

LoRaデバイスの RF測定の課題の克服

LoRa® – IoTアプリケーションをサポートする 長距離無線テクノロジー

LoRa(Long Range)は、M2MおよびIoT (モノのインターネット) アプリケーション用のセンサとアクチュエーターによって、低データレートの通信を長距離で実現するために開発された無線テクノロジーです。LoRa Alliance™ (協力メンバーのオープンアソシエーション) によって開発されたLoRaWAN™は、LoRaテクノロジーの上に構築され、ライセンスフリーのサブGHzの周波数で動作する、LPWA(Low Power Wide Area)ネットワークプロトコル仕様です。このアプリケーションノートでは、LoRaデバイスのRF測定の主な課題について紹介し、キーサイトのテストソリューションを使用してこれらの課題を克服する方法についてのガイダンスを提供します。

LoRaテクノロジーは、2つの代替変調方式、GFSK (ガウシアン周波数シフトキーイング) とLoRa変調を提供します。Semtech Corporationによって開発されたLoRa変調方式は、プロセスゲインを向上させることによりレシーバーの感度を高めるCSS (チャープスペクトラム拡散) テクノロジーです。LoRa CSSシステムのデータレートは、拡散係数、帯域幅、チャンネル・コード・レートなどの要素によって異なります (帯域幅 (代表値) は125 KHz、250 KHz、または500 KHz)。デバイスの性能を検証するには、LoRaテストソリューションが上記のパラメータをサポートすることが重要です。



アップリンクの物理層構



ダウンリンクの物理層構造

図1. アップリンクとダウンリンクそれぞれのLoRa物理層フレーム構造



LoRaフレームには、同期用のプリアンブル、システム情報を有するヘッダー(PHDR)、ペイロード、CRCビットが含まれます。ダウンリンクとアップリンクのフレーム構造は同一ではありませんが (図1を参照)、同じテクノロジーが使用されており、性能は似ています。そのため、テストモードとしてアップリンクのみが定義されています。LoRaデバイスの性能を適切にテストするには、波形発生器はこの構造に従う必要があります。

進化するトランスミッターとレシーバーのテスト要件

LoRaデバイスの試験要項は最終的に決定していません。例えば、これには、デバイス温度の上昇によって引き起こされる周波数ドリフトを測定する、研究開発段階でのトランスミッターテストが含まれる可能性があります。

初期のレシーバーテスト要件では、パケット・エラー・レート(PER)を測定する感度テストが重視されています。研究開発、デザイン、検証テストについては、相加性白色ガウシアン雑音(AWGN)、およびLOドリフトや隣接／同一チャネルのチャネル干渉に起因した周波数誤差などの障害を持つレシーバーの、性能の検証を含めるため、業界が追加のテスト要件を検討しているところです。

初期のトランスミッターテストの要件では、全パワー、周波数スペクトラム、OBW（占有帯域幅）に関連する一般的なパワーおよびスペクトラム測定に焦点を当てています。



進化するLoRaのテスト要件に対応するキーサイトのテストソリューション

キーサイトは、レシーバーテスト用の信号作成、トランスミッターテスト用の信号解析など、進化するLoRaのテスト要件に対応するための包括的なソリューションセットを提供しています。テストに使用されるハードウェアプラットフォームは異なるものの、研究開発と製造にわたってこの同じアプリケーションソフトウェアが使用されます。

レシーバーテスト用の信号作成

LoRaレシーバーテストのセットアップでは、N7610C IoT用Signal Studioを使用してLoRa波形を作成します。波形は、キーサイトの信号発生器の任意波形メモリにダウンロードされます。波形を再生することでRF信号が作成され、その信号がレシーバーに供給されます。テストシナリオに基づいて、研究開発テストにはKeysight N5182B MXG、N5172B EXG、N5166B CXG信号発生器を、製造テストにはE6640A EXMまたはN9421A VXTベクトルトランシーバーを使用することをお勧めします。

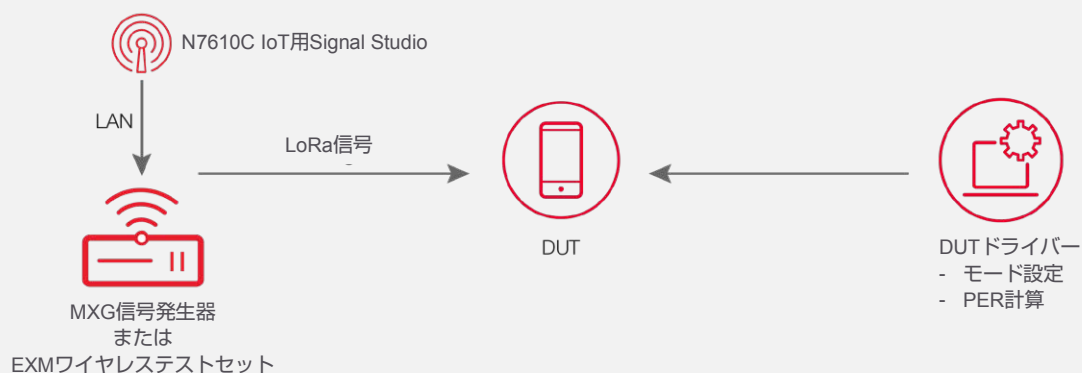


図2. Signal Studioとキーサイトの信号発生器で構成されたLoRaテストのレシーバーのセットアップ

N7610C IoT用Signal Studioは柔軟性に優れ、LoRa波形の作成にさまざまな構成を使用できます。これらの構成を制御するためのパラメータは、直感的なGUIを使用して簡単に設定することができます。LoRa信号設定の主なパラメータは次のとおりです。

- 拡散係数(SF)
- 帯域幅
- コードレート
- プリアンブル長

Signal Studioをキーサイトの信号発生器の1つと組み合わせて使用すると、波形への劣化条件の追加により、シンボルのタイミング誤差と周波数誤差をシミュレートすることができます。信号発生器によって作成されるリアルタイムのAWGNを、必要な信号に追加し、設定されたSNRを持つ信号を作成してレシーバーの性能評価に用いることができます。

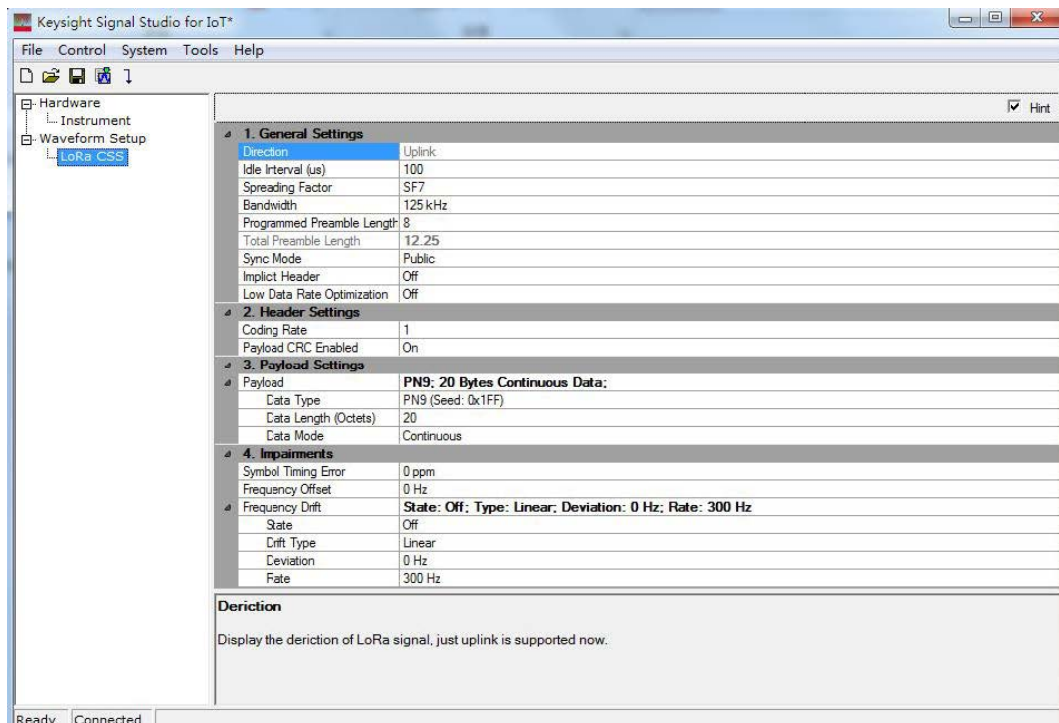


図3：IoT用Signal Studioのパラメータ設定用のGUI

信号発生器から放射されるパワーレベルを調整することにより、レシーバーの感度テストを実行できます。PERを測定結果として使用すると、レシーバーは、CRCビットをチェックすることでエラーパケットを検出できます。

性能の観点から、キーサイトは、隣接および同一チャネル干渉テストには別の信号発生器を使用することを推奨しています。2つ目の信号発生器によって発生した干渉信号が、1つ目の信号発生器によって作成された必要信号と、RFレベルで結合されます。結合された信号は、LoRaデバイスのレシーバーに供給されます。このセットアップは、必要な信号と干渉信号とのパワーレベル差が特に大きい場合にかなりの利点となります。

性能の低下が許容可能な場合、キーサイトはワンボックスソリューションもサポートします。このセットアップでは、必要な信号と干渉信号の波形はベースバンドで結合されます。必要な周波数とパワーレベルのオフセットを使用して2つの信号をベースバンドで結合する場合、周波数とパワーレベルのオフセットに関する考慮が必要です。結合された波形は、信号発生器にダウンロードされてから再生されます。干渉信号を作成するため、Signal Studioは、テクノロジーの中でも特にLTE、WiFiといった、異なるフォーマットの波形を作成します。



トランスミッターテスト用シグナル・アナライザ

Keysight Xシリーズシグナル・アナライザを使用すると、一般的なパワー測定、および研究開発時のトラブルシューティング用のより詳細な信号特性解析を含め、進化する要件の広範なリストをカバーする、LoRaトランスミッターテストを実行できます。Keysight N9063EM0Eアナログ復調測定アプリケーション（Xアプリケーション）には、LoRa CSS信号を正しく復調するために必要なFM復調機能があります。

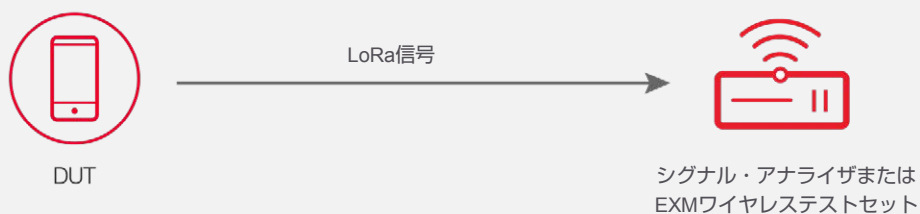


図4. LoRaトランスシーバー信号解析のセットアップでは、シグナル・アナライザまたはEXMを使用してLoRa CSS信号を復調

Mode	Measurement	View
5G NR	AM	Quad
Analog Demod	FM	RF Spectrum
Bluetooth	PM	Demod Waveform
EMI Receiver	FM Stereo / RDS	AF Spectrum
GSM/EDGE /EDGE Evo		Transient Analysis
IQ Analyzer (Basic)		User View
LTE FDD & LTE-A FDD		Demod Waveform 1
LTE TDD & LTE-A TDD		Quad 1 * *
Measuring Receiver		
Noise Figure		
Phase Noise		
Pulse		
Remote Language Compatibility		

図5. アナログ復調測定アプリケーション (Xアプリケーション) のモードセットアップGUI

下の図は、Keysightアナログ復調測定アプリケーションでの125 KHz LoRa信号のトランスミッター測定結果です。RF/アナログスペクトラム、および復調されたCSS信号が示されています。今後の解析機能には、復調された結果を用いた周波数ドリフトが含まれる可能性があります。

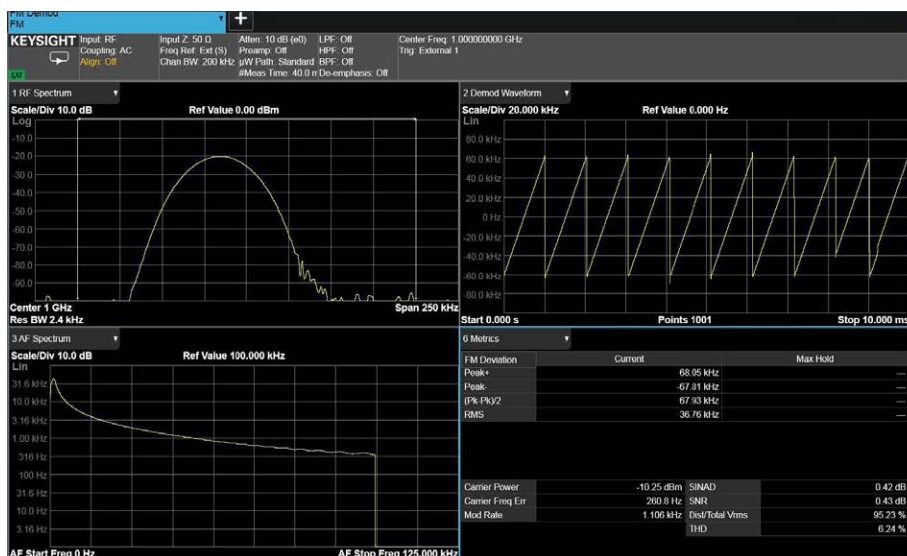


図6. Keysightアナログ復調測定アプリケーションに表示された125 kHz LoRa信号の測定結果

FCCプリコンプライアンス関連テストについては、[Semtechのアプリケーションノート](#)を参照してください。コンプライアンステストに関連する要件に対処するための測定ガイドが得られます。

まとめ

キーサイトは、レシーバーテスト用の信号作成、トランスミッターテスト用の信号解析など、進化するLoRaのテスト要件に対応するための包括的なソリューションセットを提供しています。テストに使用されるハードウェアプラットフォームは異なるものの、研究開発と製造にわたってこの同じアプリケーションソフトウェアが使用されます。N7610C IoT用Signal Studioは柔軟性に優れ、LoRa波形の作成にさまざまな構成を使用できます。これらの構成を制御するためのパラメータは、直感的なGUIを使用して簡単に設定することができます。

キーサイトの汎用シグナル・アナライザ・プラットフォームは、LoRa信号解析に必要な機能を備え、幅広い性能要件をカバーしています。キーサイトは今後も業界と連携して、LoRaテクノロジーの研究と展開を加速する、より高度な解析用のツールの開発に取り組みます。

その他の情報へのリンク：

LoRa Alliance：<https://lora-alliance.org>

Semtech：<https://semtech.force.com/lora>

詳細情報：www.keysight.co.jp

キーサイト・テクノロジー株式会社

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 9:00-12:00 / 13:00-18:00 (土・日・祭日を除く)

TEL：0120-421-345 (042-656-7832) | Email：contact_japan@keysight.com

