

Keysight Technologies

5G空間電波伝搬特性測定 リファレンスソリューション

Solution Brochure



ミリ波、超広帯域、MIMO対応ソリューションにより、5Gチャネルサウンディングの研究を加速

はじめに

現在のLTE/LTE-Advanced規格では、高速データスループット、大容量セル、高い信頼性を要求する市場に必要な性能が不足しています。そのため、必要な性能を実現しながら4Gテクノロジーと共存できる新しい5G携帯電話規格が開発中です。新しい無線チャネルとして想定されているのは、3.6 GHzまたは5 GHzなどの6 GHz未満の周波数です。しかし、6 GHz未満で使用できるスペクトラムは非常に限られているため、次世代携帯電話システム用に広帯域伝送が可能なミリ波周波数が検討されています。新しいエアインタフェース規格は、6 GHzよりも高い、15/28/32/38/45/72 GHzまたはそれ以上の周波数で検討されています。

新しいチャネルモデルをミリ波周波数で定義するために、研究／デザインエンジニアは、与えられた周波数で無線信号がどのように伝搬するのかを理解する必要があります。このような高周波で主に障害となるものには、経路損失、ドップラー効果、酸素による吸収や降雨などの環境の影響があります。チャネルサウンディング手法は、このような障害が信号伝送に及ぼす影響を解析するのに使用されます。この手法では数学モデルを用いて、与えられた周波数でのチャネル性能を決定する無線チャネルの特性を抽出します。キーサイト・テクノロジーの空間電波伝搬特性測定リファレンスソリューションは、キーサイトの度量衡グレードの市販ハードウェアと5Gチャネルサウンディング測定用ソフトウェアを組み合わせたもので、オプションのサービスを利用すれば5G候補チャネルをより詳細に解析することもできます。

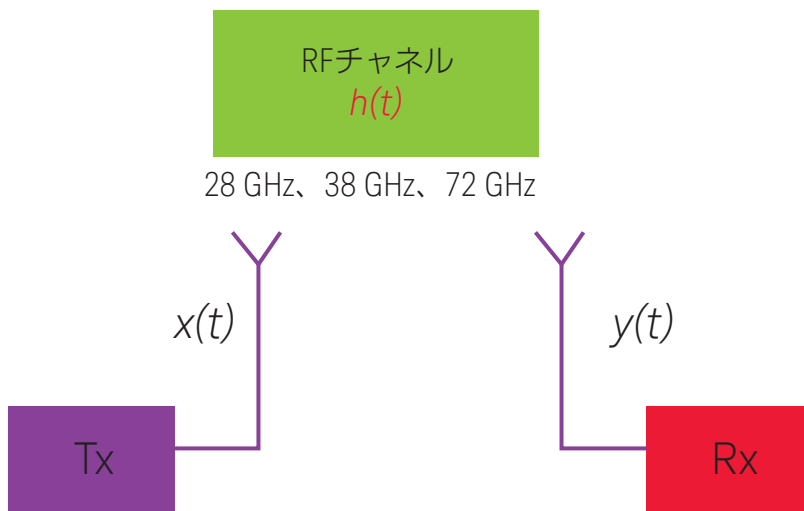
5Gチャネルサウンディング・テストの課題

新しい候補周波数帯域を検証するには、正確なタイミング調整／同期を実現できる非常に複雑なマルチチャネル測定器と、候補チャネルを捕捉して特性評価できる高度なソフトウェアが必要です。以下は主な測定項目です。

- 振幅／折返しのない位相／群遅延の周波数応答
- 絶対経路損失／経路遅延プロファイル(PDP)
- 到来角(AoA)
- 発射角(AoD)

以下は、デザイン／研究エンジニアが直面する主なテスト課題です。

- 広帯域のMIMO信号のミリ波周波数での生成／解析
- ベクトルブリ補正、IQ周波数応答、IQ不平衡、チャネル間スキューなど、広帯域トランスミッター／レシーバーテスト用の校正
- 非常に大量データを収集／管理するのにかかる膨大な時間
- 正確な測定を行うためのTx/Rxのタイミング調整／同期



技術的な課題

- 信号の生成と捕捉
- ミリ波周波数帯域
- 超広帯域幅
- MIMO
- データストリーミング／ストレージ
- チャネルパラメータの予測処理
- 校正／同期

主な測定

- 経路遅延プロファイル
- AoA、AoD、AS（角度拡散）
- ドップラーシフト

5G空間電波伝搬特性測定リファレンスソリューション

5G空間電波伝搬特性測定リファレンスソリューションは、このようなテスト課題に対応するために、ハードウェア、ソフトウェア、測定の専門知識を統合した、5Gチャネルサウンディング・テスト・プラットフォームに欠かせないソリューションです。このソリューションを使用すれば、テストプラットフォームを特定のテストニーズに適合するように、チャンネル数の拡張、ミリ波周波数の送信／測定、伝送帯域幅と解析帯域幅の拡張、後処理用のデータ捕捉などが必要に応じて行えます。リファレンスソリューションでは、トランスミッターでスイッチングされてレシーバーで平行収集された広帯域信号の相関を使用します(下の図1参照)。

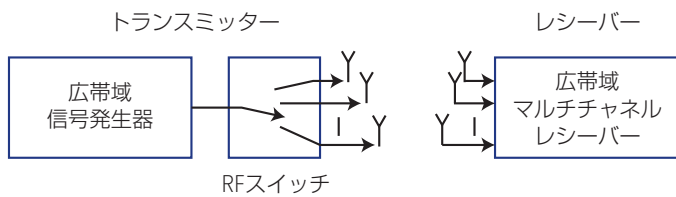


図1. レシーバーにおける広帯域信号相関と平行収集

レシーバーで平行収集された複数の信号は、デジタイザのFPGAに送られて処理されます。リファレンスソリューションのソフトウェアは、M9703AデジタイザのFPGAでリアルタイムにチャンネルインパルス(CIR)応答の比較と処理を行っているので高速な収集処理が可能です。収集する必要のあるデータ量を大幅に削減できます。SystemVueのカスタムアルゴリズムを使用すれば、後処理でチャンネルパラメータ推定も実行できます。

校正／同期は、絶対遅延、AoA、AoDなどを正確に測定するために不可欠です。システム全体の校正の他に、位相コヒーレントな測定チャンネルでは位相／振幅スキュー用のチャンネル補正も行われます。リファレンスソリューションでは、高精度な10 MHz LO(ルビジウムクロックから供給)とトリガを使用するのでTxとRxを正確に同期できます。

5G空間電波伝搬特性測定リファレンスソリューションは2 GHzのステミュラス、1 GHzの解析帯域幅、最大8チャンネルを備え、最大44 GHzの周波数レンジのアプリケーションをサポートしています。カスタムソリューションによって、周波数レンジ、解析帯域幅、チャンネル数をさらに拡張することもできます。カスタムソリューションが必要な場合は、キーサイトの計測お客様窓口までお問い合わせください。

リファレンスソリューションのアーキテクチャー

下の図は、5G空間電波伝搬特性測定リファレンスソリューションの簡素化したブロック図です。このソリューションは拡張性と柔軟性が優れています。ダウンコンバーターとデジタイザを追加すればより多数のチャンネルに対応するように拡張でき、各チャンネルにKeysight「スマートミキサー」を使用すれば高い周波数にも対応できます。

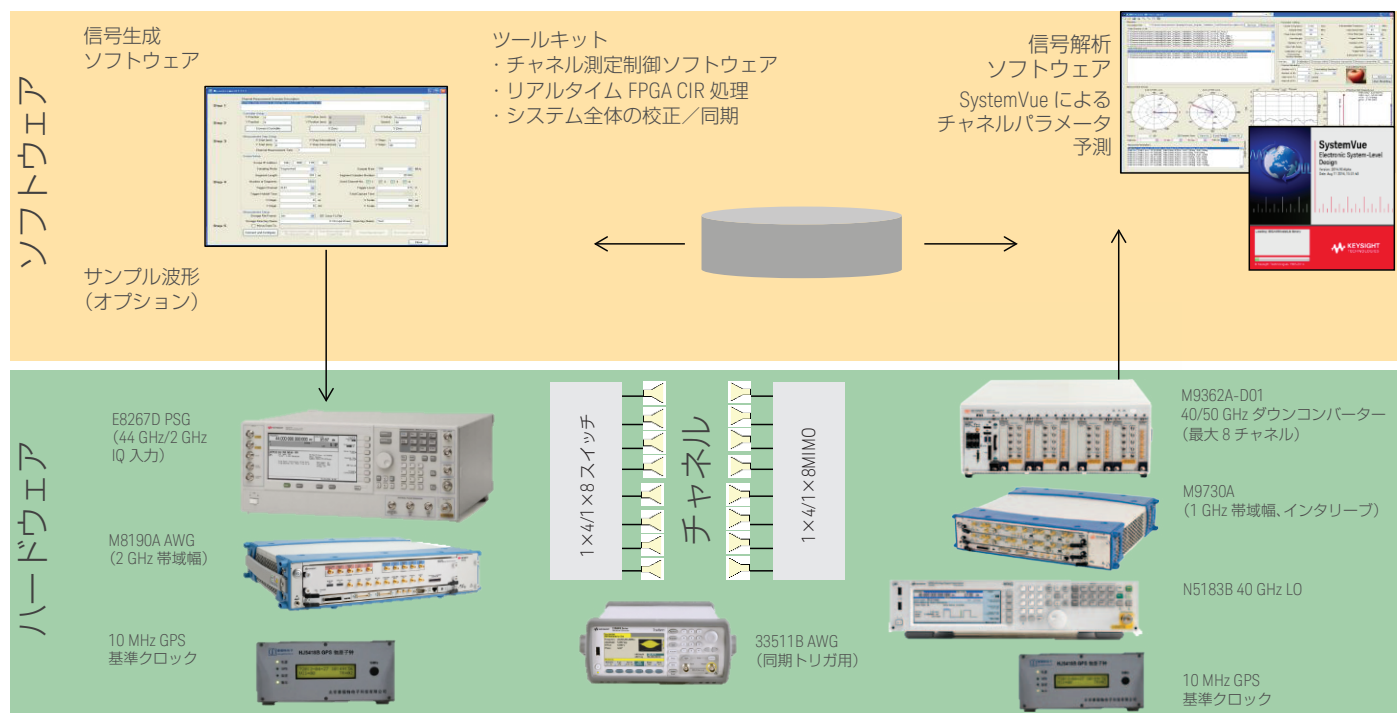


図2. 5G空間電波伝搬特性測定リファレンスソリューションのアーキテクチャー

ソリューションの特長と利点

特長	長所
校正／同期した広帯域信号をミリ波周波数で生成／解析	新しい5Gチャネル解析用の正確な広帯域チャネルサウンディング測定を高い信頼性で実現
マルチ位相コヒーレントな、広帯域デジタイザチャネルを備えたFPGAによるリアルタイムCIR解析	リアルタイムCIRによる高速データ収集。必要なディスク容量／メモリの削減
SystemVueでデザイン／シミュレーションできる業界初の5G解析ライブラリ	規格の進化とともに新しい5Gテストに対応できる柔軟性と拡張性

主な性能仕様

リファレンスソリューションは以下を実現します。

- 1 GHz帯域幅を備えた最大44 GHzのTx/Rx。Keysightスマートミキサーを使用すればさらに高い周波数に拡張可能
- 4/8チャネルのMIMOに対応。104チャネルまで拡張可能
- 複数の位相コヒーレントチャネルの捕捉、オンボードFPGAによりチャネルインパルス(CIR)応答のリアルタイム処理
- IO制御により、TxとRxを優れた確度($<1 \times e^{-12}$)と安定度($<1 \times e^{-12}$)で同期

主な仕様

M9703A AXIe広帯域デジタイザ、12ビット、3.2 GSa/s

8チャネルから104チャネルに拡張可能な12ビット位相コヒーレントチャネル

インタリーブモードによる1 GHz解析帯域幅

FPGAによるリアルタイムCIRデータ処理

M9362A-D01 PXIeマイクロ波ダウンコンバーター

4つのコヒーレントチャネル

26.5/40/50 GHzの周波数オプション

1 GHzのアナログ帯域幅

M9352A PXIハイブリッド増幅器／アッテネータ

4チャネル

1 GHzのアナログ帯域幅、36 dBの利得

N5183B MXGマイクロ波アナログ標準信号発生器(マイクロ波LO用)

周波数：13/20/31.8/40 GHz

出力パワー：+20 dBm(20 GHz)、+15 dBm(40 GHz)

位相雑音：-124 dBc/Hz(10 GHz、10 kHzオフセット)

位相雑音：-116 dBc/Hz(40 GHz)

E8267D PSGベクトル信号発生器

周波数：20/31.8/44 GHz。ミリ波スマートミキサーにより75/90/110 GHzに拡張可能

出力パワー：+23 dBm(～20 GHz)、+13 dBm(40 GHz、差動IQ入力使用時)

外部差動I/Q入力(最大2 GHzの変調帯域幅)

M8190A 任意波形発生器、12 GSa/s

分解能：14ビット(最大8 GSa/s)、12ビット(最大12 GSa/s)

帯域幅：PSGと組み合わせた場合は2 GHz、スタンドアロンでダブルレットモード使用時は8 GHz

スプリアス・フリー・ダイナミック・レンジ(SFDR)：最大90 dBc(代表値)

高度なシーケンス機能を備えた2 GSa(1チャネル当たり)の任意波形メモリ

ハードウェア構成

次のテスト機器を組み合わせ、超広帯域/MIMO機能を備えた最大44 GHzのTx/Rxを構成できます。

M9703A AXIeデジタイザ、12ビット／広帯域レシーバー



www.keysight.co.jp/find/m9703a

1台のAXIeモジュールで、8種類の高速度／高分解能のベースバンド測定を実行できます。1つのAXIeシャーシにさまざまなモジュールを搭載して、チャンネル／機能を拡張できます。デジタイザのFPGAによってリアルタイムでCIRデータ処理が可能です。

M9362A-D01 PXIeクワッド・ダウンコンバーター /M9352A PXIハイブリッド増幅器／アッテネータ



www.keysight.co.jp/find/m9362a-d01

www.keysight.co.jp/find/m9352a

PXIベースの位相コヒーレントなクワッド・ダウンコンバーター／増幅器モジュールを使用して、アンテナアレイの各信号出力をデジタイザの入力に適合させます。さまざまなダウンコンバーターオプションにより、50 GHzまでの周波数レンジに対応できます。

N5183B MXG Xシリーズ マイクロ波アナログ標準信号発生器



www.keysight.co.jp/find/n5183b

低位相雑音の局部発振器を備えた内蔵ダウンコンバーターにより、位相コヒーレントを維持します。MXGは高出力パワーなのでスプリッターでLO信号を複数のダウンコンバーターに供給でき、これにより位相コヒーレンスを保証しています。

M8190A 任意波形発生器、12 GSa/s



www.keysight.co.jp/find/m8190a

2チャンネルの高精度AWGによってベースバンド変調信号を出力できます。E8267D PSGを使用した場合、最大44 GHzの搬送波信号で2 GHzの変調帯域幅を実現できます。AWGは、12ビット分解能で最大12 GSa/s、14ビット分解能で最大8 GSa/sで動作できます。この信号により、E8267D PSGベクトル信号発生器の広帯域/I/Q変調入力をドライブできます。

E8267D PSGベクトル信号発生器



www.keysight.co.jp/find/e8267d

+13 dBmの出力パワーで最大44 GHzの広帯域信号を出力できます。PSGは最大2 GHzの変調帯域幅入力用の広帯域差動外部I/Q入力(オプション016)を装備しています。キーサイトのアップコンバーターを使用して、1チャンネルのミリ波周波数の信号を出力できます。

M9502A/M9505A/M9514A AXIeシャーシ(デジタイザ/AWG用)



www.keysight.co.jp/find/axie-chassis

AXIeシャーシは複数の高速デジタイザとAWGをPCI Gen2バス上に統合し、システムスロットにx4リンク接続することで最大2 GB/sの伝送が可能です。M9502Aは小規模のMIMOシステム用で2つのデジタイザモジュールを収納でき、最大16チャンネル、1.6 GSa/s(インタリーブモード使用時は8チャンネル、3.2 GSa/s)をサポートしています。M9505Aはより大規模なシステム用で、5つのデジタイザを収納して最大40チャンネルをサポートできます。M9514A 14スロットAXIeシャーシを使用すれば、さらに大規模なシステムを構築できます。

M9018A 18スロットPXIeシャーシ/M9037A PXIe高性能組込みコントローラー



www.keysight.co.jp/find/m9018a

www.keysight.co.jp/find/m9037a

M9018A PXIeシャーシには、PXIベースのダウンコンバーター／増幅器／周波数基準モジュールを収納するためのスロットが17個あります。core i7ベースのM9037A PXIe組込みコントローラーによって、AXIeデジタイザシャーシとPXIeシャーシの両方を制御できます。M9037Aにはオペレーティングシステム、ドライバー、Keysight I/Oライブラリがプリロードされているので、素早く起動できます。PXIeシャーシは非常に優れた柔軟性、互換性、性能を備え、PCI Gen2x8リンクによりシステムスロットに対して最大8 GB/sのデータレートを実現しています。M9018Aは4つのクワッド・ダウンコンバーターと4つのアンプモジュールに十分な電源を供給し、すべてのモジュールを4Uのラックスペースに収納できる革新的な冷却設計を実現しています。

5Gチャネルサウンディングソフトウェア

チャネルサウンディング特性評価にはいくつかの手順が必要です。ソフトウェアを使用して以下が行えます。

- 測定器の制御、厳密な同期測定の実行、正確な絶対遅延結果の取得
- チャネルサウンディング信号の作成、特性評価に使用する適切なデータの捕捉
- データの後処理とチャネルパラメータの抽出に必要な数学モデルの使用
- 正確な結果を保証するシステム全体の校正

チャネルサウンディング信号

チャネルサウンディング信号はサウンディングシステムに不可欠な要素です。キーサイトは、SystemVue、Waveform Creator、Signal Studioなどの信号生成ツールを用いてチャネルサウンディング信号を作成する複数の方法を用意しています。キーサイトのプロフェッショナル・サービス・チームはカスタムのサウンディング信号も作成できます。

CIRおよびチャネルパラメータの抽出

リファレンスソリューションにはCIRデータの捕捉／比較／処理を行うソフトウェアが付属し、チャネルパラメータの抽出はオフラインで実行できます。別のアルゴリズムを使用してチャネルパラメータを抽出することもでき、それぞれに独自の利点と欠点があります。キーサイトは、SystemVueプラットフォームを用いたSAGEアルゴリズムに基づいたカスタム・チャネル・パラメータ抽出を提供しています。

新しいチャネルモデルを使用したシミュレーション

チャネルモデリングが完了した後、SystemVue 5Gライブラリを使用してMIMOチャネル用のシグナリング方式で新しいチャネルモデルのリンクレベルシミュレーションが行えます。統合されたシミュレーション環境により、ユーザーはハードウェアを使用しながら新しいデザインを検討／実装／検証することができます。

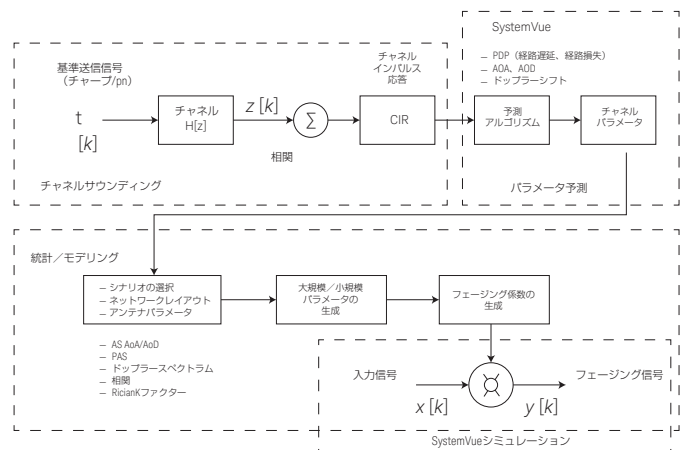


図3. MIMOチャネル測定、パラメータ抽出、モデリング、シミュレーション

Y1299Aリファレンスソリューション・スタートアップ・キット

チャネルサウンディング特性評価にはいくつかの手順が必要です。リファレンスソリューションに付属しているY1299-006ツールキットは、設定とテストツールを提供することで複雑なチャネルサウンディング特性評価を支援し加速します。

I/O制御ソフトウェア

リファレンスソリューションに付属しているI/O制御ソフトウェアにより、測定器の正確なタイミング／制御を実現できます。Tx/Rxサブシステムの同期により、正確な絶対遅延測定結果を保証します。

このソフトウェアはTxスイッチサブシステムを制御し、信号に対して正確に同期する10 MHz GPS基準クロックとトリガを用いて、サウンディングスティミュラス信号の生成と収集を同期します。これにより、正確な時間で測定を行うことができます。

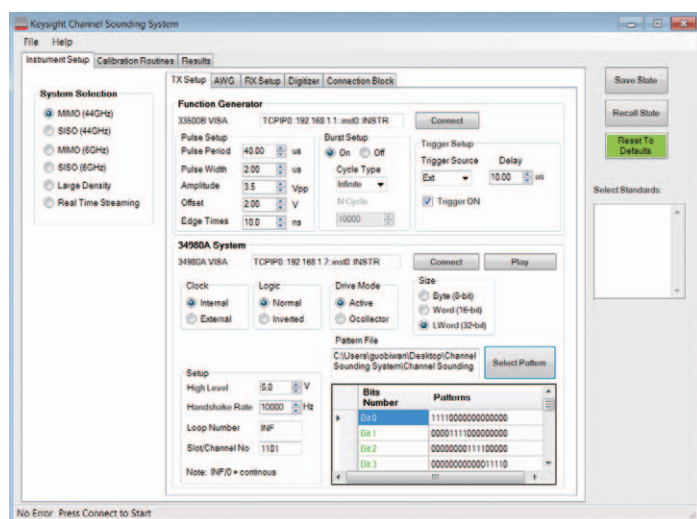


図4. IO制御ソフトウェアの同期／トリガ用の測定器セットアップ

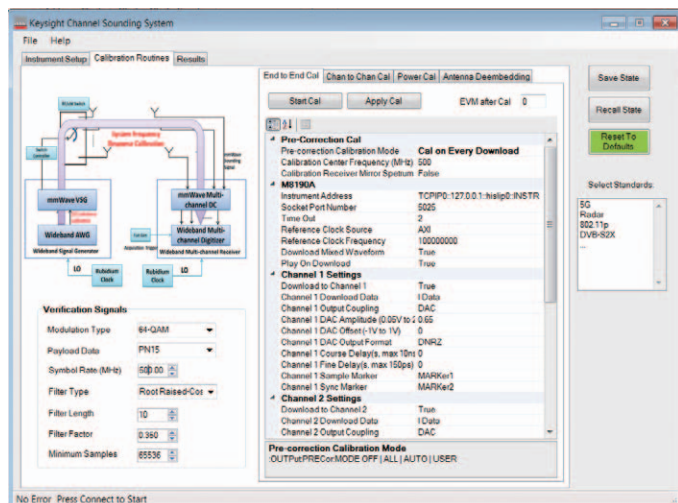


図5. IO制御ソフトウェアのI/Q不平衡校正

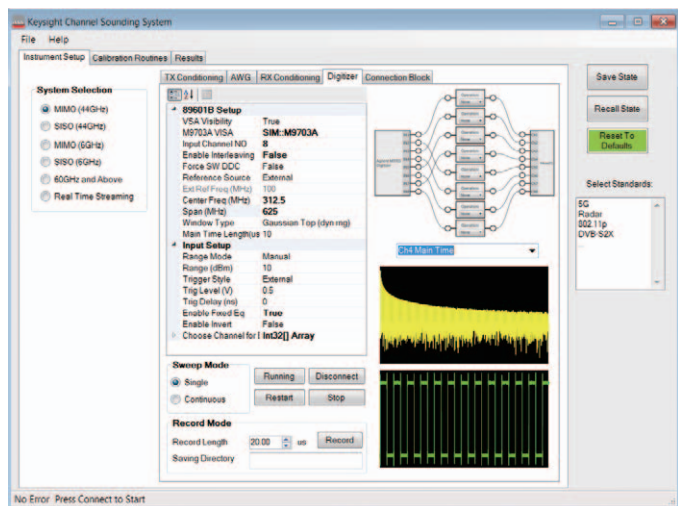


図6. IO制御ソフトウェアのデジタイザのチャンネル間補正

システム全体の校正

正確なチャンネルサウンディング測定結果を取得するには、校正が極めて重要です。リファレンスソリューションは、M9099 Waveform Creatorと89600 VSAソフトウェアを介して校正を実行し、以下の校正のための指示が表示されます。

- システムインパルス応答
- I/Q不平衡
- マルチチャンネルの振幅／位相スキュー
- パワー

データストレージ／ストリーミング

チャンネルサウンディング解析には長時間にわたる膨大なデータ収集が必要です。超広帯域幅/MIMOに対応するためには、大規模なデータストレージが必要です。データ収集を最適化／削減するためにリファレンスソリューションはM9703A FPGAでデータのリアルタイム処理を実現し、リアルタイムにデータの比較と処理を行って有効なCIRデータを作成できます。このデータをメモリに保存してオフラインシステムで後処理も可能です。

キーサイト・プロフェッショナル・サービス

キーサイトはこのソリューションを完全なものにするために、以下のようなさまざまなサービスを提供しています。

- SystemVueプラットフォームベースのソフトウェア開発サービスによる、カスタムサウンディング信号の作成とチャンネルパラメータの抽出。
- キーサイトのアプリケーションエキスパートによるプロジェクトを完了するための生産性向上サービス。このサービスを利用すれば、現場で完全なソリューションを構築するための追加構成と統合を実現できます。詳細は以下のカタログを参照してください。
<http://literature.cdn.keysight.com/litweb/pdf/5989-0099EN.pdf?id=393341>

プロフェッショナル・サービス・チームによる拡張サポート／トレーニングも利用できます。

リファレンスソリューションの推奨構成

このリファレンスソリューションは柔軟性と拡張性に優れています。今必要なものだけを購入すれば、5G測定要件の進化に応じてチャンネルや機能を後で追加できます。

以下は、40 GHzのMIMOソリューションの概要です。特定の構成に関する詳細については、お問い合わせください。

Rxサブシステムコンポーネント

モデル	名称
M9703A	AXIe 12ビットデジタイザ
お問い合わせください	リアルタイムCIR測定のスリーミング／記録
お問い合わせください	リアルタイムDDC測定のスリーミング／記録
M9502A	2スロットAXIeシャーシ
M9352A-H01	PXI増幅器／アッテネータ
M9362A-D01	PXIe クワッド・ダウンコンバーター
M9362A-D01-F40	10 MHz ～ 40 GHzの周波数レンジ
M9300A	PXIe周波数基準
M9018A	18スロットPXIeシャーシ
M9037A	PXIe高性能組込みコントローラー
M9037A-WE6 M9037A-M16	Windows 7 (64ビット) 標準搭載 16 GBメモリの追加
N5183B	MXG Xシリーズ マイクロ波アナログ標準信号発生器
N5183B-1EA N5183B-540 N5183B-UNY	高出力パワー 9 kHz ～ 40 GHzの周波数レンジ 低位相雑音
33511B	波形発生器

Txサブシステムコンポーネント

モデル	名称
M9505A	AXIe 5スロットシャーシ
M9536A	AXIe組込みコントローラー
M9536A-WE6 M9536A-M16	Windows 7 (64ビット) 標準搭載 16 GBメモリの追加
M8190A	AXIe AWG
M8190A-002 M8190A-02G (×2)	AWG – 2チャンネル 128 Mサンプル／チャンネル～2 Gサンプル／チャンネルのメモリ
M8190A-14B M8190A-805 (×4) M8190A-811 (×4)	14ビットの分解能 ローパスフィルター ケーブルアセンブリ
E8267D	PSGベクトル信号発生器
E8267D-016 E8267D-544 E8267D-UNX	IQ 差動入力 250 kHz ～ 44 GHzの周波数レンジ 超低位相雑音
E3630A	電源
L4450A 34950T	メモリ内蔵の64ビットデジタルI/O ターミナルブロック (スクリューコネクタ付き)
85332B	半導体スイッチ
85332B-201	スイッチ制御ユニット

その他のハードウェア／アクセサリ

正確なタイミング調整／同期を実現する10 MHz GPSクロック (ルビジウム)
システムに必要なその他のアンテナ、アンプ、ケーブル、コネクタ (完全なリストについては構成ガイドを参照してください)

ソフトウェア、ツールキット

モデル	名称
Y1299-006 (お問い合わせください)	5Gリファレンスソリューション・スタートアップキット
89601B-200	89600 VSAソフトウェア (Rx校正用)
M9099A- LIC/DFW	Waveform Creatorソフトウェア (Tx校正用)

推奨ソフトウェア(オプション)

モデル	名称
E1462BP	SystemVue FPGA Architect
W1906EP	SystemVue 5Gベースバンド検証ライブラリ

推奨カスタムサービス(オプション)

モデル	名称
PS-S10-100	リモートでの定期的なプロダクティビティアシスタンス
PS-S20-100	お客様の機器を用いた測定器／アプリケーションコンサルティング(1日)
PS-X10-100	アプリケーション独自のテクニカルアシスタンス
E8991A	お客様のSystemVueソフトウェアを用いるアプリケーションコンサルティング／プレミアムサービス(1日)

ハードウェアサポート

キーサイトは、すべてのハードウェア製品に標準保証を提供しています。以下を含めて、保証サービスでは製品を販売している国での対応が標準で提供されます。

- 仕様に規定された性能に完全に戻すために必要なパーツと作業
- 校正証明書が付属する製品に対する再校正
- 製品の返送

myKeysight



www.keysight.co.jp/find/mykeysight

ご使用製品の管理に必要な情報を即座に手に入れることができます。

www.axiestandard.org



AXIe (AdvancedTCA® Extensions for Instrumentation and Test) は、AdvancedTCA® を汎用テストおよび半導体テスト向けに拡張したオープン規格です。Keysight は、AXIe コンソーシアムの設立メンバーです。

www.lxistandard.org



LXI は、ウェブへのアクセスを可能にするイーサネットベースのテストシステム用インタフェースです。Keysight は、LXI コンソーシアムの設立メンバーです。

www.pxisa.org



PXI (PCI eXtensions for Instrumentation) モジュール測定システムは、PC ベースの堅牢な高性能測定 / 自動化システムを実現します。

www.keysight.com/go/quality



Keysight Technologies, Inc.
DEKRA Certified ISO 9001:2008
Quality Management System

www.keysight.com/find/service



測定器を効率よく管理するためのオンラインサービスです。無料登録により、保有製品リストや修理・校正の作業履歴、校正証明書などをオンラインで確認できます。

契約販売店

www.keysight.co.jp/find/channelpartners

キーサイト契約販売店からもご購入頂けます。
お気軽にお問い合わせください。

www.keysight.co.jp/find/solution-5GSounding

キーサイト・テクノロジー合同会社

本社 〒192-8550 東京都八王子市高倉町9-1

計測お客様窓口

受付時間 9:00-18:00 (土・日・祭日を除く)

TEL ☎ 0120-421-345 (042-656-7832)

FAX ☎ 0120-421-678 (042-656-7840)

Email contact_japan@keysight.com

ホームページ www.keysight.co.jp

記載事項は変更になる場合があります。
ご発注の際はご確認ください。



Unlocking Measurement Insights

© Keysight Technologies, 2015
Published in Japan, October 26, 2015
5992-0983JAJP
0000-00DEP
www.keysight.co.jp