両搭載による使用に必要なあらゆる機能を備えた R&S®EM100XT には、屋外でのラフな使用のための実績ある技術も採用されています。この測定装置は、受信機 (9 kHz~7.5 GHz) または方向探知機 (20 MHz~6 GHz、TDOA または AOA) として機能します。リモート制御および解析用のソフトウェア・アプリケーション

が含まれており、必要に応じて拡張を行い、R&S®EM100XT サイトのネットワークを構成したり、タスクを自動化したりすることができます。R&S®ARGUS または R&S®RAMON ソフトウェア環境への統合化もシームレスに行えます。極めてコンパクトで頑丈な R&S®HE600 アクティブ無指向性受信アンテナは、無線モニタリング・タスクの理想的なパートナーとなるアンテナで、方向探知用にさまざまな固定モデルとモバイル・モデルが用意されています。



# R&S<sup>®</sup>CMW500 と R&S<sup>®</sup>CMWcards による eMBMS アプリケーション のテスト



図 1: R&S<sup>®</sup>CMW500 は統合化された BM-SC サービス層を特長とする世界初のテスト用計測器で、シグナリング層と IP 層の両方において、すべての LTE eMBMS 機能をもれなくテストすることができます。追加的なテスト機器は必要ありません。

ビデオ・オン・デマンド、ビデオ・ストリーミング、ファイル共有サービスなどによってモバイル・ネットワークにかかる大きな負荷に対処するには、新たな技術的アプローチが必要です。LTE ネットワークを使用して多数の加入者へビデオ・サービスを放送するために特に設計されたソリューションのひとつが、eMBMS (evolved Multimedia Broadcast Multicast Service) です。

モバイル・ネットワーク・プロバイダは、ビデオ放送やファイル共有などのサービスによって増え続けるデータ・ボリュームに対処するため、スペクトラム効率とコスト効率が高く、なおかつ良好な QoS を提供できる方法で、そのネットワークの無線インタフェースを最適化しなければなりません。膨大なデータを制御下に置くひとつの方法は、LTE 仕様のリリース 9 において 3GPP により標準化された LTE ネットワーク用のこの新しい eMBMS サービス(コラムを参照)によって、WLAN トラフィック・オフロード[1]を補うことです。

ローデ・シュワルツは、実績ある R&S®CMW500 ワイドバンド無線機テスタ(図 1)をベースにした UE テスト・ソリューションを提案しています。これは、プロトコル層(制御プレーン)と eMBMS データ・サービス(UP ユーザ・プレーン)の包括的テストに必要なすべての LTE ネットワーク要素を含むソリューションです(図 2)。チップセットや UE のメーカー、およびモバイル通信プロバイダは、これにより、eMBMS ミドルウェアやビデオ・アプリケーションを含む eMBMS デバイスを、実験環境で迅速かつ効率的にテストすることができます。

### eMBMS (evolved Multimedia Broadcast Multicast Service) の概要

eMBMSは、モバイル通信プロバイダが、スポーツ・イベント、テレビ番組や映画などの同じコンテンツを、同じセルまたは異なるセルを使って多くのユーザへ同時に放送することを可能にします。これは、LTE プロトコルスタック(物理層の PMCH、レイヤ 2 の MCH、MTCH、および MCCH)に新しい伝送チャンネルと論理チャンネルを追加することによって実現されました。これは、従来型の共有チャンネルにかかる負荷を軽減します。より高位のプロトコル層では、IP ユニキャスト・プロトコルが IP マルチキャスト・プロトコルに置き換えられています。

また、LTE ネットワークのアーキテクチャも改善され、放送マルチキャスト・サーバ(BM-SC)、MBMS ゲートウェイ、および論理層と物理層で使われるセル・パラメータ用のマルチセル協調制御装置(MCE)が組み込まれています。1 つまたは複数のセル内のすべての加入者へコンテンツを同期送信するには、影響を受けるセルを結合する MBSFN エリアを定義する必要があります。

多くのモバイル通信プロバイダは、すでに、そのネットワーク上で eMBMS を実現するための作業を行っています。初期フィールド・トライアルは成功裏に完了しており、実用的な eMBMS ベースのビデオ提供は今年中に多くの国で開始される見込みです。

## R&S®CMWcards を使用した eMBMS のテスト・ケース

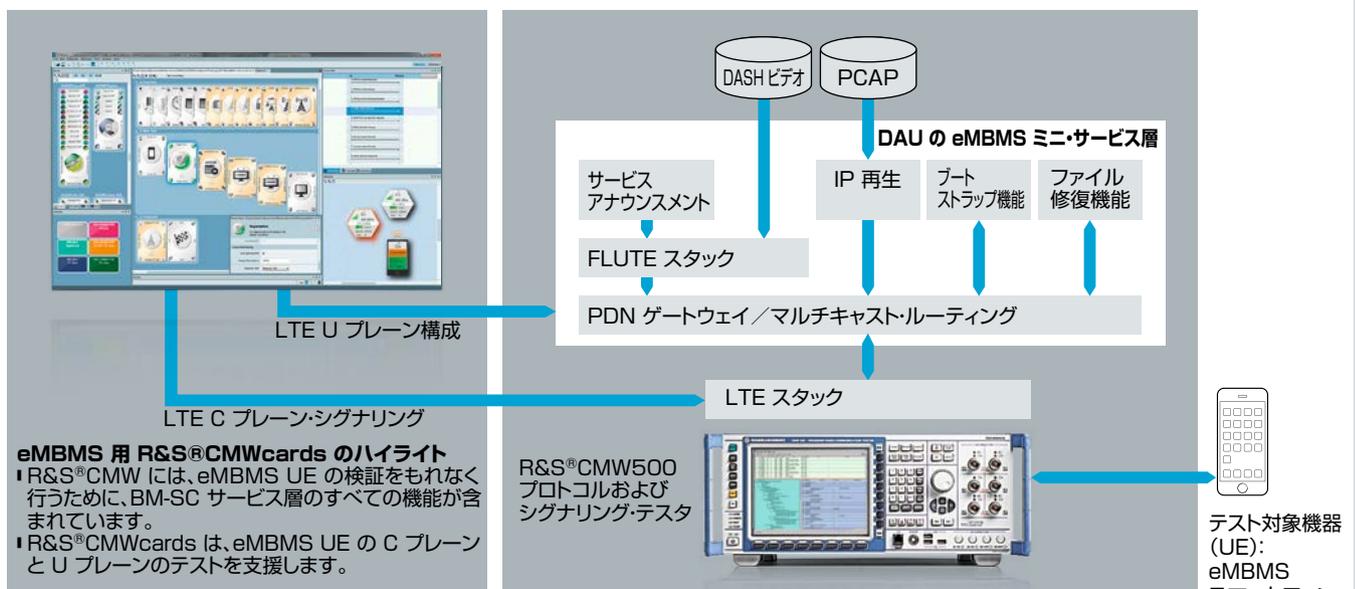


図 2: R&S®CMWcards オプションを組み込んだ R&S®CMW500 - eMBMS アプリケーションのテストに必要なすべてのものが揃っています。



図 3:R&S®CMWcards の eMBMS 用テスト・ケース(LTE セルx1)

**Protocol Measurement Charts**

Chart	Show/Hide	Current	Max	Min
LTE Throughput	4/36	-	-	-
Downlink	4/18	-	-	-
PHY	1/4	1946.27	447210.00	0.0
MAC	1/5	1865.15	447139.20	0.0
RLC	1/4	-	447091.17	0.0
PDCP	1/5	-	447865.60	0.0
Uplink	0/18	-	-	-
LTE BLER	0/19	-	-	-
Downlink	0/13	-	-	-
MAC	0/10	-	-	-
RLC	0/3	-	-	-
UE 0	0/10	-	0.61	0.0
RB 1 (DR)	0/1	-	0.00	0.0
RB 1 (SRI)	0/1	-	0.00	0.0
RB 2 (SRI)	0/1	-	0.00	0.0
Uplink	0/6	-	-	-
PHY	0/3	-	-	-
Cell 0	0/1	-	5.51	0.0
Cell 1	0/1	-	0.00	0.0
Cell 2	0/1	-	0.00	0.0
RLC	0/3	-	-	-

**Message Tree**

ID=10683 TS=2015-01-26 14:01:30.452 RFN=0 MDDB=EPS\_Nas\_All 29.55

- Message Type = ESM Activate Default EPS Bearer Context Req...
- Peer message (ESM) = EsmActivateDefaultEpsBearerContext...
- ESM Activate Default EPS Bearer Context Request
  - EPS Quality of Service (LV)
    - Length = (1)
    - EPS Quality of Service (V)
      - Choice = EPSQualityOfServiceV\_NW (0)
        - EPS Quality of Service (V)
          - QoS Class Identifier = QCI\_6 (6)
    - Access Point Name (LV)
      - Length = (9)
      - Access Point Name - tag or FQ domain address = ...
    - PDN Address
      - Length = (5)
      - Spare = (0)
      - PDN Type value = IPv4 (1)

**Parent Children**

ID=10683 TS=2015-01-26 14:01:30.452 RFN=0

- [10683] 34343.315340 Epl3Message:EMM Attach... EPSNAS\_REQ\_EPS\_NAC...
- [10707] 34352.378020 RRCConnectionReconfi... CRRC.CRRC\_DL\_DCCH\_M...
- [10747] 34362.483780 RRCConnectionReconfi... PDCP\_CTRL\_SAP\_PDCP\_C...
- [10748] 34362.364020 PDCP\_SRB\_Control\_PDU RLC\_SAP\_RLC\_DATA.Req
- [10751] 34362.878800 AMD\_PDU\_Header MAC\_SAP\_MAC\_DATA.Req

**Bit**

Byte	Bitstream	Identifier	Value
53	00000110	EPS Quality of Service (V)	0x8 8 ?'
54	00000110	QoS Class Identifier	0x06 6
54	00001001	Access Point Name (LV)	0x09 9
55	00001000	Length	0x08 8 ?'
56	01101001	Access Point Name - tag	0x69 105 'i'
57	01101110	Access Point Name - tag	0x6E 110 'n'
58	01101001	Access Point Name - tag	0x74 116 't'
59	01100101	Access Point Name - tag	0x65 101 'e'
60	01101010	Access Point Name - tag	0x72 114 'r'
61	01101110	Access Point Name - tag	0x6E 110 'n'
62	01100101	Access Point Name - tag	0x65 101 'e'
63	01101010	Access Point Name - tag	0x74 116 't'
64	00000101	PDN Address	0x05 5
65	0000----	Spare	0x00 0
65	-----001	PDN Type value	0x1 1
66	-----	Address Information	



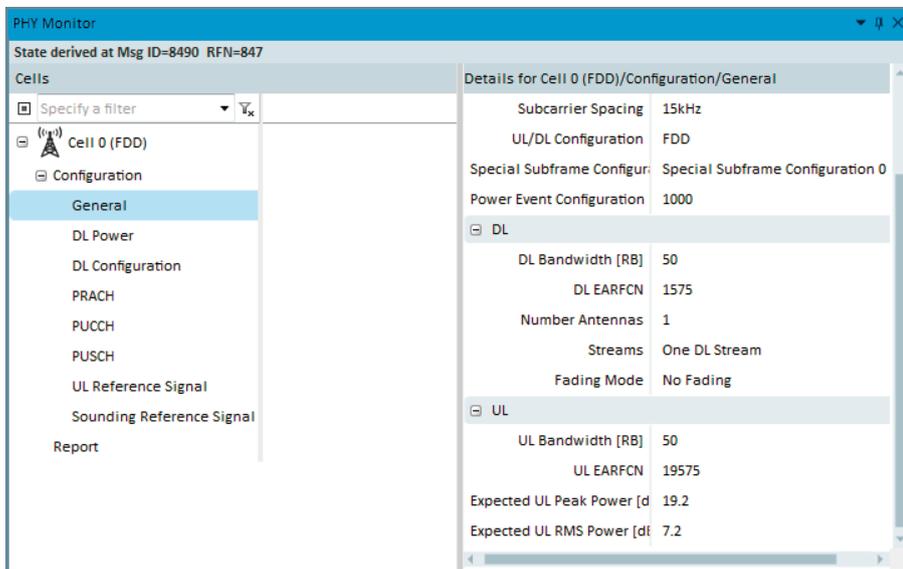


図 5: モニタビューは、R&S®CMW500 によってシミュレートされたすべての LTE および WCDMA セルの PHY、MAC、RLC、PDCP プロトコル層に関して測定された構成データと値を表示します。

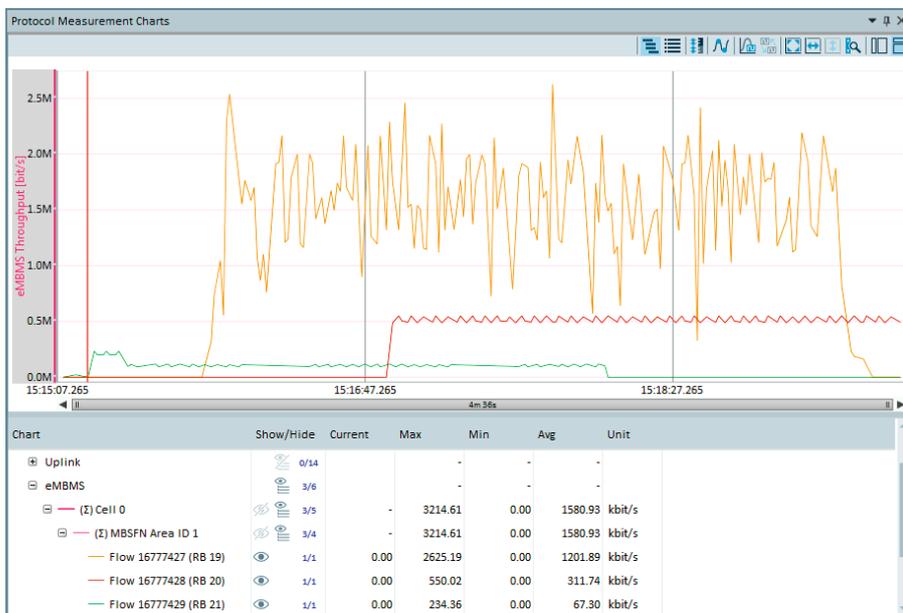


図 6: シグナリング・シナリオや IP データ・ストリームのテストでは、R&S®CMWmars 高機能エクステンションが、eMBMS 固有の測定値と各 eMBMS フロー/無線ベアラのデータレートを、すべての MBSFN エリアごとに個別にグラフィカル表示します。

## サマリ

R&S®CMW500 ワイドバンド無線機テスタは統合化された BM-SC サービス層を特長とする世界初のテスト用計測器で、シグナリング層と IP 層の両方において、すべての LTE eMBMS 機能をもれなくテストすることができます。追加的なテスト機器は必要ありません。

R&S®CMWcards および新しい R&S®CMWmars 高機能エクステンション・グラフィカル解析ツールを使用すれば LTE eMBMS テストケースを容易に生成することができるので、eMBMS 対応スマートフォンの検証が大幅に促進され、トラブルシューティングに必要な時間が著しく短縮されます。

Manuel Galozy; Thomas Moosburger

### 関連資料

- [1] WLAN トラフィック・オフロード: 混雑した無線通信ネットワークのバイパス。NEWS (2015) No. 212、10~15 ページ
- [2] 従来よりも容易になった複雑な無線プロトコルの解析。NEWS (2014) No. 210、10~13 ページ

# R&S®CMW290 モバイル無線サービス・テスタ

次々と大量に繰り出される新しい携帯電話モデル、納期への圧力、品質基準。サービス・センターの日常には、効率的かつ合理化されたワークフローが求められます。ワイヤレス・ユーザ機器の診断テストに関しては、新しい R&S®CMW290 無線通信機能テスタがこれらの要求を満たします。

R&S®CMW290 に関し、ローデ・シュワルツは、無線機器の開発および製造用テストのグローバル・リーダーである R&S®CMW500 モバイル無線通信テスタの強力な機能を反映する一方で、サービスに必要な機能だけにその機能を限定しています。サービス・エンジニアが担当しているタスクに集中できるように、操作は R&S®CMWrun シーケンサ・ソフトウェア・ツールを使用し、すべて PC 経由で行います。さらに、R&S®CMWrun には、従来型モバイル無線およびワイヤレスのすべての標準のテスト・ケースと、テストを行う携帯電話モデル用の T&M 仕様のデータベースが含まれています。サービス・エンジニアがすべての機能にアクセスできるエキスパート・ビューを使用すれば、テスト・シーケンスを変更したり、新しいモ

デルを追加したりすることもできます。テスト・モードで GUI の操作に迷うことはありません。このモードは、主にテストを開始するために使用します。開始後は全自動で動作し、最後にテストレポート(印刷可能)が作成されます。すべての GUI はカスタマイズ可能です。本機能により、R&S®CMW290 は、たとえば主力店舗などの販売店におけるクイック診断にも適しています。携帯電話サービスの複雑さを示すもうひとつの要素が装置の校正と調整で、どちらを行う場合も、R&S®CMW プラットフォームにテスト用ソフトウェアを組み込む必要があります。このようなソフトウェアが存在する場合でも、テスト・シーケンスにシームレスに組み込むことができます。DUT はケーブルで接続するか、シールドされたアンテナ・カブラを介した無

線接続により接続します。(無線接続の方がより一般的です。)R&S®CMW290 用に特に調整された R&S®CMW-Z11 は、無線通信産業だけでなく、自動車、医療、A&D 分野など、最大限の信頼性が求められるあらゆる高品質無線モジュールにも適したツールです。無数の無線インタフェースを持つモノのインターネットにおいてもさまざまなテスト要求が発生しますが、R&S®CMW290 を使用すれば、その開発に対応することが可能です。



必要最小限の機能だけに限定:  
R&S®CMW-Z11 アンテナ・カブラを備えた  
R&S®CMW290 テスタ



# R&S<sup>®</sup>CMA180 無線テスト・セット:新しいアドオンによる汎用性の向上

発売後 1 年を経て、R&S<sup>®</sup>CMA180 にはさまざまな新機能とアドオンが追加され、さらに高い汎用性を備えた無線テスト・セットとなりました。

図 1:大型で使いやすいタッチスクリーンと高度なテストおよび測定機能の組み合わせにより、R&S<sup>®</sup>CMA180 無線テスト・セットは、業務無線のメンテナンスおよび修理用のコンパクトな汎用測定器となっています。



従来のアナログ式および非セルラー方式のデジタル無線を業務で使用する数多くのユーザは、1年前\*に発売された R&S®CMA180 無線テスト・セット(図 1)を無線の修理およびメンテナンスに使用しています。これらのユーザは、すべての関連測定を追加ツールなしで行えることから、必要な機能をすべて備えたこの汎用性の高いテスト・セットを高く評価しています。

ユーザの数が増えるとともに、追加機能を求める声も強くなってきました。これに応えるためにローデ・シミュレーションは数多くのアドオンを開発し、これらを追加することでさらに汎用性を高めることを可能にしました。アクティブまたはパッシブ IF コンポーネントの測定や、隣接チャンネル電力(ACP)のテストが可能です。電源を利用できないフィールドでの使用のためにバッテリーによる切れ目のない測定が可能で、運搬ケースが装置を損傷から保護します。以下にその概要を示します。

### トラッキング・ジェネレータ

R & S ® C M A 1 8 0 の全測定範囲である 0.1 MHz~3000 MHz でフィルタの測定を行う場合でも、トラッキング・ジェネレータを使用すれば難しいことは何もありません。掃引式スペクトラム・アナライザと組み合わせて RF COM - RF IN または RF OUT - RF IN / RF COM メス・コネクタへ接続すれば(どちらに接続するかは必要なレベル範囲によりま)、R&S®CMA180 は RF/IF 成分をパッシブまたはアクティブにテストすることができます。

### ACP / 高調波の測定

無線機によっては、どのような状況においても、隣接周波数帯の無線トラフィックとの干渉は許されません。ACP 測定を行えば送信機が隣接チャンネルに放射する電力を知ることができ、この干渉を減らす助けとなります。チャンネルと測定帯域幅は、必要に応じて設定することができます(図 2)。結果は、グラフィックと表形式で表されます。指定パーセンテージの送信電力によって占有される帯域幅をテスト・セットに決定させることで、占有帯域幅も選択的に測定できます。

### GPS、Glonass、および Galileo 受信機のテスト

R&S®CMA-KV140 オプションを使用すれば、無線機に組み込まれた GPS 受信機をテストすることができます。このために、R&S®CMA180 の ARB ジェネレータが、10 機の衛星からの信号を使用して大都市の特定位置をシミュレートします。無線機内の GPS 受信機が正常に機能していれば、衛星の数、信号強度、および都市内にある選択位置の GPS 座標が表示されます。R&S®CMA-KW620、R&S®CMA-KW21、および R&S®CMA-KW22 オプションは、特に生産テスト用に GPS、Glonass、および Galileo 個々の衛星の信号をシミュレートします。

### R&S®CMA180 に対する NATO の承認

NATO で使用するすべての無線機のために、R&S®CMA180 無線テスト・セットは必要な NATO ストック番号(NSN: 6625-12-397-3866)を取得しました。これは、全 NATO 軍での使用を承認するものです。

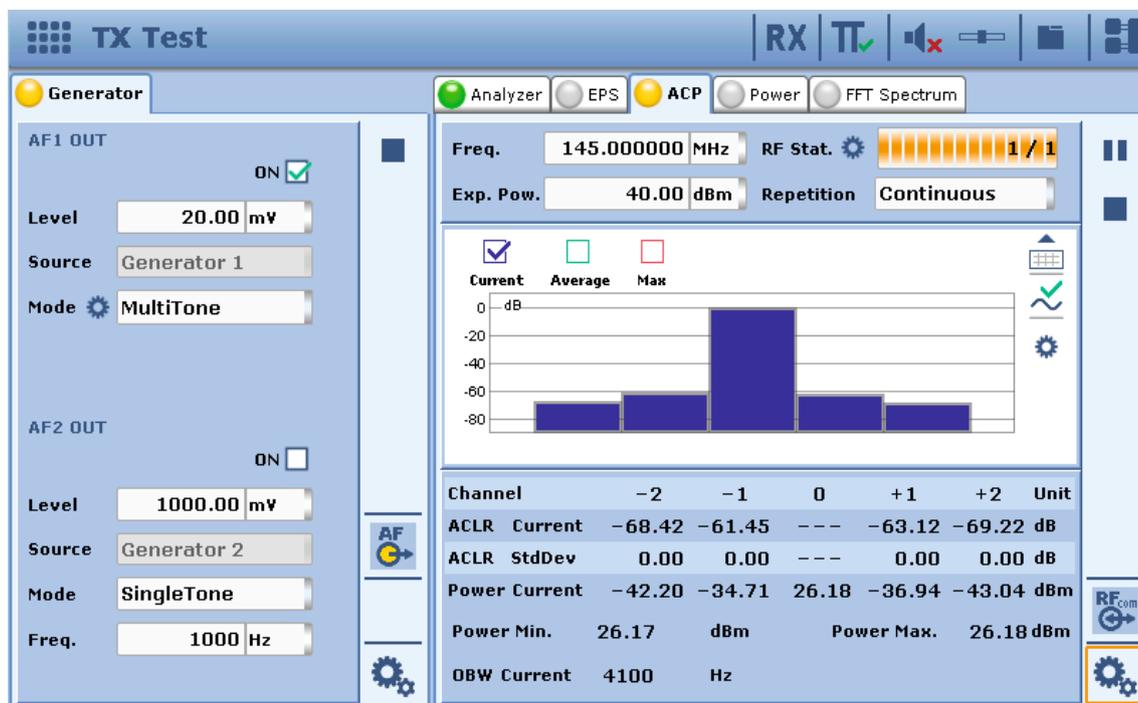


図 2:隣接チャンネル電力の測定。チャンネルと測定帯域幅の設定は必要に応じて調整できます。

図 3: R&S®CMA-Z600A AF インピーダンス・マッチング・ユニットは、オーディオ測定時に有用なアクセサリです。



### AF インピーダンス・マッチング

R&S®CMA-Z600A AF インピーダンス・マッチング・ユニットは、R&S®CMA180 の汎用性の高いオーディオ機能を強化します。このユニットは、高/低インピーダンスと 600 Ω、バランス/アンバランス、および XLR 接続の間に、さまざまな出力とインピーダンスを提供します(図 3)。

図 4: 交換可能なバッテリーが長時間にわたる切れ目のない測定を実現します。



### 移動時も適切に保護

携帯型計測機器として、R&S®CMA180 はフィールドでの作業に最適です。ソリッド・ステート・ディスク (SSD)、機械的安定性、0°C~+50°Cの動作温度範囲と95%の最大許容湿度といった特長により、フィールドでの使用に申し分のないものとなっています。このテスト・セットは、MIL-PRF-28800 クラス 3 の仕様を満たしています。

バッテリー・セット(図 4)を使用すれば、電源環境の悪い環境下でも R&S®CMA180 を最大 90 分間にわたって使用することができます。バッテリーは測定中に交換可能で、外付けの充電器によって充電できます。これにより、長時間にわたる切れ目のない測定が可能です。

図 5: R&S®CMA-Z030A ディスプレイ保護カバーが移動時もディスプレイをしっかりと保護します。



ディスプレイ保護カバー(図 5)とコネクタ保護キャップは、輸送中の装置を保護します。ソフトケース(図 6)やハードケースも、装置を損傷から保護します。

Gottfried Holzmann

\* NEWS(2014)No. 211、18~20ページ

図 6: R&S®CMA-Z025A ソフトケースは、装置を取り出さなくてもよいよう、電源接続用に背面側を開くことができます。



# 最大 8 つの独立したベースバンド・ソースを持つ R&S®SMW200A ベクトル信号発生器

マルチ・エンティティ・オプションにより、R&S®SMW200A はスケーラブルな 8 つのチャンネルを持つ、複雑なマルチ信号シナリオ用の世界初のベクトル信号発生器となりました。R&S®SMW200A には 2 つの内部 RF パスを組み込むことができるほか、R&S®SGT100A 外部 RF ジェネレータを接続することで、最小限のスペースでフル機能の RF パスを 8 つ提供することができます。

## ひとつのテスト信号では不十分

データ量が常が増え続ける状況にあって、将来においても信頼性を備えた効率的なモバイル通信を保証するのは簡単なことでは

ありません。現在主に使われている 6 GHz 未満の周波数スペクトラムは限定的なもので、断片化されている部分もあります。結果として、信号スペクトラムを単純に広げるだけではデータスルー

図 1: R&S®SMW200A ベクトル信号発生器を 6 台の R&S®SGT100A RF ジェネレータと組み合わせることで、8 つのパスを持つ構成を形成して、複数の信号を生成することができます。



プットを上げることができなくなっているほか、使用可能な周波数スペクトラム内の信号が互いに干渉する範囲が広がっています。これに対し、さまざまな周波数帯のキャリアを複数まとめれば、より高い伝送速度が得られます。さらに、スペクトラム効率を改善する技術(たとえば MIMO)が使われているほか、さまざまな信号を大きな干渉なしで同じ周波数帯に共存させる方法(たとえばビームフォーミング、干渉除去、干渉制御)が採用されています。しかし、このような方式や技術を採用したシステムをテストするには、ひとつのテスト信号、ひとつのキャリア、または 1 つのシミュレート・アンテナだけではもはや不十分であり、従来よりもはるかに複雑なテスト信号が必要になります。これが、R&S®SMW200A マルチチャンネル・ベクトル信号発生器が登場した理由です(図 1)。

### 1 台の計測器で 8 つのベースバンド・ソース

R&S®SMW200A のベースバンド・アーキテクチャは、強力であると同時に柔軟です。R&S®SMW-K76 マルチ・エンティティ・オプションによって機能強化された装置は、8 つの独立したテスト信号を同時に生成します。複数の信号発生器を時間同期するという、時間と労力のかかる作業はもう必要ありません。マルチチャンネル構成で R&S®SMW200A を使用すれば、複雑なマルチキャリア・シナリオ(たとえば LTE キャリア・アグリゲーション)の生成や、干渉のシミュレート(たとえば 3GPP リリース 11 に定める LTE felCIC テスト 1))を容易に行うことができ、マルチスタンダード無線(MSR)のテストもこれと同様の容易さで行うことができます。従来、これらのテストを行うには、関係するすべてのテスト信号を、

計算によってひとつの波形にまとめる必要がありました。しかし、帯域幅や ARB のメモリ容量に関しては、この方法ではすぐに限界に達してしまいます。さらに、信号間にはごくわずかなレベル差が存在することがあります。テスト時間と柔軟性に関して言えば、R&S®SMW200A の専用ベースバンド・ソースを使用し、リアルタイムで信号を加算するというのは、従来のマルチキャリア波形方式よりもはるかに優れたアプローチです。

### リアルタイム信号処理が時間を短縮

複雑なマルチキャリア・シナリオと、R&S®SMW200A に表示されたブロック図の例を図 2 に示します。左側にあるベースバンド・ブロックは、最大 8 つの信号の設定と生成に使用します。オプションのフェーディング・シミュレータを使用すれば、各信号に SISO フェーディングを追加できます。また、各チャンネルに AWGN を重ねることも可能です。I/Q ストリーム・マップ・ブロックは複数の信号をリアルタイムで加算し重ね合わせ、2 つあるジェネレータの RF 出力のうちの 1 つ、あるいはアナログまたはデジタル I/Q 出力の 1 つへそれぞれの信号ストリームを割り当てます。周波数、位相、およびレベルは、信号ごとに個別に定義できます。複雑なマルチキャリア・シナリオも、この方法によって簡単に作り出すことができます。この例では、信号 A~D は幅 80 MHz の周波数帯(RF A)に出力され、信号 E~H は 2 つめの周波数帯(RF B)に出力されます。リアルタイムの信号加算は、個々の信号やチャンネル状態の変更を容易にします。他の信号を再計算する必要はありません。1 つのマルチキャリア波形を使用するテストと比較して、作業を迅速かつ容易に完了できるので、貴重なテスト時間を短縮することができます。R&S®SMW200A は、長時間信号を生成することもできます。

1) felCIC = further enhanced inter-cell interference coordination

## 複雑なマルチキャリア・シナリオ

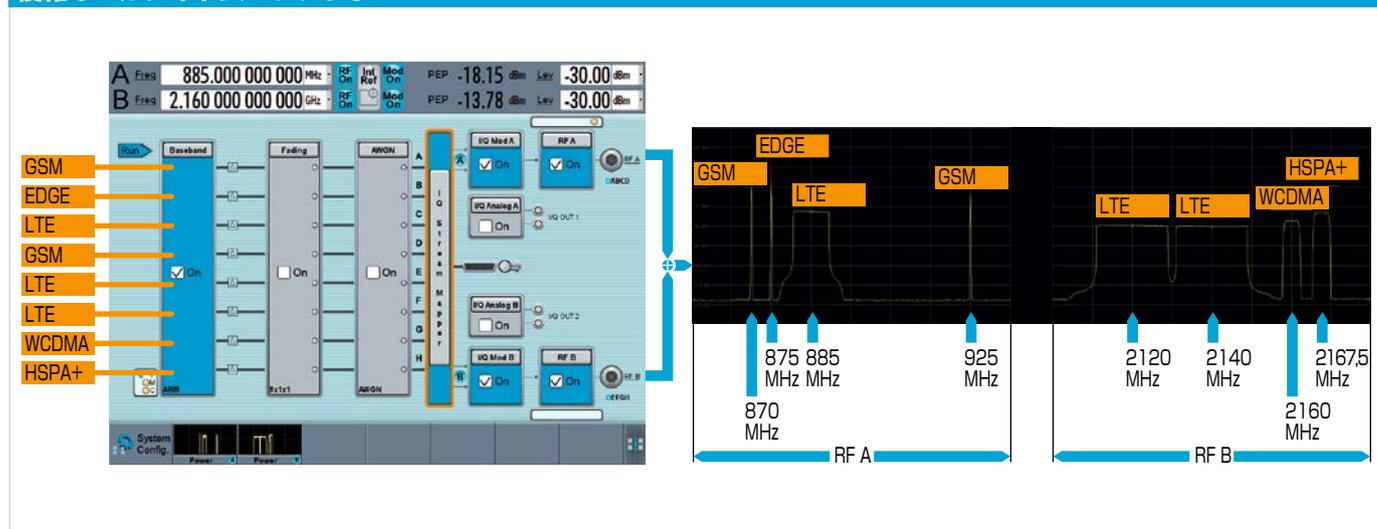


図 2: 2 つの周波数帯で複数のキャリアを生成

## マルチチャネル MIMO シミュレータ

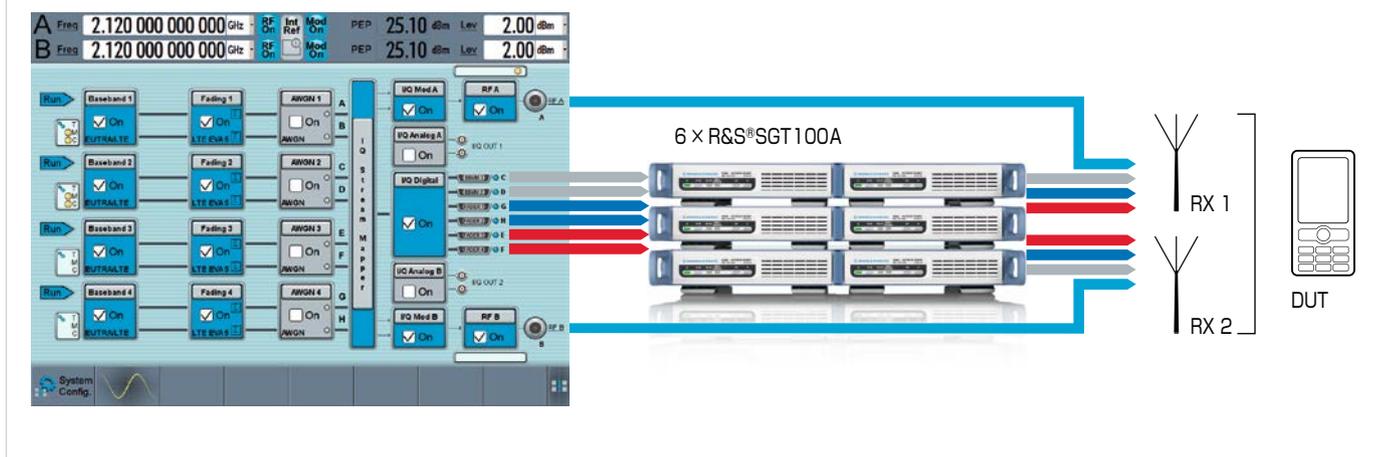


図 3:それぞれが 2×2 MIMO の 4 つの LTE-A セルまたはキャリアを生成

通常、マルチキャリア波形方式では ARB メモリが制限されているので、このような信号を生成することはできません。分離した複数の SISO フェージング・チャンネルがあるので、各キャリアに対して正確なドップラ周波数シフトを使用することができます。

### 柔軟な RF エクステンション

2 つ以上の周波数帯やアンテナ信号を必要とするアプリケーションでは、外付けの R&S®SGT100A RF ジェネレータを使って R&S®SMW200A を拡張し、合計 8 つの RF パスを使うことができます (図 1)。これは、たとえばマルチアンテナ受信機をテストしたり、位相コヒーレントなビーム・フォーミング・アプリケーションを実装したりするために、6 GHz までの周波数範囲で 8 つの信号すべてを個別に出力することを可能にします。R&S®SGT100A ジェネレータは、R&S®SMW200A から制御することができます。全体的なテスト・セットアップは、最大 7 HU に収まります。

### 複数の MIMO システムの作成

R&S®SMW-K76 マルチ・エンティティ・オプションと R&S®SMW-K74 MIMO フェージング・オプションを組み合わせれば、R&S®SMW200A を強力なマルチチャネル MIMO シミュレータに拡張できます。疑似的に分離されたいくつかのサブシステムに使用可能なハードウェア・リソースを割り当てれば、4×2×2 を含む複数の MIMO シナリ

オを作成できます。R&S®SMW200A に表示されたブロック図を図 3 に示します。この図では、それぞれが 2×2 MIMO の 4 つの分離した LTE-A システムが同時に作成されています。たとえば、クロスキャリア・スケジューリングを使用してアグリゲーションされた 4 つの MIMO LTE-A キャリアの生成、あるいは干渉信号抑制シナリオやハンドオーバー・シナリオをテストするための複数の LTE-A 基地局セルの作成など、R&S®SMW200A はこれらのタスクを見事にこなします。

### サマリ

R&S®SMW200A は個別スケールリングが可能なベクトル信号発生器で、最大 8 つの信号を並列に出力します。チャンネル・シミュレーションを行わない単純なジェネレータから、RF エクステンションを追加した複数の MIMO シミュレータまで、あらゆるアプリケーションに対応可能です。内部でのリアルタイム信号加算が、従来のマルチキャリア波形アプローチよりもはるかに優れたテストへの新しいアプローチを可能にします。非常に複雑なテスト・シナリオも、最小限のハードウェアで実装できます。また、シンプルなアップグレード・オプションにより、現在は不要な機能でも、将来的に追加することが可能です。R&S®SMW200A は、あらゆるタイプのマルチチャネル・テストに使用可能な、汎用性と将来的な拡張性に優れたプラットフォームです。

Simon Ache

# 生産ラインでのフロントエンド・モジュールの特性評価を効果的に実施

たとえば、スマートフォンのフロントエンド・モジュールなどのマルチポート DUT の生産テストは、その複雑さの度合を増しています。従来から行われている RF 測定に加えて、T&M 機器は、GPIO やハンドラ I/O インタフェース、あるいは MIPI® RFFE インタフェースを介した DUT 構成といった新しい機能や開発にも対応しなければなりません。ローデ・シュワルツは、R&S®ZRun 自動テストソフトウェアやオプションの R&S®ZN-B15 MIPI® RFFE インタフェース・カードによって、これらのアプリケーション用にユニークなソリューションを提供しています。

図 1: フロントエンド・モジュールの計測における R&S®ZNB ベクトル・ネットワークアナライザと R&S®ZN-Z84 スイッチ・マトリクス。R&S®ZN-B15 インタフェース・カードを挿入することで、アナライザのファームウェアを介してモジュールの MIPI® RFFE インタフェースを直接操作することができます。



## MIPI® アライアンス

MIPI® アライアンスは、携帯電話用コンポーネントのインタフェース標準を決定するという目的の下に、互いに協力する企業で構成される非営利団体です。MIPI® アライアンスは、3GPP などの既存組織を補足するのがその役割であると考えています。

MIPI® アライアンスには携帯電話の各種インタフェース仕様を決定する複数のワーキング・グループが設置されており、その中のひとつが RFFE ワーキング・グループです。

ローデ・シュワルツは、200 を超える MIPI® アライアンスのメンバー企業のひとつです。

## 複雑さを増すフロントエンド・モジュール

今日のモバイル無線標準は複雑さの割合を増しており、そのカバーする機能の範囲もますます広がっています。これは、スマートフォンに使われるフロントエンド・モジュール(FEM)においても同様であり、低ノイズ・アンプやフィルタなどの組み込みコンポーネント数は増え続けています。この多様性は T&M 機器にも影響を与え、必要な RF 測定の数とタイプ、および解析するポートの数が増えるという結果をもたらしています。現在では、16、20、23、もしくはそれ以上のポートを持つ FEM が一般的です。

R&S®ZN-Z84 スイッチ・マトリクスを使用した R&S®ZNB (図 1) や、R&S®ZNB-T マルチポート・ベクトル・ネットワーク・アナライザなどのベクトル・ネットワーク・アナライザは、これらの複雑な RF 測定に最適です。

## R&S®ZNB は MIPI® RFFE インタフェースをサポート

標準化されたインタフェースは、携帯電話内の他のコンポーネントとの相互接続性を保証する上で、FEM の鍵となる要求事項です。たとえば、他の携帯電話コンポー

ネントが 12 を超えるモバイル無線周波数帯や、WLAN および GPS といった補助的サービスを利用するためには、フロントエンド・モジュール内の周波数選択フィルタを使用できなければなりません。MIPI® アライアンス (青色のコラム参照) のワーキング・グループは、この目的のために、MIPI® RF フロントエンド(RFFE)インタフェースを開発しました。R&S®ZNB 用の新しい R&S®ZN-B15 インタフェース・カード(オプション)は、このインタフェースをサポートしています。

## 迅速かつ簡単な測定のための R&S®Znrun

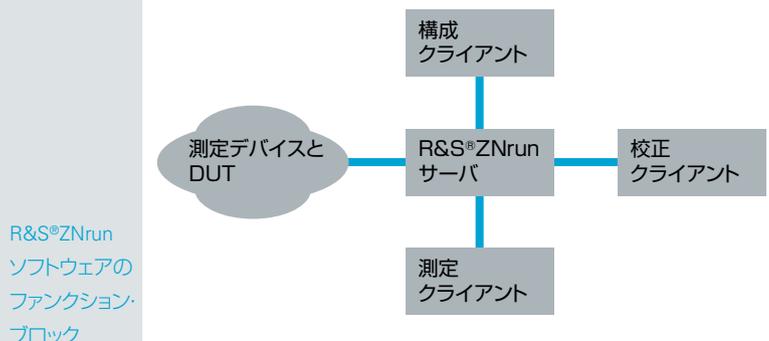
FEM 内で使われる数多くのテスト・ポートやコンポーネントのさまざまな特性が、必要な測定の概要を把握し続けることを難しくしています。各ポートで測定するパラメータや、対応する T&M 機器の構成は、正確に定義する必要があります。

ローデ・シュワルツは、200 以上になることも珍しくない数多くの測定値の追跡を容易にし、最大限の測定速度を得るために、PC 用の R&S®Znrun ソフトウェア(グレーのコラムを参照)を開発しました。ソフトウェア起動後は、使用するローデ・シュワル

ツ製ネットワーク・アナライザのタイプと、接続されているスイッチ・マトリクスを選択します。以上が済めば、DUT に焦点を移してポートのタイプと数を入力できます。さらに、個々の測定を定義する必要があります。R&S®Znrun は、この情報を基に接続プランを作成します。最終ステップとして、接続図に従って DUT を T&M 機器に接続してください。以後はソフトウェアが作業を引き継ぎ、すべての設定を行います。

R&S®Znrun は、使用する T&M 機器の特性と機能を考慮します。たとえば、R&S®ZN-Z84 スイッチ・マトリクスはスイッチを使用するので、すべてのポートを同時に測定することはできない、といった事実です。また、異なるスイッチング・レベルが使われる結果、ポートもそれぞれ特性が異なります。ソフトウェアは、必要なスイッチング操作の回数を最小限に抑えるために、適切な測定シーケンスを選択することによって測定速度を最適化します。合格表示は、測定済み FEM の分類を容易にします。ソフトウェアは、各 DUT に実施した測定の時間とすべての測定値が合格値であるかどうかを示し、長期的視点に立って結果をまとめます。これは、生産環境に欠かすことのできない、早い段階での問題の検出と解決を可能にします。

## R&S®Znrun



R&S®Znrun  
ソフトウェアの  
ファンクション・  
ブロック

**R&S®Znrun サーバ**：個々のソフトウェア・クライアントを制御して、T&M 機器と DUT の構成を設定

**構成クライアント**：測定実行ユニット(MEU)を生成し、接続および測定プランを作成

**校正クライアント**：システム誤差を補正

**測定クライアント**：測定を実行し、測定スループットを表示

### テストステーションの迅速かつ柔軟な再構成

R&S®ZNrun ソフトウェアは、生産時に高い柔軟性を発揮するという視点で設計されています。たとえば、構成が完全に終了したテストステーションでネットワークアナライザを 4 ポートのものから 2 ポートのものに替えるといった操作も、マウスを数回クリックするだけで完了させることができます。ユーザに求められる操作は、テストプランをロードして新しいアナライザタイプを入力し、それを保存するだけです。ソフトウェアが自動的に接続プランの更新を行って、新しいアナライザによる測定を開始します。時間のかかる個々のテストステップやアナライザの構成は必要ありません。電源ユニットなどの追加 T&M 機器が必要な場合は、プラグインを使用してテ

ストシーケンスに組み込むことができます。

多くの場合は、たとえば内部スイッチの位置などの DUT の設定を変える必要があります。これらのタスクを扱うために、R&S®ZN-B15 インタフェースカードには 2 種類のインタフェースが組み込まれています。すなわち、10 の独立汎用入出力 (GPIO) インタフェースと、2 つの MIPI® RFFE インタフェースです。R&S®ZNrun の GUI を介して制御する GPIO は、電源供給と、GPIO ピンを介した FEM の操作に使用できます。MIPI® RFFE インタフェースは、プラグインを介して R&S®ZNrun テストシーケンスに組み込むことができます。

### 外部モジュールに代わる組み込みインタフェースカード

R&S®ZNB ネットワークアナライザへの組み込みが可能な R&S®ZN-B15 MIPI® RFFE インタフェースカードは、FEM 上の MIPI® RFFE インタフェースを、アナライザのファームウェアから直接プログラムすることを可能にします (図 2)。これは、外部モジュールを使用したソリューションに比べて、テストセットアップの複雑さを大幅に緩和します。外付けの MIPI® RFFE 制御ボードを使用し、USB を介してコントローラに接続した場合は、制御ボードの操作にも、ボードとテストシステムおよび DUT との同期にも、非常に手間がかかります。

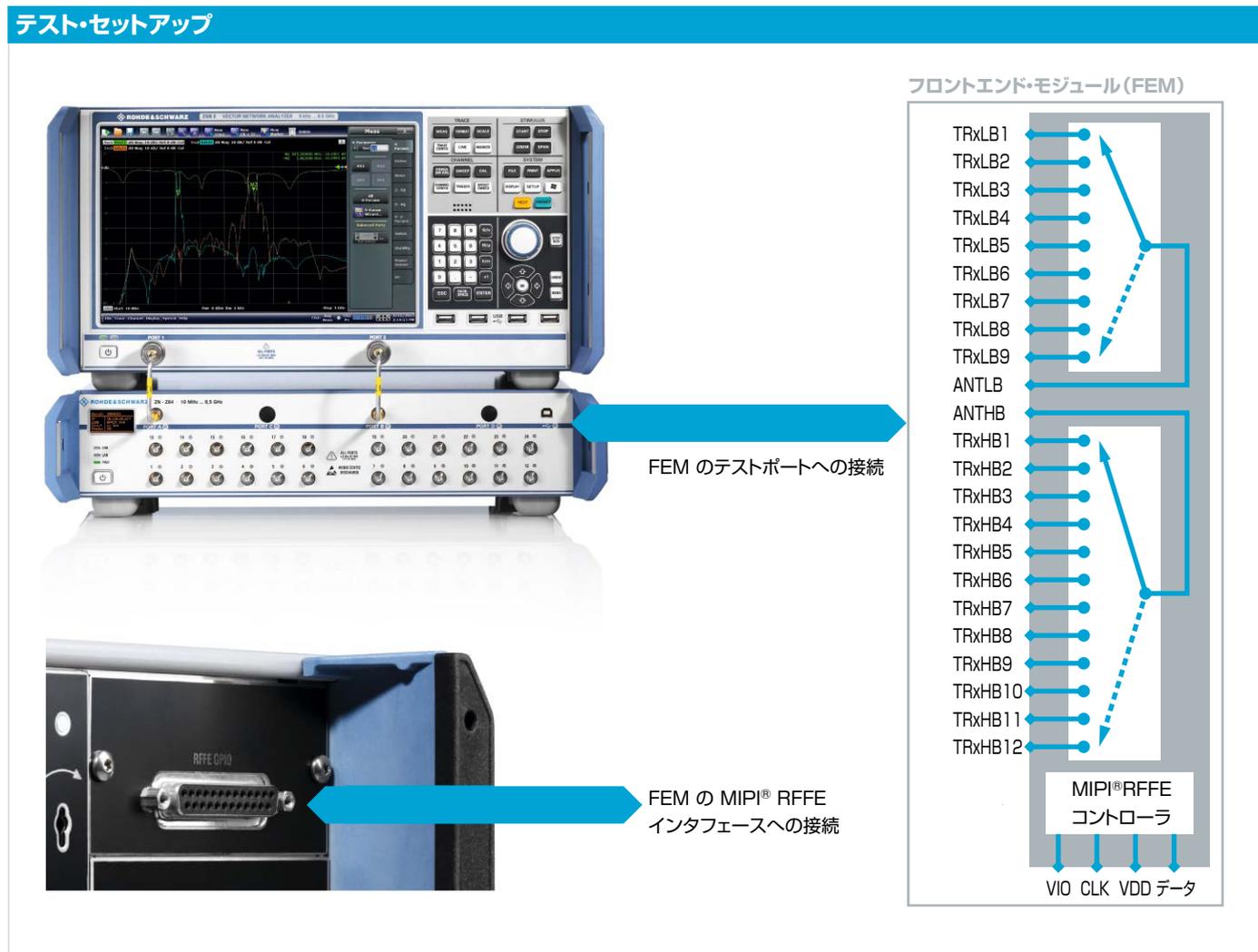


図 2: R&S®ZNB ネットワークアナライザに R&S®ZN-B15 MIPI® RFFE インタフェースカードを挿入すれば、MIPI® RFFE インタフェースによって FEM を容易に操作できます。

R&S®ZN-B15 インタフェース・カードはアナライザの GUI 経由で構成できますが(図 3)、必要なすべての機能は SCPI コマンドでも使用できます。このカードを使用すれば、チャンネルと周波数セグメントの両方のために、MIPI® RFFE および GPIO インタフェースをプログラムすることができます。GPIO の電圧は個別に設定でき、掃引の開始時にシーケンサを介して自動的に設定することも可能です。

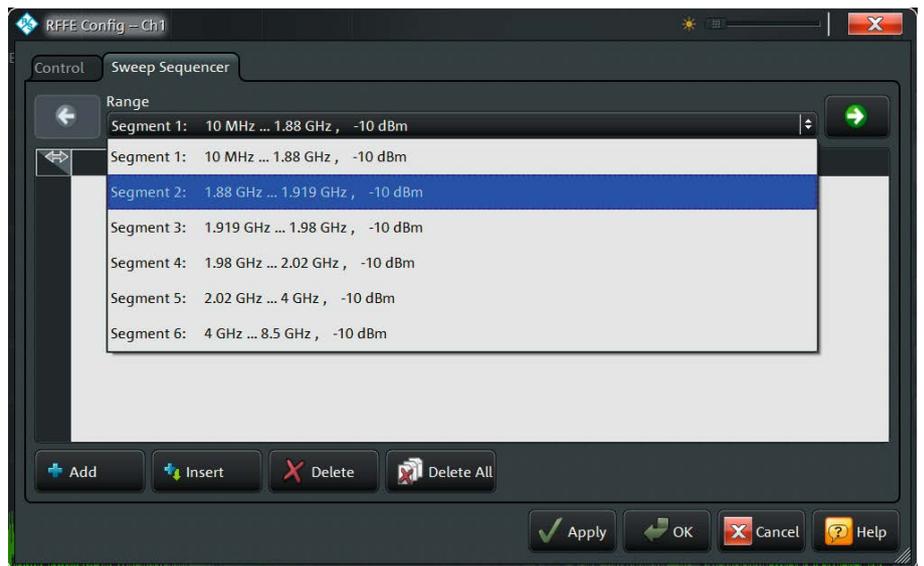
シーケンサを使用すれば、掃引シーケンスに FEM プログラミングを組み込んで、必要に応じ、個々の周波数セグメントに合わせて修正することができます(図 4)。セグメント掃引機能は、さまざまな FEM 構成について、挿入損失、アイソレーション、あるいは反射を含め、1 回の掃引におけるさまざまなパラメータを測定することを可能にします。これは、効率的な FEM の特性評価を実現します。

R&S®ZN-B15 インタフェース・カードは、フロントエンド・モジュールのレジスタの内容を読み取るために使用することもできます。この情報は、特に生産アプリケーションにおけるテストの改善に使用できます。たとえば、フロントエンド・モジュール ID を読み取って、生産プロセス中の後の段階で使用することができます。レジスタを読み取り、レジスタが正しくセットされているかどうかをチェックすることによって、FEM プログラミングを検証することも可能です。



図 3: DUT の特性に合わせて R&S®ZN-B15 MIPI® RFFE インタフェース・カードを構成するためのメニュー

図 4: テストシーケンスを定義するためのメニュー



## サマリ

R&S®ZNB 用の R&S®ZNRUN ソフトウェアと、オプションの R&S®ZN-B15 MIPI® RFFE インタフェース・カードは、FEM の特性評価を容易にします。R&S®ZNRUN は生産環境でのテスト・シーケンスを最適化して高い柔軟性を実現し、R&S®ZNB-B15 インタフェース・カードは DUT の制御を大幅に促進します。

Volker Herrmann; Tanja Menzel

# R&S® RTM2000: スペクトラム解析機能を備えた多機能オシロスコープ

サーモスタットや電動ブラインドのリモート制御、センサからスマートフォンへの健康データの送信、タイヤ空気圧の自動レポートなど、無線インターフェースはあらゆるところに使われています。したがって、組み込み機器への周波数スペクトラムの試験の要求は、今後ますます高まっています。

## 汎用性の高いテスト機器へのトレンド

先進的な組み込みシステムに無線通信コンポーネントを組み込めば、開発時に必要となるテストの量が増えます。時間ドメインでのアナログおよびデジタル信号の特性評価とデバッグに加えて、周波数スペクトラム解析がますます重要になりつつあります。必要な信号を単純にテストするだけでは不十分で、EMI やその結果生じる誤差も検出する必要があります。

このようなケースにおける効率的な開発のためには、オシロスコープのような汎用測定器のみならず、スペクトラム・アナライザ、ロジック・アナライザ、プロトコル・アナライザ、マルチメータなどのさまざまな専用測定器が必要です。電子計測器メーカーは、この要求に対して、各種専用測定器の機能を一つの汎用測定器すなわちオシロスコープに組み込むことによって、このトレンドに対応しています。これは省スペース化と投資コストの削減を実現します。オシロスコープは、各測定分野における特定の要求に合わせて統一された GUI が使われているため、より使いやすくなっています。



図 1: 新たにスペクトラム解析機能を追加した R&S®RTM2000 オシロスコープ。

## R&S®RTM2000 デジタル・ダウンコンバータ (DDC) の 2 パス・アーキテクチャ

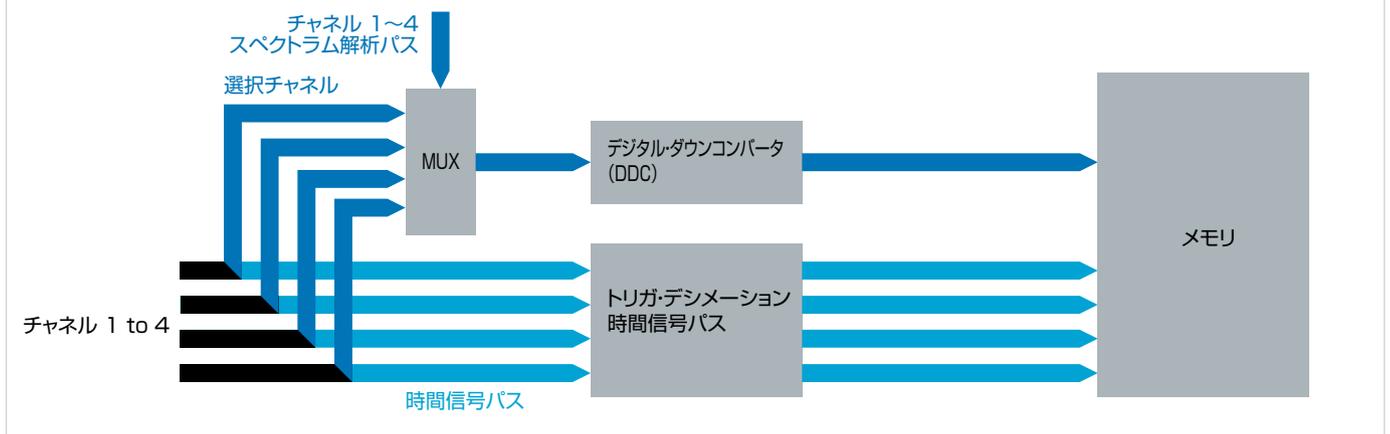


図 2:同時測定用の 2 パス・アーキテクチャと、時間およびスペクトラム解析パラメータの独立設定

オシロスコープに最初に組み込むべき付加機能は、デジタル信号解析機能とプロトコル解析機能でした。2010 年の時点で、R&S®RTO 高性能デジタル・オシロスコープは、すでにスペクトラム解析機能を備えていました。これは、ハードウェアによる高速フーリエ変換 (FFT) によって実装されたものです。この機能は現在、R&S®RTM2000 オシロスコープにも組み込まれています (図 1)。新しく加わった機能には内蔵デジタル電圧計も含まれており、これはプローブまたはベース・ユニットに組み込まれます。

内蔵される計測装置は個々の機能を個別に構成することができ、なおかつ並行して使用することができれば大きな利点を提供します。たとえば、必要なすべての通信信号を捕捉するために、時間ドメインでのプロトコル解析に非常に長い捕捉サイクルが必要な場合は、(使用可能なメモリ長に応じて) サンプルング・レートを下げなければなりません。また同時に、スペクトラム内の高周波信号成分を詳細に解析する必要がある場合、その信号パスでは最大限のサンプルング・レートが必要です。通信信号と高周波スペクトラムの相互作用の検出と除去は、並行的な時間相関解析を通じてのみ可能です。各種機能を並行して使用できるようにすれば高い柔軟性が得られ、テスト範囲について妥協する必要もなくなります。

### オシロスコープによるスペクトラム解析

現在ではロジックおよびプロトコル解析は低価格のオシロスコープでも行えるようになりましたが、真のスペクトル解析機能を持つオシロスコープの数はごく限られています。通常、周波数スペクトラムの解析は、柔軟性に欠ける従来型の FFT を使用することによってのみ可能で、この種の FFT は個々の計算に数秒間を要します。標準的な FFT は、捕捉した波形の全体にわたってスペクトラムを計算します。結果として得られる周波数分解能と範囲が解析対象と一致することは稀なので、関連する部分を拡大する必要が

あります。従来型のいくつかのソフトウェア・アプリケーションは、ゲーティングを使用してプリセクションを行えるようにしていますが、これは周波数ドメインではなく時間ドメインです。オシロスコープによるスペクトラム解析は、たとえばスイッチング・プロセスを解析する時に重要になります。しかし、ここまで挙げた従来の方法では、メモリ不足のためにサンプルング・レートを減らさなければなりません。

また、解析時には、その他の測定ツールと表示機能も重要です。スペクトラム解析にはミニマム・ホールド (MIN. HOLD)、マックス・ホールド (MAX. HOLD)、およびアベレージ (AVERAGE) の表示が含まれていることが重要で、これらによってスペクトラムとその平均値を迅速に検出することができます。さらに自動ピーク検出用のマーカは、スペクトラム解析を容易にします。時間に伴うスペクトラムの変化や散発的な干渉信号は、周波数軸と時間軸の 2 軸のグラフ上にカラーコード化した振幅が表示されるスペクトラム表示で確認することができます。

これらの機能はすべて、R&S®RTM2000 オシロスコープ用の R&S®RTM-K18 スペクトラム解析およびスペクトログラム・オプションに組み込まれています。分離したスペクトラム解析信号パスを A/D コンバータの直後に持つその特別なアーキテクチャが、DC から装置の帯域幅まで、アナログ入力信号のスペクトラムを直接解析することを可能にします (図 2)。この 2 パス・アーキテクチャによって、デジタル・インタフェースのデータ・エラーと、スペクトラム干渉間の相関関係を検出することができます。R&S®RTM2000 内にハードウェア実装されたデジタル・ダウンコンバータ (DDC) はスペクトラムを適切な帯域まで下げ、高速解析を可能にします。測定パラメータ設定は、時間ドメイン (捕捉時間と時間分解能) と周波数ドメイン (中心周波数、スパン、および分解能帯域幅) で個別に最適化することができます。

### 例:スイッチング電源の EMI デバッグ

R&S®RTM-K18 オプションの測定ツールは、代表的なノイズ源のひとつである、スイッチング電源(SMPS)とその配線を効率的に解析することを可能にします。各種の EMC 試験規格は、伝導ノイズの上限を 30 MHz、放射ノイズの上限を 1 GHz に定めていますが、通常、これらのコンポーネントからの干渉信号の周波数は

20 MHz を大きく下回ります。これらの測定は専用の実験室や実験機関によって行われるのが普通ですが(特に遠方界の測定)、開発時における特定の配線やコンポーネントの解析は、R&S®RTM-K18 オプションと適当な近磁界プローブを使用して行うことができます(図 3)。これは、設計上の問題を迅速に特定して是正することを可能にします。



図 3:R&S®RT-HZ15 近磁界プローブセットを使用すれば、オシロスコープで特定の配線やコンポーネントの解析を行うことができます。

スペクトラム解析はボタンを押すだけで開始でき、表示も必要に応じて調整可能です。図 4 では、周波数スペクトラムに焦点を当てるために、時間ドメイン表示が無効になっています。現在のスペクトラムが一番下、時間に伴う個々のスペクトラムが 1 行ずつスクリーンの上半分に表示されていて、SMPS のさまざまな動作状態を明確に識別できます。この例では、SMPS の負荷とは関係なく、いくつかの干渉が発生していることを確認できます。また、スクリーンの下半分に表示されるマーカとマックス・ホールドのトレース(青)により、迅速に周波数を知ることができます。近傍界プローブを使用した解析によって放出位置も特定できるので、対象を特定したシールドングを追加したり、コンポーネントを交換したりすることによって、問題を十分に解決することができます。

### 例:VCO 解析

シリアル・プロトコルで制御可能な電圧制御発振器(VCO)のスイッチング動作の解析は、より複雑です。この例では(図 5)、VCO は周期的に 3 つの状態に切り替わります。解析するイベントを選択するために、周波数を設定するコマンドにプロトコル・トリガが

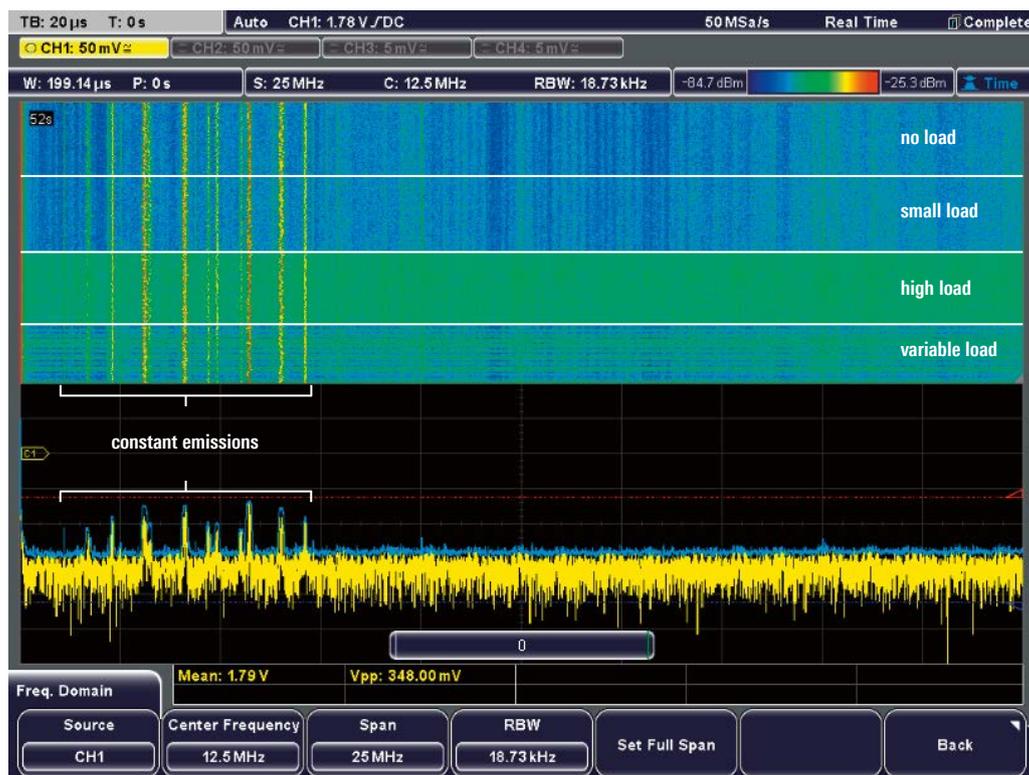


図 4:R&S®RTM-K18 スペクトラム解析およびスペクトログラム・オプションを使用して解析した SMPS の放出プロファイル。さまざまな負荷状態がスペクトログラムに明確に表示されます(上側)。スペクトラム・ウィンドウ(下側)には、すべての負荷状態に対するマックス・ホールドのトレースが表示されます。

セットされています(データ:01 h、スクリーンの上側部分)。スペクトラム解析を時間信号の特定セグメントに制限することによって、スイッチング前、スイッチング中、およびスイッチング後の状態を簡単に解析できます。この例では、解析時間スライスが、各スイッチング動作の直後に設定され、スクリーン上側部分の2本の垂直線によって示されています。各状態間の切り替えは、スペクトログラム(スクリーン中央部)で一番よく確認できます。例では、解析に使用したオシレータの設定が不適切で、同じ周波数に複数回設定されているため、スペクトログラムに同じラインが複数回表示されています。測定された周波数切り替え動作間の時間的間隔は、制御に根本的な問題があることを示しています。異常値はスペクトログラムで明確に識別できるので、これを簡単に特定して解析することが可能です。R&S®RTM-K15 ヒストリおよびセグメント・メモリ・オプションが有効になっている場合は、異常波形とそれに対応するスペクトラム(スクリーン下側)を最大460 M サンプルのメモリからロードし、オシロスコープの解析ツールを使用して解析することができます。

## サマリ

R&S®RTM2000 オシロスコープの時間相関スペクトラム解析機能は、開発者にとって重要なもうひとつの解析ツールであり、各種測定器の統合化へ向けたトレンドを確実に前進させます。特にR&S®RTM2000 は、オシロスコープ、スペクトラム・アナライザ、ロ

## スペクトラム解析およびスペクトログラム・オプション

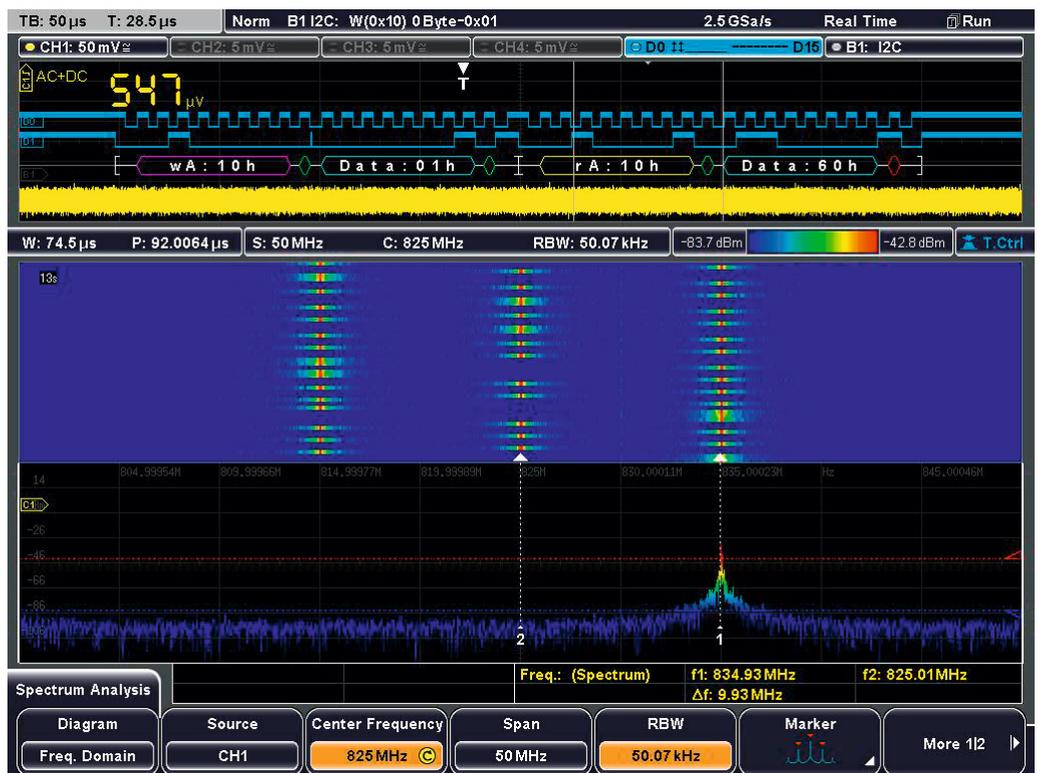
スペクトラム	ソース	各アナログチャンネル、リファレンス波形、Math 演算波形
	スパン	1 kHz~1.25 GHz
	分解能帯域幅	スパン / 10 $\geq$ RBW $\geq$ スパン / 1000
	ウィンドウ	フラットトップ、ハニング、ハミング、ブラックマン、矩形
スペクトログラム	表示形式	ノーマル、マックスホールド、ミニマム・ホールド、アベレージ
	サイズ	最大 600 ライン
マーカ	カラースキーム	レインボー、色温度、モノクロ
	自動ピーク・マーカ	最大 100
	基準マーカ	インデックスまたは周波数経由

図 6: R&S®RTM-K18 オプションの主な特性

ジック・アナライザ、プロトコル・アナライザ、デジタル・マルチメータの機能をすべて内蔵しています。特に、RF インタフェースを備えた複雑な組み込みシステムの開発者は、特別な装置なしで開発を行える上に、その目標をより迅速かつ体系的に実現することが可能です。問題のあるコンポーネントを高精度で特定できる近磁界プローブを使用して EMI に関する検討を事前に行っておけば、開発時間をさらに短縮することができます。

Dr. Philipp Weigell

図 5: スwitching動作の異常を示す VCO の解析。スクリーンの最上部には、アナログ、デジタル、およびデコードされたシリアルバス信号と、デジタル電圧計による電圧測定の結果が表示されます。スクリーンの最下部には、現在のスペクトラムがカラーコード化された振幅で表示されます。スペクトログラムに複数回表示されるラインは(スクリーン中央部)、問題のある周波数スイッチングを示しています。



# シンプルな測定器の登場: あらゆる帯域での 車載レーダーの測定

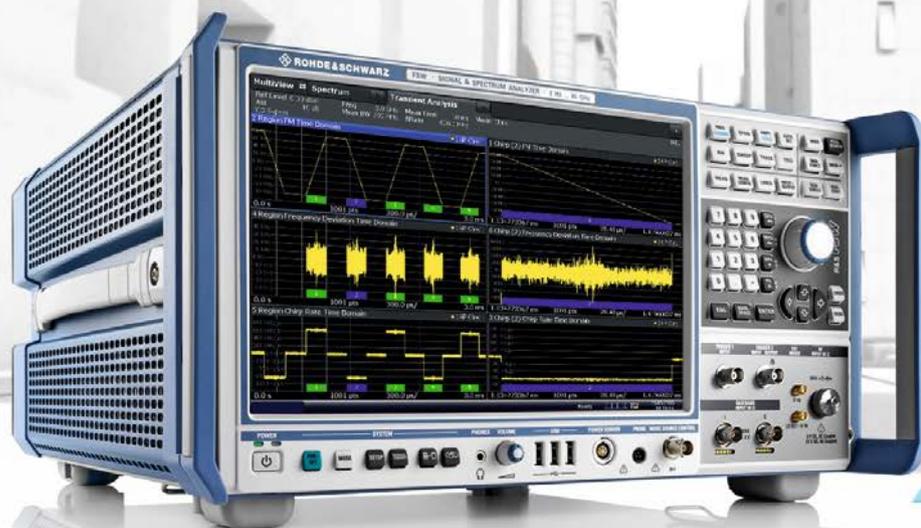


図 1: R&S®FSW85 シグナル・スペクトラム・アナライザは、2 Hz から 85 GHz までの周波数範囲を 1 掃引でカバーできる世界初の測定装置です。

高分解能の車載レーダー用センサを実現するには、ギガヘルツ範囲までの信号帯域幅が必要です。このために、24 GHz および 79 GHz 付近の周波数帯がこれらのアプリケーション用に提供されています。これまでは、79 GHz までの範囲を 1 掃引でカバーできるアナライザがなかったためテストまたは測定時に高調波ミキサを使用しなければなりませんでした。ローデ・シュワルツは、他のあらゆる製品を凌駕するシグナル・スペクトラム・アナライザ、R&S®FSW85 を発売しました。

### 車載レーダーのテストと測定: 現在実現可能な最先端の技術

レーダー・センサは、あらゆる気象条件下で、近傍にあるターゲットの距離、視線速度、および位置を測定します。良好な性能データと低いコストのおかげで、これらのセンサは、ますます発展を遂げる車両のアシスト機能や安全機能の基礎を築いており(図 2)、最近ではコンパクトクラスにも採用されるようになってきました。自動車用のセンサは、24 GHz、77 GHz、および79 GHz 付近の周波数帯で動作します(詳細は 32 ページのコラムを参照)。

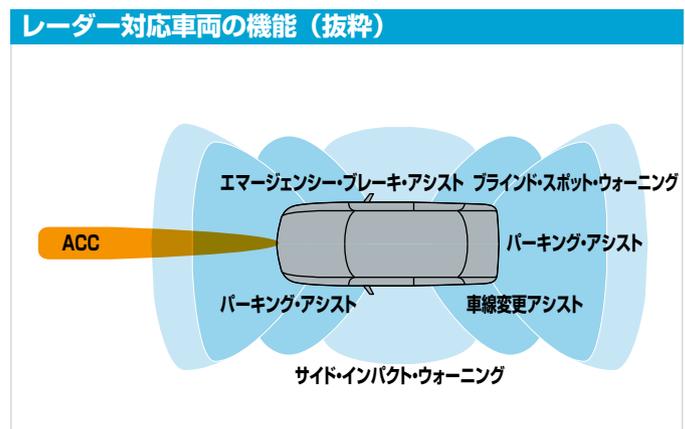
2 つの隣接する物体を検出して実体を把握するには、センサの距離分解能がそれらの物体同士の間隔より小さくしなければなりません。ただし、高い距離分解能を実現するには広い信号帯域幅が必要です。これを実現するには、センサによる信号の生成と評価が課題になるだけでなく、開発、検証、そして規格に準拠した解析を行うためのハイエンド T&M 機器も必要になります。測定機器は 81 GHz までの周波数範囲をカバーし、最大 2 GHz の解析帯域幅を備えていなければなりません。シグナル・スペクトラム・アナライザは、主にこのタスクへの使用に適した計測器です。これまで、最大帯域幅は 500 MHz 程度で、最大入力周波数である 81 GHz 付近の周波数をカバーしていませんでした。

### 以上の課題を解決する R&S®FSW85 シグナル・スペクトラム・アナライザ

これまで、79 GHz 帯の測定を行うには、外付けの高調波ミキサの助けを借りてアナライザの周波数範囲を拡張しなければなりませんでした。しかし、このセットアップにはプリセクタがありません。つまり、信号を中間周波数までダウンコンバートした場合は、シグナルとそのイメージの両方が出力されてしまいます。この欠点は、ローカル発振器の周波数を中間周波数の 2 倍にシフトさせて、追加的な測定を行うことによって回避できます。これにより、アナライザで不要なミキシング成分を検出して除去することが可能になります。ただし、これが有効なのは、イメージと信号がオーバーラップしないように、中間周波数が信号帯域幅の1/2より高くなっている場合に限られます。多くのスペクトラム・アナライザはこの条件に該当しません。考慮すべきもうひとつの要素は、高調波ミキサでの測定時に、適切な方法で入力レベルを下げるのが容易ではないということです。これを行うには導波管にアッテネータを取り付けて、それぞれの変化レベルを調整し直さなければなりません。

1 掃引で 2 Hz~85 GHz の周波数範囲をカバーする R&S®FSW85 (図 1)は、79 GHz 帯のレーダー・アプリケーションにワンボックスで使用できる初の製品です。プリセクタを内蔵しているため、スペクトラムが中間周波数の 2 倍以上ある場合でも、測定時には不要なミキシング成分なしで信号を表示することができます。さらに、レベルの異なる信号も簡単に解析でき、面倒な外部アッテネータを使用して入力レベルを調整する必要はありません。このタスクは、R&S®FSW85 内のアッテネータが行います。

図 2: 今日では、さまざまなアシスト機能や安全機能にレーダー・センサが使われています。そのほほすべてが高い空間分解能を必要としますが、これを実現するには 79 GHz 付近のような高い帯域幅が必要です。



その内部解析帯域幅は最大 500 MHz で、多くの車載レーダー測定にとって十分な値です。しかし、79 GHz 帯の信号は、これよりかなり大きな帯域幅を持ちます。これらのアプリケーションでは、R&S®FSW85 に R&S®FSW-B2000 帯域幅オプションを搭載することで可能にします。R&S®RTO1044 オシロスコープと組み合わせれば、2 GHz の信号帯域幅まで測定を行うことができます。R&S®FSW85 は、2 GHz の周波数まで信号をダウンコンバートします。その後、信号は、A/D コンバータとして機能するオシロスコープによってデジタル化されます。このデータは LAN 経由でアナライザに送られ、そこでイコライズされてデジタルベースバンドにミキシングされます。R&S®FSW85 内の測定アプリケーションは、イコライズされた I/Q サンプルを解析の基礎データとして受け取ります。R&S®FSW85 はオシロスコープに関して必要な制御をすべて行い、デジタルデータを転送してイコライズし、解析を行います。アナライザの RF 入力からオシロスコープの

A/D コンバータへの信号パスは、振幅および位相応答に応じて特性付けされます。R&S®RTO1044 オシロスコープから R&S®FSW85 への接続は、ユーザに対して完全に透過的に行われ、測定操作オプションは、オシロスコープ内の A/D コンバータを使用するか、アナライザ内の A/D コンバータを使用するかに関わらず、すべてのケースで同じです。

車載レーダーに使われるような広帯域の直線的な周波数変調連続波信号については、カスタマイズされた R&S®FSW-K60C 測定アプリケーションを使用することができます。このアプリケーションは、最大帯域幅 2 GHz の信号を記録して、自動的に解析します。チャープレートや理想的な直線的動作からの偏差といった重要なパラメータの測定と表示は、グラフィックまたは表形式で行われます。代表的な例を図 5 に示します。

### 車載レーダーの周波数帯

車載レーダーの周波数帯域(図 3)、放出電力レベル、およびテスト要件は、EN 301091 V1.4.0 などのさまざまな規格に定められています。ヨーロッパでは、車載レーダーに 24 GHz 帯が使われていますが、これは 2022 年までに変更される予定です。欧州委員会は、その「79 GHz プロジェクト」[1]において、国際的に使用できる 79 GHz 帯を代わりに使用することを提案しています。この帯域の使用は現在検討中ですが、得られる利点が非常に大きいことから、すでに多くの国で受け入れられています。以下の例に示すように、放出電力レベルの最小制限とセンサのより小さいフォーム・ファクタに加えて、この帯域は、最大 4 GHz の広い信号帯域幅と、より高い距離分解能を提供します。150 MHz の変調信号帯域幅では 1 m の距離分解能を実現できますが、1.5 GHz ではこれを 10 cm とすることができます。帯域幅が広ければ、複数レーダー間の干渉を最小限に抑えるための技術的手段、たとえば周波数ホッピングなどをセンサに組み込むことも可能になります。

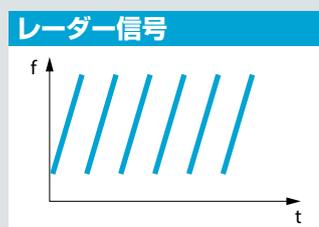
高い周波数は、より小型のセンサを開発する助けとなるだけでなく、視線速度分解能の改善にも有効です。視線速度分解能は、レーダー波形の波長とコヒーレント処理間隔に依存します。コヒーレント処理間隔が同じに保たれた場合、信号を 24 GHz ではなく 79 GHz で送信すれば、視線速度分解能は約 3 倍に改善されます。

車載レーダーには、多くの場合チャープ・シーケンスが使われます(図 4)。つまり、幅約 100 マイクロ秒で、帯域幅が数百 MHz から数 GHz の直線的に周波数変調された複数の信号です[2]。

図 3:ヨーロッパにおける車載レーダーの周波数帯

周波数帯域	帯域幅
24 GHz~24.25 GHz	250 MHz
21 GHz~26 GHz	5 GHz
76 GHz~77 GHz	1 GHz
77 GHz~81 GHz	4 GHz

図 4:レーダー信号の代表的プロファイル(FMCW レーダー)



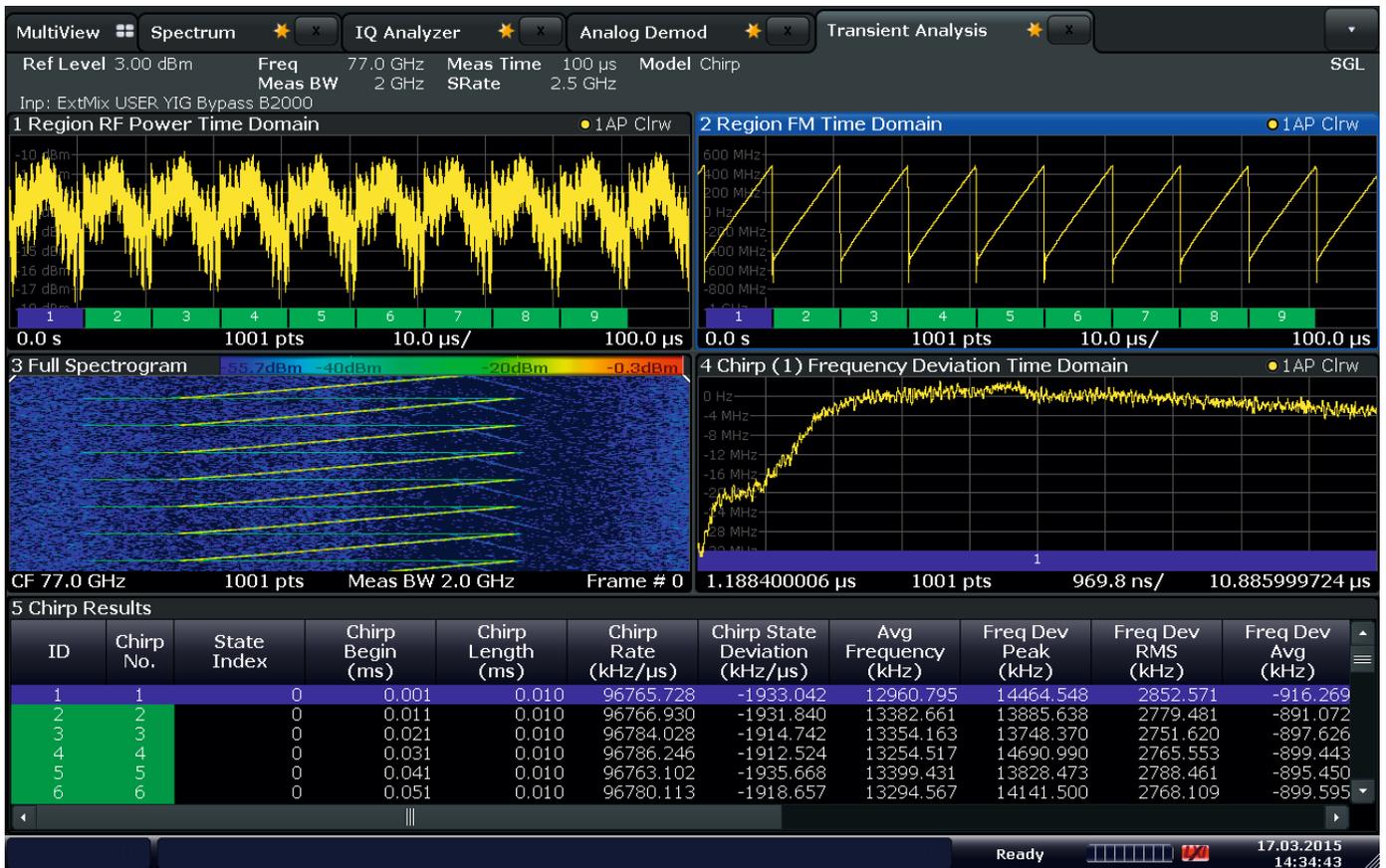


図 5: R&S®FSW-K60C オプションを使用した 1 GHz FM チャープ信号の測定。周波数と時間または電力の関係を時間ドメインで示したグラフィック表示です。表には最も重要なパラメータがリストされます。

## サマリ

数多くの技術的ハードルのために、車載レーダーの高周波数帯（たとえば W バンド）測定に使用できる、真に効果的なシグナルアナライザはこれまで存在しませんでした。R&S®FSW85 は、十分に広い入力周波数範囲をカバーする最初の測定器であるだけでなく、高い距離分解能を備えたレーダーに欠かすことのできない解析帯域幅を提供します。さらに、車載レーダー用にカスタマイズされたソフトウェア・オプションを使用して、ボタンひとつで重要なすべてのパラメータを測定して表示することができます。R&S®FSW85 は、WLAN 802.11 や 5 G 信号の解析など、周波数範囲が 50 GHz を超えるその他のアプリケーションにも最適です（6 ページの NEWS コンパクトを参照）。

Dr. Steffen Heuel; Dr. Wolfgang Wendler

### R&S®FSW85 の主要データ

周波数範囲	2 MHz~85 GHz
位相ノイズ	-137 dBc(1 Hz)、1 GHz で 10 kHz のオフセット
信号解析帯域幅	最大 2 GHz
合計測定不確か率	8 GHz まで < 0.4 dB
リアルタイム解析	最大帯域幅 160 MHz
内部ノイズ	75 GHz < f < 85 GHz -128 dBm/Hz (代表値)

#### 関連資料

- [1] "79 GHz Project"を参照([www.79ghz.eu](http://www.79ghz.eu))
- [2] ローデシュワルツのホワイトペーパー:Heuel, Steffen; "Radar Waveforms for A&D and Automotive Radar" (「A&D および車載レーダーのレーダー波形」、検索キーワード:1MA239)

# 新しいレーダーテスト:ターゲット・シミュレータによるテストコスト削減

レーダー・センサ開発は、自動車産業において最近まで現実的な実験室や生産ラインでのテストがない最後のエレクトロニクス分野でした。距離が大きく異なる複数の移動ターゲットや静止ターゲットを含む再現可能なシナリオを、屋内でシミュレートすることは容易ではありませんでした。ARTS9510 車載レーダーターゲット・シミュレータを使用すれば、このようなシナリオも容易に再現できます。

レーダー・センサはアドバンスド・ドライバー・アシスタンス・システム(ADAS)の鍵となるコンポーネントであり、わずか数年の間に、まったく新しいクラスの車両内快適性と安全機能の実現を可能にしました。ブレーキアシストや車線変更アシスト、アダプティブクルーズコントロールなどの ADAS アプリケーションは、車両の誘導において重要な役割を果たし、安全に大きく貢献しています。これらのシステムに対する信頼性要件は厳格であり、システムを市場に送り出す前に徹底的なフィールド・テストを行うことが求めら

れます。しかし、現実的なテスト・シナリオを使用して重要なすべての状況を予測するために、フィールド・テストの前に実験室でテストを行うべきです。このアプローチの背景には経済的な理由があります。テスト・ドライブにはコストも時間もかかります。これに対し、実験室でのテストは比較的成本効率が良く、迅速に実行できる上に、定められた条件下での繰り返しや変更が可能です(フィールド・ツー・ラボ・テスト:FTL)。この繰り返しや変更が可能であるという点は、T&M アプリケーションにおいては常に望まれる要素で

図 1:レーダー・センサは、現在、あらゆるタイプの車両に使われています。ARTS9510 レーダーターゲット・シミュレータは、実験室環境でこれらのセンサを検証するための柔軟なテスト・セットアップを可能にした初の計測装置です。



す。ARTS9510 レーダー・ターゲット・シミュレータは、レーダー・センサを備えた車両システムのテストにおいて、これらの利点への道を開きます。

### 幅広いアプリケーションとレーダー・シナリオ用に

ARTS9510 ファミリーは、特に自動車産業用に開発されています。つまり、24 GHz および 77 GHz の周波数帯で動作するレーダー用です。将来への対応も視野に入れたその柔軟なアーキテクチャは、FMCW 信号の取り扱いだけに止まらず、さまざまな機能を可能にしています。この装置は、レーダー技術の多くの要素を扱うことができます。その多用途性は、いろいろな側面で大きな利点となります。装置のプラットフォームは、具体的なユースケースや扱うレーダー特性に合わせてカスタム設定が可能です。このシミュレータのバリエーションには、外見の違い(コンピュータとグラフィカル・ユーザ・インタフェースが組み込まれたデスクトップ装置、またはリモート制御のシステム装置)と、モジュール構成オプション(周波数範囲、帯域幅、オプションのエクステンション)の両方が含まれます。ARTS は、シミュレート距離、可変ターゲット・サイズ(レーダー断面積、RCS)、分解能、および物体の速度に関する現在および将来の幅広い要求を満たしています。この装置は、パーキング・アシストに使われる近距離レーダーについても長距離システムと同じ精度を備えており、長距離システムについては、最大 2.4 km の距離を最大 700 km/時 の視線速度で移動する物体をシミュレートすることができます。また、オプションで、移動する物体の到来角を設定することも可能です。

ARTS は、実験室および生産ライン用に適しています。ホーン・アンテナ(より広いダイナミック・レンジを得るために、オプションで 2 つのアンテナを使用することにより、バスタティック動作をさせることができます)は、装置の背面、側面、または下面パネルに設置することができるので、使いやすい卓上型テスト・セットアップを構成したり、テスト・チャンバ内に水平型および垂直型のアセンブリを構成したりすることができます(図 2)。垂直または水平偏波用のマイクロ波トランシーバを取り付ければ、さらに高い自由度を実現できます。これらのオプションでも十分でない場合は、シミュレータから極めて小型の(ほぼマッチ箱程度のサイズ)トランシーバ・モジュールを取り外して、リモート動作をさせることも可能です。これは、たとえば EMC チャンバなどにおいて、応用範囲を劇的に拡大します。

### 包括的アプローチ:

#### HIL システムのコンポーネントとしての ARTS

自律的車両へのトレンドによって、可能な限り包括的な方法で現実世界の複雑な状況をカバーするために、今後も厳格な要求の下にますます多くのテスト・ケースが作られていくことが予想されます。もはや、有線バス・システム(CAN, FlexRay, LIN など)を介して信号トラフィックを生成して解析するだけでは不十分です。これに対し、実際的なシステム・シミュレーションを行うには、関係する RF 接続(GPS、レーダー、C2C、eCall など)を介してすべての制御ループを閉じる必要があります。これらのシミュレーション用のハードウェア・イン・ザ・ループ(HIL)システムにもさまざまな無線イ



図 2: ARTS9510 の設計と動作モード: タッチスクリーン式のユーザ・インタフェースを備えたデスクトップ・モデルと、側面または下面にアンテナを取り付けたシステム測定器

## 車載レーダー・テスト・セットアップの例

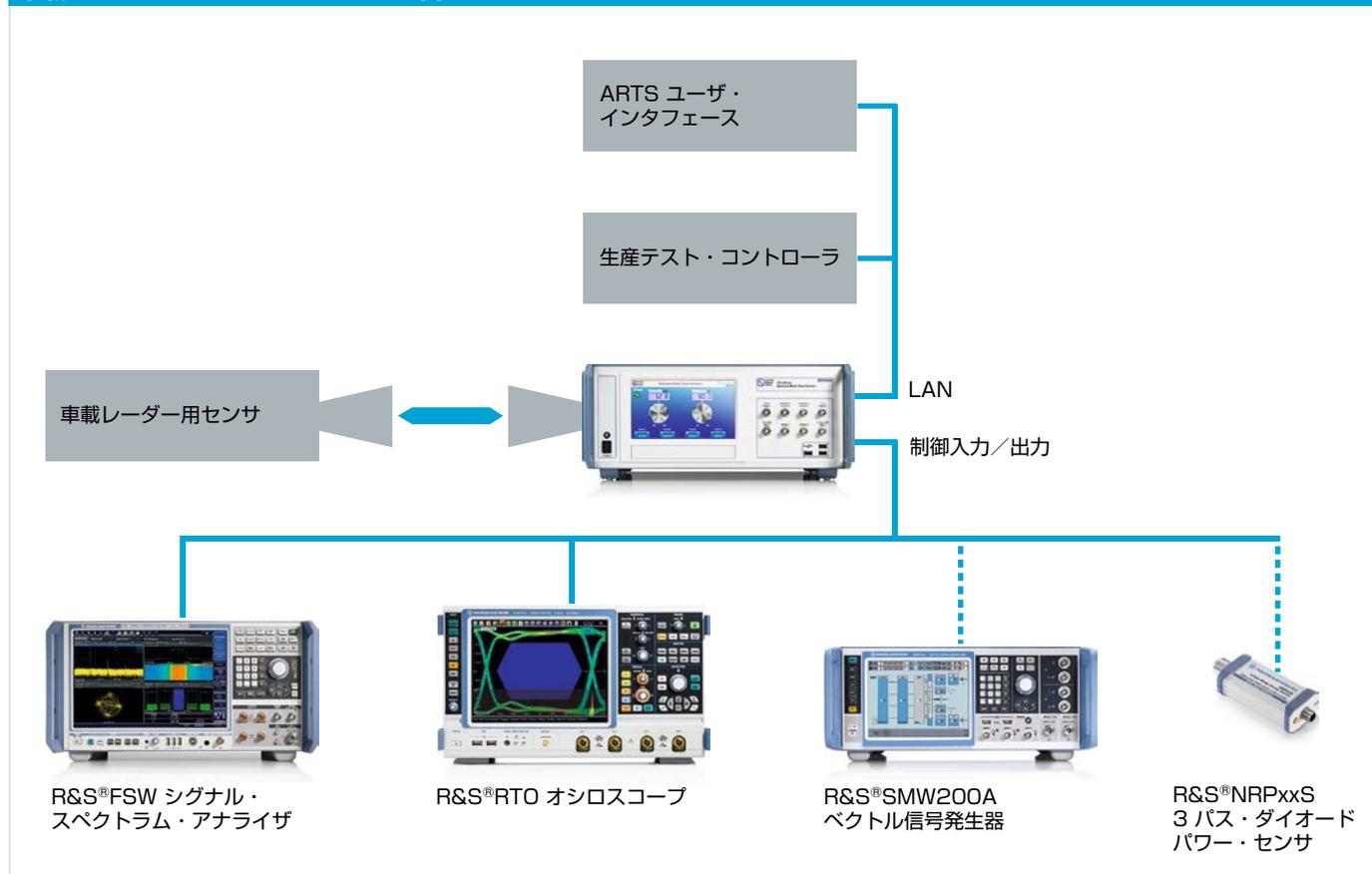


図 3: テスト機器を追加したセットアップ例における ARTS9510 ターゲット・シミュレータ: レーダー解析ソフトウェアを搭載したシグナル・スペクトラム・アナライザ、信号表示用オシロスコープ、信号エフェクト用信号発生器、伝送出力精密測定用パワーセンサ

ンタフェースを組み込む必要がありますが、ARTS は、このようなリアルタイム動作に対応したインタフェースを備えています。

ローデ・シュワルツの T&M 機器のポートフォリオには、その他多くのインタフェースが揃っています。レーダー・ターゲット・シミュレータ自体は柔軟性を備えた小型のモジュール式ツールボックスで、テスト・エンジニアは、内部の DLL/API ライブラリを使用して、固有の信号制御ルーチンを開発し、たとえば非直線型の速度プロファイルを作成することができます。その他の特長としては、シミュレータの豊富なメモリ容量を使ってテスト・エンジニアが長時間 (20~30 分、ターゲット・パラメータの数とその変化率により異なる) のマルチターゲット・シナリオをプログラムし、それぞれのターゲットに個別にダイナミック・レンジを割り当てることができます。

IF 制御出力を使用すれば、外付けのテスト機器による受信信号の解析が可能です。レーダー信号をより詳細に解析するにあたって考えられる拡張構成の例を、図 3 に示します。R&S®FSW シグナル・スペクトラム・アナライザと組み合わせれば、特に包括的なテスト・セットアップを構成することができます。ARTS は主にレーダー・センサの機能を評価し、HIL シナリオの信号パスを閉じるために

使用しますが、R&S®FSW は信号自体の正確かつ自動的な測定を可能にします。これにより、センサの考えられる問題箇所と、最適化の可能性を迅速に特定することが可能になります (30 ページの記事を参照)。

### サマリ

ARTS9510 は、高度な T&M 機器を使用してますます複雑さを増す自動車用システムに関する安全規格を満たすための取り組みを、また一歩前進させます。自動車メーカー、一次供給業者、およびセンサやチップセットのメーカーは、この装置を使用することにより、開発および生産プロセスの多くの段階において、再現可能な信頼性の高いテスト条件を作り出す一方で、テストドライブのコストや開発時間を劇的に削減することができます。ARTS9510 は、ローデ・シュワルツのポートフォリオが提供する他の RF T&M 機器を追加することによって、より包括的なレーダー技術テスト環境にアップグレードすることができます。

Udo Reil; Lutz Fischer; Volker Bach

# レーダー・システムの パルス圧縮解析

R&S®FSW シグナル・スペクトラム・アナライザ用の新しいオプションは、レーダー・システム・コンポーネントがパルス圧縮性能に与える影響を解析します。

今日のパルス・レーダー・システムには、パルス圧縮技術がよく使われます。これらの技術は、同じ出力電力使用時の距離分解能と距離を改善します。このために送信パルスは最初に時間軸で拡張され変調されます。既知の送信信号タイプには、線形周波数変調(チャープとも呼ばれる)と、バーカー・コードを使用する BPSK が含まれます。レーダー受信機では、マッチフィルタや相関を使用して受信信号が圧縮されます。圧縮率の分だけ時間分解能と距離分解能を改善します。

分解能を測定値ベースで評価するには、パルス長の測定だけでは不十分です。代わりに、レーダー受信機同様に適切なマッチフィルタを介し、シグナル・アナライザで送信信号を解析する必要があります。これは、R&S®FSW-K6S タイム・サイド

ロープ測定オプション搭載の R&S®FSW シグナル・スペクトラム・アナライザを使用することができます。R&S®FSW-K6S は R&S®FSW-K6 パルス測定オプション(38 ページ参照)をアップグレードしたものです。

結果として R&S®FSW は、時間軸で圧縮されたパルスを表示します(図を参照)。距離分解能を低下させるインパルス応答(メインローブ)の拡張を、容易に検出することができます。さらに発生するタイム・サイドローブや距離サイドローブ、およびフィルタやアンプを始めとするレーダー送信機の各種コンポーネントによって生じるその他の影響も、簡単に識別できます。サイドローブはゴースト・ターゲットとして現れるので、特に重要な測定パラメータはレベルと時間に関するサイドローブの間隔で

す。圧縮パルスに加えて、R&S®FSW は、メインローブの幅と、タイム・サイドローブのレベルおよび時間間隔(サイドローブ抑圧、サイドローブ遅延)、およびメインローブとサイドローブに含まれる電力を示す表を出力します。元のパルスの周波数誤差と位相誤差の表示も、誤差の考えられる原因を特定する助けとなります。

今日では、チャープやバーカー・コードより複雑なさまざまな信号タイプも使われており、その多くは固有のフォーマットなので、ユーザ固有のフィルタを I/Q データとしてロードすることができる R&S®FSW は、汎用測定装置として使用することができます。

Herbert Schmitt

ウィンドウ 3(相関振幅)には、バーカー・コードによって拡散されたレーダーパルスのメインローブとタイム・サイドローブが表示されます。さらに、使用するコードによって制限されるサイドローブ抑圧が約 21 dB であることが分かります。



# 非常に長いレーダー・パルス・シーケンスの解析

R&S®FSW シグナル・スペクトラム・アナライザのR&S®FSW-K6 パルス測定オプションが機能拡張されました。解析実行前に信号をセグメント分割することによりメモリ空間を節約し解析時間を延長します。これによってパルス・パラメータのトレンドが評価しやすくなります。

パルス・レーダー・システムは、高出力のパルスを送信します。各パルスの送信後は、エコーを受信できるようにポーズ時間が取られます。多くのパルス・レーダー・システムのパルス搬送波周波数は一定で、パルス繰り返し周期 (PRI) とパルス幅 (PW) だけが異なります。PRI は最大定距離を明確に決定しますが、この距離は PRI が長いほど大きくなります。また、未変調パルスのパルス幅は距離分解能を決定します。パルスが長いほどパルスあたりの電力は大きくなるので、測定距離も長くなります。また、パルスが短くなると短い距離でも物体を検出することができるのに加えて、距離分解能、つまり分離した物体を識別する能力が向上します。ただし、そのためには、より高いスペクトラム帯域幅が必要になります。

海洋および航空用の監視レーダーは、定期的にその動作モードを変更します。これらのレーダーでは、検索モード、捕捉モード、追跡モードで異なる PRI と PW を使用しています。これらのモードでは、最小および最大測定距離と距離分解能の間でさまざまなトレードオフがあるからです。その他の手法には 1 パルス内の位相または周波数の変調が含まれ、これにはパルス圧縮が含まれます (37 ページ参照)。

レーダー送信機の開発、最適化、およびトラブルシューティングのためには、長時間にわたってパルス・トレインの特性評価を行う必要があります。散発的なイベントや、温度ドリフトのように微小で連続的な影響を把握するには、数分間にわたって、送出されたすべてのパルスの記録と測定を行うことが求められます。

## スペクトラム・アナライザを使用したパルス解析

スペクトラム・アナライザは、レーダー信号解析用の優れたツールです。オシロスコープよりも広い周波数範囲を持ち、1 つのパルス内で位相と周波数を詳細に測定することができます。これは、単純なパルス・アナライザでは不可能です。スペクトラム・アナライザは、過去数年の間に解析帯域幅の面で大きな進歩を遂げました。たとえば、R&S®FSW シグナル・スペクトラム・アナライザ (30 ページを参照) は、最大 2 GHz の解析帯域幅と 85 GHz の周波数範囲を実現しています。このため非常に短いパルスでも解析が可能で、結果として、スペクトラム・アナライザがオシロスコープに取って代わるようになりました。さらに、スプリアス放射の迅速な確認、低位相ノイズ、アナライザ上で直接実行されるソ

フトウェアとしての広範なパルス解析機能といった特長によって、R&S®FSW はレーダー機器の製造と開発に不可欠なツールとなっています。

R&S®FSW-K6 パルス測定オプションを組み込んだ R&S®FSW によるレーダー・パルスの解析結果を図 1 に示します。長さ 1 マイクロ秒でパルス繰り返し周期 100 マイクロ秒のパルスが、200 MHz のサンプルレートで記録されています。表には、立上り時間、パルス幅、PRI、周波数といった最も重要なパラメータが表示されています。表の下にあるグラフには、個別に選択されたパルス (表では青でハイライト表示されています) に関する時間対周波数、振幅、および位相の関係が表示されます。このソフトウェアを使用すれば、立上り時間と立下り時間、ドウェル時間、セトリング時間、オーバーシュートやアンダーシュートなど、さらに詳細なパルス・パラメータの解析が可能です。

## セグメント化データ捕捉機能がメモリ空間を節約して解析時間を延長

高サンプルレートが必要でメモリ空間が限定されている場合は、連続記録と解析の時間が制限されます。パルス・アナライザソフトウェアには、R&S®FSW が長時間にわたってパルス・パラメータのトレンドを解析できるように、効率的な信号セグメンテーション機能とメモリ管理機能が組み込まれています。原則として、余分なデータは除外されます。パルス信号の特性からして、ポーズ時間中に記録されるのはノイズだけです。記録からノイズを除外すれば、メモリ空間を節約して記録時間を長くすることができます。

これはシンプルかつ効率的なアルゴリズムによって実装されており、I/Q サンプルとその記録時間は、電力レベルが指定されたしきい値を超えない限り、メモリに保存されません。また、サンプルはトリガ・イベントの前に保存することができ、次のトリガ・イベントまでのすべての追加的イベントは除外されます。1% の標準的なデューティ・サイクルの場合、最大観測時間は 100 倍に延長できます。トリガ前後で 50% ずつの値を保存することを考慮した場合、つまり 1 パルスあたりの記録時間をパルス長の 2 倍とした場合でも、50 倍の延長が可能です。したがって、デューティ・サイクルが高くなれば最大記録時間も長くなります。I/Q 信号のセグメント化記録は、外部トリガ、および内部電力トリガによって開始できます。

図 1: R&S®FSW-K6 パルス測定オプションによる結果の表。この表には、立上り時間、パルス幅、繰り返し間隔、周波数など、各パルスの最も重要なパラメータが示されます。

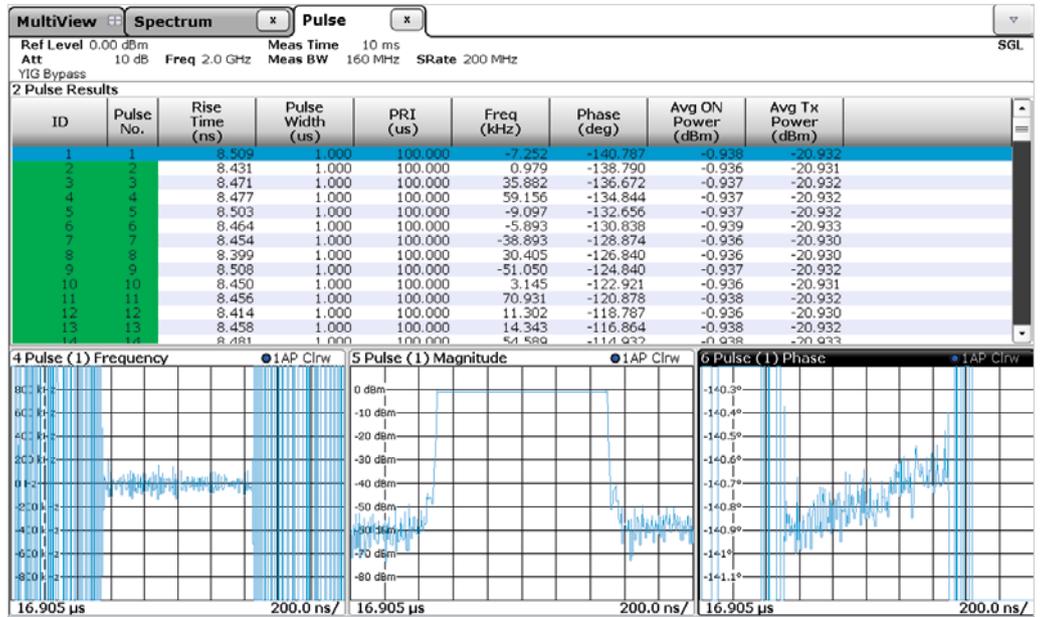
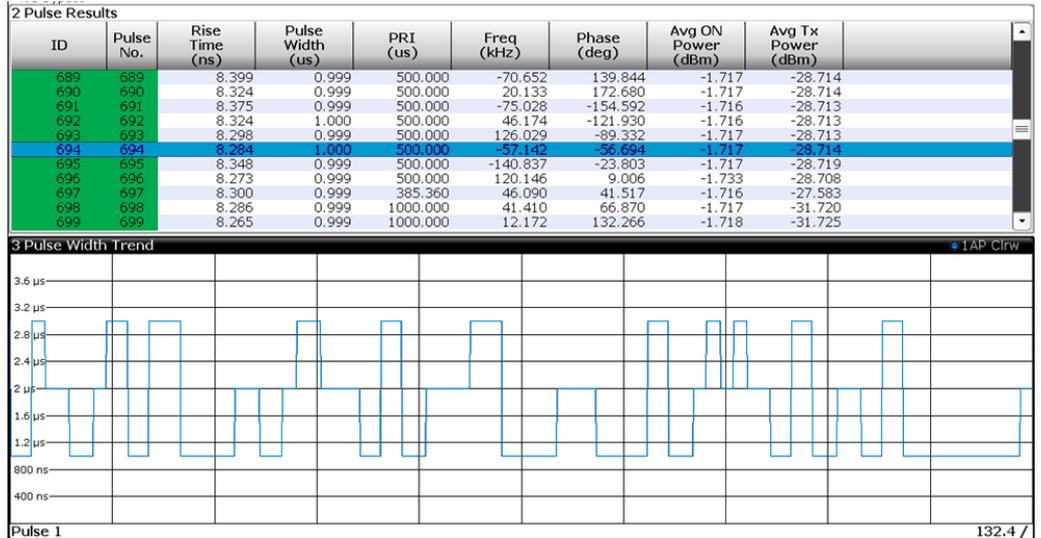


図 2: 記録時間 20 秒の場合の表示です。解析対象のレーダーシステムが、3 つの異なるモードで動作していることが分かります。

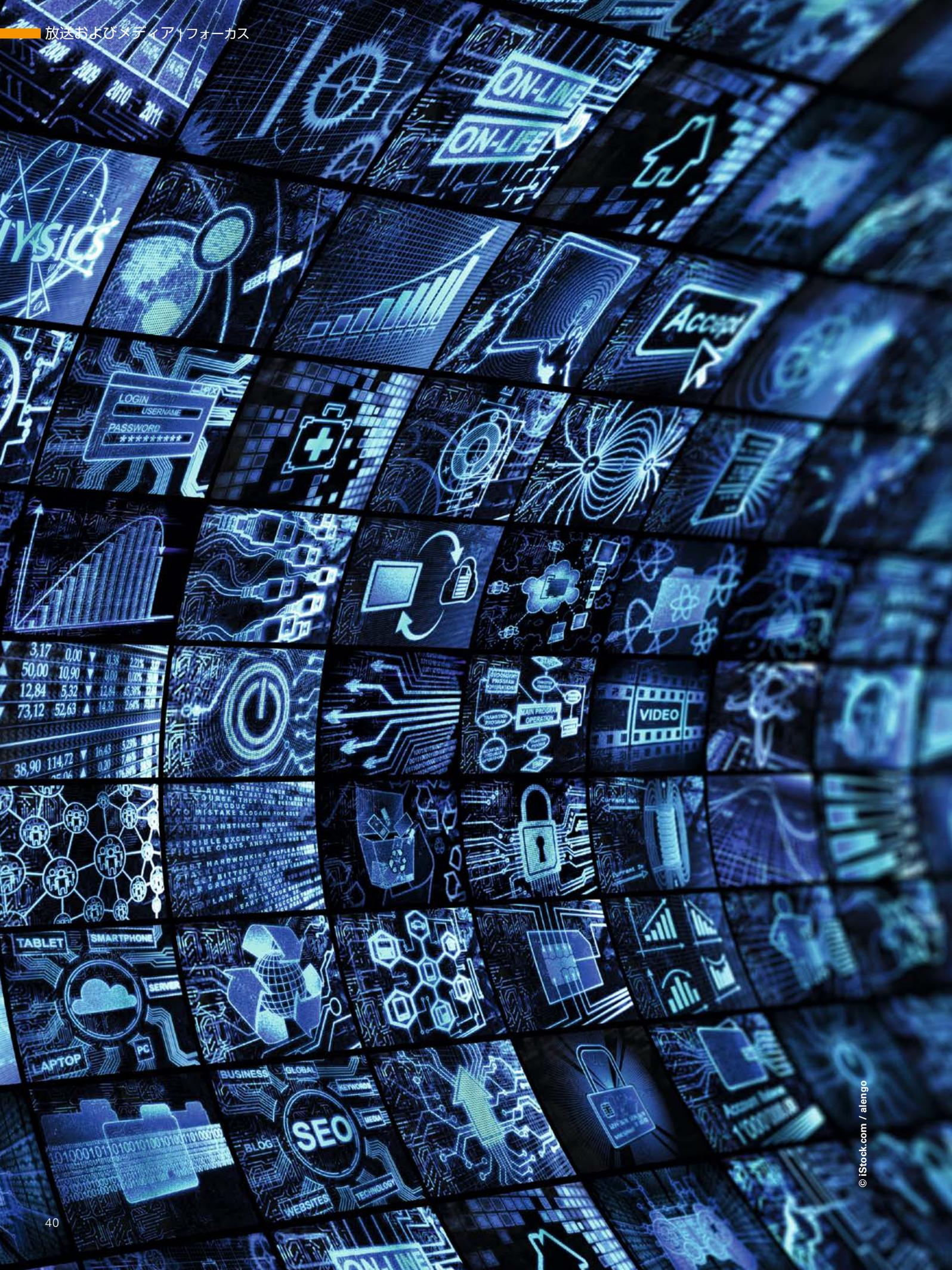


### トレンドの評価

記録時間 20 秒の場合のパルス幅とパルス数の関係を図 2 に示します。レーダー装置が 3 つの異なるモード(パルス幅 1 マイクロ秒、2 マイクロ秒、3 マイクロ秒)で動作しており、各モードの順番は一定でないことが分かります。セグメント化記録を行わないと最大記録時間は 200 MHz で 2.3 秒足らずなので、各モードのパターンを見るには不十分です。

セグメント化記録を行えば解析時間が延び、多くの連続したパルスが続けて記録することができます。これは、パラメータのトレンドを検出して解析し、パルス間の変化を追跡することを可能にします。これにより、たとえばモード変更などの効果を明らかにすることができます。

Martin Schmahling



# DOCSIS 3.1 – TV とインターネットの 変革

新しい DOCSIS 3.1 規格は、ケーブル・ネットワーク・オペレータに大きな利点を提供します。その数多くの技術的進歩は、ネットワーク構造にコストのかかる変更を加えることなく、アップストリームとダウンストリーム両方のデータレートを劇的に増大させます。

ケーブル・ネットワークでは、ユーザの家庭までの「ラストワンマイル」部分が高データレートを阻むボトルネックになっています。この部分は、光ファイバと同軸ケーブル、アンブ、電気／光変換器で構成されています。この光ファイバと同軸ケーブルの混成部分は、HFC(hybrid fiber-coaxial)ネットワークと呼ばれています。代表的なケーブル・ネットワークを図 1 に示します。

2013 年 10 月に発表された DOCSIS (Data Over Cable Service Interface Specification)3.1 は、ケーブル・ネットワークに大きな変革をもたらす規格です。その技術革新は、ネットワーク・オペレータが、その HFC ネットワーク・インフラストラクチャに高価な変更を加えることなく、ネットワーク内のダウンストリーム(DS)とアップ

ストリーム(US)のスループットを最大限まで拡大することを可能にします。

DOCSIS 規格は非営利コンソーシアムの CableLabs によって策定され、1997 年なかばに承認されました (Version 1.0)。DOCSIS 規格は、ケーブル TV ネットワークを介した IP 接続、各種レイヤ、および双方向データ伝送用のあらゆる通信インフラストラクチャをカバーしています。DOCSIS 3.1 仕様の一部には引き続き前バージョンの内容が残されているので、ネットワーク・コンポーネントは後方互換でなければなりません。ローデ・シュワルツのアプリケーション・ノートには、DOCSIS 3.1 の基本となる技術的進歩と、測定における新しい機能が述べられています[1]。

現在のケーブル・ネットワークは、さまざまなバージョンの規格を使用しています。アップストリームとダウンストリームに関する DOCSIS 3.0 と DOCSIS 3.1 の違いを図 2 に示します。

**DOCSIS 3.0** は依然として世界中のさまざまな国で使われており、ヨーロッパでは、同地域で使われている標準的な 8 MHz チャンネル帯域幅を反映した修正バージョン (EuroDOCSIS) が使われています。EuroDOCSIS は、6 MHz のチャンネルが標準的な米国やアジアの場合よりも高いダウンストリーム・レートを提供します。DOCSIS 3.0 は 2 パス通信システムを定義しており、ダウンストリームには、ITU-T J.83/B 規格や DVB-C 規格と同様の 64QAM または 256QAM のシングルキャリア方式が採用されています[2]。

## ケーブル・ネットワークのデータ・フロー

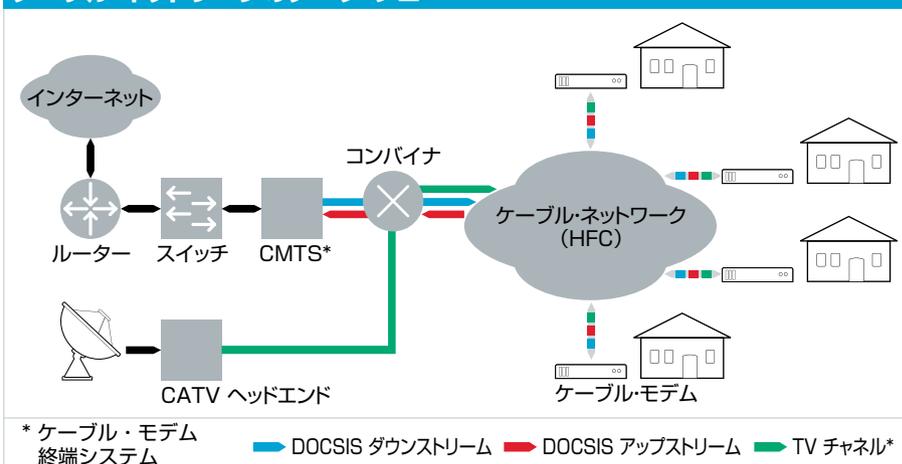


図 1: ケーブル・モデム経由でテレビおよびインターネット・サービスを家庭に提供する代表的なケーブル・ネットワーク

ダウンストリーム			アップストリーム		
パラメータ	DOCSIS 3.1	DOCSIS 3.0	パラメータ	DOCSIS 3.1	DOCSIS 3.0
変調	OFDM、4k および 8k FFT、DVB-C2 と同様	J.83/B または DVB-C によるシングルキャリア	変調	OFDM、2k および 4k FFT、DVB-C2 と同様	TDMA または CDMA によるシングルキャリア
周波数範囲	108 MHz~1218 MHz(1794 MHz)	45 MHz~1002 MHz	周波数範囲	5 MHz~204 MHz	5 MHz~50 MHz
チャンネル帯域幅	最大 192 MHz	6 MHz または 8 MHz	チャンネル帯域幅	最大 96 MHz	最大 6.4 MHz
QAM 次数	最大 4096(オプションで 8k、16k)	最大 256	QAM 次数	最大 4096	最大 64
誤り保護	LDPC、BCH	リードソロモン	誤り保護	LDPC、BCH	リードソロモン、トレリス
ダウンストリーム・データレート	10 G ビット/秒(20 G ビット/秒)	300 M ビット/秒 (1 G ビット/秒)	アップストリーム・データレート	1 G ビット/秒(2.5 G ビット/秒)	100 M ビット/秒 (300 M ビット/秒)

図 2:DOCSIS 3.1 と DOCSIS 3.0 の主な機能の比較。カッコ内の値は将来的な拡張値。

**DOCSIS 3.1** は、OFDM および非常に高次の QAM (将来的なアプリケーションでは最大 16kQAM) を使用する DVB-C2 規格の PHY 層仕様の一部を取り入れています。ダウンストリーム帯域幅は最大で 192 MHz まで拡大でき、最大 10 G ビット/秒のデータレートが可能です。

### DOCSIS 3.1 – ネットワーク・オペレータの成功のためのレシピ

より広い帯域幅と高い QoS への需要は絶えず増大しています。このような背景において、DOCSIS 3.1 の発表は、無線/LTEやDSLによるインターネット・プロバイダとの競争にも直面しているネットワーク・オペレータにとって、朗報と言えます。

市場は、さまざまな開発の動きと力によって動いています。これらには、より高速なインターネットアクセス、新しいビジネス・サービス、オーバーザトップ(OVT)コンテンツ、3D TV や 4K/8K TV の送信などが含

まれますが、これらはそのごく一部に過ぎません。いくつかのネットワーク・オペレータは、ケーブル Wi-Fi を推進しています。これはユーザの自宅だけでなく、自宅外にあるアクセス・ポイントでの WLAN 使用も可能にします。加入者にとっては、自宅周辺の屋外でも WLAN アクセスが可能だという利点があります。データ・スループットを大幅に向上させる DOCSIS 3.1 はこれらすべての新サービスの要求を満たすもので、ネットワーク・オペレータが市場での競争力を増す上で欠かすことのできない存在です。

DOCSIS 3.1 には経済的な利点もあります。機能強化されたこの規格は、より効率的なスペクトラム利用を実現します。コンスタレーションの次数を上げれば同じ帯域幅でより多くのビット数を伝送でき、ビットあたりのコストが下がります。しかし、何よりも大きな利点は、ネットワーク・オペレータが、ラストワンマイル部分における既存の銅ケーブル・インフラストラクチャをその

まま利用して、旧バージョンの DOCSIS では不可能だったデータレートを実現できることです。

DOCSIS 3.1 規格は、ヨーロッパ、米国、およびアジアで異なる帯域幅をサポートしています。この規格は後方互換なので最新規格にスムーズに移行でき、オペレータのコストとリスクを最小限に抑えます。

### 大きな技術的飛躍

旧バージョンとの主な違いは、DOCSIS 3.1 では直交周波数分割多重方式(OFDM)を使用していることです。このマルチキャリア技術は多くの利点を提供します。

- シンボル時間が長く、インパルス・ノイズへの耐性が向上
- 個々のサブキャリアを抑制することで、インパルス・ノイズによるビットエラーを防止
- 複数の変調プロファイルで異なる受信状態に対応
- 時間および周波数インターリーピングにより、インパルス・ノイズや狭帯域干渉(GSM 電話)への耐性が向上
- ガードバンド(サイクリック・プレフィックス)がシンボル間干渉(ISI)を防止
- シンボル整形により、傾斜の大きいチャンネル・スペクトラム・エッジを通じたチャンネル間干渉を防止

DOCSIS 3.1 は強力な誤り保護機能(低密度パリティ・チェック:LDPC)も使用しています。これは極めて高次のコンスタレーション(現在では4096QAM、将来的には16kQAM)を可能することで、劇的なデータレートの向上を実現します(図 3)。

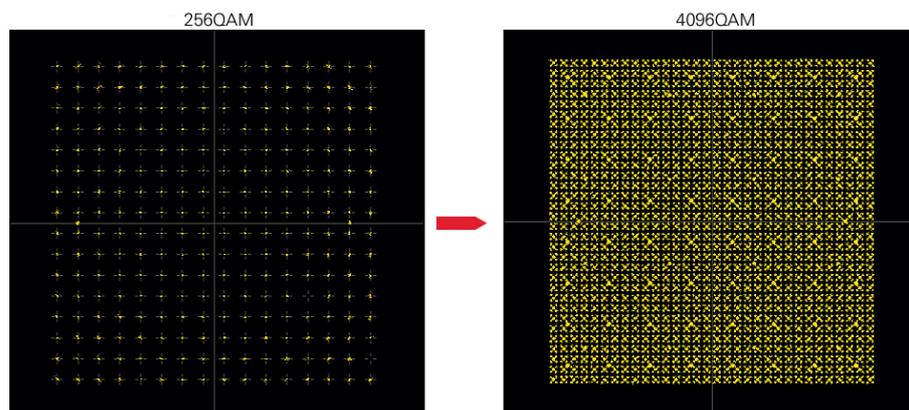
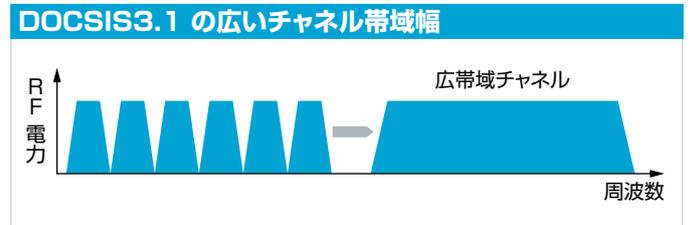


図 3:DOCSIS 3.1 における重要な改善点は、より高いデータレートを実現する高次のコンスタレーションを使用していることです。上のスクリーンショットは、R&S®CLGD DOCSIS 3.1 ケーブルテレビマルチチャンネル信号発生器と R&S®FSW シグナル・スペクトラム・アナライザを使用して作成しています。

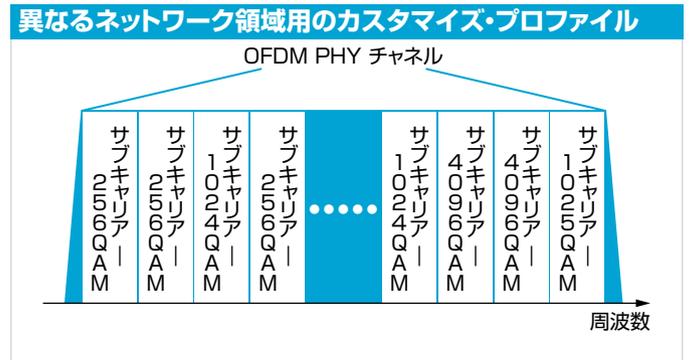
また、DOCSIS 3.1 では最大 192 MHz の帯域幅でチャンネルを定義しているため、RF ガードバンドの必要性が減少するか、まったく無くなります(図 4)。この技術は、HEVC エンコードによる高フレームレートの 8K 送信用にダウンストリーム・データレートを向上させるために、日本CATV技術協会(JCTEA)が採用しています。

図 4:広いチャンネル帯域幅によって RF ガードバンドの必要がなくなり、より効率的な送信が可能になります。



高次のコンスタレーションには、より高い信号品質(変調誤差比:MER)が必要です。したがって、ヘッドエンドはできるだけ高 MER のダウンストリーム信号を生成しなければなりません。また、アップストリーム・パスはノイズの影響を受けやすいので、やはり高い変調品質を備えている必要があります。DOCSIS 3.1 にとってテストとメンテナンスが重要な理由は、ここにあります。求められるタイプの解析を行うには、高品質の T&M 機器が不可欠です。

図 5:OFDM ケーブル・チャンネル内の各サブキャリアにコンスタレーション次数を個別に割り当てることができます。



### 重要機能:プロファイル

DOCSIS 3.1 が提供する注目すべき機能はプロファイルです。プロファイルは、ネットワーク・ポロジの個々の領域に適切な信号構成を適用するために使用することができます。すべてのケーブル・モデムが同じ品質レベルの信号を受け取るわけではありません。モデムにおける信号品質

は、ケーブル・モデム終端システム(CMTS)までの距離、アップストリーム・コンポーネントのタイプと数(図 6)、および伝送経路に加わるさまざまなタイプの干渉に依存します。プロファイルには、OFDM ケーブル・チャンネル内の各サブキャリアに個別のコンスタレーション次数(QAM)を割り当てることができるという利点があります。同様

の信号品質を持つモデムのグループに適切なプロファイルを割り当てることにより、所定のキャリア対ノイズ比(CNR)において、ネットワーク内のできるだけ多くのモデムに可能最大限のチャンネル容量を提供することができます(図 5)。

### ケーブル・ネットワーク内のさまざまな受信状態

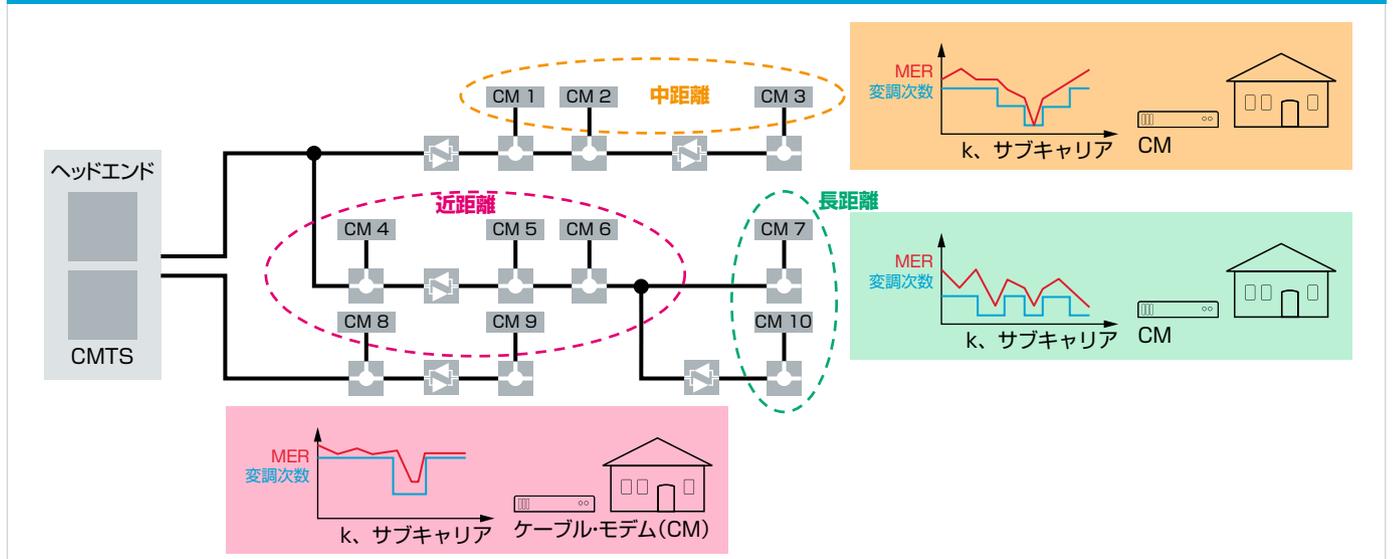


図 6:信号品質(MER)は、ケーブル・ネットワークインフラストラクチャと、ケーブル・モデムとケーブル・モデム終端システム(CMTS)間の距離に依存します。

異なるプロファイルを割り当てるオプションを使用しない場合、CMTS は、最も低い CNR のモデムが信号を確実にデコードできるようにするために、次数が十分に低いコンスタレーションで信号を生成しなければなりません。これは、残りのすべてのケーブル・モデムのデータレートを無駄に低下させることとなります。このプロセスは、DVB-T2 規格の PLP のプロセスに似ています。DVB-T2 では、たとえば屋根アンテナでの受信、室内受信、あるいはモバイル受信といったさまざまな状況に放送サービスを適合させることができます。

### 将来

米国内では、DOCSIS 3.1の発表以来数多くの活動が行われてきました。CableLabs は、コロラド州ルイビルで 2 つのイベントを主催し、CMTS やケーブル・モデムのメーカー、T&M 機器のプロバイダ、そしてネットワーク・オペレータが一堂に会し、そのシステムの相互接続性をテストする機会を提供してきました。ローデ・シュワルツはこのテストに参加するとともに、信号発生器とシグナル・アナライザを提供しました。

2020 年東京オリンピックの準備の一環として、JCTEA は最近、2016 年から開始する UHD-2 8K 放送(120 フレーム/秒)を立ち上げるために DVB-C2 規格に修正を加えました。対応するサービスは HEVC エンコーディングを使用する予定で、主に必要となるデータ伝送速度は 100 M ビット/秒です。JCTEA は、ソニーの協力の下に、DVB-C2 ワーキング・グループに対し、いくつかの機能強化を提案しました。これは、日本政府の定める放送規則に従ってこの規格を使用できるようにするものです。

- 早期警戒システムからの通知(地震など)。これらの信号は、十分な確実性を備えた送信を保証するために、レイヤ 1 に含まれていなければなりません。
- PLP バンドルのための、より高精度の仕様。これは現在、一般条件(EN 302 769 V1.2.1 Annex F)でのみ指定されています。日本は、PLP バンドリングを商業的に使用する最初の国になるとみられています。
- 柔軟性を高めるための新しい変調およびコーディング方式。現在 DVB-C2 規格に定められている方式は、受入可能な S/N 比において 49 M ビット/秒(コードレート 5/6 で 1024QAM)のデータレートを実現します。6 MHz のチャンネル帯域幅で 56 M ビット/秒(コードレート 5/6 で

4096QAM)とすることもできますが、より高い MER が必要です。

これらの要求は DVB-C2 商用モジュール・グループによって提出され、2015 年 2 月に DVB 運営委員会[3]の承認を受けました。

日本のネットワーク・オペレータである J:COM は、DOCSIS 3.1 のテスト・フェーズを 2015 年末までと計画しており、その時点で、全国のケーブル・ネットワーク内すべてのアナログ TV サービスを打ち切る予定です。したがって、テスト・フェーズ 1 の間は、QAM(J.83/C)と DOCSIS 3.1 の信号がネットワーク内に共存することが見込まれています。

ドイツを含む一部のヨーロッパ諸国では、テスト・フェーズ 1 の間、PAL(アナログ)、QAM(DVB-C)、および DOCSIS 3.1 の各信号がケーブル・ネットワーク内に共存する可能性があります(図 7)。NTSC(アナログ)と J.83/B を使用する米国でも同様の状況が予想されます。

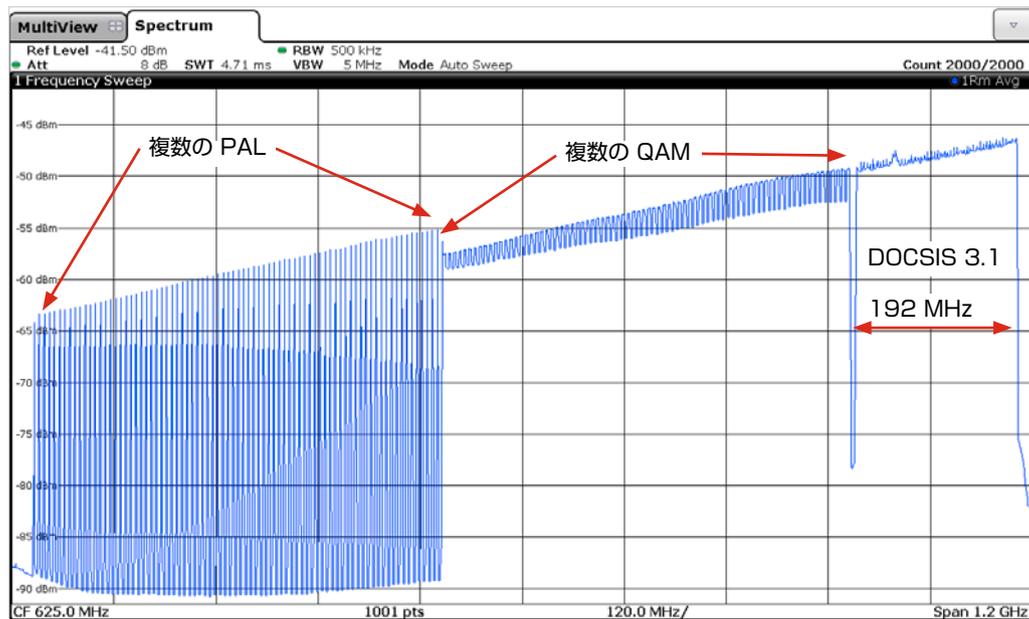


図 7:立ち上げ段階においては、アナログ信号と QAM 信号が DOCSIS 3.1 信号と共存する見込みです。スクリーンショットは、R&S®FSW シグナル・スペクトラム・アナライザで測定したアンプの出力信号です。フィルタはケーブルとアンプの周波数応答を補正します。

## サマリ

DOCSIS 3.1 は、容量、確実性、および柔軟性の面でアップストリームとダウンストリームの性能を大幅に改善することから、今後数年間でケーブル市場に大きな動きをもたらすことが予想されます。この規格は、ダウンストリームで最大 10 G ビット/秒、アップストリームで最大 2.5 G ビット/秒までデータレートを増大

させます。しかも、HFC ネットワークインフラストラクチャに大きな変更を加える必要はありません。その可能性はケーブル関連顧客の期待に応えるものであり、この規格が将来の 4K および 8K TV 放送にも重要な存在となることを保証するものでもあります。

Dr. Nik Dimitrakopoulos; Peter Lampel;  
Greg Kregoski

## 関連資料

- [1] "DOCSIS 3.1" - ローデシュワルツ・アプリケーション・ノート(ダウンロードのための検索キーワード「7MH89」)
- [2] "Recommendation J.83 (1997) Amendment 1 (11/06)" (J.83 勧告、修正 1) 2006 年 11 月。引用: 2013 年 6 月 2日
- [3] <https://www.dvb.org/resources/>

## DOCSIS 3.1 用測定機器

DOCSIS 3.1 規格が策定された今、業界の各企業はこれに対応する作業を開始する必要があります。ケーブル・モデムと、ヘッドエンド内のケーブル・モデム対応部分(CMTS)には、まったく新しい世代の広帯域変調器とチューナが必要になります。ネットワークインフラストラクチャに手を加える必要がないとしても、アンプとコンバータを新しい信号でテストすることは必要です。広帯域ケーブル上を行き来する数多くの信号は、相互変調によって簡単に歪みを生じるので、これらの信号は特に重要です。OFDM では信号ピークも発生する可能性がありますが、これは電気/光変換器のレーザークリッピング発生につながり、干渉やデータ喪失を引き起こす結果となります。さらに、移行期間中、DOCSIS 3.1 は旧 3.0 バージョンや既存のデジタル TV、場合によってはアナログ TV や VHF ラジオともケーブルを共有しなければなりません。T&M 機器は、この複雑なシナリオに対応できる必要があります。

### 負荷をカスタマイズしたラボ用の広帯域ケーブル:

#### R&S®CLGD DOCSIS ケーブルテレビ・マルチチャネル信号発生器

R&S®CLGD 信号発生器は(全チャンネル)負荷状態のケーブルをシミュレートしますが、特に、新しい広帯域データ・サービスが従来の TV 放送と共存できることを確認するために、DOCSIS 3.1、J.83/A/B/C、およびアナログ TV 信号間相互の影響を調査してするのに適しています。

必要なものは DUT だけです。R&S®CLGD と R&S®FSW は、DOCSIS 3.1 対応コンポーネントの解析に必要なすべての機能を備えています。



す。47 MHz から 1218 MHz(オプションで 1794 MHz)までのダウンストリーム周波数範囲において、このジェネレータは、最大 8 つの DOCSIS 3.1 チャンネルか、ミックスモード動作の場合で 2 つの DOCSIS 3.1 チャンネルと最大 158 のデジタル TV チャンネルを生成します。アップストリームでは、5 MHz から 204 MHz までの範囲がサポートされており、この範囲には最大帯域幅 96 MHz の DOCSIS 3.1 信号か、DOCSIS 3.0 の TDMA または CDMA 信号を供給できます。

各ダウンストリーム・チャンネルは、内部で生成される MPEG-2 トランスポート・ストリームか PRBS コンテンツ、あるいは IP 経由で送られるデータにより、リアルタイムで連続的に変調されます。これにより、構成を変更することなく、全周波数範囲にわたって BER を直接測定することができます。R&S®CLGD は、白色ガウス雑音(AWGN)、インパルス・ノイズ、マイクロリフレクション(SCTE 40 に基づく)、狭帯域イングレス、AC ハムなど、さまざまなタイプの干渉を追加することによって、これらのシミュレーションを現実的なものにします。この装置は、PC や簡便なウェブ GUI を介して操作することができます。

### R&S®FSW シグナル・スペクトラム・アナライザによる包括的な DOCSIS 3.1 解析

R&S®FSW シグナル・スペクトラム・アナライザには、DOCSIS 3.1 ダウンストリーム信号の解析用に R&S®FSW-K192 オプションを使用することができます。このソフトウェア・アプリケーションは、詳細な結果を表示する幅広いグラフィック表示機能と測定パラメータをリストする表の表示機能を備えており、DUT に関する正確な特性評価とトラブルシューティングが極めて容易になります。また、時間短縮に役立つ自動化機能も備えているので、測定をより効果的に行うことができます。たとえば、このソフトウェアは多数の異なる信号パラメータを自動的に識別し、信号に関する詳しい知識がなくても初期測定を行うことが可能です。しかし、すべてのコード・ワードの変調とデコードを行うには、使用する DOCSIS 3.1 プロファイルについての深い理解が必要です。同様に、この情報は、PLP からデータを読み込むことによって自動的に得るか、手動で入力することができます。

ソフトウェアは、変調誤差比:MER を含む数多くの重要な信号品質パラメータを取り込みます。MER は、極めて高い密度(16kQAM)の I/Q ダイアグラムからでも高い精度で求めることができます。以上に加えて、R&S®FSW-K192 は、検出したシンボルをデコードしたり、極めて低い値であっても(10<sup>-10</sup>)ビット・エラー・レートを測定したりすることができます。



撮影: Jan Windszus / Berlinale

# ローデ・シュワルツ、再び ベルリン国際映画祭の公式 デジタル・シネマ・パートナーに

Rohde & Schwarz DVS GmbH は、3 年連続でベルリン国際映画祭をサポートしました。ローデ・シュワルツのシステムはデジタル・ワークフローの中心を形成し、効率的かつ信頼性の高いワークフローの実現を舞台裏で支えました。

第 65 回ベルリン国際映画祭(ベルリナーレ)は、2015 年 2 月 5 日から 15 日までの期間で開催されました。これは、映画業界における世界最大級のイベントのひとつです。しかし、映画業界ではデジタル化の流れが進んでおり、これが映画祭のチームの課題ともなっています。これは、約 2,500 の上映作品の 95% がデジタル映画素材であり、標準化されたデジタル・シネマ・パッケージ(DCP)フォーマットで提供する必要があります。しかし、制作会社は通常、その作品を DCP ではなく他のフォーマットやテープで提供します。これは、最初に映画祭全体のアーカイブを変換しなければならないことを意味します。ローデ・シュワルツのスタジオ機器が連続 3 回にわたって映画祭を支援したのは、この目的のためです。

## あらゆる入力フォーマットから DCP へ

ローデ・シュワルツのシステムは、デジタル・ワークフローの中心であるコルト・テクノロジー・サービス社(Colt Technology Services—同社もこの映画祭の公式デジタル・シネマ・パートナーです)のデータ処理センターに設置されました。R&S®VENICE インジェストおよびプロダクション・サーバ(次ページを参照)は、アナログ素材をデジタル化して、その後の処理を行えるようにします。R&S®VENICE は、最大で 4 つのチャンネルの信号を同時に記録して変換することができます。

次いで、R&S®CLIPSTER マスタリング・ステーションが、膨大な量のデータを処理するタスクを引き継ぎます。さらに、あらゆる最新ビデオ・フォーマットの処理に関して市場をリードする性能と能力を備えた R&S®CLIPSTER が、提出された作品を DCP フォーマットに変換して、それをシステムの中心をなす R&S®SpycerBox ビデオ・ストレージ・ソリューションに保存しました。サブタイトルの変更などの最終的な調整も容易でした。

ローデ・シュワルツのビデオ・ストレージ・ファミリである R&S®SpycerBox は 1 ペタバイトの保存容量を誇り、映画祭のデジタル・シネマ・ソリューションの現場におけるバックボーンを形成しました。ベルリン映画祭自体用の映画素材とヨーロッパ・フィルム・マーケット(EFM)用映画素材の両方が、この高いフェイルセーフ性能を備えたストレージ・ソリューションに保存されました。

## ベルリン国際映画祭

ベルリン映画祭は、映画業界における世界最大級のイベントのひとつです。335,000 枚を超えるチケット販売数を誇り、約 4,000 名のジャーナリストを含めて 128 国から 20,000 名を超える業界関係者が参加するこの映画祭は、芸術、華やかさ、祝典、ビジネスなどの要素を兼ね備えたアピールの場です。ベルリン国際映画祭の公開プログラムでは、毎年約 400 作品が上映されますが、そのほとんどは世界的、国際的に評価されているものです。あらゆるジャンル、長さ、フォーマットの作品が、映画祭のさまざまな部門で上映されます。

ヨーロッパ・フィルム・マーケット(EFM)は、ベルリン映画祭におけるビジネスの中心であり、世界で最も重要と目される国際映画マーケットです。映画祭と同時に開催される EFM は 480 を超える映画会社にビジネスの場を提供し、制作者、バイヤー、セラー、配給会社、映画館、出資者を含むその参加者は 8,000 名を超えます。これらすべての参加者は、EFM を通じてそのネットワークの構築や発展に努め、業界における地位の強化を図り、上映権の交渉を行います。映画祭参加作品に加えて、EFM には 500 を超える作品が出品されます。

R&S®VENICE インジェストおよびプロダクションサーバ(左側ラックの最上段)は、そのサポート対象となる膨大な範囲のファイルフォーマット、コーデック、およびインタフェースによってアナログ素材をデジタル化しました。また、R&S®CLIPSTER マスタリング・ステーション(左側ラックの最下段)は、膨大な量のデータを処理しました。右側に見えるのは、冗長化構成された R&S®SpycerBox ビデオストレージソリューションです。



ベルリン国際映画祭デジタル・シネマ担当テクニカル・マネージャの Ove Sander 氏は、映画祭の運営成功を喜び、次のように語っています。

「今年もまた、頼りになるローデ・シュワルツ DVS のシステムを使用することができ、大変嬉しく思っています。R&S®CLIPSTER マスタリング・ステーションは、その信じがたいほどのスピードによって、映画祭開始前に余裕を持ってすべての DCP を作成することを可能にしました。DCP は信頼性の高い R&S®SpycerBox ソリューションにバックアップしたので、映画祭の忙しいなかでもシステムを信頼して、あらゆることをスムーズに進めることができました。」

Katrin Brussa

#### テクノロジー & イノベーション・デイ

ローデ・シュワルツは、映画祭の一環として「テクノロジー & イノベーション・デイ」を毎年開催しています。2015 年には、メディア産業における著名な講演者が、4K UHD 素材の制作から配給へ向けた処理方法についての見通しを提供しました。2016 年 2 月のベルリンでも、この独自のイベントを継続すべく計画を進めています。



# ローデ・シュワルツ SIT の vdek 向け 暗号化ソリューション

健康保険に関する情報は法律で特別に保護されています。全国に入札を募った結果、ドイツ健康保険共済組合連合会(vdek)は、データセンター間でやりとりされる情報に関して適切なセキュリティを確保するために、ローデ・シュワルツ SIT とドイツのインテグレーション・パートナーであるパン・ダコム・ディレクト社のシステムを採用することに決定しました。

健康保険に関する情報には、診断、処方箋、病状に関する記述など、極めて個人的な情報が含まれています。これらのデータが漏洩すると、健康状態に関する情報が被保険者に対して直接使われたり、闇市場に売却されたりする恐れがあります。このデジタル時代において、医者と患者間の秘密に関してはもはや漏洩を防止するだけでは不十分であり、電子的な伝送におけるデータ保護を確実にすることも必要です。

ドイツ国内における健康保険基金の代表者でありサービス提供者でもある vdek は、データ保護の重要性を十分に理解しています。vdek の IT 部門長を務める Peter Neuhausen 氏は次のように語っています。「私たちは、委託されたデータを確実に保護するために、常に最新の安全な暗号化技術を使用する義務があると感じています。」vdek は、合計 6 つの健康保険機構の 2,600 万人分の被保険者データに関して責任を有しています。「各組合を統括する団体として、私達は模範的な例を示さなければなりません。」 Neuhausen 氏はそう語っています。

vdek は、増え続けるデータ処理要求に対応するために、外部データセンターにリモート・バックアップを設置しました。このセンターは vdek 本部から数 km 離れた場所にあり、公共の光ファイバリンクを使用し、コスト効率の良い方法で接続されています。特別なデータ保護が必要な理由はここにあります。vdek の専門家は次のように述べています。「取扱いに注意を要するデータは、暗号化することなく公共リンクを通じて伝送すべきではありません。不正アクセスされるリスクが高過ぎます。」

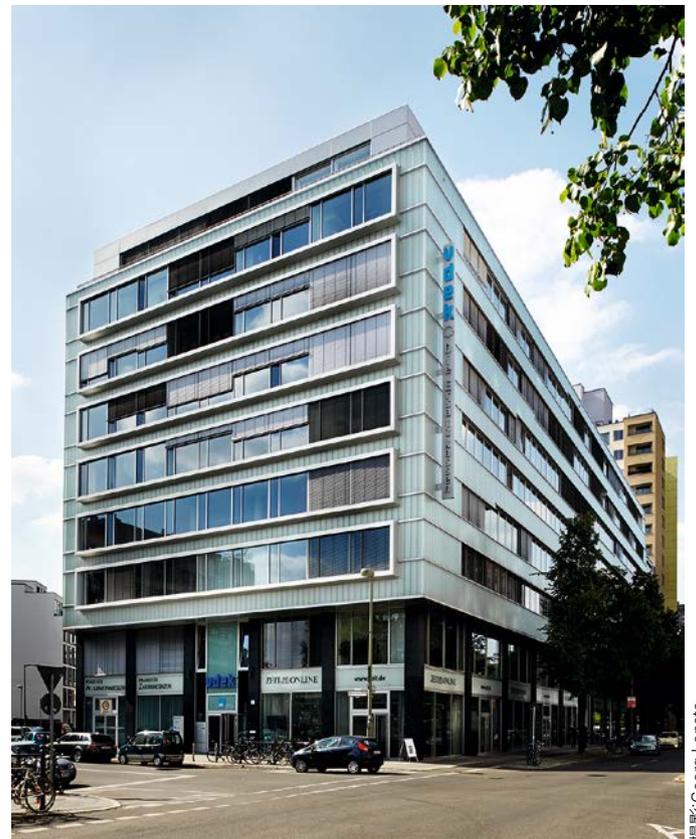
## 要求に適合:高速、効率的、安全

できるだけ強力なデータ保護機能の実現に加えて、vdek に加盟している組合は、たとえば迅速な請求や情報要求へ素早く対応するために、そのデータへ迅速にアクセスできることを望んでいます。各組合を統括する団体として、vdek は組織的な柔軟性を備え、各加盟組合の要求に迅速に応えることができるように構成されています。「私達のニーズに見合った十分に高速で効率的な暗号化ソリューションの導入が重要である理由は、まさにこの点にあります。これは、新しい IT セキュリティ方法の例を各加盟組合に示

し、実証することも可能にします。」 Neuhausen 氏はそう語っています。

全国のさまざまな入札者の中から採用すべき提案を選択する際の鍵となる基準には、ドイツ連邦電子情報保安局(BSI)の承認を受けていることと、サービスが優れていることが含まれています。当面のところデータセンターは単なるバックアップですが、採用すべきソリューションは、時間もコストもかかるレトロフィットを後で行わなければならないような事態を避けるために、同期ミラーリングをサポートしている必要もあります。このような背景において重要な要素は、広帯域幅と低レイテンシです。

vdek 本部ビル



撮影: Georg Lopata

これらの技術的要求を満たすことができるソリューションはローデ・シュワルツ SITの R&S®SITLine ETH 製品ファミリーだけだったので、同社がインテグレーション・パートナーであるパン・ダコム・ディレクト社とともに契約を落札し、データセンター間でやり取りされる保険情報を保護することになりました。パン・ダコム・ディレクト社はネットワーク技術分野におけるフルサービス・プロダクト・インテグレータで、ハードウェアの設置、既存光ファイバラインへの接続、および現場サポートに関する顧客の直接的な窓口となります。「特に、大きなデータセンターに関してはローデ・シュワルツ SIT のソリューションが理想的です。」パン・ダコム・ディレクトの事業開発部長 Yurda Oktay 氏はそう説明しています。「これらのソリューションは最高級の技術的性能を備えている上に、インテグレーションも容易です。」

### データ盗用の防止

vdek は R&S®SITLine ETH40G Ethernet エンクリプタを使用してそのデータラインを保護し、さらに、エンクリプタの構成と管理を容易にする R&S®SITScope 中央セキュリティ管理システムを使用します。R&S®SITLine ETH40G は大量の暗号化データをリアルタイムで交換するために特に設計されたものですが、これは今まさにデータセンターで発生している事態です。40 G ビット/秒というその高スループットとわずか 3 マイクロ秒の暗号化レイテ

ンシによって、R&S®SITLine ETH 製品ファミリーのこの新しいフラッグシップ製品は(下の図を参照)、データセンターの厳格な要求を満たします。しかも、必要なスペースは 1 HU に過ぎません。

暗号化はデータリンク層(OSI レイヤ 2)で行われます。これは、IP 暗号化(OSI レイヤ 3)と比較してセキュリティ・オーバーヘッドを最大で 40% 減らすという追加的な利点を提供し、それによって帯域幅を節約します。これにより性能的に妥協することなく vdek のデータラインを保護することが可能になります。この利点が、このエンクリプタを vdek に最適なものにしていきます。

### ドイツ製のセキュリティ

前出の Peter Neuhausen 氏はさらに次のように語っています。「ドイツ連邦政府の IT セキュリティ・パートナーとして、ローデ・シュワルツ SIT は vdek の要求以上の条件を満たしています。ドイツ製 IT セキュリティ製品の信頼性には感謝しています。」パン・ダコム・ディレクトもローデ・シュワルツ SIT も、その製品の開発と製造をドイツ国内で行うことを重視しています。これは、vdek が高度なドイツ製データ保護規格に安心して依存できることを意味しています。特に暗号化に関しては、これは重要な利点です。

Christian Reschke



R&S®SITLine ETH ファミリの製品はあらゆるニーズに対応する暗号化ソリューションを提供します。必要ラックスペースはわずか 1 HU です。

## ビッグデータのセキュリティ: ローデ・シュワルツ SIT がドイツ・ データセンター・アワードを受賞

この4月に、第5回ドイツ・データセンター・アワードが発表されました。今回は、ローデ・シュワルツ SIT が著名な国際的競争手を抑え、R&S®SITLine ETH40G Ethernet エンクリプタによって「データセンター IT およびネットワーク・インフラストラクチャ」部門の1位を獲得しました。

ドイツ・データセンター・アワードは、IT 業界をリードする性能指標のひとつです。主催者のドイツ CE 審議会 (de-ce Beratung) は、今年も数多くのエントリーを登録しています。ビジネスおよび科学の専門家で構成される独立審査委員会が、合計8つのカテゴリにエントリーされた製品の評価を行いました。

R&S®SITLine ETH40G は、40 G ビット/秒のデータ・スループットを持つ初の高速エンクリプタです。このエンクリプタは、ネットワーク性能を低下させることなく、データセンターのリアルタイム接続を改竄や盗用から保護します。このソリューションは、企業や政府機関のビッグデータ・インフラストラクチャ、プライベートクラウド、およびバックボーン・ネットワーク用にドイツ製のセキュリティ機能を提供します。

審査委員は、R&S®SITLine ETH40G のエネルギー効率の良いスケーラブルなデザインや、暗号化の運用コストを最小限に抑えて最大限の可用性を実現する数多くの実用的機能も高く評価しています。審査委員は、クラウド・バックボーンやビッグデータ用のこの高速エンクリプタを18の候補から選び出すことによって、その成果を称えました。



# ボトルネックのないネットワーク・トラフィックを実現するローデ・シュワルツ SIT とシスコの IP 暗号化ソリューション

シスコ(Cisco)は世界最大のネットワーク機器プロバイダです。同社の最先端のルーティング技術をドイツ政府のネットワークに使用するには、政府の IT セキュリティ規格に合った革新的な国内用暗号化ソリューションが必要です。ローデ・シュワルツはこのようなソリューション、R&S®SITLine IP を開発しました。

## 単一デバイスで高いネットワーク効率と安全な暗号化を実現

これまで長い間、データ・ネットワークにとっての中心的な問題はフェイルセーフ性能と可用性でした。今日、重要な役割を果たすのは効率、QoS、そしてデータ保護です。

IPSec は一般に広く知られているデータ・ストリーム暗号化技術です。この技術は仮想プライベート・ネットワーク(VPN)や、たとえばモバイル・ユーザ機器がインターネット経由で企業内ネットワークにダイヤル接続するときなどに使われます。これを実行するために、IPSec では、安全に暗号化されたポイントツーポイント接続(VPNトンネル)が定義されています。

しかし、IPSec ベースのソリューションは、先進的な広域ネットワーク(WAN)アーキテクチャにとって障害となる可能性があります。その暗号化されたトンネルはインテリジェント・ルーティングに必要な情報を隠し、ネットワーク・トラフィック最適化の大きな制約と

なります。その結果が VPN トンネルの固定オーバーレイ・ネットワークであり、その場所が増えた場合は管理に多大な労力が必要になります。

先進的ネットワークが効率的なものとなるのは、そのトラフィックが最適化されている場合に限られます。最適化を行えば、たとえば多数の端末やハブを持つ大規模かつ高度にメッシュ化されたネットワークにおいて、高い可用性や QoS を実現するために、インテリジェント・ルーティングを行うことができます。接続に失敗した場合は、ネットワーク・ルータに組み込まれたメカニズムが、ターゲット端末への代替パスを探します。QoS を設定することも可能です。たとえば、IP ベースの電話での会話(VoIP など)に、電子メール・パケットよりも高い優先順位を与えることができます。この最適化は技術的理由から必要なものであり、ネット中立性という概念にも適合しています。しかし、暗号化トンネルによって重要な情報を使用できなくなってしまうと、最適化が著しく阻害されま

## R&S®SITLine IP : 暗号化に基づくインテリジェント・ルーティング

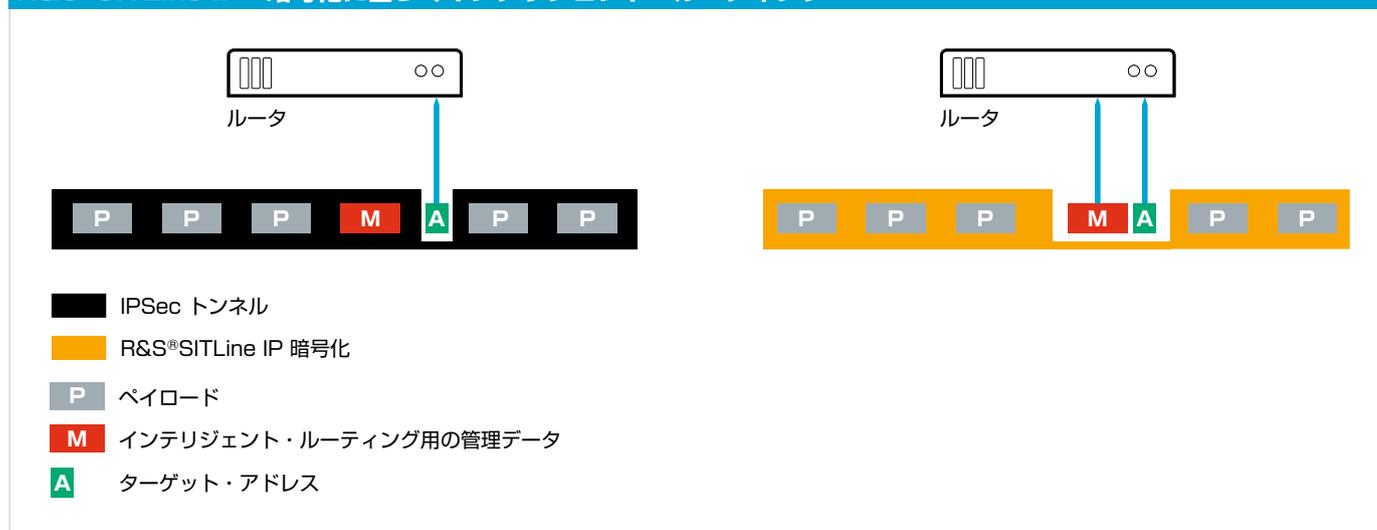


図 1:従来型の IPSecトンネル(左)と異なり、R&S®SITLine IP ソリューションはペイロードのみを暗号化します。サービスおよびルーティングのための情報は、引き続きネットワーク・トラフィックの最適化に使用できます。

グループ指向の IP セキュリティソリューションは、取扱いに注意を要するペイロードだけを暗号化し、サービスおよびルーティング情報を使用できるようにすることによって解決策を提供します(図 1)。このグループ鍵コンセプトは顧客のネットワーク管理を大幅に簡素化し(図 2)、全体的な耐障害性を大きく向上させます。

### 政府ネットワーク用の IP セキュリティソリューション

シスコ・インターナショナルとローデ・シュワルツ SIT は、ドイツ製の暗号化技術を使用し、高度のセキュリティ機能が求められるドイツ政府のネットワーク用に、これらの先進型ソリューションを実装する予定です。この排他的協力関係の一環として、ローデ・シュワルツ SIT は、シスコのネットワークにシームレスに組み込むことのできる暗号化デバイスを開発中です。

新しい R&S®SITLine IP デバイスは、ネットワーク・コンポーネントには透過的な方法によって全伝送経路のデータ・トラフィックをリアルタイムで暗号化するので、政府のネットワーク用に最適です。これらのデバイスは、先進的メッシュ・ネットワークの性能を低下させることなくさらにセキュリティを強化するために、純ドイツ製のハードウェアを使用していることも特長です。R&S®SITLine IP エンクリプタはシスコ最新の組み込み型サービス・ルータとともに動作しますが、セキュリティ・コンポーネントとネットワーク・コンポーネントは厳密に区別されています。これは、シスコとの協力によって、高いセキュリティと総合的な相互接続性が保証されていることを意味します。

### シスコ・インターナショナル(Cisco International)

カリフォルニア州サンノゼに本社を置くシスコは、世界をリードするインターネット・ベース・ソリューションのサプライヤです。約 74,000 名の従業員を擁する同社は、2014 会計年度に世界中で約 470 億ドルの収益を上げています。同社の主な業務分野は、コア・ネットワーキング、シスコ・ビデオ・コラボレーション、アクセス(有線およびモバイル)、セキュリティ、統合データセンター、サービスの 6 分野です。シスコのセキュリティ部門は 2014 年に約 150 億ドルの収益を得ています。

R&S®SITLine IP の開発は、すでに R&S®SITLine ETH Ethernet エンクリプタ(50 ページの図)に使われ、ドイツ連邦電子情報保安局(BSI)の承認を受けている革新的なプラットフォーム・アーキテクチャに基づいて行われています。ローデ・シュワルツでは、スループット・レートが 100 M ビット/秒~10 G ビット/秒の R&S®SITLine IP モデルを複数計画しており、これらのエンクリプタについては、ドイツの「部外秘情報」分類レベル(VS-NfD)までの BSI 承認を取得する予定です。

政府のネットワークにとっては、適用ソリューションに関する信頼できる付加価値チェーンが特に重要です。ローデ・シュワルツ SIT は、ドイツ国内の安全な自社施設で製品の開発と製造を行っています。これは、プラットフォーム・コンポーネントと、それらで構成される製品の長期的な入手性を保証することにもなります。

ローデ・シュワルツ SIT とシスコは、互いに完璧に補完し合う関係にあります。ローデ・シュワルツ SIT による最高水準のドイツ製セキュリティ技術と、シスコの最先端ネットワーク技術。両社が一体となることで、ドイツ製暗号化機器で世界をリードする IT インフラストラクチャを構成し、ドイツ政府の IT ネットワークの追加的ニーズを満たすことが可能になります。これは、高性能と国家的セキュリティが必要とされる場合の国際的な先例となり得るモデルです。

Christian Reschke

### 構成にかかる労力を軽減する R&S®SITLine IP

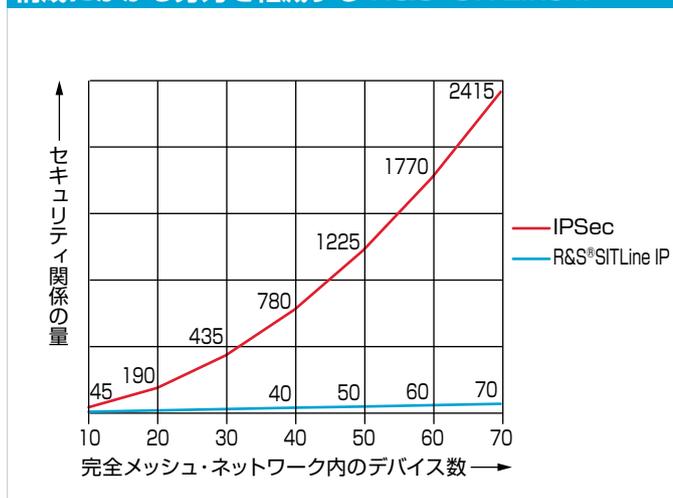
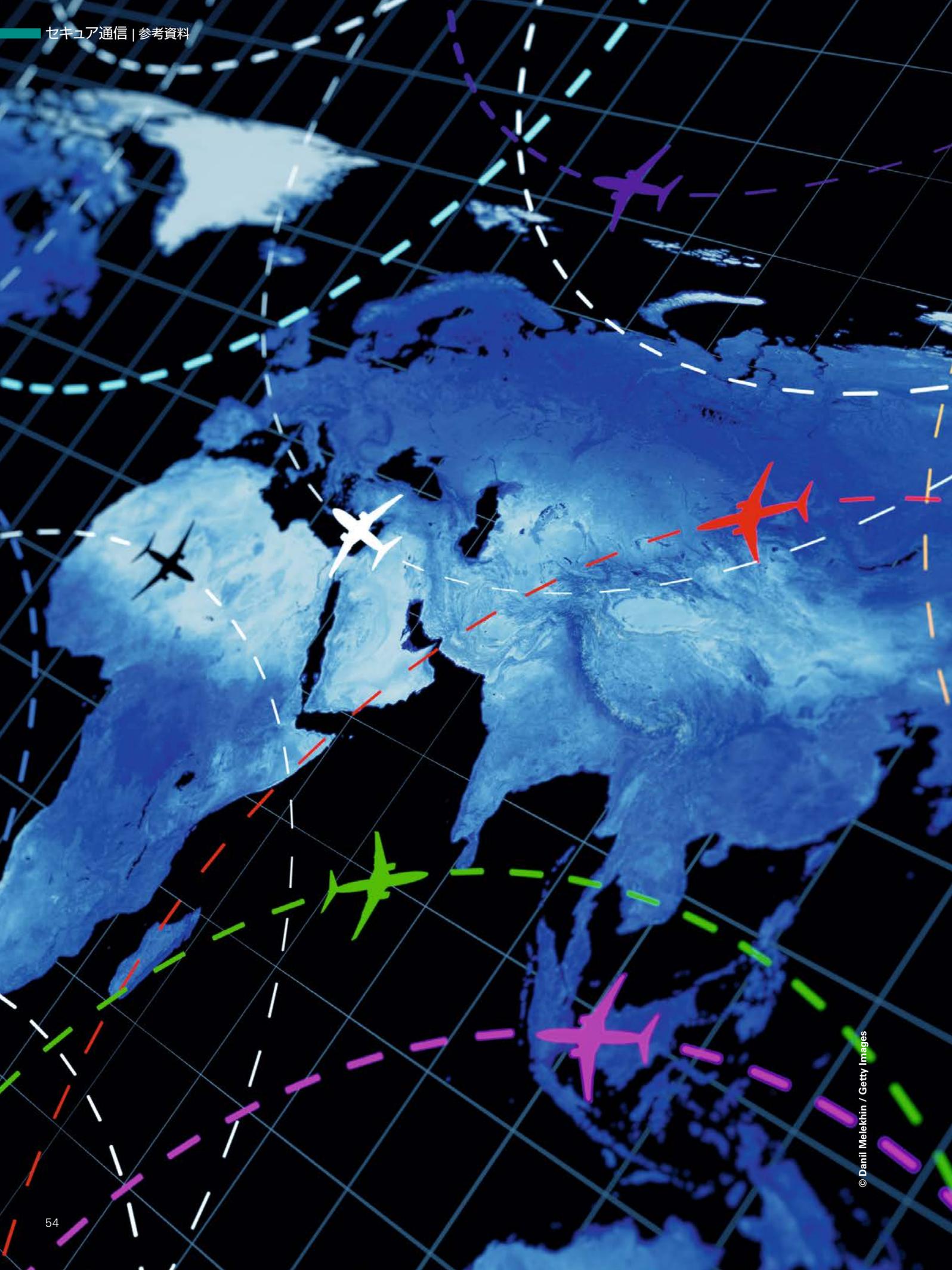


図 2: R&S®SITLine IP グループ暗号化を使用すれば、IPSec ベースの保護を使用した場合と比較して、完全にメッシュ化されたネットワークを構成する際の複雑さが大幅に軽減されます。



# 航空交通管制用の革新的クラウド・アーキテクチャ

ローデ・シュワルツのユニークなソリューションが、劇的な構造の変化という間近に迫った課題に対する国内および国際航空交通管制(ATC)機関の対応を支援します。その最新の例として、北大西洋域航空路における航空交通管制近代化のための合同プロジェクトがアイルランドとアイスランドで進行中です。

## 焦点:航空交通の密度とコスト

航空交通の密度増大とコスト軽減への圧力が、ATC 機関への課題を生み出しました。ヨーロッパ上空の細分化された空域も問題を複雑にしています。現時点の中央ヨーロッパ上空における各国の ATC 分担空域を図 1 に示します。赤線は 2 つの仮定の飛行経路を示しており、ひとつはフランスからドイツへ、もうひとつはイタリアからドイツへの航空路です。このような短距離の飛行でも頻繁に管制機関同士の引き継ぎが行われます。一方の航空路ではフランス、ベルギー、オランダ、ドイツの順で、そしてもう一方ではイタリア、スイス、オーストリア、ドイツの順です。

地形的条件も、頻繁な管制権の引き継ぎを強いる要因になっています(図 2 を参照)。この例におけるような無線通信のシャドウイングは、飛行の監視と管制を切れ目なく行おうとすれば追加的な通信リソースが必要になることを意味しています。ここで使われているのは広く普及している時分割多重(TDM - もともとは公衆電話回線網用に開発)技術ですが、これが、これらのリソースをネットワーク化することを不可能にしています。TDM においてユーザが利用できる無線リソースは、その地域の管制センターに

接続されているものに限られます。接続は回路交換式で、個々の管制センター間に無線リソース用のスルー接続はありません(あるいは、インタフェースの互換性がないために実現できません)。

これらの制約のすべてが航空交通管制に悪影響を与えます。一方で、頻繁に管制権を移管する場合は、多数の管制センターに多数の人員が必要になります。エアラインは飛行ごとに航空管制料(人件費と運用費を含む料金)を支払わなければならないので、これは最終的に航空券の価格に影響します。他方では、管制権の移管には正式な管制移管の手続きが必要なので、管制官の負担が大きくなります。また、管制移管には一定の時間がかかります。結果として、頻繁な管制移管はパイロットと管制官の負担を増やし、最終的には管制空域の容量を制限します。高い運用コストと空域容量の制約は、現行構成の中央ヨーロッパ空域の新たな発展の機会を減らします。世界中の空域は、多かれ少なかれ同様の問題を抱えています。



図 1:中央ヨーロッパ上空の狭い空域による頻繁な管制移管を伴う航空路の例(赤)

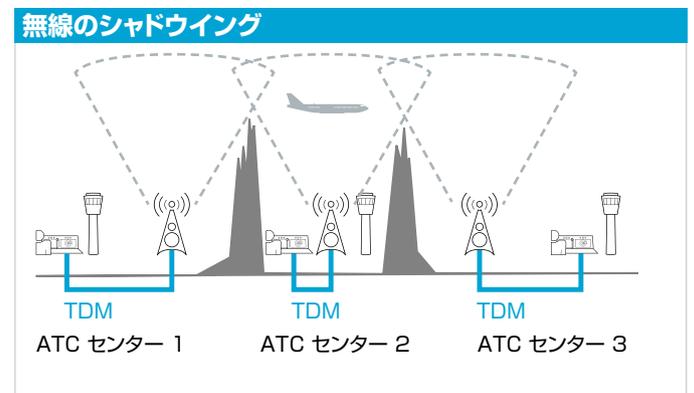


図 2:地形的制約で生じる無線シャドウイングにより、多数の ATC センター間で頻繁な管制移管が必要となります。

## ソリューション:IP 技術と標準化

以上の問題は、2 つの技術的手段を講じることで解決できます。最初のひとつは、国境や地形的境界を越えて、どこからでも通信リソースにアクセスできるようにすることです。もうひとつは、標準化されたメーカー非依存のインタフェースを使用して、管制官とパイロット間の音声通信用無線や、ATC センター間での管制官同士の音声通信用の特別な電話接続にアクセスすることです。

インターネット・プロトコル(IP)を使用すれば、このような汎用性の高いアクセスを実現することができます。ヨーロッパの業界関係者と ATC 機関は、インタフェース用の EUROCAE ED-137 規格を確立するため、数年前に協力を開始しました。ローデ・シュワルツはその仕様策定に参加し、現在も作業を継続しています。オリジナルのヨーロッパ ED-137 規格を採用する ATC 機関の数は、米国、オーストラリア、ブラジル、中国などを含めてその数を増しています。この傾向は、国際民間航空機関(ICAO)がその共通規則に同規格を加えたことによってより確かなものとなりました。

インターネット電話として知られるボイス・オーバー・IP (VoIP) 技術が、航空交通管制に使われるようになったいきさつは以上の通りです。ATC における既存の厳しい安全要求を満たすために、フェイルセーフ性能の強化や単方向通信方式など、いくつかの修正と拡張がこの規格に追加されました。R&S®VCS-4G 音声通信ソリューションと、R&S®M3SR Series4100/4400 および R&S®Series4200 無線は、EUROCAE ED-137 に基づくインタフェースを備えています。

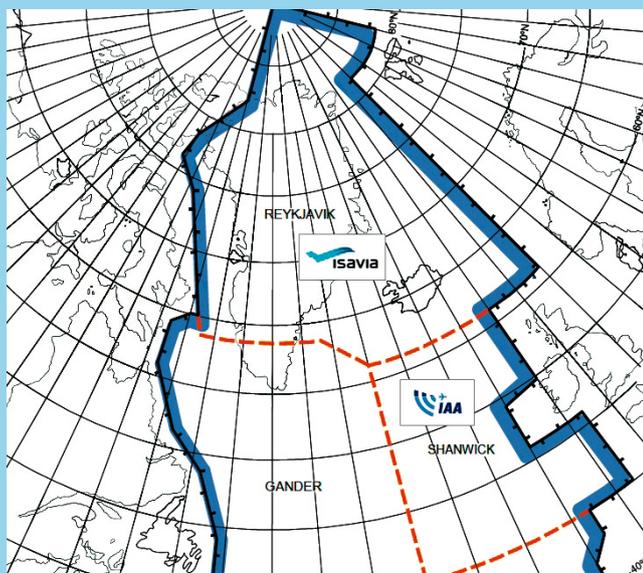
## ローデ・シュワルツの世界的革新技術:

### ATC 用クラウド・アーキテクチャ

管制センターの音声通信システムと無線に VoIP 技術を一貫して使用することで、ローデ・シュワルツは、ATC 通信に「クラウド」原理を確立する世界初のメーカーとなることができました(図 3 と下のコラム)。

このソリューションは、TDM を廃し、一貫して IP ベース技術を使用しているのが特長です。すべての通信リソースには ED-137 VoIP インタフェースが組み込まれており、可用性の高い共通のセキュア IP バックボーンを介して接続されます。これは、物理的、地理的に分散した管制センターを仮想的に集合させて、統一された論理ユニットにまとめることを可能にします。VoIP は IP バックボーンを通じて機能し、他の方法では使用できない無線へのアクセスを可能にするので、すべての管制センターを無くすことが可能です。コストの削減に加えて、この管制センターの仮想的な結合は、可用性や全体的なシステムのフェイルセーフ性が向上するという利点も提供します。したがって、たとえば「仮想管制センター部分 1」に異常が生じた場合は、図 3 の「仮想管制センター部分 2」がその場所に割り当てられていた無線にリモート・アクセスすることによって、その業務をすべて引き継ぐことができます。この移行は、航空機側から見て透過的に行われます。ある仮想管制センターがメンテナンスのために運用を停止した場合や、一定期間経済的に運用できなくなった場合も同じことが言えます。

ローデ・シュワルツの R&S®VCS-4G システム・ソリューションに組み込まれた世界初のクラウドベース仮想センター技術は、国内および国際空域に必要な構造変更を加える際に、ATC 機関を支援します。



北大西洋域航空路におけるアイルランドおよびアイスランド ATC センターの担当空域

### IAA と ISAVIA で稼働中の R&S®VCS-4G

アイルランド (IAA) とアイスランド (ISAVIA) の航空交通管制機関は、北大西洋域航空路を合同で担当しています(図)。IAA と ISAVIA 両方の ATC 通信システムの近代化プログラムには、アイスランド当局がアイルランドの担当業務をすべて引き受ける、あるいは逆にアイルランドがアイスランドの担当業務を引き受けることを可能にするという、これまでであれば実現不可能だった要求が盛り込まれています。この要求は、経済的な検討と、両 ATC 機関間での効率的かつ動的なリソース配分への需要から生じたものです。

## ATC クラウド・アーキテクチャ

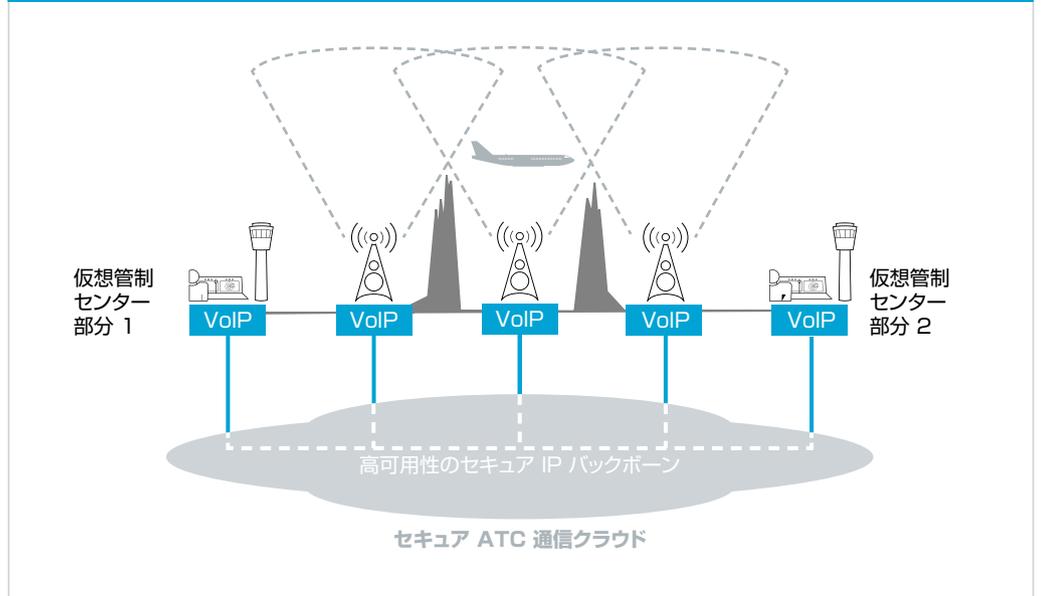


図 3:すべての通信リソースには ED-137 VoIP インタフェースが組み込まれ、高い可用性を備えた共通のセキュア IP バックボーン経由で接続されています。

このシステムは、前述の国境や地形的境界が航空交通に与える悪影響を防止します。必要な管制センターを統合化し、通信リソースへのクラウドベースのアクセスを可能にすれば、複雑で時間のかかる管制センター間での ATC 移管の回数が減り、運用コストも削減できます。

R&S<sup>®</sup>VCS-4G に不可欠なコンポーネントの概要を図 4 に示します。すべての音声通信システムと無線機が、通信リソースクラウドを形成します。各管制センターの各管制官は、全ネットワークのあらゆる地対空(無線)チャンネルと地対地(電話線)チャンネルに透過的にアクセスすることができます。

大規模なシステム障害が発生した場合や、2つのシステムの一つが完全に使用不能になった場合に備えて、運用上の安全性を向上させるという需要もありました。

R&S<sup>®</sup>VCS-4G 仮想センター技術は、入札プロセスにおいてローデ・シュワルツが世界的なマーケット・リーダーを制することを可能にしました。バリーグリーン(アイルランド)とグフネス(アイスランド)の ATC センターは、現在ともに R&S<sup>®</sup>VCS-4G システムを使用しています。これらのシステムは、地対空通信と地対地通信について、いずれかの管制官が他方のセンターの業務の一部またはすべてを引き受けられるように、クラウド・アーキテクチャ

で相互に接続されています。2つの ATC センターをリンクするために必要な高性能 IP 接続は、海底ケーブルで設置されたリースの冗長 IP バックボーンを通じて行われます。ローデ・シュワルツは、地対空通信をカバーするために、既存の他社製 VHF 無線と HF 無線をそのソリューションに組み込みました。また、R&S<sup>®</sup>M3SR Series4100 HF 受信機も設置しました。他社製機器と異なり、これらの受信機は、EUROCAE ED-137 に従い VoIP 経由で接続を行います。顧客仕様に応じて修正を加えた自動制御式アンテナ・スイッチ・マトリクスも、この大規模受注の一部です。

顧客によれば、ローデ・シュワルツを採用するに至った理由は技術的な先進性だけでなく、「すべてを一括で供給する」という言葉に集約される、ローデ・シュワルツの顧客指向のアプローチでした。このシステム・ソリューションは 2014 年なかばに納入され、インテグレーションとテストが終了する 2015 年後半にはシステムに置き換えられて、通常運用が開始されます。

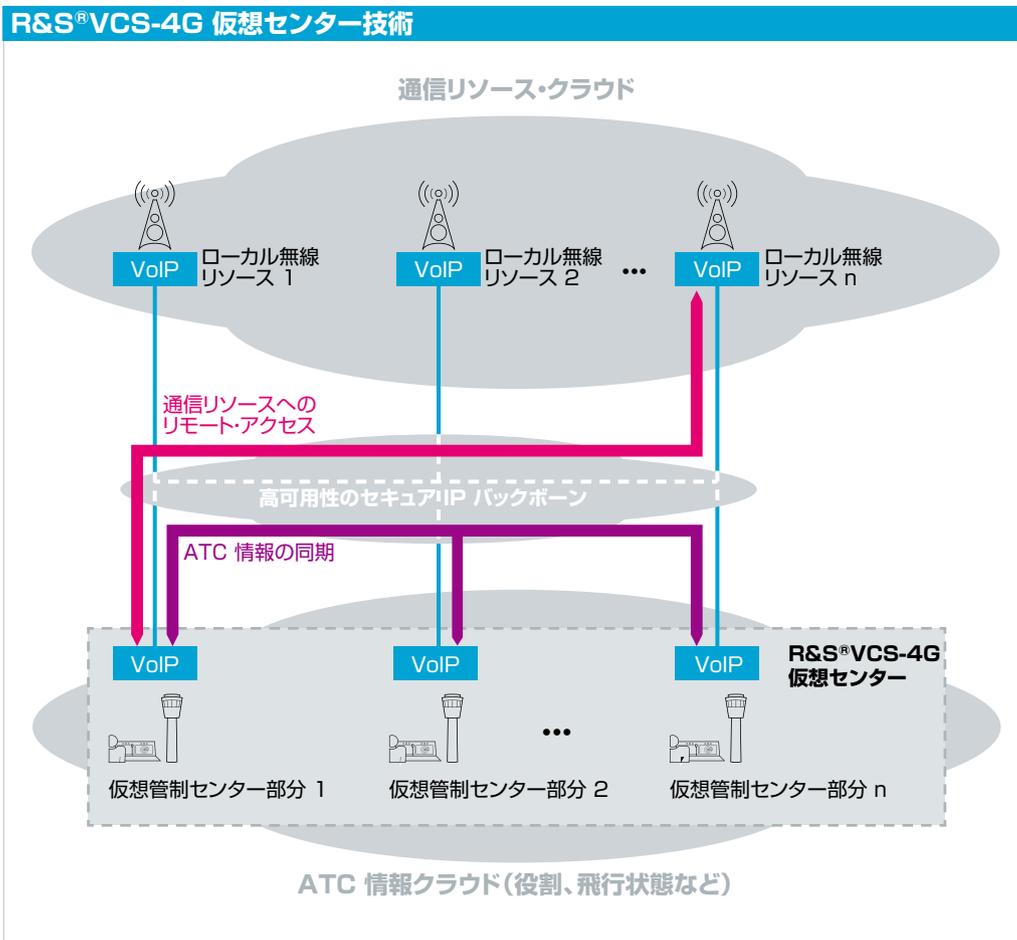


図 4:R&S®VCS-4G 仮想センター技術の重要コンポーネント

さまざまな ATC タスクに必要なワークフローは、すべての管制センターに置かれた VCS 構成および管理システム (VCMS) サーバと呼ばれるサーバに保存されます。これらのサーバに保存・管理される ATC 情報は、管制官の役割 (つまり誰が空域のどの部分を担当するか、その管制官にどのような通信リソース (無線や電話) が割り当てられているか) などの項目を決定します。R&S®VCS-4G システムソリューションでは、さまざまなローカル VCMS サーバが、Linux ベースの極めて先進的な分散 PostgreSQL として実装されており、ローカルデータベース・インスタンス間で自動的にデータの同期と複製を行うことができます。これらの VCMS サーバがすべて一緒になって、ATC 通信用のクラウドを形成します。

### サマリ

国際航空交通管制は、航空交通密度の増大やコスト・ダウンの要求から、大きな課題に直面しています。ATC センターの仮想化によってこの深刻な状況を緩和するにあたっては、テクノロジーが大きな役割を果たすことができます。これを実現するには、拡大管制空域に属するすべての通信リソースをクラウドにエクスポートします。クラウド内のリソースは、標準化された IP アクセスを介してプログラムに参加している管制センターが合同で使用できます。ローデ・シュワルツは、北大西洋空域を担当する ATC センター (アイルランドとアイスランド) の設備を行うことによって、このアプローチの利点を初めて証明しました。これは、管制官のマイクロホンからアンテナまでのあらゆる要素を含む、現在唯一のオール IP ベース通信システムを作り出すことによって可能になりました。

Dr. Markus Lautenbacher

## マイクロホンからアンテナまで – ローデ・シュワルツのエンドツーエンド・ソリューション

ローデ・シュワルツは、航空管制官の通信システムや広範に選択できる無線機から、さまざまなアンプ、フィルタ、アンテナ・オプションに至るまで、あらゆる要素をカバーする完全なエンドツーエンド・ソリューションを ATC 顧客に提供することのできる市場で唯一のメーカーです。以下にいくつかの例を挙げます。

### R&S®GB5400 管制卓

- 機能:管制卓用のフル VoIP ベースの地対空および地対地通信
- デバイス・オプション:
  - ・ 12" および 15" タッチスクリーン・オプション
  - ・ 最大 4 個のラウドスピーカと 4 個のヘッドセット
  - ・ 冗長電源と IP ネットワーク接続
  - ・ 新製品:最小限のスペースで済む小型バージョン
- オーディオ・インタフェース:VoIP (EUROCAE ED-137)
- ハードウェア:Intel ベースのカスタム・ボード
- オペレーティング・システム:カスタム CentOS Linux

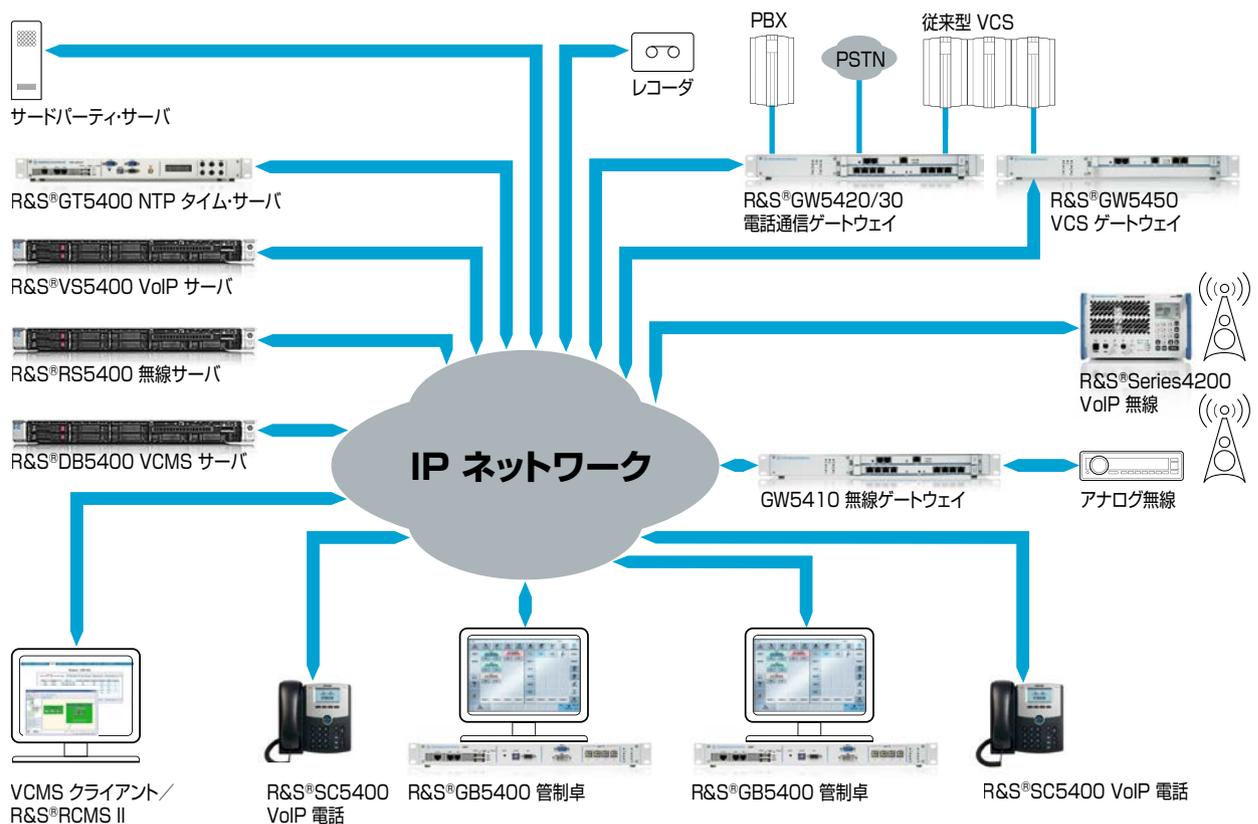
### R&S®Series4200 ソフトウェア無線

- VHF / UHF 周波数範囲:112 MHz~156 MHz / 225 MHz~400 MHz
- 出力:50 W、VHF および UHF の場合
- 自動メイン/スタンバイ動作
- 受信機のベスト信号選択(BSS)機能
- VDL モード 2 によるデータ転送
- 受信機における同時送信検出(DSIT)
- オーディオ・インタフェース:
  - ・ アナログ
  - ・ E1
  - ・ VoIP (EUROCAE ED-137)

### R&S®M3SR Series4100 ソフトウェア無線

- 周波数範囲:1.5 MHz~30 MHz
- 出力:150 W、500 W、1000 W、4 kW
- HF 広帯域/HF スプリット・サイト・システム
- 音声およびデータによるセキュア通信を組み込み可能
- IPoA (IP over Air)
- SIP ベースのリモート音声通信
- オーディオ・インタフェース:
  - ・ アナログ
  - ・ VoIP (EUROCAE ED-137)

## ローデ・シュワルツのエンドツーエンド ATC システム・ソリューション



# あらゆるタスクに使用可能: 広帯域無線モニタリング用 小型アンテナ

新しい R&S®AU600 アクティブ無指向性アンテナ・システムは市場唯一のシステムで、主に ITU 勧告に従ってスペクトラム監視を行う規制当局を対象としています。VHF、UHF、および低 SHF 帯の広帯域無線監視に関わる他のユーザも利用することができます。R&S®AU600 は、20 MHz～8 GHz の周波数範囲を 1 台でカバーし、水平偏波と垂直偏波の信号を同時に捕捉することのできる初のシステムです。

図 1: R&S®AU600 アクティブ無指向性受信アンテナ・システムは、水平偏波信号と垂直偏波信号を扱えるように作られており、このクラスでは例を見ない 20 MHz から 8 GHz までの範囲をカバーします。このシステムは、R&S®OSP120 オープン・スイッチ・コントロール・プラットフォーム (図の上側のデバイス) または R&S®OSP130 (下側) で制御できます。



## 小型で頑丈

4 個のアンテナが組み込まれたこのアンテナ・システムの高さはわずか 102 cm で、重量は約 17 kg です(図 1)。保護用レドームはアクリロニトリル・スチレン・アクリレート(ASA)製で、アンテナを衝撃や気象条件から保護しますが、アンテナの RF 特性を低下させることはありません。このシステムは、最大 275 km/時の風速に耐えられるように設計されています。



図 2: R&S®AU600 の内部形状

## R&S® AU600

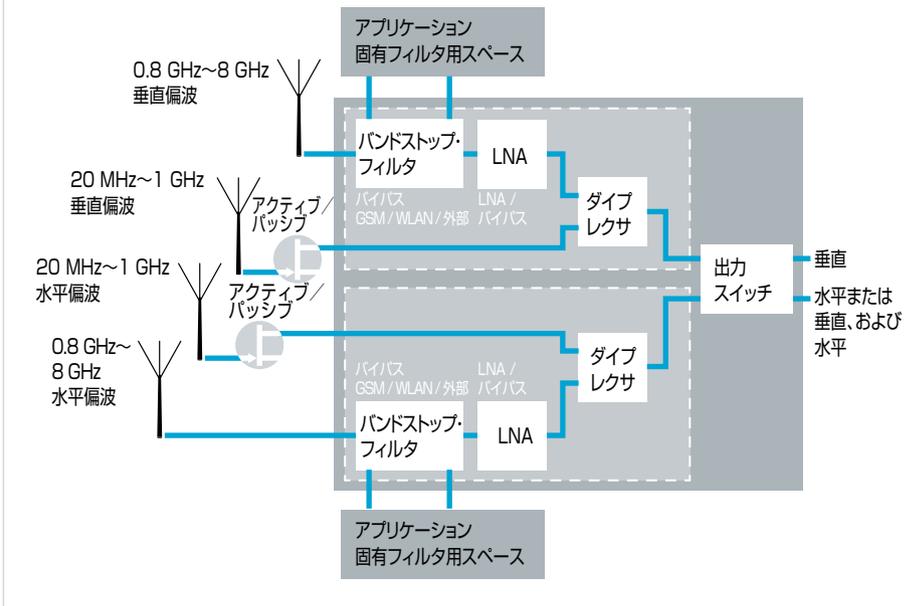


図 3: アンテナ・システムのブロック図

レドームを外した状態のシステムを図 2 に示します。最上部の広帯域バイコニカル・アンテナ①は、約 800 MHz 以上の垂直偏波信号を受信します。その下は周波数範囲 20 MHz~1 GHz の垂直偏波アクティブ・ダイポール②で、パッシブ・モードへの切り替えが可能です。1 GHz 未満の水平偏波信号は、アクティブ矩形ループ・アンテナ③が受信します。このアンテナもパッシブ・モードへの切り替えが可能です。約 800 MHz 以上の水平偏波信号には、もうひとつのバイコニカル・アンテナを使用します。これは物理的な方向が垂直ですが、特別に設計された偏波フィルタ④により、広い帯域にわたり希望の偏波方向へ回転させることができます。これら 4 つのア

ンテナからの信号は、すべてフランジ内のスイッチ・モジュールへ送られます。必要なソリッドステート・スイッチとともに、このスイッチ・モジュールにはバンドストップ・フィルタ、低ノイズ・アンプ(LNA)、および受信信号を 2 つまたは 1 つの RF ソケットへ接続するためのダイプレクサが含まれています(図 3)。

### 主な特長

- -45 dB $\mu$ V/m までの範囲をカバーする抜群の電界強度感度(帯域幅 1 Hz、0 dB S/N が基準)
- 高い真円度を備えた方位角方向放射パターン
- 17 dB(代表値)広帯域の極めて優れた偏波デカップリング
- 高い大信号耐性と優れた 2 次および 3 次インターセプト・ポイントを備えたアンプ

## 2 台の受信機を使用したシステム

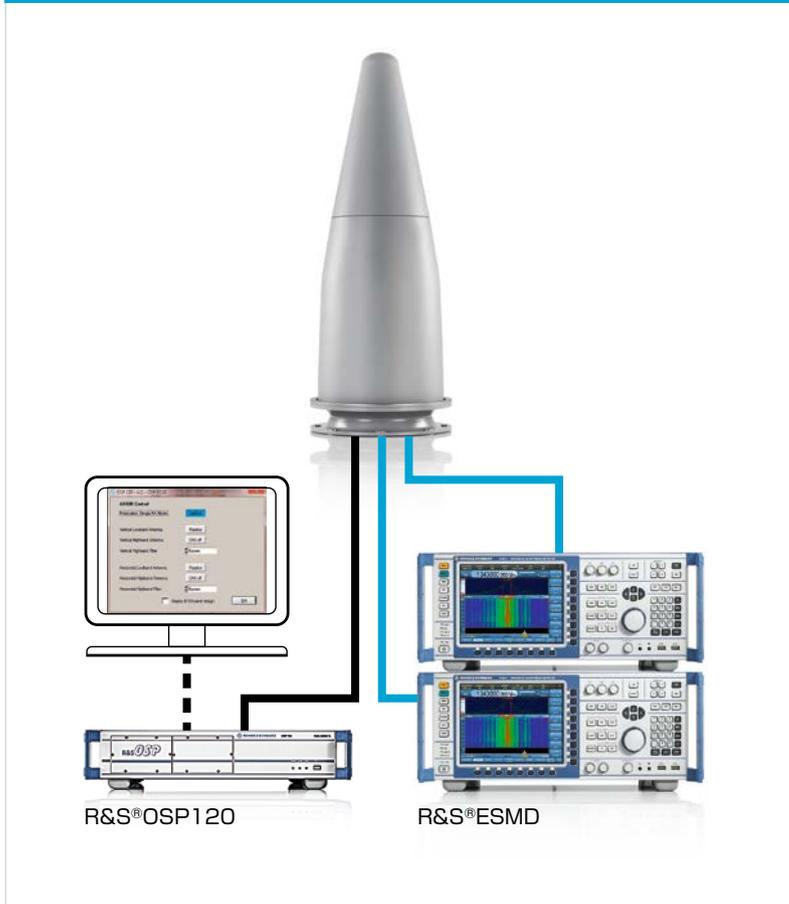
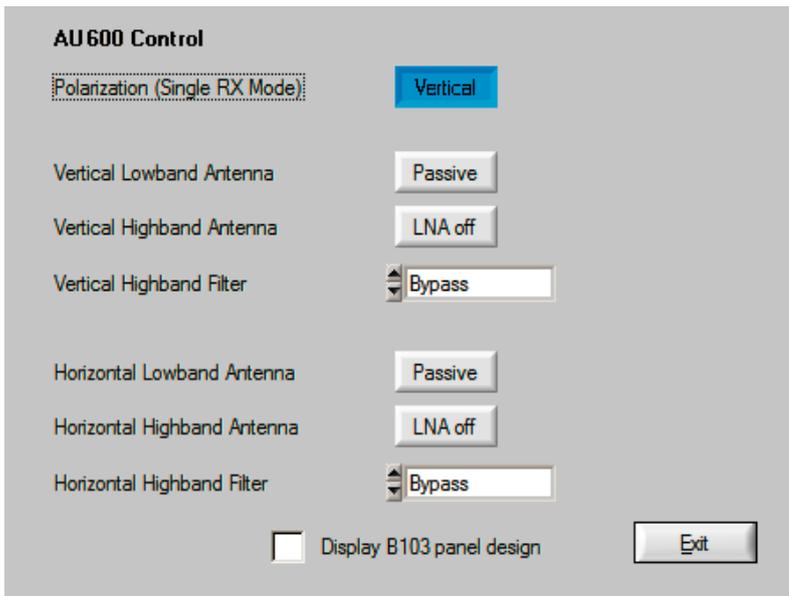


図 4: 2 台のモニタリング受信機を使用した代表的アプリケーション

図 5: アンテナシステムはその時点の受信状態に合わせて最適な構成にすることができます。



## 応用例

代表的な応用例を図 4 に示します。2 台のモニタリング受信機(たとえば R&S®ESMD)を備えたシステムでは、20 MHz~8 GHz の周波数範囲で水平偏波信号と垂直偏波信号を同時に受信できます。電源およびアンテナの切り替えは R&S®OSP-B158 プラグイン・モジュールを組み込んだ R&S®OSP120 オープン・スイッチ・コントロール・プラットフォームが行います。制御信号は、外部干渉への感受性を最小限に抑えるために差動インタフェース経由で伝達されます。ケーブル・セットは最大長さ 50 m までのものが用意されており、アンテナ・エンドには頑丈な MIL-STD 準拠のコネクタが使われています。

使用できる受信機が 1 台だけの場合は、もちろんアンテナ・システム内で水平偏波と垂直偏波を切り替えることができます。

## 制御機能

アンテナ・システムは、その時点での受信状況に合った最適な構成となるよう個別に設定可能です。考えられるいくつかの設定を図 5 に示します。たとえば、低ノイズ・アンプ(LNA)は、800 MHz 以上の周波数帯での偏波の違いに応じて、個別に有効にしたり無効にしたりすることができます。低周波数範囲用のアクティブ・アンテナも、それぞれの偏波面に合わせて個別に設定可能です。さらに R&S®AU600 では、GSM/UMTS、WLAN/LTE バンド 7 の周波数範囲用のバンドストップ・フィルタや、追加で設置した顧客固有のバンドストップ・フィルタを選ぶことができます。制御には、モニター・インタフェース付きの R&S®OSP120 ベース・ユニットか、ディスプレイおよびコントロール・パネル付きの R&S®OSP130 ベース・ユニットを使用することができます。切り替えは以下の要領で行われます。

- R&S®OSP ベース・ユニット付属のソフトウェアにより LAN 経由で接続した PC を使用
- 制御ソフトウェア(たとえば MATLAB®、LabVIEW、または TCP/IP クライアント)による SCPI コマンドを経由
- R&S®OSP130 ベース・ユニットのコントロール・パネルを使用

## 場所選択を容易にする バンドストップ・フィルタ

互いに矛盾する要素同士の調整を図らなければならない場合、無線モニタリングシステム用に適切な場所を選択することは困難な作業となります。たとえば、アンテナの地上高は、アンテナの送信範囲や地理的なサービスエリアを決定する上で重要な役割を果たします。ビルの密集地では最も高いビルの屋上が理想的で、郊外ではアクセス可能な山の頂上や丘の上への設置が望まれます。

ただし、このような好条件の場所は、同様に送信アンテナを設置する必要に迫られたスペクトラム・ユーザと競合する可能性があります。アンテナ直近にある受信システムへの干渉の可能性を減らすために、R&S®AU600 には最も競合しやすいバンド (GSM/UMTS および WLAN/LTE バンド 7) 用に、切り替え可能なバンドストップ・フィルタが 2 個組み込まれています。組み込みの GSM/UMTS フィルタによる 25 dB 超の代表的なストップバンド抑制を図 6 に示します。これ以外に考えられる干渉源によって生じる周波数については、アプリケーション固有のバンドストップ・フィルタを R&S®AU600 に組み込むことができます (図 7)。

## GSM/UMTS バンドストップ・フィルタ

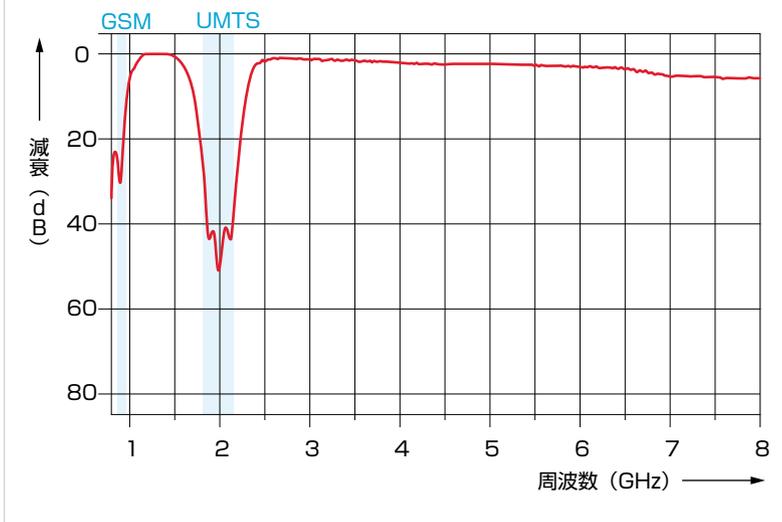


図 6: GSM/UMTS 用のバンドストップ・フィルタは、25 dB を超えるストップバンド減衰性能を備えています。



図 7: アンテナ・フランジ底面 (カバー・プレートを取り外した状態) には、アプリケーション固有のフィルタを取り付けることのできるスペースが設けられています。

## サマリ

ローデ・シュワルツの R&S®AU600 は、20 MHz から 8 GHz までの周波数をモニタリングするためのオールインワン・ソリューションです。現時点で並ぶものがないこの製品は、高い柔軟性に加えて、干渉を受けやすい環境でも抜群の帯域幅と使いやすさを備えており、ほとんどあらゆる要求を満たすことができます。

Maik Reckeweg

## CeBIT 2015 出展のサイバー・セキュリティ・ソリューションに高い関心

ローデ・シュワルツとゲートプロテクト社は、今年の CeBIT に出展したネットワークおよび重要インフラストラクチャ用 IT セキュリティ・ソリューションに、高い関心が寄せられたことを喜んでいますが、数多くのビジターが、業界の企業やエネルギー供給業者がサイバー攻撃から身を守る方法に関心を示していました。また、ドイツのジークナー・ガブリエル経済担当相とトマス・マイツィーレ内務相、中国の馬凱副首相、バイエルン州のイルゼ・アイグナー首相が、最新の技術的発展に関する知識を吸収していきました。これらの人々は、たとえば、インテリジェント・エネルギー・ネットワークを不正侵入や動作異常から保護する方法についての理解を深めたことでしょう。新しい R&S®SITLine ETH4G Ethernet エンクリプタは、セキュア・リンク暗号化入門用の完璧なミッドレンジ機器としてデビューを飾りました。これは、より広い帯域幅が求められるようになった場合に、単にファームウェアを更新するだけで最大 40 G ビット/秒までデータ・スループットを拡大でき、デバイスと交換する必要のない世界で唯一のデバイスです。200,000 名以上の来場者と 3,300 以上の出展者が集まる CeBIT は、世界最大の IT トレード・フェアです。



SIT 社長のフランク・ルーデキングと話すドイツのトマス・マイツィーレ内務相(右側)

## ローデ・シュワルツがシリックス社 (Sirrix AG) を買収

シリックス社の買収を通じて、ローデ・シュワルツ企業グループは成長する IT セキュリティ市場に新たな経験と技術を獲得しました。シリックスの最先端ソリューションには、エンドポイント・セキュリティや高信頼性インフラストラクチャ用の使いやすい製品が含まれています。同社の主な経験と技術は、最新の科学的調査に基づく信頼できる IT セキュリティ製品の製造に関するものです。シリックスは、ローデ・シュワルツのサイバーセキュリティ・ポートフォリオを強化します。逆にローデ・シュワルツは、シリックスがその技術的に優れた製品の市場イメージを強化する上で、うってつけのパートナーです。同社は、ザールブリュッケンのザールラント大学にあるドイツ人工知能研究センター (DFKI) のスピンオフ企業として、2005 年に設立されました。現在、この優良企業は新たにポップムとダルムシュタットにも事業所を有しています。

## フラウンホーファー研究機構と共同の 5 G テスト・ソリューション

フランクフルトで開催された次世代モバイルネットワーク (NGMN) 会議において、ローデ・シュワルツとフラウンホーファー・ハインリヒ・ヘルツ研究機構 (HHI) は、新たな 5 G チャネル・サウンド・ソリューションを発表しました。このソリューションは、R&S®SMW200A ベクトル信号発生器と R&S®FSW シグナル・スペクトラム・アナライザで構成されています。これらの装置は、フラウンホーファー HHI の同期ユニットとアプリケーション・ソフトウェアで結合されています。このシステムは、マイクロ波およびミリ波スペクトラムの伝搬状態を確認するために使用できます。この伝搬状態を知ることは、このスペクトラムを 5 G に使用できるようにするための新たなチャネル・モデルを開発する上で極めて重要です。結果として、両パートナーは互いに、5 G 実現へ向けたレースの中で、標準化リンクの開発やシステム設計に欠かすことのできない役割を果たしています。

## ロシアの車両緊急通報システムをテストするローデ・シュワルツ・ソリューション

ロシアの Svyaz-Certificate 証明センターは、現在、TR CU 018/2011 技術ガイドラインに従って ERA-Glonass システムの証明を行うために R&S®CMW500 を使用しています。ローデ・シュワルツのこの定評ある無線通信テストは、このロシアの独立テスト機関が最初に採用した装置です。2015 年 1 月 1 日から、ロシア市場で販売されるすべての新型車には、自動 ERA-Glonass 緊急通報システムを搭載しなければなりません。この独立証明センター Svyaz-Certificate は、これらのシステムを証明するために認可されたロシアで最初の、なおかつ現在のところ唯一のテスト機関です。

## 台湾で使われる R&S®VTC ビデオ・テスト・センター

テレコム技術センター (Telecom Technology Center: TTC) は台湾におけるデジタル TV の国立試験所であり、セットトップ・ボックスなどの装置に対する包括的なテストを行っています。ローデ・シュワルツの R&S®VTC ビデオ・テスト・センターを加えることによって、TTC はその A/V 製品テスト能力を拡大しました。結果として同試験所は、最新の要求事項についてもデジタル放送機器のテストを実施できるようになりました。TTC は、主にコンポジット映像信号とコンポーネント映像信号のテスト、およびオーディオ解析にビデオ・テスト・センターを使用する予定です。この装置は、DHMI 2.0 規格のすべての重要パラメータの測定にも使用できます。2005 年以来、TTC は、DTV テストや測定装置、および関連テスト・プラットフォームの開発において極めて重要な役割を果たしてきました。

## 世界で使われるローデ・シュワルツの送信機

### ギリシアのデジタル放送

2015年2月、ギリシアの南東エーゲ海諸島とクレタ島で最後のアナログTV送信機がその活動を停止しました。これに先立ち、民間ネットワーク・オペレータのデジア社(Digea)は、ローデ・シュワルツの機器で構成される全国規模のDVB-T送信機のネットワークを1年未満で設置しました。この期間に、5.4kWを最大とするさまざまな出力クラスの900台以上のTV送信機が156箇所のサイトに設置されました。複数のサイトには、高い信頼性を誇るN+1送信機システムが使われています。スタジオから送信機への信号は衛星経由で分配され、R&S®AVG050 ISDB-T BTS ゲートウェイによって受信されます。900台すべての送信機の動作状態は、R&S®BC-NETSTATE ネットワーク管理ソフトウェアとローデ・シュワルツのT&M機器を使用し、アテナの放送センターで連続的にモニタされます。

### セルビアでのDVB-T2立ち上げが最終段階に

セルビアの国営放送エミシオナ・テヒニカ・ヴェゼ(Emission Tehnika Veze: ETV)は、DVB-T2への切り替えの最終段階である第3段階に入ろうとしています。このために、同放送局はローデ・シュワルツ・オーストリア、カトライン社(Kathrein)、およびコムテール社(Comutel d.o.o.)で構成されるコンソーシアムを選択しました。同コンソーシアムは3台の新しいマルチプレクサの設置を委託されました。また、ローデ・シュワルツは、10箇所のサイトに40台のR&S®THU9高出力送信機、6箇所のサイトに24台のR&S®TMU9中出力送信機(いずれも3+1スタンバイ構成)、および240台以上のR&S®MLxおよびR&S®XLx低出力送信機を納入する予定です。ETVはセルビア全土でラジオおよびTV放送サービスを行っており、250箇所以上の送信所を運用しています。全家庭の98%をカバーするセルビアでのDVB-T2への切り替えは、2015年6月の完了が見込まれています。

アバラ送信所がベオグラードをカバー



### メキシコの公共サービスTV用デジタル高出力送信機



RTVのロゴをあしらったデザインの送信所が、ポトルテペクの熱帯雨林の中に設置されました。

ベラクルスにあるメキシコの公共サービス放送局ラジオテレビジョン・デ・ベラクルス(RTV)は、2014年末からローデ・シュワルツのR&S®THU9デジタル高出力送信機を4台運用しています。メキシコのすべての放送局同様、RTVも2015年末までに番組をデジタルATSC規格による放送に切り替えなければなりません。ローデ・シュワルツはこれに従い、コアツァコアルコス、オコソテペク、ラス・ラハス、ポトルテペクの送信所に機器を設置しました。このソリューションには、R&S®ETL TV アナライザだけでなく、ポータブル型のR&S®FSH3-TV TVスペクトラム・アナライザ、R&S®DVSG デジタルビデオ信号発生器、R&S®NRP2 パワー・メータも組み込まれています。ポトルテペク送信所の場合は、送信所全体を移動しなければならなかったため、ローデ・シュワルツが建設プロジェクトを管理しました。

## 世界中で賞を獲得

### ローデ博士が IEEE 賞を受賞



栄誉ある IFCS I.I. ラビ賞を受賞したローデ博士

IEEE 世界専門家協会の国際周波数制御シンポジウム (IFCS) は、ウルリッヒ・L・ローデ博士に IFCS I.I. ラビ (I.I. Rabi) 賞を送りました。同賞は、2015 年 4 月中旬に米国コロラド州で開かれたヨーロッパ周波数および時間フォーラム (European Frequency and Time Forum) との合同会議において、ローデ博士に授与されました。I.I. ラビ賞は、原子および分子周波数標準、ならびに時間の転送と配信の分野で優れた貢献を果たした者に送られます。ローデ博士の受賞は、原子共鳴現象の解明に欠かすことのできない、高性能周波数源における共振装置構造の実装に関する研究の主導、選択、および測定によるものです。2014 年、この国際シンポジウムは、RF 回路での非線形ノイズ解析のためのソフトウェアの開発と安定性の高い周波数源の作成に対し、ローデ博士に C.B. ソーヤー (C.B. Sawyer) 記念賞を送っています。

### オシロスコープにフロスト&サリバン賞

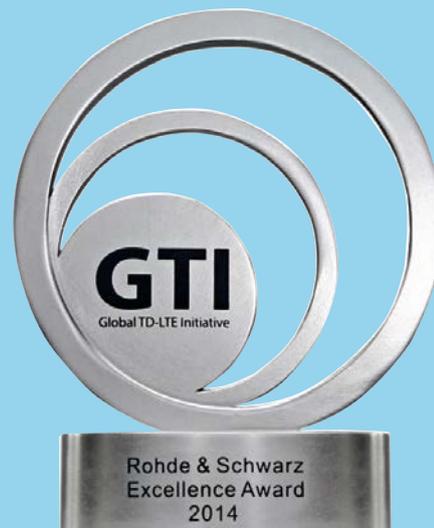
フロスト&サリバン社は、「2015 年競争戦略革新およびリーダーシップ」(2015 Competitive Strategy Innovation and Leadership) 賞にローデ・シュワルツを選びました。この賞は、2015 年春のオシロスコープ市場の分析に基づくものです。競争の激しい市場にも関わらず、ローデ・シュワルツは、数多いリーディング・サプライヤの中で短期間のうちにその地位を確立しました。ローデ・シュワルツはわずか 5 年間で数多くの革新を含む素晴らしい製品ポートフォリオを開発した上に、その既存ソリューションをさらに改善したのです。フロスト&サリバン社は、より大きな市場シェアを獲得し、顧客満足度を向上させてそのブランド的地位を強化することのできる競争力の高い戦略的製品を開発した企業に対し、毎年この賞を送っています。ノミネートは、市場に製品を投入しているすべての企業の分析を基に行われます。



努力の成果:ローデ・シュワルツはオシロスコープ市場における活動に対してフロスト&サリバン賞を受賞しました。

### GTI 賞を再受賞

モバイル・ワールド・Congress 2015 において、ローデ・シュワルツの広範な T&M ポートフォリオ、特に TD-LTE 規格対応の機器が公式に表彰されました。グローバル TD-LTE イニシアティブ (GTI - 業界団体) が、この分野におけるローデ・シュワルツの業績に対し、権威ある GTI イノベーション・アワード 2015 を授与しました。受賞は、GTI および TD-LTE 業界全体に対してローデ・シュワルツが現在行っている支援が認められたことによるものです。これは、ローデ・シュワルツが 2014 年にバリエロナで受賞してから 2 回目の受賞です。



### R&S® CLIPSTER が NAB でポスト・ピック賞を受賞



米国の技術誌ポスト・マガジン (Post Magazine) が、NAB 2015 の新技術部門で R&S® CLIPSTER マスタリング・ステーションを表彰しました。R&S® CLIPSTER は、相互互換マスタリングフォーマット (IMF) におけるその最新の技術的先進性により特別賞を受賞しました。R&S® CLIPSTER はワークフローをより効果的なものとする拡張キー IMF マスタリング機能が特長で、この革新技術がポスト・マガジン社編集者と業界の専門家と構成される審査委員の高い評価を獲得しました。審査委員は、最も革新的な製品と技術を毎年投票で選んでいます。

## ハンガリーの衛星運用企業 HDT 向けヘッドエンド

ハンガリーの衛星運用企業ハンガロ・デジタル (Hungaro DigiTel: HDT) は、ローデ・シュワルツのエンコーダ、マルチプレクサ、およびモニタリング機器を使用していました。もともとはデータ通信サービスプロバイダだったこの衛星運用企業は、そのポートフォリオを拡大して TV 番組の放送を含めることにしました。これらの番組をエンコードして多重化するために、ローデ・シュワルツは、R&S®AVHE100 ヘッドエンドを放送局のダイレクト・ツー・ホーム (DTH) プラットフォームに組み込みました。第 1 段階では、合計 5 つの HD チャンネルと 6 つの SD チャンネルが AMOS またはユーテルサット (Eutelsat) 経由で放送されます。HDT は、信号を自動モニタするためにローデ・シュワルツの子会社 GMIT のソリューションも採用しています。BMM-810 マルチビューアとコンパクトな Prismon システムがコンテンツエラーを検出します。また、ビデオウォールにより番組を視覚的にモニタすることが可能です。

## ローデ・シュワルツを使用してテニスを 4K で放送

2014 年 12 月、衛星運用企業ユーテルサットが、ジェノバで行われたイタリア・セリエ A1 テニスの決勝戦をホットバード (HOT BIRD) 衛星を経由し、4K で放送しました。この高解像度ビデオコンテンツは、イタリアのテレビ・チャンネル「スーパー・テニス」で放送されました。ローデ・シュワルツ・イタリアは、R&S®AVHE100 ヘッドエンドを

使用して信号のコーディングを行いました。放送時の主な課題は高速のテニス・ボールを捉えることでしたが、ボールは 200 km/時を超えるスピードでも良好に表示されました。放送には、他にグラス・パレー、ブロードキャスト・ソリューション、テレシネ・サービス、M スリー・サットコム の各社が参加しました。



トップスピード 200 km/時のテニス・ボールを表示

## コロンビア航空交通管制 システムの近代化

コロンビア民間航空局 (UAEAC) は、同国の民間航空交通管制 (ATC) の近代化契約をローデ・シュワルツに発注しました。この近代化プロジェクトは、民間航空の安全と未来指向の技術に関してコロンビアを中南米のトップランクに押し上げる見込みで、ローデ・シュワルツも、このターンキー・プロジェクト用の製品とサービスを提供する予定です。これには、管制塔、エリア・コントロール・センター、およびリモート無線局用の R&S®Series4200 無線機が含まれています。ローデ・シュワルツはさらに、自社機器やサードパーティ企業が供給するサブシステムのシステム・インテグレーションも行います。2016 年 2 月までに、合計 984 台の無線機と、それらに必要なアンテナおよびフィルタが、106 箇所に設置される予定です。

## ルーマニアでの R&S®VCS-4G 受け入れが成功裏に終了

ルーマニアのコンスタンツァ周辺の空域では、近年、民間および軍用の航空交通量が著しく増加しており、新しい音声通信システム (VCS) が必要とされています。ルーマニアの航空交通管制当局 (ROMATSA) の定めた仕様は、ローデ・シュワルツ・トペックス (Rohde & Schwarz Topex) によって実現されました。これには、ED-137B EUROCAE 規格に従った完全 IP ベースの音声通信システム、役割 (管制官のタスク) および空域セクターの柔軟な管理のための機能が含まれています。ローデ・シュワルツが納入したコンスタンツァ空港管制塔の R&S®VCS-4G は、現在、ROMATSA の 90 以上の管制卓で使われています。さらに、ROMATSA は、ローデ・シュワルツ・トペックスとの長期的かつ戦略的なパートナーシップを強化してきました。ローデ・

シュワルツの VCS は、技術上および運用上のニーズを満たすカスタマイズ・ソリューションを ROMATSA に提供しただけではありません。このシステムは、将来における他の航空管制システムと密接に統合化することも可能です。

R&S®VCS-4G の詳細については 54 ページの記事を参照してください。

# 最高レベルの IT セキュリティ要件を 満たす革新的 ソリューション

コンピュータやネットワークに対する攻撃は増え続けています。サイバー犯罪やデータの盗用は、莫大な経済的損失からイメージ失墜あるいは顧客喪失に至るまで、劇的な結末をもたらします。数年間の努力もほんの数分間で無に帰してしまいます。ローデ・シュワルツは、ドイツ製の IT ソリューションと暗号化技術によって、政府、社会、企業を支援します。

ローデ・シュワルツがあなたのセキュリティを確保します：  
[www.rohde-schwarz.com](http://www.rohde-schwarz.com)



R&S®SITLine ETH エンクリプタ



R&S®SITGate L500 次世代ファイアウォール