

APPLICATION NOTE

NB-IoTおよびLTE Cat-M1の フィールド測定とSLA検証

はじめに

モノのインターネット(IoT)は、無線通信業界における現在のメガトレンドです。マシンツーマシン(M2M)無線インタフェースの採用が、さまざまな業界で急速に進んでいます。2020年までに配備されるIoTデバイスの数は、約200億まで増加する見込みです。

セルラー IoT(CIoT)は、3GPP傘下の一連のテクノロジーとして定義されており、LTE、UMTS、GSMなどのレガシーセルラー広帯域テクノロジーと共存しながら、認可された周波数を使用したIoT接続を可能にします。グローバルに展開されている主なCIoTテクノロジーは、NB-IoTとLTE Cat-M1です。CIoTという用語は、アンライセンスバンドで配備される、LoRa、SigFoxなどのnon-3GPP IoTテクノロジーと区別するために使用されます。

IoTアプリケーションは、大規模IoTとクリティカルIoTに分けることができます。大規模IoTには、スマートメータリング、セキュリティなどが含まれます。大規模IoTの要件には、バッテリー寿命が長いこと、非常に多数のデバイスに適用できること、カバレッジの信頼性が高いこと、および屋内施設を深部までカバーできることがあります。NB-IoTテクノロジーは、この使用状況向けに最適化されています。クリティカルIoTには、ヘルスケア、コネクテッドカーなどのアプリケーションが含まれます。これらのアプリケーションでは、非常に信頼性の高いネットワークで非常に低レベルのレイテンシーを、多くの場合、非常に高いスループットで実現することが求められます。LTE Cat-M1は、これらの要件を満たすように最適化されています。

	LTE Cat-M1	NB-IoT
遺産	LTE	白紙の状態
帯域幅(ダウンリンク)	1.4 MHz	180 kHz(12×15 kHz)
帯域幅(アップリンク)	1.4 MHz	シングルトーン(180 kHz、3.75 kHzまたは15 kHz 間隔)またはマルチトーン(180 kHz、15 kHz間隔)
多元接続(ダウンリンク)	OFDMA	OFDMA
多元接続(アップリンク)	SC-FDMA	シングルトーンFDMAまたはマルチトーン SC-FDMA
ダウンリンク・ピーク・ビットレート	1 Mbps	250 kbps
アップリンク・ピーク・ビットレート	1 Mbps	250 kbps(マルチトーン) 20 kbps(シングルトーン)
レイテンシー	10 ms ~ 15 ms	100 ms ~ 8 s
カバレッジ (リンクバジェット)	~ 156 dB	~ 164 dB、スタンドアロン配備 ~ 149 dB イン/ガードバンド配備
モビリティ	フル	ノーマディック
アプリケーション	クリティカルIoT：ヘルスケア、在宅ケア、交通SoC、コネクテッドカーなど	大規模IoT：スマートメータリング、ホームセキュリティなど

表1. LTE Cat-M1とNB-IoTの比較。

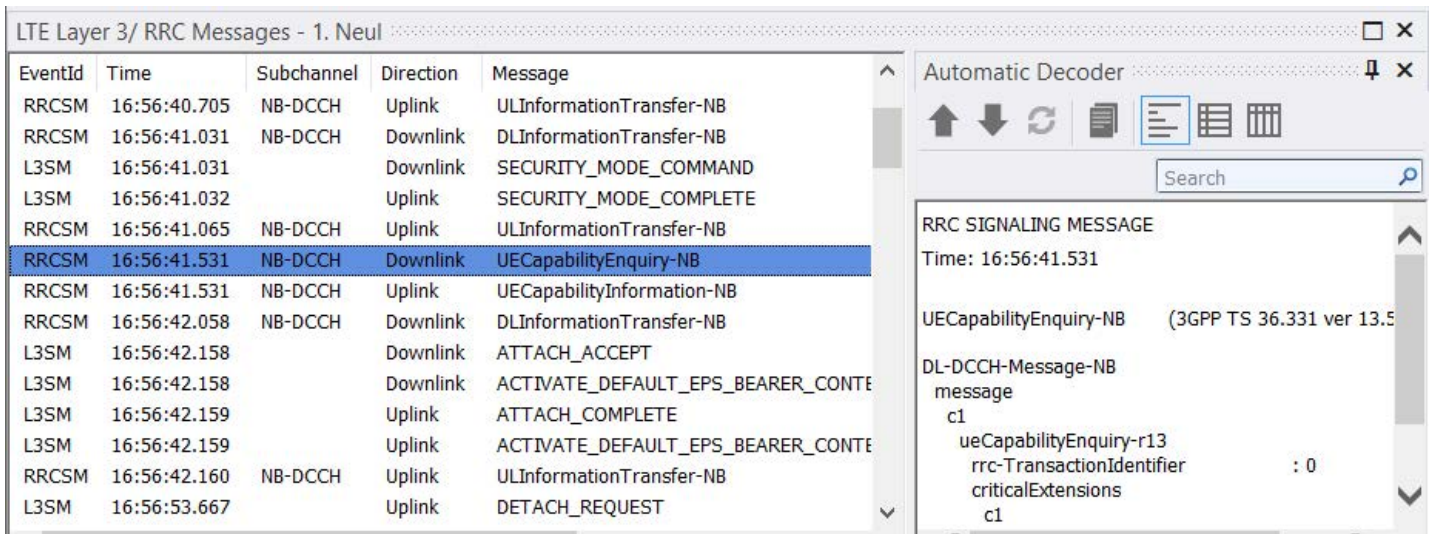
セルラーIoTフィールドテスト - 実際の性能の検証

IoTの出現は、ネットワークプロバイダーのほか、産業カスタマー業界やM2Mインタフェースプロバイダーにもさまざまな課題をもたらしています。どのレベルのクオリティ・オブ・サービス(QoS)とサービスレベル契約(SLA)の達成に対して責任を持つことができますか？ネットワーク機器メーカー、IoTデバイスメーカー、さまざまな事業者間で性能の差はありますか？最適な性能を実現するには、ネットワークをどのように構成および計画する必要がありますか？屋内深部を含め、サービス・カバレッジ・ネットワークは広いですか？IoTデバイスのバッテリー寿命はどれくらいですか？

これらの質問に対する答えは、民生用ネットワーク機器とIoTデバイスのフィールド性能、機器間の相互運用性、およびネットワークのデザインと構成によって異なります。3GPP仕様にはIoTの性能と動作の境界が示されていますが、実際のフィールド性能に大きな役割を果たすのは、機器の実装とネットワークのデザインです。したがって、明確な答えを得るにはフィールド測定を行う必要があります。

仕様と民生用実装

3GPP規格では、IoTの主要な機能を提供するためのテクノロジーを定義していますが、これらのテクノロジーをどう使用し、実装するかに関する細部の多くは、独自に定義された、ベンダー固有の規定です。さらに、デバイスのアンテナとハウジングが、達成される実用性能に重要な影響を与える可能性があります。したがって、配備対象機器の相互運用性と性能を検証するには、ネットワーク機器メーカー、および市場で入手可能なデバイスのテストとベンチマーク測定が重要です。このフィールド/ラボテストの初期フェーズでは、アプリケーションレベルからRF指標およびコントロールプレーンのシグナリングまでの、包括的ビューを提供するツールが必要となります。



The screenshot shows a software interface for analyzing LTE Layer 3/ RRC Messages. The main window displays a list of messages with columns for EventId, Time, Subchannel, Direction, and Message. The selected message is an RRC SM at 16:56:41.531, NB-DCCH, Downlink, UE Capability Enquiry-NB. The Automatic Decoder window on the right shows the decoded message structure: RRC SIGNALING MESSAGE, Time: 16:56:41.531, UE Capability Enquiry-NB (3GPP TS 36.331 ver 13.5), DL-DCCH-Message-NB message, c1 ueCapabilityEnquiry-r13, rrc-TransactionIdentifier : 0, criticalExtensions, c1.

EventId	Time	Subchannel	Direction	Message
RRCSM	16:56:40.705	NB-DCCH	Uplink	ULInformationTransfer-NB
RRCSM	16:56:41.031	NB-DCCH	Downlink	DLInformationTransfer-NB
L3SM	16:56:41.031		Downlink	SECURITY_MODE_COMMAND
L3SM	16:56:41.032		Uplink	SECURITY_MODE_COMPLETE
RRCSM	16:56:41.065	NB-DCCH	Uplink	ULInformationTransfer-NB
RRCSM	16:56:41.531	NB-DCCH	Downlink	UECapabilityEnquiry-NB
RRCSM	16:56:41.531	NB-DCCH	Uplink	UECapabilityInformation-NB
RRCSM	16:56:42.058	NB-DCCH	Downlink	DLInformationTransfer-NB
L3SM	16:56:42.158		Downlink	ATTACH_ACCEPT
L3SM	16:56:42.158		Downlink	ACTIVATE_DEFAULT_EPS_BEARER_CONTE
L3SM	16:56:42.159		Uplink	ATTACH_COMPLETE
L3SM	16:56:42.159		Uplink	ACTIVATE_DEFAULT_EPS_BEARER_CONTE
RRCSM	16:56:42.160	NB-DCCH	Uplink	ULInformationTransfer-NB
L3SM	16:56:53.667		Uplink	DETACH_REQUEST

図1. キーサイトのNemo Outdoorデータ収集ツールから見たNB-IoTデバイス接続のシグナリングフロー。

信号カバレッジ

IoTは、既存のモバイル・ブロードバンド・テクノロジーと比較して、広いカバレッジを提供するようにデザインされています。通常のLTE経由での最大カバレッジ利得は、NB-IoTでは23 dB、LTE Cat-M1では15 dBと見込まれます。実際の利得は、設置方法や構成によっては少なくなる可能性があります。カバレッジが拡大すれば、事業者は追加の屋内セルやDAS(分散アンテナシステム)展開の有無にかかわらず、既存のLTE基地局グリッドにセルラー IoTテクノロジーを配備して大規模な屋内カバレッジを実現できます。目標は、通常、地下室やそれに類似した屋内の奥まった場所に設置される、スマートメーターやその他のIoTアプリケーションに対する十分なカバレッジを提供することです。

IoTのカバレッジは既存のセルラーテクノロジーよりも広く、既存基地局グリッドはLTEなどの確立されたセルラー広帯域テクノロジーに対して十分なカバレッジを提供するようデザインされているため、IoTが既存基地局で展開されている場合、屋外環境ではカバレッジに関する大きな問題は予想されません。IoTカバレッジを測定によって検証する際には、システムを性能設計の限界状態に置くため、および屋内で実際にどれだけ奥まった場所までカバーされるかを理解するため、屋内深部に焦点を合わせる必要があります。

サービスカバレッジ

NB-IoTをテストするときには考慮する必要があるもう1つの重要なポイントが、サービスカバレッジです。IoTカバレッジの決定は、単なる信号強度とブロック/ビット・エラー・レートの問題ではありません。NB-IoTとLTE Cat-M1のカバレッジは、レイテンシー、帯域幅、スペクトラム効率を犠牲にした場合に最も改善されます。使用される重要な技術の1つが、繰り返し送信です。つまり、同じフレームの冗長送信を複数回行い、繰り返された転送を受信側で結合します。理想的なチャネル予測とTX/RXチェーンを想定すると、繰り返し送信のたびにカバレッジが3 dB増加します。ただし、アプリケーションで発生するレイテンシーは2倍になり、スループットとスペクトラム効率は半分になります。その結果、極限低カバレッジではラウンドトリップ時間が最大で約10秒に増加し、スループットが100 bpsに低下する可能性があります。

前述のように、極限低カバレッジではスペクトラム効率も大幅に低下します。これは、IoTネットワークの容量がまだ制限されていない初期段階では簡単に見逃されがちですが、IoTテクノロジーが広く採用され、セル内のユーザー数が数千人に増加すると、将来的に大きな影響を及ぼすはずです。必要な繰り返し回数の一見ささいな違いが、セルに収容できるIoTユーザーの数に大きな影響を与えます。

最初にレイテンシーとビットレートの観点から最低合格QoSを確立した後で、その境界に照らしてカバレッジを検証することが重要です。ネットワーク機器やIoTデバイスの性能をベンチマーク測定するときにも、この点に留意する必要があります。すべての機器は、極限カバレッジに達する可能性があります、QoSレベルは大きく異なります。

サービスカバレッジを正確に検証する唯一の方法は、測定ツールSWに接続されたIoTデバイスを使ってアクティブテストを実行し、Pingなどのテストプロトコルを使用してデバイスとネットワーク間の接続に負荷を生成することです。測定アプリケーションが、デバイスのIoTモデム/チップの診断インタフェースを活用して、アプリケーションの性能読み値、および無線指標を収集します。

サービス・カバレッジ・テストの結果として、許容可能なQoSを達成するための最小信号カバレッジと品質しきい値が得られます。しきい値がわかれば、ネットワークスキャナーを使用し、より広い領域で、信号カバレッジと品質をより効率的に測定できます。スキャナーは、全事業者からのすべてのセルの信号強度を同時に測定できるため、最適化、トラブルシューティング、ベンチマーク測定には十分な精度のカバレッジ評価が可能になります。スキャナーの結果をサービスカバレッジの結果と一緒にマッピングすることができます。

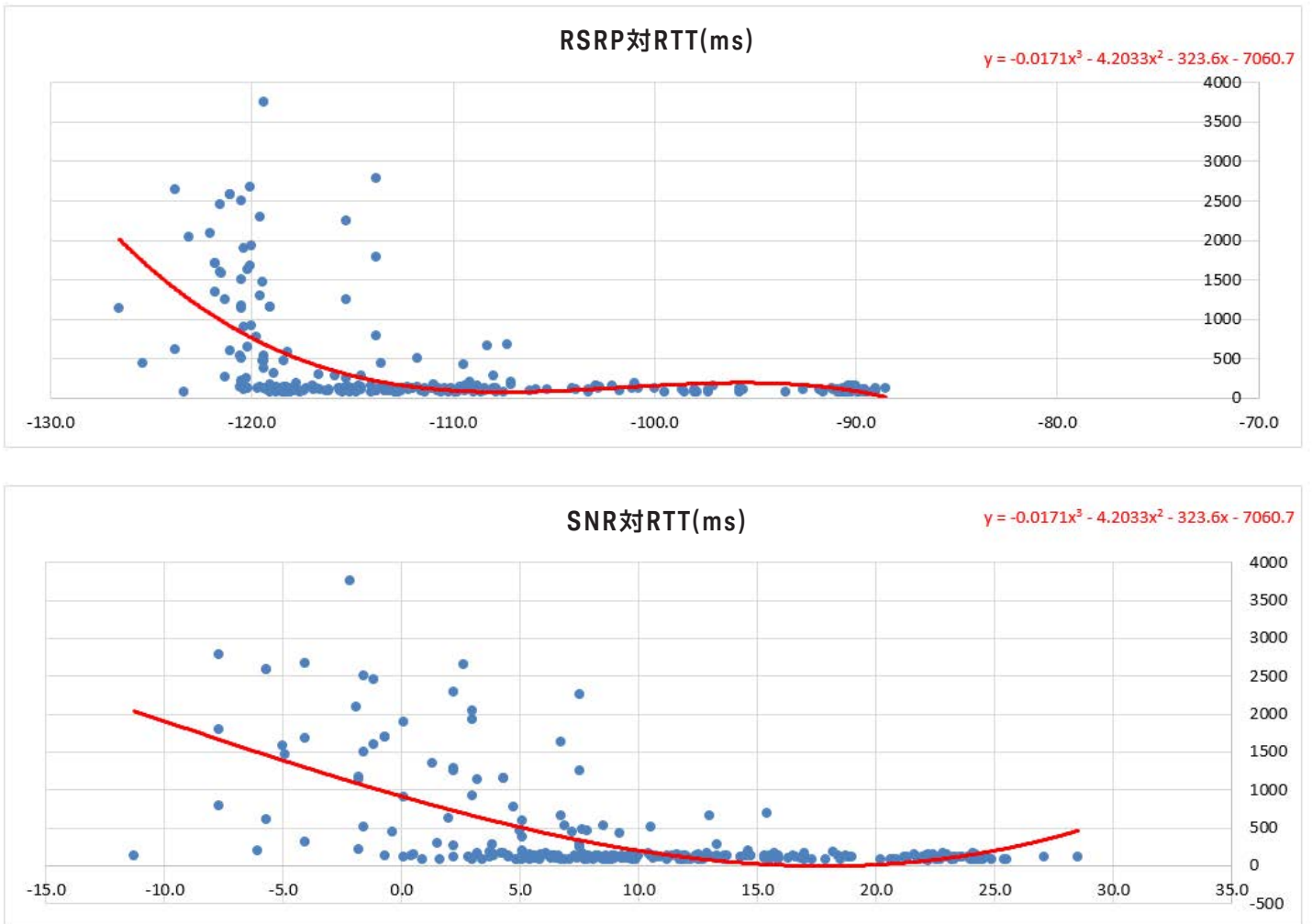


図2. キーサイトのNemo Analyzeポストプロセッシングツールを使用したライブネットワークのアクティブテストで得られた、Cat-M1サービスカバレッジ (RTT - ラウンドトリップ時間)の検証結果。

IoTデバイスは通常、アクティブな接続中のサービングセルの品質とカバレッジのみを測定し、隣接セルは測定しません。NB-IoTの場合は、シームレスなモビリティとハンドオーバーが、規格でサポートされていないからです。LTE Cat-M1では、3GPP仕様に準拠してハンドオーバーがサポートされていますが、消費電力を抑制するため、ハンドオーバーが構成されていないライブネットワークもあります。したがって、ドライブテストでは、IoTデバイスを使用して信号カバレッジと品質の読み値を包括的に収集することはできません。それにはスキャナーが必要になります。一方、サービスカバレッジを検証するには、IoTデバイスを使用してアクティブテストの実行を開始することがより重要です。また、IoTテストは屋内に重点を置くことが期待されており、屋内では静止および低モビリティのテストが実行されるため、スキャナー測定はそれほど重要ではありません。

バッテリー寿命と消費電力

IoTデバイスの消費電力はもう1つの重要なファクターであり、ネットワークのデザインと構成だけでなく、カバレッジにも直接関連します。LTE Cat-M1とNB-IoTはどちらも、広帯域セルラーテクノロジーよりも消費電力を大幅に削減できるように設計されています。主な省電力手法はDRX(不連続受信)で、いくつか種類があります。これらの手法の主な原理は、アイドル期間中にモデムのスイッチを効率的にオフにすることです。NB-IoTで期待される最大バッテリー寿命は、スモール・データ・パケットが散発的に送信されるアプリケーションでは10年の範囲です。多くの低コスト無人IoTセンサアプリケーションでは、長いバッテリー寿命が重要です。費用のかかるメンテナンスを回避するため、バッテリーはデバイスのライフサイクル全体にわたって持続することが理想的です。

カバレッジは、バッテリー寿命に大きな影響を与えます。カバレッジが狭いと、適切にデータを伝送するために多くの繰り返し送信が必要になります。繰り返し送信が多くなるほど、IoTモデムのデューティサイクルが長くなり、消費電力が多くなります。ネットワークの構成ミスやネットワークの実装による過剰な繰り返し送信も、同様の影響を及ぼします。屋内の地下では、事業者によってカバレッジの中で数十dBの差がある場合があります。その場所にIoTデバイスを設置した場合、最大バッテリー寿命に数十年の差が生じます。このため、カバレッジは、依然として事業者間の重要なベンチマークKPIとなっています。

まとめ

セルラーIoTの性能は、IoTデバイス、ネットワーク機器の実装、機器間の相互運用性、ネットワークのデザインに大きく依存します。事業者やインダストリアルIoTカスタマーがIoTソリューションの性能を検証/ベンチマーク測定するには、フィールド測定が重要です。

カバレッジ強化は、セルラーIoTの重要な特長の1つです。カバレッジの強化により、クオリティ・オブ・サービス(QoS)が低下します。したがって、真のサービスカバレッジの把握とベンチマーク測定には、QoSと信号カバレッジの両方のアクティブテストと検証が必要です。カバレッジは、ネットワーク容量とデバイスの消費電力にも直接影響します。

Keysight Network Testingは、NemoブランドでRF測定/解析機器の開発と販売を行っています。Nemo Outdoorドライブ・テスト・ソリューションは、事業者によってIoTネットワークでの複数のパイロットおよびカバレッジ測定に使用されています。

www.keysight.co.jp/find/nemo

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

