

高性能ベクトル信号発生器 MG3710A の開発

Development of high performance Vector Signal Generator "MG3710A"

花屋達郎 Tatsuro Hanaya, 鵜澤文彦 Fumihiko Uzawa, 大谷 暢 Toru Otani, 稲童丸桃子 Momoko Inadomaru,
伊藤伸一 Shinichi Ito, 塩沢良洋 Yoshihiro Shiozawa, 大嶋真一郎 Shinichiro Oshima, 小野 純 Jun Ono

[要 旨] 広帯域化, 複雑化の進む無線通信システムに対応可能なベクトル信号発生器, **MG3710A** を開発した。**MG3710A** は優れた RF 性能と, 豊富な機能を持つことを特徴とする。また 2 つの任意波形発生器を内蔵する独立した RF 信号源を, 最大で 2 ポート搭載することができる。これにより 1 台で最大 4 種類の信号を出力可能とし, 希望波 + 変調妨害波, 希望波 + 遅延波, マルチキャリア信号など通常 2 台以上のベクトル信号発生器が必要な測定を 1 台で行うことを可能とした。

[Summary] We have developed the MG3710A Vector Signal Generator for modern wireless communication systems using wider bands and getting more complex. The MG3710A has excellent RF performances and abundant functions. The MG3710A can have two RF ports, each of which outputs two individual signals. Thus, it can output up to four individual signals. Normally, several vector signal generators are needed for testing wireless communication systems to generate complex signals such as "Wanted signal+Interfering signal", "Wanted signal + Delayed signal" "Multi carrier signal". However, an MG3710A with two RF ports can provide these signals with no additional vector signal generator.

1 まえがき

携帯端末はマルチシステム化が進み, LTE, 2G / 3G (GSM, W-CDMA 等)の複数の携帯電話用通信機能だけでなく, デジタル放送の ISDB-T や無線 LAN, GPS など複数の無線通信システムが搭載されることがすでに一般的になってきている。また携帯電話基地局も同様に, 3GPP release 9 で規定される LTE, W-CDMA, GSM など複数の無線規格の信号を同時に送受信する MSR (Multi-Standard-Radio) 基地局の開発が進んでいる。さらに LTE の次世代規格である LTE Advanced では, 通信速度の高速化の要求に応えるべく, MIMO 技術に加えて, Intra-Band, Inter-Band のキャリアアグリゲーションなどの新技術を用いた研究が進められ, 実用化段階に入りつつある。無線 LAN においても同様に通信速度の高速化の検討が進められ, 最新の高速化技術である IEEE802.11ac では最大 160 MHz の変調帯域幅と 256QAM までの変調方式が実現に向けて検討されている。

アンリツは, 2004 年に様々な無線通信に対応可能なベクトル信号発生器 MG3700A を開発した。MG3700A は独自の 2 信号加算機能等で無線通信システムを用いたお客様の製品の開発・製造に貢献してきた。しかし近年の無線技術の進歩に伴い, ベクトル信号発生器には, さらなる高機能・高性能性が求められるようになってきている。そこでアンリツは, 従来システムから次世代通信システムまで対応可能なベクトル信号発生器 MG3710A を開発した。



図 1 MG3710A ベクトル信号発生器の正面図
Front view of MG3710A Vector Signal Generator

MG3710A は, 変調帯域幅: 160 MHz を実現するとともに, ベクトル信号発生器の基本性能である最大出力レベル・隣接チャネル漏洩電力比・位相雑音性能・変調時の波形品質を従来機種と比べ, 大幅に改善することで, 広帯域通信・狭帯域通信試験で求められる要求に対応可能とした。また, RF 信号源を最大で 2 ポート搭載できるだけでなく, それぞれの RF 出力に 2 つの独立した任意波形発生器(デュアルベースバンド)を内蔵できるようにし, 1 台で最大 4 種類の信号を出力可能とした。これにより従来複数のベクトル信号発生器で実現する試験系を 1 台で組むことができ, 外部の結合器の削除・出力レベル調整作業など, 設備や作業を簡略化することを可能とした。図 1 に MG3710A の外観を示す。

2 開発方針

広帯域化、複雑化する無線通信システムに対応可能なベクトル信号発生器として求められる機能・性能を達成するため、本製品では以下の方針を立てた。

- (1) R&D から製造用途まで対応可能とするため、高性能と低コストを両立した設計とする。
- (2) 2 つの RF 信号源とデュアルベースバンド構成とし、省スペースかつシンプルなシステム構成を提案する。
- (3) 基本機能を充実させることで、様々なお客様に合った使用環境を提供する。また Calibration 機能を追加し測定誤差を最小限にすることで、出荷後の環境においても最高のパフォーマンスを実現する。
- (4) IQproducer™を本体に内蔵することでリアルタイム波形生成機能に匹敵する操作性を実現する。

2.1 高性能／低コスト

MG3710A は、高性能と低コストの相反する要求を両立させ、R&D から製造用途まで柔軟に対応できる製品を目指した。

性能面においては、MG3700A で下記項目に関して改善が求められていた。

- ・狭帯域通信で必要とされる数 kHz オフセットから数十 kHz オフセットまでの位相雑音特性
- ・移動体通信（主に、基地局向け評価システム）において外付けアンプを必要としない構成にするため、高出力かつ低歪な出力特性
これらを解決するために LO 部、RF 部の構成をそれぞれ大きく見直し低位相雑音特性、低歪特性、高出力特性を達成させる。

また、コスト面においては、今まで複数のプリント基板で構成されていた、LO 部・RF 部・ステップアッテナ部を同一プリント基板上にレイアウトし、省スペース化、低コスト化を実現する。これにより 2 つの RF 信号源を搭載可能とし、複数台の測定器を必要とする無線通信システムの評価において大幅な試験系の簡略化を提案可能とする。

2.2 2RF 出力／デュアルベースバンド

MG3710A は、1 つの RF 信号源からベースバンド信号処理による 2 信号加算機能を用いて 2 種類のベースバンド信号を出力する。さらに、1 台で 2 つの RF 信号源を搭載することにより最大 4 種類の信号の出力を目指した。また、従来機ではできなかったベースバンド信号のクロック同期や、RF 信号の位相コヒーレンスを実現することで、データ転送速度や、通信品質を向上させ、LTE や無線

LAN など多くの無線通信システムで採用されている MIMO システムの評価にも対応する。

2.3 機能の充実

2.3.1 基本機能の強化

MG3710A は MG3700A に対して大幅な機能強化を行うことで、様々な用途に対応できる製品とすることを目標とした。

特に MG3700A の特徴の 1 つである 2 信号加算機能については、機能拡張による利便性の向上を目指した。MG3700A では波形のサンプリングレートが異なる信号を加算することができなかったが、MG3710A では異なるサンプリングレートで生成された 2 つのベースバンド信号をベースバンド信号処理で合成するレートマッチング機能を搭載させる。また従来機では片方のベースバンド信号しか周波数オフセットがつけられなかったが、MG3710A では 2 つのベースバンド信号それぞれに独立して周波数オフセットを設定できるようにする。これにより受信感度試験で希望波と変調妨害波を出力する場合、キャリアリークとイメージレスポンスの影響を少なくするための信号配置を、画面上から容易に行うことができるようになる。

これ以外にも MG3700A では実装されていない多くの機能に対応する。代表的なものを以下に列挙する。

- ・最大 8RF 出力の複数 SG のコヒーレント機能(MIMO)
- ・AM / FM / ϕ M 変調
- ・USB パワーセンサ接続
- ・リアルタイム AWGN 生成
- ・Sweep / List 機能
- ・リモート制御コマンドの SCPI 対応
- ・IQproducer™内蔵(波形パターン生成ソフトウェア)
- ・タッチパネル操作

また、MG3710A は MG3700A の後継機種的位置づけとなる製品である。そのため以下に示す互換性を重視した機能設計とする。

- ・MG3700A が持つ機能に対応
- ・リモート制御コマンド互換
- ・波形パターンファイル互換

これらの互換性により、MG3700A から MG3710A へ容易に置き換えることができるようにする。

2.3.3 キャリブレーション機能

ベクトル信号発生器ではキャリアリーク、イメージレスポンスといった直交変調器に起因するスプリアス成分が発生する。MG3710Aではこれらのスプリアス成分を低減する I/Q Calibration 機能を追加する。また内部アナログブロックの周波数特性を補正する周波数特性補正機能 (Internal Channel Correction) に対応する。

2.4 IQproducer™の内蔵

ベクトル信号発生器用波形パターン生成ソフトウェア (IQproducer™) はパーソナルコンピュータ (PC) 上で波形パターン生成を行い、生成した波形パターンをベクトル信号発生器へ転送して出力するという使い方となっていた。MG3710A はタッチパネルを搭載し、IQproducer™を内蔵したことにより、MG3710A では従来のベクトル信号発生器と異なり波形パターン生成時に外部 PC を必要とせず、MG3710A 1 台のみで、波形パターン生成から出力までを可能とし、リアルタイム波形生成機能に匹敵する操作性を実現する。

3 設計の要点

3.1 LO / RF 部

MG3710A の LO / RF 部のブロック図を図 2 に示す。LO 部は低位相雑音特性を達成するため新規開発した低位相雑音の VCO (Voltage Controlled Oscillator) を使用し、基準周波数生成部 (図 2 の Reference Frequency Generator) の出力周波数を高くすることで分周比を小さくし、低位相雑音特性を得る設計とした。

次に RF 部は、LO 信号を周波数変換することなく出力するダイレクトコンバージョン方式を採用し、シンプルな構成にすることで信号経路での性能劣化を極力抑え、低歪性能を実現可能とするブロックとしている。加えて、出力アンプ後段のステップアッテネータ部に並列にパワーアンプ (PA) を実装することで、PA から RF 出力端までの経路損失を最小限にし、高出力特性を実現した。

さらに LO 部・RF 部・ステップアッテネータ部を同一プリント基板上に構成することで、各ブロック間のケーブル配線の省略やシールドケースの共通化が可能となり、低コスト化、省スペース化による 2RF 構成が可能になった。

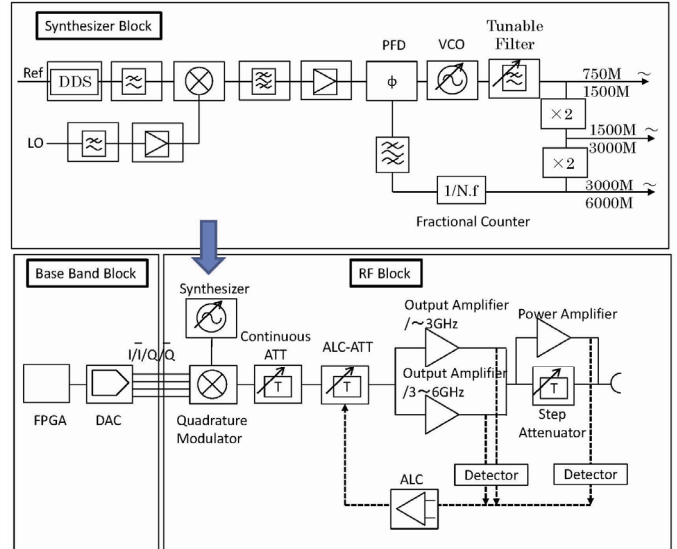


図 2 LO / RF 部のブロック図
Block Diagram of LO and RF sections

3.1.1 低位相雑音特性

低位相雑音特性を実現するためのシンセサイザ設計目標は下記の通りである。

- 基準周波数を高くし、通倍後の VCO 出力を分周することにより、分周比を小さくし帯域内ノイズを低減する。
- スプリアスを低減するために、フラクショナルカウンタを使用し、基準周波数の可変範囲を小さくする。

従来の PLL (Phase Locked Loop) よりも、基準周波数を高くし、PLL の分周比を下げることで低位相雑音特性を実現している。

加えて、フラクショナルカウンタを使用することで、基準周波数の可変範囲を小さくしており、基準周波数が変化することによって生じるスプリアスの影響を低減している。

また PLL で使用する VCO は、プリント基板上に実装可能な自社開発の低位相雑音 VCO を採用することで、高性能且つ低価格を実現した。図 3 に位相雑音特性の一例を示す。

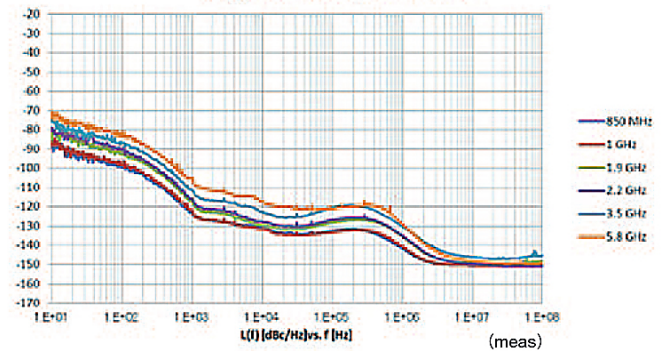


図 3 SSB 位相雑音特性の一例 †
SSB Phase Noise Characteristics

3.1.2 ハイパワー出力特性

ベクトル信号発生器の最大出力レベルは、出力アンプ(図 2 の Output Amplifier)の最大出力レベルから、RF 出力端までの経路損失を差し引いたレベルとなる。MG3710A は、ハイパワー出力特性を実現するため、出力アンプ後段のステップアッテネータと並列に PA(図 2 の Power Amplifier)を実装することにより、RF 出力端までの経路損失を最小限にし、最大出力レベル+23 dBm (400 MHz to 3.0 GHz)を実現した。

3.1.3 低歪特性

ベクトル信号発生器の歪特性は、直交変調器出力段の歪成分に、信号経路の各ブロックで生じる歪成分が加算され、最終的に RF 出力信号として出力された結果である。MG3710A は、周波数ごとに、信号経路のレベルダイヤを最適化するための出荷時補正を行い、加えて低歪な出力アンプを使用することで、隣接チャネル漏洩電力比:-71 dBc(W-CDMA, TestModel1_64DPCH)の低歪特性を実現した。図 4 に隣接チャネル漏洩電力比の測定例を示す。

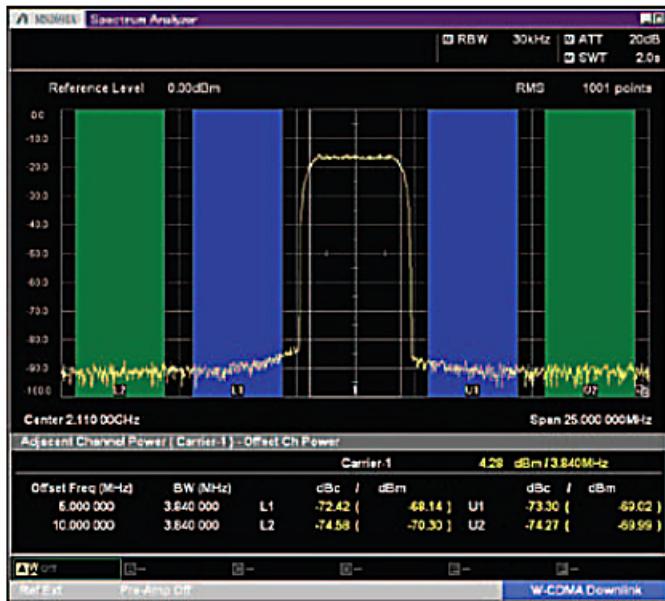


図 4 W-CDMA 測定例(TestModel1_64DPCH)
The measurement example of W-CDMA †
(Test Model1_64DPCH)

3.1.4 高レベル精度

ベクトル信号発生器は、ALC(Automatic Level Control)機能により、出力信号レベルが制御されている。ALC とは、出力レベルをモニタし、その結果を制御系にフィードバックすることで、安定したレベルの信号出力を行うブロックである。従来のベクトル信号発生器では、RF 出力端に反射特性の悪い DUT(Device Under Test)を接続した場合に、RF 出力端からの反射波と進行波が合成

された信号を ALC の検波器が検波するため、ベクトル信号発生器の出力レベルが変動する場合があった。MG3710A は図 5 に示すように、ALC の検波器の信号分岐としてディレクショナルカプラを採用し、反射波の影響を低減することで、実使用時におけるレベル精度を改善している。

この改善効果はデバイス評価時等の精密なレベル校正を必要とする測定において、試験系や手順の簡略化を可能とする。

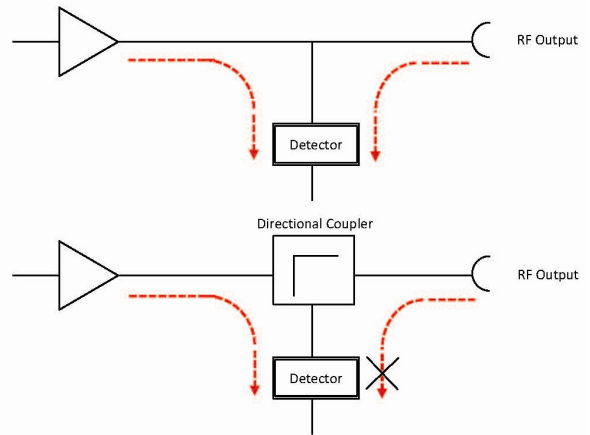


図 5 ディレクショナルカプラによるレベル精度改善原理
The level accuracy improvement principle

3.1.5 低コスト/2RF 出力/デュアルベースバンド

MG3710A は、LO 部・RF 部・ステップアッテネータ部を同一プリント基板上に構成することで、低コスト、省スペース化を実現しており、1 台の測定器中に 2RF 出力/デュアルベースバンドの構成を可能とした。さらに、LO 信号を分岐して RF 位相コヒーレンスを可能とする仕組みとベースバンドクロックを分岐する仕組みを実装しており、容易に同期システムを構築することができるようになっている。さらに、分岐の入出力を測定器のインタフェースとして持たせることにより、複数台の MG3710A を用いた同期システムも構築できるよう拡張性を持たせている。MIMO に代表される同期システムの評価では、測定システムが複雑になるが、MG3710A では 1 台で 2RF 出力/デュアルベースバンド機能を有するため、システムアンプを大幅に簡略化できる。

3.2 ベースバンド信号処理部

ベースバンド信号処理部のブロック図を図6に示す。

3.2.1 波形データ容量拡大と信号処理部の高速化

MG3710Aは、1RF出力につき独立した2つの任意波形メモリ(ARB Memory A/B)を搭載している。標準で64 MSample、オプション時には最大で2048 MSampleを格納することができる。業界最大クラスの任意波形メモリを搭載することで、長周期の波形パターンを格納できるようになり、波形を変更する際の時間短縮が可能となった。任意波形メモリに格納された波形データは、FIFO(図6のWaveFIFO)を経由し、ベースバンド信号処理部のResamplerと、FIRフィルタ、CICフィルタの組み合わせで構成されたインタポレータでオーバサンプリングされDACに出力している。

また、ベースバンド信号処理部のサンプリングレートは、FPGAの高速化により最大で200 Mspsを実現しており、IEEE802.11acで規定されている最大変調帯域幅160 MHzの信号出力を可能とした。

3.2.2 リサンプル処理の実現

MG3710Aは、異なる通信システムの2信号加算機能を実現するため、ベースバンド処理部の2信号加算機能にリサンプル処理部(図6のResampler)を実装した。

リサンプル処理部は、様々な無線通信システムに対応するため、高いレート変換比を扱う場合も想定され、可変型のFIRフィルタの構成としている。この場合、FIRフィルタは急峻な特性が求められ、フィルタが急峻な特性であるほどベースバンド処理部で実現するには、多くのロジックリソースと高いクロック周波数が必要となる。

MG3710Aは、多くのロジックリソースと高いクロック周波数を使用しないポリフェーズ構造型のFIRフィルタを採用している。ポリフェーズ構造型のFIRフィルタは、本来必要としているFIRフィルタをいくつかの小さな要素に分割し、それらの要素から得られた結果を組み合わせることで必要なフィルタ処理を実現している。フィルタを分割することで1クロックで処理する演算量を大幅に削減することができ、さらに、補完と間引を同時に処理することで高いレート変換比に対してもリサンプル処理が可能となった。これにより、ロジックリソースの効率化を図ることができ、リサンプル処理以外にも様々な機能の実装が可能となった。

3.2.3 デジタル処理によるアナログ変調機能

MG3710Aは、デジタル処理でAM/FM変調などのアナログ変調機能を実現している。図7に、デジタル処理のアナログ変調機能のブロック図を示す。

アナログ変調部では、AM変調とFM変調(ϕM 変調)の2つのブロックに分かれ、それぞれ独立したAF信号発生部から変調ソースを生成する。

FM変調の場合は、変調ソースをNCO(Numerical Controlled Oscillator)に入力し、生成されたデータをI/Q信号に複素乗算することで実現している。また、 ϕM 変調は位相データを微分器(図7のd/dt)で周波数データに変換することでFM変調部をそのまま利用している。AM変調は、変調ソースをI/Q信号に乗算することで実現している。さらに、外部変調信号入力も対応しているため、内部のAF信号と外部変調信号の2つを使用したトーンスケルチ評価も可能となった。

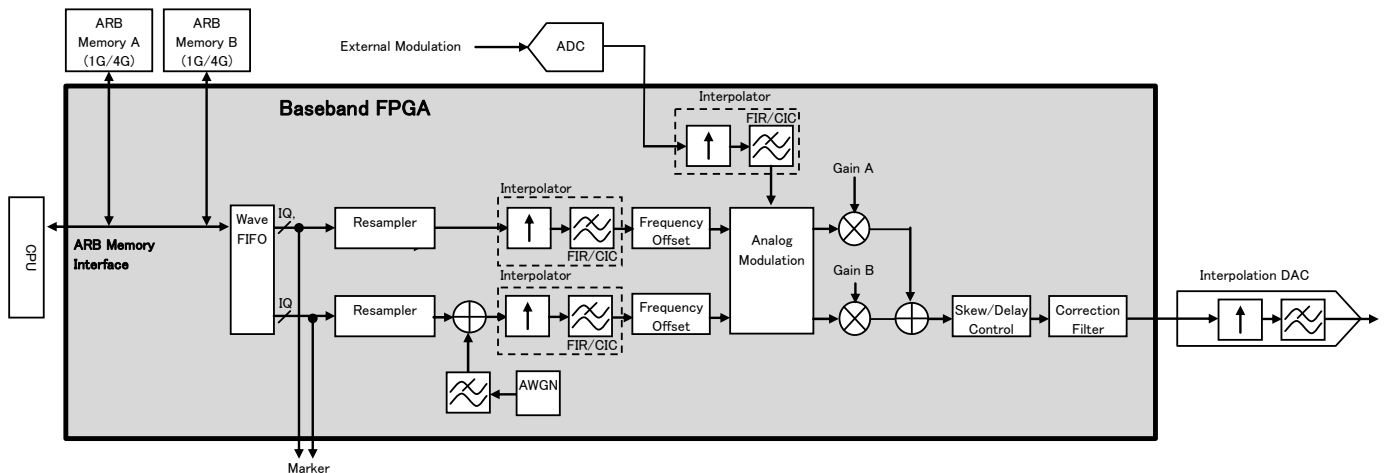


図6 ベースバンド信号処理部
Baseband signal processing section

デジタル信号処理によるアナログ変調機能の実現により、従来の信号発生器では避けることのできなかったデバイスの周波数特性、歪特性による影響を受けずにアナログ変調信号を出力可能となる。

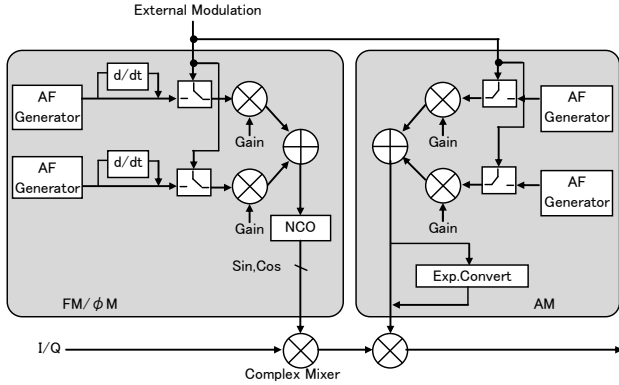


図7 デジタル処理によるアナログ変調部
Analog modulation section for digital signal processing

3.2.4 補正処理部

MG3700Aは、I/Q信号経路の補正として、Interpolation DACから直交変調器までのゲインバランス調整、位相調整のみを行っていた。このため、I/Q信号の経路遅延差や、信号経路で生じる周波数特性により信号品質が悪化する場合があった。これらは、特に広帯域信号を使用する場合に問題となる。

MG3710Aは最大変調帯域幅160MHzの出力を可能とするため、ベースバンド信号処理部に、Interpolation DAC以降の経路遅延差と周波数特性を補正するブロックを追加し、広帯域信号の信号品質を改善した。

3.3 ソフトウェア部

MG3710AはMG3700Aに対して、発売開始時点のリモート制御コマンド数を比較すると、約5倍と多くの機能を持っている。これだけの機能数を効率的に実装するため、測定器に特化した独自のクラスライブラリを作成し、処理の共通化を徹底した。

またOSとしてWindows® operating systemを採用した。これによりUSBやLANなどPCとして必要とされる汎用的な機能のソフトウェア開発が大幅に削減できた。また操作性に関する部分をPCでシミュレーションすることが可能となり、開発効率が向上した。

3.4 IQproducer™

MG3700Aは波形パターンの生成に外部PCが必要であったため、波形パターンを出力するまでに図8に示す手順が必要であった。MG3710Aはリアルタイム波形生成機能を搭載するベクトル信号発生器に匹敵する操作性を実現するために、IQproducer™を内蔵し、タッチパネルを搭載した。そこで、タッチパネル用のGUIを新たに作成し、タッチパネルによる操作を容易にした。加えて、IQproducer™にMG3710Aを制御して波形メモリへの波形パターンのロード、出力する波形パターンを選択する機能を実装することにより、波形パターン出力までの操作を大幅に簡略化した。

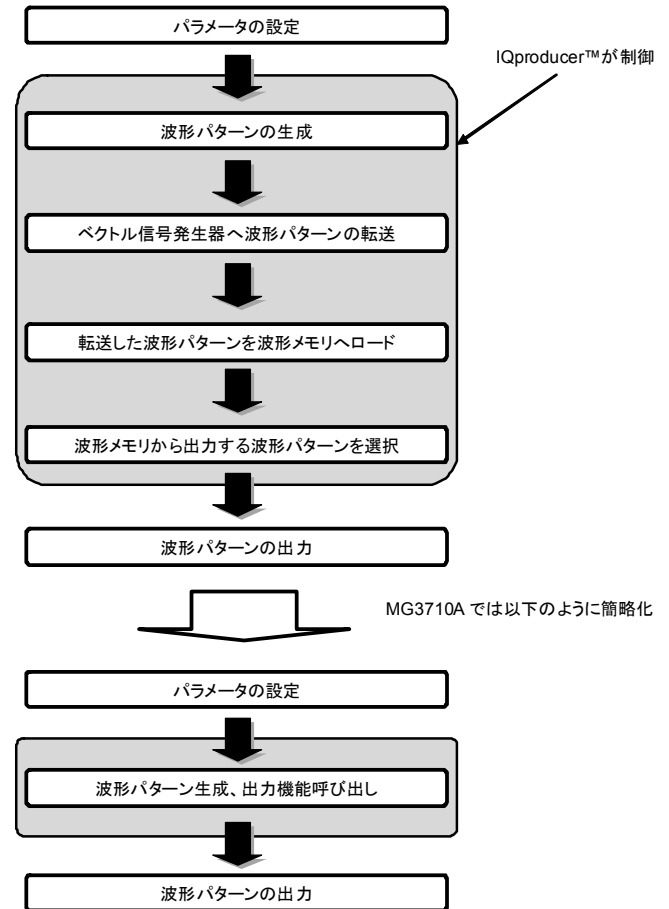


図8 波形パターン出力手順
Waveform pattern output procedure

4 機能

4.1 2信号加算機能／レートマッチング機能

4.1.1 2信号加算機能

ACS や IM などの受信特性評価は、希望波に対して変調妨害波を加えた状態でその特性を測定する必要がある。従来の信号発生器では、1台で希望波もしくは変調妨害波のいずれか1信号しか出力することができないため、「希望波＋変調妨害波」の試験では2台もしくは3台のベクトル信号発生器が必要であった。また信号を結合するための結合器も必要であり、さらに希望波と変調妨害波のレベル比を設定するための作業も煩雑であった。

MG3710A は2つの独立した波形パターンをベースバンドブロックで合成して同時に出力する「2信号加算機能」をMG3700Aから継承している。この機能により2台の信号発生器が必要な試験を1台で行うことができ、試験系の簡略化を可能としている。また波形パターンの合成はデジタル信号処理により行われるため、外部パワーセンサを用いたレベル比の調整を行わずとも、精密なレベル比の信号を出力することができる。

受信特性評価ではベクトル信号発生器内部のキャリアリークやイメージレスポンスによるレベル誤差や信号品質の劣化が測定誤差を発生させる場合がある。MG3700A は2つのベースバンド信号の片方にしか周波数オフセットが付けられなかったため、それらの影響を避けるのが困難であった。MG3710A では2つのベースバンド信号に対してそれぞれ独立に周波数オフセットを設定できるようにすることで、キャリアリークやイメージレスポンスの影響を少なくするための信号の配置を、画面上から容易に行えるようにしている。

4.1.2 レートマッチング機能

3GPP Release 9 では複数の無線通信システムの信号を同時に送受信するMSR基地局の送受信試験が定義されている。波形データのサンプリングレートは無線通信システムごとに異なり、1つのRF出力からMSR基地局用の信号を出力する場合、サンプリングレートの異なる信号の合成が必要となる。

サンプリングレートの異なる信号を1つの波形データとして作成するには、レート変換やデータ周期の調整など複雑な信号処理が必要となる。また合成した波形データのサイズが膨大となってしまう、ベクトル信号発生器から再生不可能になる場合もあり、これまでは1つのRF出力からサンプリングレートの異なる2信号の合成信号を出力することは困難であった。

MG3710A は、異なるサンプリングレートの信号同士でも、それぞれの波形パターンのサンプリングレートを維持したまま2信号加算信号を出力するレートマッチング機能を搭載した。レートマッチング機能はベースバンド処理部でのデジタル信号処理によりリアルタイムにサンプリングレートの変換を行っている。これによりデータ周期の調整や波形データのサイズを考慮せずとも、合成したい2つの波形パターンを選択するだけで、サンプリングレートの異なる無線通信システムの合成信号を出力することを可能とした。

4.2 キャリブレーション機能

4.2.1 帯域内周波数特性補正機能

広帯域を使用する無線通信システムでは、変調帯域内の周波数特性が信号品質に大きな影響を与える。MG3710A は内部の周波数特性をキャンセルし、帯域内周波数特性をフラットにする補正機能を搭載している。

内部の検波器を用いて行う実行時補正と、出荷時の基礎校正値から求められる帯域内周波数特性を組み合わせることにより、Interpolation DACからRF出力端までのアナログ経路全体の周波数特性補正を実現した。

図9は補正機能Off時とOn時の出力信号の周波数特性を比較したものである。補正Onにより±50MHzの範囲における周波数特性が±0.2dB以内に改善した。[†]

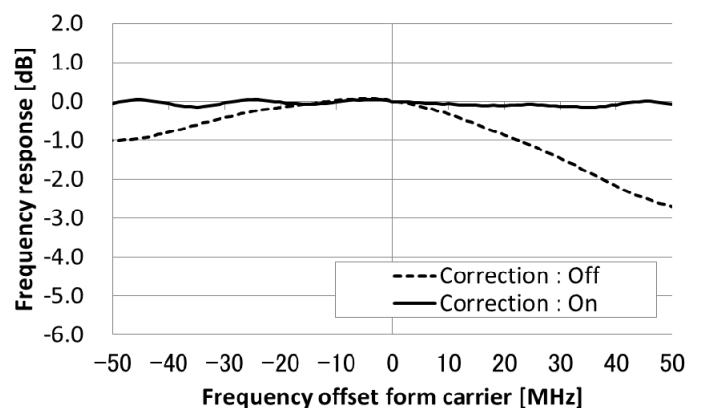


図9 補正機能による周波数特性の改善[†]
Improvement of frequency response by a correction

4.2.2 I/Q Calibration 機能

ベクトル信号発生器には I/Q 信号を RF 信号に変換する直交変調器ブロックがある。図 10 に直交変調器ブロックの入出力信号の例を示す。

直交変調器ブロックに 1 MHz のベースバンド信号 (I/Q 信号) と 1000 MHz の LO 信号を入力した場合、1001 MHz に変調信号が出力される。しかし図に示すように実際には 1001 MHz 以外にも、1000 MHz と 999 MHz の位置に信号成分が現れる。これらの信号成分は直交変調器ブロックの特性に起因するスプリアスであり、それぞれキャリアリーク、イメージレスポンスと呼ばれる。

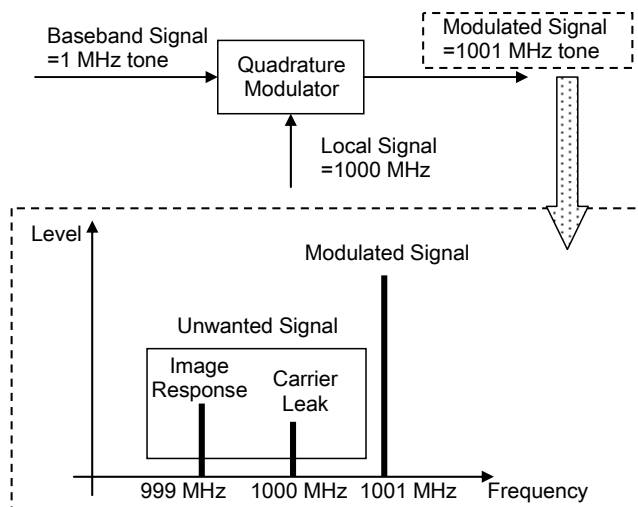


図 10 直交変調器の入出力信号
The input-and-output signal of a quadrature modulator

従来のベクトル信号発生器は出荷時に直交変調器ブロックの調整を行うことで一定の性能を確保していたが、周囲温度の変化による特性の変化に対応することができなかった。MG3710A では直交変調器ブロックの調整を単体で行う、I/Q Calibration 機能を搭載した。

調整を行うためには、あらかじめ直交変調器ブロックの特性を調べる必要がある。ベクトル信号発生器から校正信号を出力し、スペクトラムアナライザなどの外部測定器で測定する方法が一般的であるが、この方法では調整のたびに外部測定器を準備しなくてはならない。MG3710A は信号解析に内部の ALC 検波器を使うことで、スペクトラムアナライザやパワーメータなどの外部測定器を必要とせず、MG3710A 単体での直交変調器ブロックの補正機能を実現した。

図 11 は I/Q Calibration 機能によりキャリアリーク・イメージレスポンスがどのように変化するかをプロットしたものである。補正を行うことにより、キャリアリークは -70 ~ -60 dB 程度、イメージレスポンスは -60 dB 程度と改善した。[†]

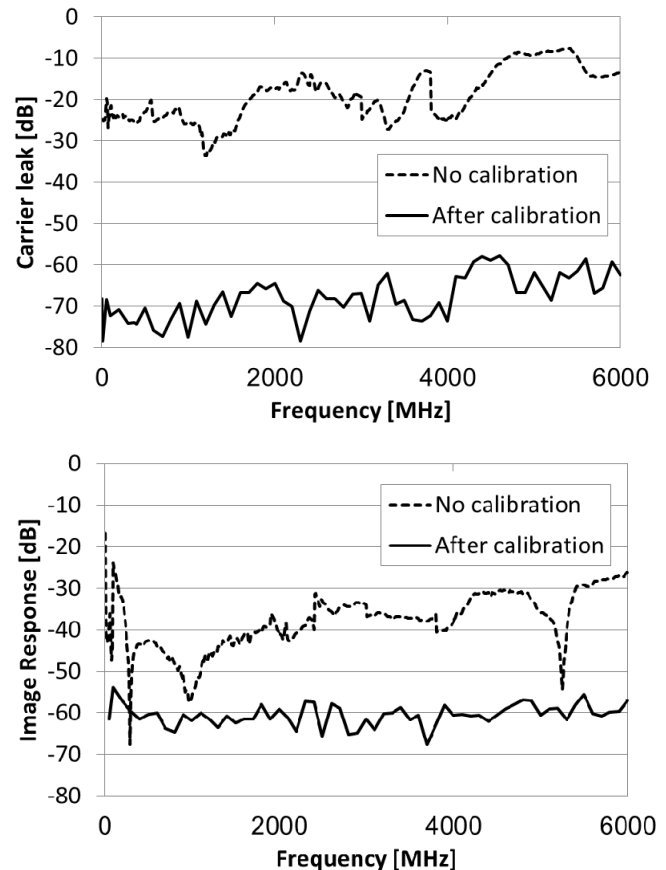
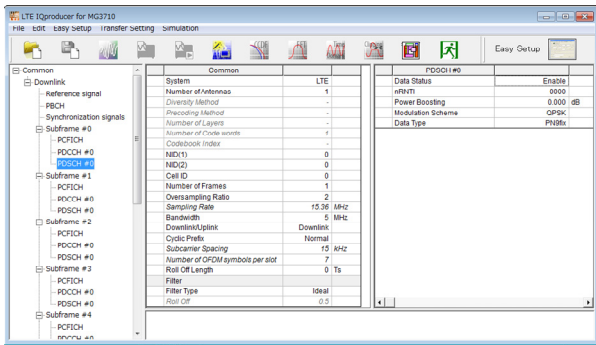


図 11 補正機能によるキャリアリーク、イメージレスポンスの改善[†]
The improvement of the carrier leak and image response by a calibration

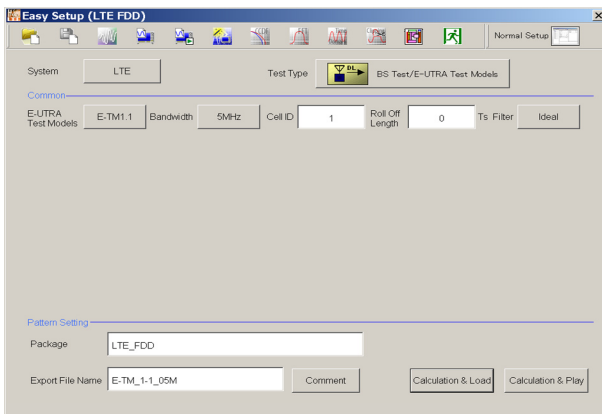
4.3 IQproducer™

4.3.1 MG3710A 上での波形パターン生成

従来の IQproducer は外部 PC での操作を前提として、図 12 a に示す GUI を備えていた。この GUI はマウスとキーボードによる操作を前提としているため、タッチパネルによる操作は難しい。そこで、タッチパネル用として図 12 b に示す GUI を新たに作成した。このタッチパネル用の GUI はボタンを中心とした操作になっている。また、設定パラメータの数を必要最低限にすることにより PC で実行したときの GUI と比べてシンプルな構成とした。



a : PC で実行した LTE IQproducer
LTE IQproducer running on PC



b :MG3710A で実行した LTE IQproducer
LTE IQproducer running on MG3710A

図 12 PC と MG3710A で実行中の IQproducer™ (LTE IQproducer)
Screen images of IQproducer™ running on PC and
MG3710A

この他にも、リアルタイム波形生成機能に匹敵する機能を搭載するため、波形生成だけではなく波形生成から波形メモリへのロードを行う「Calculation & Load」、さらに波形メモリにロードした波形パターンを選択する「Calculation & Play」という 2 つの機能を追加した。これらの対応により MG3710A では容易に本体上で波形パターンを生成し、出力できる。例えば、LTE 基地局の送信試験用波形パターンであれば、送信試験信号の種類、帯域幅を選択して「Calculation & Play」機能呼び出すだけで LTE 基地局の送信試験で必要とされる信号を出力することができ、波形パターン生成から出力までの操作を大幅に簡略化した。タッチパネル用 GUI の作成と操作の大幅な簡略化により、リアルタイム波形生成機能に匹敵する操作性を実現した。

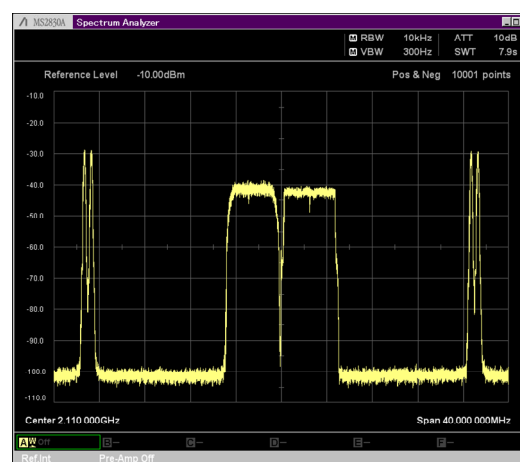
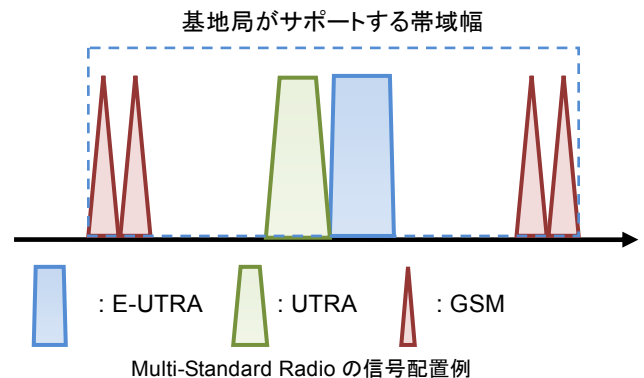
4.3.2 MSR 対応

近年、多数の無線通信システムが利用されるようになり、1 台の基地局で複数の無線通信システムをサポートすることが多くなってきた。3GPP でも MSR として TS37.104/TS37.141 に UTRA, E-UTRA, UTRA および GSM/EDGE のように異なる無線通信シ

ステムをサポートする基地局の送受信試験規格が規定されるようになった。

MSR は、図 13 のように基地局がサポートする帯域幅の中に 3 種類の異なる通信規格の信号で構成されるマルチキャリア信号を送信試験に使用する組み合わせが規定されている。異なる通信規格の信号を組み合わせるときはサンプリングレートの違いが問題となる。この問題により、従来のベクトル信号発生器では波形パターン生成において、生成時間が長くなる、生成される波形パターンのサイズが大きくなるといった問題があった。このため、異なる通信規格の信号を組み合わせることが難しかった。しかし、MG3710A に搭載されているベースバンド FPGA によるリサンプル処理機能でこの問題を解決することができた。

MSR 対応波形パターン生成機能は IQproducer™による波形パターン生成だけでなく、MG3710A が搭載するベースバンド FPGA によるリサンプル処理機能を組み合わせ、従来のベクトル信号発生器では難しかった MSR 信号の生成、出力を実現した。



Multi-Standard Radio の信号のスペクトラム例

図 13 Multi-Standard Radio 信号の例
The example of a Multi-Standard Radio signal

5 主要規格

表 1 に MG3710A の主要規格を示す。

6 むすび

広帯域化、複雑化が進む無線通信システムに対応可能なベクトル信号発生器 MG3710A を開発した。MG3710A は大幅な基本性能の改善と機能の追加を行うことで、LTE FDD/TDD、W-CDMA、GSM などのセルラ通信はもちろん、無線 LAN、Bluetooth などのショートレンジワイヤレス、GPS、移動体無線システムなどさまざまな無線システムに対応可能とした。今後も、進化する無線機器の開発に必要なソリューションを提供し、無線通信技術の進化と発展に貢献していく。

† 無作為に選定された MG3710A の実測データであり、保証される性能ではない。

Windows®は、米国 Microsoft Corporation の、米国、日本およびその他の国における登録商標または商標です。

参考文献

- 1) 野田, 秋山, 渡邊, 岸, 渡邊:
“MG3700A の開発 —ユビキタスネットワーク実現に向けて”,
アンリツテクニカル 83 号, pp.10–18(2006.09)
- 2) 3GPP TS 37.104
3rd Generation Partnership Project;
Technical Specification Group Radio Access Network;
E-UTRA, UTRA and GSM/EDGE;
Multi-Standard Radio (MSR) Base Station (BS)
radio transmission and reception
- 3) 3GPP TS 37.141
3rd Generation Partnership Project;
Technical Specification Group Radio Access Network;
E-UTRA, UTRA and GSM/EDGE;
Multi-Standard Radio (MSR) Base Station (BS)
conformance testing

執筆者



花屋達郎
R&D 統轄本部
商品開発本部
第 1 商品開発部



鵜澤文彦
マーケティング本部
プロダクトマーケティング部
プロジェクトチーム 1



大谷 暢
R&D 統轄本部
商品開発本部
第 4 商品開発部



稲童丸桃子
R&D 統轄本部
商品開発本部
第 4 商品開発部



伊藤伸一
R&D 統轄本部
商品開発本部
第 4 商品開発部



塩沢良洋
R&D 統轄本部
商品開発本部
第 4 商品開発部



大嶋真一郎
R&D 統轄本部
商品開発本部
第 4 商品開発部



小野 純
R&D 統轄本部
商品開発本部
第 4 商品開発部

表 1 MG3710A ベクトル信号発生器主要規格
Specifications of MG3710A Vector Signal Generator

周波数	設定範囲																																		
	1st SG	9 kHz~2.7 GHz (MG3710A-032) 9 kHz~4 GHz (MG3710A-034) 9 kHz~6 GHz (MG3710A-036)																																	
	2nd SG	9 kHz~2.7 GHz (MG3710A-062) 9 kHz~4 GHz (MG3710A-064) 9 kHz~6 GHz (MG3710A-066)																																	
	分解能	0.01 Hz																																	
出力レベル	設定範囲	1st SG:MG3710A-043/143 未搭載, 2nd SG:MG3710A-073/173 未搭載																																	
		1st SG:MG3710A-041/141 搭載, 042/142 搭載 2nd SG:MG3710A-071/171 搭載, 072/172 搭載 -144 dBm~+30 dBm																																	
	確度	<table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">レベル</th> <th colspan="2">周波数</th> </tr> <tr> <th>50 MHz ≤, <400 MHz</th> <th>400 MHz ≤, ≤3 GHz</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>+20 dBm <, ≤+23 dBm</td> <td></td> <td>±0.6 dB</td> </tr> <tr> <td>+17 dBm <, ≤+20 dBm</td> <td></td> <td>±0.6 dB</td> </tr> <tr> <td>+10 dBm <, ≤+17 dBm</td> <td>±0.6 dB</td> <td>±0.6 dB</td> </tr> <tr> <td>-2 dBm ≤, ≤+10 dBm</td> <td>±0.6 dB</td> <td>±0.5 dB</td> </tr> <tr> <td>-40 dBm <, <-2 dBm</td> <td>±0.5 dB</td> <td>±0.5 dB</td> </tr> <tr> <td>-110 dBm <, ≤-40 dBm</td> <td>±0.5 dB</td> <td>±0.5 dB</td> </tr> <tr> <td>-120 dBm <, ≤-110 dBm</td> <td>±0.5 dB</td> <td>±0.7 dB</td> </tr> <tr> <td>-127 dBm <, ≤-120 dBm</td> <td>±0.7 dB</td> <td>±1.0 dB</td> </tr> <tr> <td>-136 dBm <, ≤-127 dBm</td> <td>±1.5 dB typ.</td> <td>±1.5 dB typ.</td> </tr> </tbody> </table>		レベル	周波数		50 MHz ≤, <400 MHz	400 MHz ≤, ≤3 GHz	+20 dBm <, ≤+23 dBm		±0.6 dB	+17 dBm <, ≤+20 dBm		±0.6 dB	+10 dBm <, ≤+17 dBm	±0.6 dB	±0.6 dB	-2 dBm ≤, ≤+10 dBm	±0.6 dB	±0.5 dB	-40 dBm <, <-2 dBm	±0.5 dB	±0.5 dB	-110 dBm <, ≤-40 dBm	±0.5 dB	±0.5 dB	-120 dBm <, ≤-110 dBm	±0.5 dB	±0.7 dB	-127 dBm <, ≤-120 dBm	±0.7 dB	±1.0 dB	-136 dBm <, ≤-127 dBm	±1.5 dB typ.	±1.5 dB typ.
レベル	周波数																																		
	50 MHz ≤, <400 MHz	400 MHz ≤, ≤3 GHz																																	
+20 dBm <, ≤+23 dBm		±0.6 dB																																	
+17 dBm <, ≤+20 dBm		±0.6 dB																																	
+10 dBm <, ≤+17 dBm	±0.6 dB	±0.6 dB																																	
-2 dBm ≤, ≤+10 dBm	±0.6 dB	±0.5 dB																																	
-40 dBm <, <-2 dBm	±0.5 dB	±0.5 dB																																	
-110 dBm <, ≤-40 dBm	±0.5 dB	±0.5 dB																																	
-120 dBm <, ≤-110 dBm	±0.5 dB	±0.7 dB																																	
-127 dBm <, ≤-120 dBm	±0.7 dB	±1.0 dB																																	
-136 dBm <, ≤-127 dBm	±1.5 dB typ.	±1.5 dB typ.																																	
信号純度	非高調波スプリアス	<p>-30 dBm ≤ 出力レベル ≤ +5 dBm, CW, 出力周波数からのオフセット 10 kHz 以上において,</p> <p>< -62 dBc (-70 dBc typ.) (100 kHz ≤ 周波数 ≤ 187.5 MHz) < -68 dBc (-76 dBc typ.) (187.5 MHz < 周波数 ≤ 750 MHz) < -62 dBc (-76 dBc typ.) (750 MHz < 周波数 ≤ 1.5 GHz) < -56 dBc (-70 dBc typ.) (1.5 GHz < 周波数 ≤ 3 GHz) < -50 dBc (-64 dBc typ.) (3 GHz < 周波数 ≤ 6 GHz)</p>																																	
	SSB 位相雑音	<p>Phase Noise Opt.: < 200 kHz, CW, 20 kHz オフセットにおいて</p> <p>< -140 dBc/Hz (nominal) (100 MHz) < -131 dBc/Hz typ. (1 GHz) < -125 dBc/Hz typ. (2 GHz)</p>																																	

ベクトル変調	ベクトル精度	<p>CAL 機能実行後において、</p> <p>MG3710A-043/143 未搭載時</p> <p>W-CDMA (Test Model 4) 変調時</p> <p>出力周波数: 800 MHz~900 MHz, 1800 MHz~2200 MHz, 出力レベル $\leq +7$ dBm (MG3710A-041/141 未搭載時), 出力レベル $\leq +13$ dBm (MG3710A-041/141 搭載時) において、</p> <p>$\leq 0.6\%$ (rms) typ.</p> <p>GSM 変調時</p> <p>出力周波数: 800 MHz~900 MHz, 1800 MHz~1900 MHz, 出力レベル $\leq +7$ dBm (MG3710A-041/141 未搭載時), 出力レベル $\leq +13$ dBm (MG3710A-041/141 搭載時) において、</p> <p>$\leq 0.8^\circ$ (rms) typ.</p> <p>EDGE 変調時</p> <p>出力周波数: 800 MHz~900 MHz, 1800 MHz~1900 MHz, 出力レベル $\leq +7$ dBm (MG3710A-041/141 未搭載時), 出力レベル $\leq +13$ dBm (MG3710A-041/141 搭載時) において、</p> <p>$\leq 0.8\%$ (rms) typ.</p> <p>LTE (20MHz Test Model 3.1) 変調時</p> <p>出力周波数: 600 MHz~2700 MHz, 出力レベル $\leq +7$ dBm (MG3710A-041/141 未搭載時), 出力レベル $\leq +13$ dBm (MG3710A-041/141 搭載時) において、</p> <p>$\leq 0.8\%$ (rms) typ.</p>
	ACLR	<p>1.8 GHz \leq 出力周波数 < 2.2 GHz, 出力レベル ≤ -2 dBm (MG3710A-041/141 を未搭載時), 出力レベル $\leq +5$ dBm (MG3710A-041/041 を搭載時) において</p> <p>5 MHz offset: ≤ -71 dBc/3.84 MHz (W-CDMA TestModel1_64DPCH) 10 MHz offset: ≤ -71 dBc/3.84 MHz (W-CDMA TestModel1_64DPCH)</p>
一般仕様	寸法	177 mm (h) \times 426 mm (w) \times 390 mm (d) (突起物除く)
	質量	≤ 13.7 kg (MG3710A-032, 034 または 036 を搭載し、他のオプションを除く)
	消費電力	<p>≤ 350 VA (全オプションを含む)</p> <p>180VA (nominal) (MG3710A-032, 034 または 036, および 041, 042 を搭載、他のオプションを除く)</p> <p>260VA (nominal) (MG3710A-032, 034 または 036, および 041, 042 を搭載かつ、MG3710A-062, 064 または 066, および 071, 072 を搭載し、他のオプションを除く)</p> <p>280VA (nominal) (MG3710A-032, 034 または 036, および 041, 042 を搭載かつ、MG3710A-062, 064 または 066, および 071, 072 を搭載かつ、001, 021 搭載し、他のオプションを除く)</p>

公知