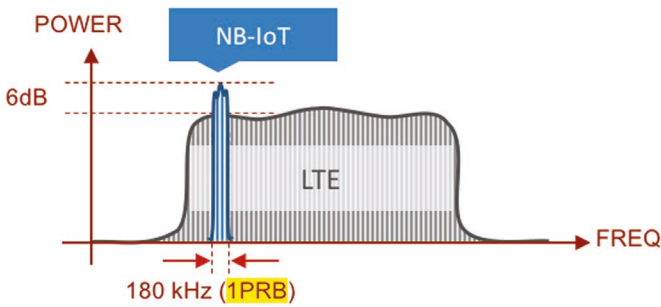


NB-IoT: Ein praktischer Leitfaden für Feldtests

Hier werden Best Practices für das Testen neuer NB-IoT-Netze im Feld und die Identifizierung möglicher Probleme im Zusammenhang mit netzinternen und externen Störungen beschrieben.

Hinzu kommen NB-IoT-Inband-Fallstudien, die bekannte Herausforderungen beim Einsatz von NB-IoT in drahtlosen Netzen aufzeigen, sowie technische Lösungen und Testanforderungen, die Mobilfunkbetreibern dazu verhelfen, dass ihre Netze angemessene QoS liefern.



Mobilfunkbetreiber auf der ganzen Welt müssen auf den kommenden massiven IoT-Markt vorbereitet sein. Sie benötigen eine Technologie, die globale Kompatibilität und eine breite Unterstützung der Industrie bietet. NB-IoT wurde unter 3GPP Release 13 entwickelt und soll einfach als Technologie-Upgrade für neue und bestehende Mobilfunkstandorte (sowohl Makro-Basisstationen als auch kleine Zellen), die heute in 4G in Form von LTE-Standards arbeiten, dienen. NB-IoT nutzt dieselben Frequenzbänder, für die Mobilfunknetzbetreiber exklusive Nutzungsrechte haben. Dadurch ist es möglich, die typischen Verfügbarkeits- und QoS-Eigenschaften zu gewährleisten, die durchschnittliche Kunden heute in zellularen Netzen genießen. Für IoT-Anwendungen mit geringen bis mäßigen Durchsatzanforderungen soll NB-IoT eine bessere Abdeckung und spektrale Effizienz in schwierigen Umgebungen bieten,

insbesondere im Vergleich zu anderen Low-Power Wide-Area Networks (LPWANs), die auf dem Markt verfügbar sind. Ungeachtet dieser Vorteile müssen Mobilfunkbetreiber sicherstellen, dass LTE-Breitbandnetze und neue NB-IoT-Dienste harmonisch koexistieren und dabei die erforderliche Erlebnisqualität und bestehenden Service Level Agreements beibehalten.

Überblick zu einem NB-IoT-Inband-Signal

NB-IoT-Signale können verschiedene Implementierungsmodi aufweisen; der häufigste

ist in diesem frühen Stadium der Technologie der sogenannte Inband-Modus. Dabei belegt das Schmalbandsignal 180 kHz oder im Grunde einen physikalischen Ressourcenblock (PRB) innerhalb des LTE-Breitbandträgerpektrums, s. Aufmacherbild. Dadurch wird die bestehende 4G-Funkzugangsinfrastruktur genutzt und Mobilfunkbetreibern ermöglicht, die Aktivierung neuer IoT-Dienste durch einfache e-Node-B-Software-Upgrades (eNB) zu beschleunigen.

Da es sich beim NB-IoT-Träger um ein eigenständiges Netzsignal handelt, das einen einzigen PRB verwendet, steht bei fehlendem IoT-Verkehr der zugewiesene PRB für einen anderen NB-IoT-Träger zur Verfügung, da die Infrastruktur und das Spektrum von LTE und NB-IoT vollständig integriert sind. Der Scheduler der Basisstation multiplext NB-IoT- und LTE-Verkehr in diesem einen Spektrum, was die Gesamtbetriebskosten für Mobilfunkbetreiber minimiert.

Die LTE- und NB-IoT-Signale können als ein einziger Träger betrachtet werden, der die gegebene LTE-Kanalbandbreite belegt, wobei die Ausgangsleistung über diesen Träger zwischen LTE- und NB-IoT-Signalen geteilt wird. Tabelle 1 zeigt die verschiedenen Frequenzbänder gemäß 3GPP-Normen für die Zuweisung von NB-IoT-Diensten in Kombination mit dem bestehenden LTE-Spektrum.

Ebenfalls erwähnenswert für den Inband-Betriebsmodus ist, dass der NB-IoT-Standard eine begrenzte Liste von bestimmten physikalischen Ressourcenblöcken (PRB) zugewiesen hat, die für die NB-IoT-Übertragung zulässig sind, s. Tabelle 2.

Der Leistungsverstärkungsbedarf oder besser dynamische Bereich für das NB-IoT-Signal ist das Verhältnis seiner Leistung (auch NB-IoT-Power-Boosting genannt), die wiederum nur einen PRB des LTE-Trägers oder 180 kHz belegt, im Vergleich

NB-IOT Operating Band	Uplink (UL) operating band BS receive UE transmit	Downlink (DL) operating band BS transmit UE receive	Duplex Mode
	$F_{UL_low} - F_{UL_high}$	$F_{DL_low} - F_{DL_high}$	
1	1920 MHz – 1980 MHz	2110 MHz – 2170 MHz	HD-FDD
3	1710 MHz – 1785 MHz	1805 MHz – 1880 MHz	HD-FDD
5	824 MHz – 849 MHz	869 MHz – 894 MHz	HD-FDD
8	880 MHz – 915 MHz	925 MHz – 960 MHz	HD-FDD
12	699 MHz – 716 MHz	729 MHz – 746 MHz	HD-FDD
13	777 MHz – 787 MHz	746 MHz – 756 MHz	HD-FDD
17	704 MHz – 716 MHz	734 MHz – 746 MHz	HD-FDD
19	830 MHz – 845 MHz	875 MHz – 890 MHz	HD-FDD
20	832 MHz – 862 MHz	791 MHz – 821 MHz	HD-FDD
26	814 MHz – 849 MHz	859 MHz – 894 MHz	HD-FDD
28	703 MHz – 748 MHz	758 MHz – 803 MHz	HD-FDD

Tabelle 1 (Quelle: 3GPP 36.802, 36.104, 36.211)

Quelle:
White Paper, NB-IoT:
A Practical Guide for Field
Testing
VIAMI Solutions, Inc.
www.viamisolutions.com/nbiot

übersetzt und leicht gekürzt
von FS

LTE System Bandwidth	3MHz	5MHz	10 MHz	15 MHz	20 MHz
LTE PRB indices for NB-IoT synchronization	2, 12	2, 7, 17, 22	4, 9, 14, 19, 30, 35, 40, 45	2, 7, 12, 17, 22, 27, 32, 42, 47, 52, 57, 62, 67, 72	

Tabelle 2: Liste von physikalischen Ressourcenblöcken (PRB), die für die NB-IoT-Übertragung zulässig sind

zur durchschnittlichen Leistung über alle Breitbandträger (sowohl LTE als auch NB-IoT). Die Mindestanforderung für die NB-IoT-Leistungsverstärkung ist +6 dB, und dies sollte eine der ersten Messungen sein, um neue Netzimplementierungen in der Praxis zu validieren.

Gemäß 3GPP Release 13 kann nur ein PRB im Inband-Betrieb um 6 dB verstärkt werden (auch im Guard-Band-Modus und bei Kanalbandbreiten von 10, 15 oder 20 MHz).

NB-IoT-Signalkonfigurationsmerkmale von Interesse

Weitere NB-IoT-Signalkonfigurationsmerkmale von Interesse, die im 3GPP-Standard spezifiziert wurden, sind:

NB-IoT-Signalstruktur

- UL- und DL-Bandbreite 180 kHz (entspricht einem Ressourcenblock oder PRB)
- Frequenzfehler von maximal 0,1 ppm
- Modulation: BPSK oder QPSK (höchste)

Uplink-Kanäle/Signale

- schmalbandiger Physical Uplink Shared Channel (NPUSCH)
- physikalischer Schmalband-Zufallszugriffskanal (NPRACH)

Downlink-Kanäle/Signale

- schmalbandiger physikalischer Downlink Shared Channel (NPDSCH) erfordert EVM max. 17,5%
- schmalbandiger physikalischer Broadcast-Kanal (NPBCH)
- schmalbandiger physikalischer Downlink-Kontrollkanal (NPDCCH)
- Schmalband-Referenzsignal-Subframes (NRS) 0, 4, 9
- Narrowband Primary/Secondary Synchronization Signal (NPSS und NSSS), enthält Cell-ID

Zur Error Vector Magnitude (EVM)

Die EVM ist ein Maß für die Modulationsqualität und Fehlerleistung in den Sende- oder Empfangskanälen komplexer

drahtloser Systeme, einschließlich LTE und der neuen NB-IoT-Signale.

Die EVM ist im Wesentlichen die Differenz zwischen dem idealen Sendesignal und dem tatsächlich empfangenen (gemessenen) Signal und damit ein sehr nützlicher Indikator für die Signalqualität (in Abhängigkeit von Rauschen, Störsignalen, Verzerrungen und sogar Verkehrslast). Hinweis: Die EVM wird in der Regel in dB ausgedrückt, und die 3GPP-Normen enthalten Referenzen für akzeptable EVM-Werte auf einer Reihe verschiedener Übertragungskanäle innerhalb einer LTE-Rahmenperiode.

Im weiteren Verlauf werden wir uns mit den spezifischen Messungen befassen, die wir auf jede der oben genannten Daten-, Steuer- und Synchronisationskanäle anwenden können und lernen, wie wir überprüfen können, ob sie den 3GPP-Anforderungen für die EVM und andere Konformitätsmetriken entsprechen, um eine optimale Leistung von NB-IoT sicherzustellen.

Ein erster Blick auf den zugehörigen LTE-Träger

Bei der Analyse eines NB-IoT-Inband-Signals empfiehlt es sich, die Prüfroutine mit einer ersten Validierung des zugehörigen LTE-Breitbandträgers zu beginnen: von der allgemeinen HF-Form bis hin zu einer detaillierteren Demodulationsanalyse, einschließlich Zuweisung von Ressourcenblöcken etc. Eine erfolgreiche Validierung der Gesamtleistung des LTE-Trägers schafft die besten Voraussetzungen, um mit einer detaillierteren Analyse des neuen NB-IoT-Signals fortzufahren.

Eine wichtige Überlegung bei der Validierung eines NB-IoT-Signals im Feld ist das genaue Verständnis der möglichen Auswirkungen dieses neue Signal auf den bestehenden LTE-Träger, der normalerweise von der Basisstation (eNodeB in der LTE-Terminologie) vor der Aktivierung des neuen IoT-Dienstes gesendet wurde. Je nachdem, ob das neue NB-IoT-Signal ein potenzieller Angreifer (oder ein Opfer) des LTE-Trägers ist, sind verschiedene Szenarien zu berücksichtigen: Betrieb

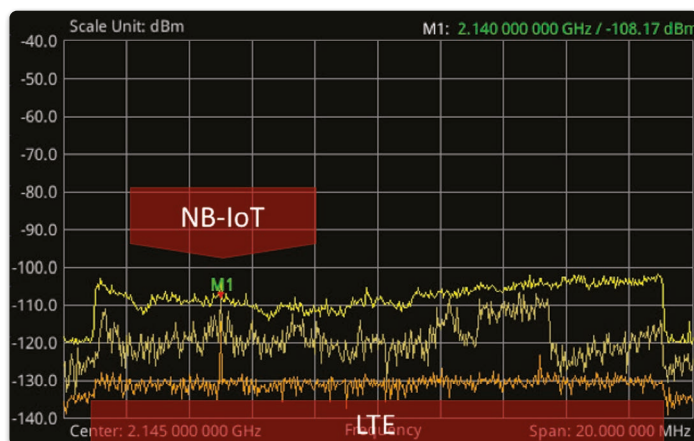


Bild 1: LTE & NB-IoT Downlink-Spektrum

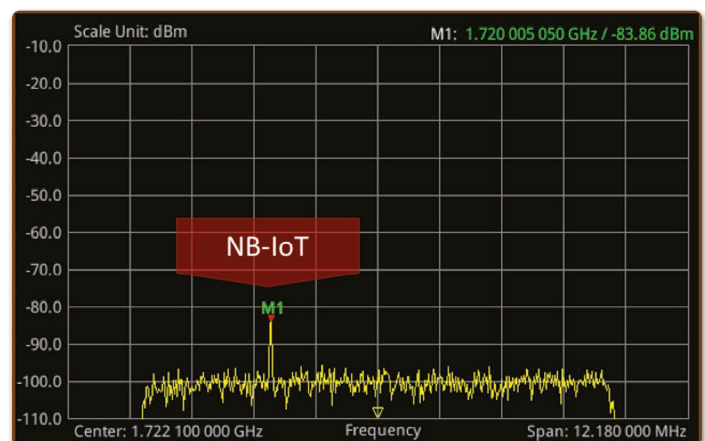


Bild 2: LTE & NB-IoT Uplink-Spektrum



Bild 3: LTE-Steuerkanäle

im Inband-, Guard-Band- oder Standalone-Modus. Im Inband-Modus von NB-IoT ist der Uplink der empfindlichste Pfad in Bezug auf Interferenzen mit anderen Standorten, und daher kann die Netzleistung hier am stärksten beeinträchtigt werden.

Analyse des Spektrums

Ausgehend von den einfachen Merkmalen eines Schmalbandsignals, ist einer der ersten Schritte beim Testen eines NB-IoT-Senders die Überprüfung des Signalverhaltens in der HF-Umgebung durch eine klassische Spektrumanalyse, s. dazu Bild 1 und 2. Beachten Sie, dass die Downlink-Aufnahme das LTE-Signal mit Max- und Min-Hold-Mittelwerten zeigt, eine sehr praktische Form der Visualisierung der maximalen und minimalen Werte eines realen LTE-Signals im Zeitverlauf.

Diese einfache Validierung für das Vorhandensein des NB-IoT-Signals ermöglicht es uns, die Downlink-RX-Leistung und

die SNR-Werte zu überprüfen, insbesondere an Standorten mit Versorgungsproblemen.

Beachten Sie, dass es bei Guard-Band- oder Standalone-Modi wichtig ist, zwischen dem NB-IoT-Signal und jedem anderen potenziellen GSM-Träger zu unterscheiden, der in diesem Bereich arbeitet. Dies, da beide Arten die gleiche Bandbreite haben, wenn auch nicht die gleiche Form.

Zellen-ID-Analyse

Moderne Basisstationsanalytoren bieten Cell-ID-Scan-Funktionen, die das LTE-Referenzsignal/Rausch-Verhältnis (RS-SINR) zeigen, das einen guten Hinweis auf potenzielle Interferenzen und andere Aspekte der Zellenleistung gibt. Unter realen Bedingungen mit benachbarten LTE-Zellen, die dieselbe Frequenz teilen, aber durch den Zell-ID-Code getrennt sind, empfängt ein bestimmtes UE (z.B. ein Smartphone) Signale von allen Zellenstandorten, die

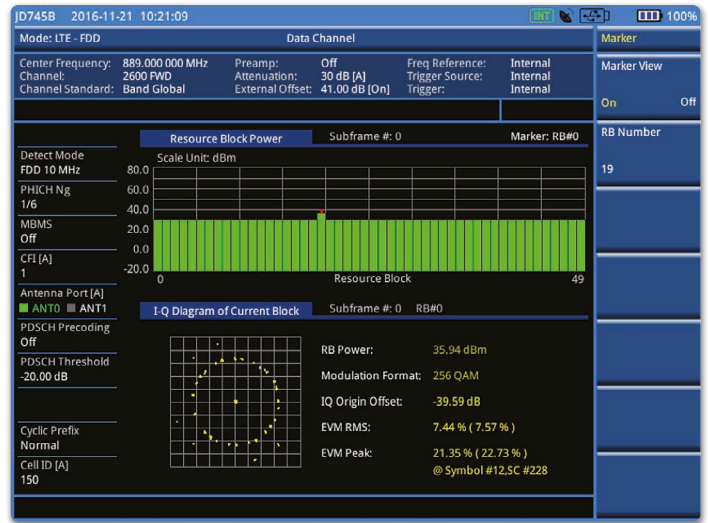


Bild 4: LTE-Datenkanäle (PDSCH)

sich dieselbe Frequenz teilen, was zu einer Verschmutzung der LTE-Pilotkanäle und -Symbole führt. Der RS-SINR-Wert zeigt das Ausmaß der empfangenen Referenzsignalstörungen (die „Verschmutzung“). Hinweis: Kommentierte Grafik zu einer Kanalanalyse für Zell-IDs im Originalbeitrag.

Als Faustregel gilt, dass RS-SINR-Werte über 10 dB ein höheres Vertrauen für die Durchführung stabiler Signalanlysemessungen für LTE und insbesondere für den NB-IoT-Inband-Modus schaffen.

Datagramm-Analyse

Spektrogramm-Ansichten (vgl. Aufmacherbild) sind eine weitere großartige Ressource, um die Entwicklung von HF-Signalen im Zeitverlauf zu überwachen. Dies ist besonders nützlich, um die Leistungspegel des Schmalbandsignals im Vergleich zum LTE-Breitbandträger zu überprüfen. Hinweis: Kommentierte Datagramm-Ansicht für

LTE & NB-IoT (Inband) Downlink PRBs im Originalbeitrag.

Wie bereits oben erklärt, muss der dynamische Leistungsbereich von NB-IoT mindestens +6 dB sein. Tatsächlich ist dieser Referenzwert von +6 dB für den Leistungsdynamikbereich sowohl für Inband- als auch für Guard-Band-Betriebsarten erforderlich.

LTE-Datenzuweisungskarte (Allocation Map)

Eine weitere nützliche Alternative zur Identifizierung der spezifischen PRB, die für die Bereitstellung von NB-IoT-Inband-Diensten konfiguriert ist, ist die Verwendung einer Datenzuweisungskarte. Diese zeigt schnell die tatsächliche Nutzung von LTE-PRBs, einschließlich derjenigen für den neuen NB-IoT-Dienst. Hinweis: Kommentierte Grafik einer Datenzuweisungskarte im Originalbeitrag.

Die Datenzuweisungskarte zeigt den Auslastungsstatus jeder PRB

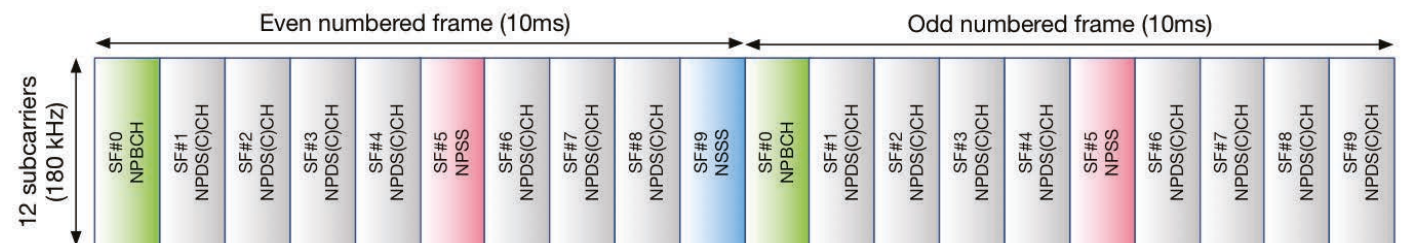


Bild 5: NB-IoT-Rahmenstruktur

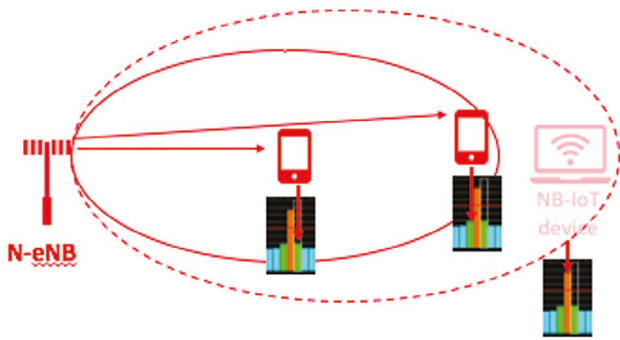


Bild 6: Auswirkungen der NB-IoT-Leistungserhöhung auf benachbarte PRBs desselben Zellstandorts

in einem Vollbild und ermöglicht es dem Techniker, leicht zu erkennen, welche PRB aktiv ist. Dies ist ein sehr effektiver Weg, um schnell die aktive PRB zu überprüfen, die dem NB-IoT-Signal zugewiesen ist.

LTE-Kontroll- und Synchronisationskanäle

Ein weiterer zu berücksichtigender Aspekt ist die Gesamtleistung der gegebenen LTE-Kontrollkanäle. Zum Beispiel in typischen NB-IoT-Inband-Konfigurationen nutzt das Schmalbandsignal die gleichen Synchronisationskanäle wie der LTE-Trägerrahmen. Auch wenn dies nicht immer der Fall ist, so war es doch das häufigste Szenario in frühen Implementierungen der NB-IoT-Inband-Technologie. Geboten werden Funktionen zur Signalanalyse, um den LTE-Träger zu demodulieren und eine schnelle Bewertung für die Leistung der Kontroll- und Datenkanäle vorzunehmen. Bild 3 betrifft die LTE-Steuerkanäle, Bild 4 die LTE-Datenkanäle (PDSCH).

Eine Datenkanalmessung kann auch die Leistung, das Modulationsformat und die EVM jedes einzelnen PRB anzeigen, um mögliche Interferenzen mit anderen benachbarten Ressourcenblöcken nachzuweisen. Dies kann sehr nützlich sein, da ein NB-IoT-Signal wirklich nur einen einzigen PRB belegt. Indem wir zunächst überprüfen, ob der LTE-Träger optimale Bedingungen für die Sendeleistung, die Zuweisung von

Ressourcenblöcken und die Leistung des Kontroll-/Datenkanals bietet, können wir mit größerer Zuversicht zum nächsten Schritt übergehen und ähnliche Messungen über das gegebene NB-IoT-Inband-Signal durchführen, das mit diesem LTE-Träger verbunden ist.

Teilzusammenfassung

Die Validierung der neuen physikalischen Kanäle und Signale, die im Downlink und Uplink eingeführt werden, ist notwendig, um sicherzustellen, dass NB-IoT keine Störungen im bestehenden LTE-Netz verursacht und umgekehrt. Die beschriebenen einfachen Tests ermöglichen es Technikern, das Vorhandensein des NB-IoT-Signals zu überprüfen und sicherzustellen, dass sowohl die Breitband-LTE- als auch die Schmalband-NB-IoT-Träger ordnungsgemäß in der HF-Umgebung übertragen werden, also mit korrekten Leistungs- oder Rauschpegeln und innerhalb geeigneter Schwellenwerte.

Die folgenden Abschnitte werfen einen genaueren Blick auf die NB-IoT-Inband-Signalqualität.

Optimierung der Netzwerkeistung

Wie bereits erwähnt, ist bei der Einführung von NB-IoT-Diensten die Inter-PRB-Interferenz ein zentrales Anliegen und Ziel der ersten Überprüfungen, die bei der Validierung des neuen Schmalbanddienstes im Feld durchgeführt werden müssen.

Techniker vor Ort, die Inbetriebnahme, regelmäßige Wartung oder Fehlerbehebung durchführen, benötigen eine Testlösung, um potenzielle Inter-PRB-Interferenzen zu überprüfen. Wie erwähnt, ist eine Datenzuweisungskarte nützlich, die den Nutzungsstatus jedes PRB in einem vollständigen LTE-Dienst grafisch darstellt. So kann man schnell erkennen, welche PRB gerade aktiv ist oder sogar Störungen mit anderen benachbarten PRBs verursacht. Hinweis: Abbildung einiger Störsignale auf der benachbarten PRB im Originalbeitrag. Diese Störung wirkt sich auf die Signalqualität des Nachbarkanals aus (und umgekehrt, da mehrere PRBs, die zur LTE-Übertragung gehören, auch die NB-IoT-Kanalqualität beeinflussen können).

Analyse des Referenzsignals

Ein gängiges Verfahren zur Messung der Signalqualität ist die Analyse einiger der sogenannten Referenzsignale eines LTE-Trägers. Während des normalen Netzbetriebs messen sowohl der eNodeB als auch das UE die Signalqualität kontinuierlich anhand dieser Referenzsignale.

Schmalband-Referenzsignal (NRS)

Ein effektiver Weg, um mit der Bewertung des NB-IoT-Signals von Interesse zu beginnen, ist die genauere Betrachtung der Signalqualität des Downlink-Schmalband-Referenzsignals (auch als NRS bezeichnet). Die

Messung der Fehlervektormagnitude (EVM), wie beschrieben, ist ein guter Ausgangspunkt, um zu überprüfen, ob das NB-IoT-Signal vom eNodeB-Element (Basisstation) korrekt übertragen wird. Die 3GPP-Standards legen eine NRS-Modulationsanforderung von EVM 17,5% fest, die leicht mit einer speziellen Analyseansicht validiert werden kann. Hinweis: Grafik zur NB-IoT (Inband) Signalqualitäts- und Modulationsanalyse im Originalbeitrag.

Der EVM-Test sollte für jeden NB-IoT-Träger über alle zugewiesenen Ressourcenblöcke und Downlink-Subframes innerhalb von Messperioden von 1 ms durchgeführt werden (Bild 5). Es ist zu beachten, dass die schmalbandigen Referenzsignale nicht in Subframes übertragen werden dürfen, die NPSS- oder NSSS-Synchronisationskanäle enthalten.

NB-IoT-Inband-Subframe-Messungen

Obwohl NB-IoT in den LTE-Standard integriert ist, kann es als eine neue Luftschnittstelle betrachtet werden und ist daher nicht vollständig abwärtskompatibel mit bestehenden 3GPP-Geräten. Hierzu ist es immer praktisch, einen kurzen Blick auf die Signalrahmen- und Subrahmenkonfigurationen (vgl. Bild 5) zu werfen, um zu verstehen, welche Art von Metriken und Qualitätsindikatoren man durch die Messung eines bestimmten Subframe-Typs erhalten kann.

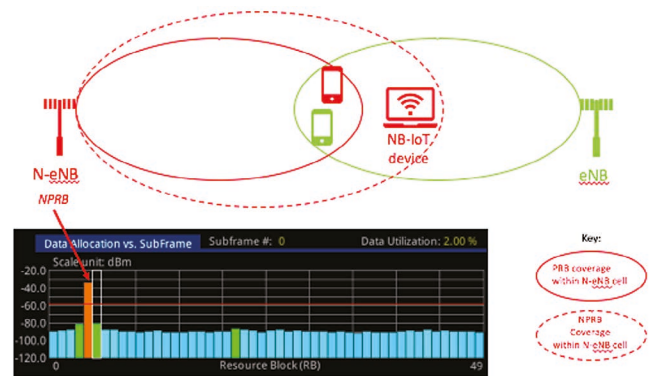


Bild 7: Hier erzeugt der NB-IoT-Zellenstandort ein Signal, dessen Reichweite sich mit einer anderen Basisstation überschneidet, die ein Standard-LTE-Signal ausstrahlt

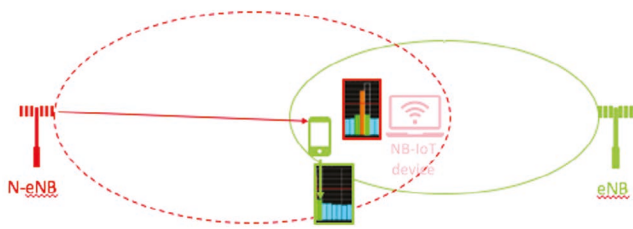


Bild 8: Die potenziellen Auswirkungen von NB-IoT-PRB auf die gleiche PRB eines benachbarten Mobilfunkstandorts

Beachten Sie, dass die physikalischen Kanäle und Signale in erster Linie zeitlich gemulplex sind.

Der NB-IoT-Unterrahmen erstreckt sich über einen PRB (d.h. 12 Unterträger) im Frequenzbereich und 1 ms im Zeitbereich. Betrachtet man zum Beispiel den Subframe #0, so kann man eine Analyse des NB-IoT NPBCH (Narrowband Physical Broadcast Channel) im Downlink-Kontrollkanal durchführen. Eine separate Analyse der Subframes #1 bis #4 kann ein Maß für die Qualität des NPDSCH (Narrowband Physical Downlink Control or Shared Channel) liefern. Hinweis: Kommentierte Grafiken hierzu im Originalbeitrag.

Warum ist es wichtig, den NB-IoT-Rahmen und die Steuer- und Synchronisationskanäle der Unterrahmen zu überprüfen? Ein Blick ins Detail dieser Kanäle erfordert eine Demodulation des Signals für eine Analyse auf niedrigerer Ebene, die manchmal als eine speziellere Messung durchgeführt werden muss. Es ist jedoch wichtig, zu verstehen, welchen Beitrag diese Kanäle zur Gesamtleistung des Netzes leisten und wie sie sich auf die endgültige Qualität der erbrachten Dienste niederschlagen.

Die NPSS- und NSSS-Kanäle werden beispielsweise von NB-IoT-Modems für die Zellstandortsuche verwendet, wobei es auf Zeit- und Frequenzsynchronisation und Erkennung der Zellidentität ankommt. Wenn Ihre IoT-Geräte im Feld Probleme haben, sich ordnungsgemäß mit dem Netz zu verbinden, so ist die Qualität der Übertragung

des NPSS-Kanals (ggf. auch des NSSS, falls zutreffend) ein guter Ansatzpunkt für die Fehlersuche.

Ebenso überträgt der NPBCH Master-Informationsblöcke (auch als MIB-Nachrichten bezeichnet) und der NPDSCH Paging- und Systeminformationen, und die NRS-Kanäle werden zur Bereitstellung einer Phasenreferenz für die Demodulation der Downlink-Kanäle ein Schlüsselement beim MIMO-Betrieb an einem Zellenstandort.

Alle diese Steuer- und Synchronisationskanäle sind für verschiedene Aspekte des NB-IoT-Netzbetriebs zuständig, und jedes Problem bei der Übertragung kann sich direkt auf die Gesamtleistung des Dienstes auswirken, der die IoT-Geräte im Feld von einem neuen NB-IoT-Zellenstandort aus versorgt.

Teilzusammenfassung

In Verbindung mit der LTE-Signalanalysefunktion kann ein NB-IoT-Signalanalysator auch detaillierte Informationen über NB-IoT-Kanäle pro Frame oder pro Subframe liefern. Dies ermöglicht einen analytischen Ansatz für die Ermittlung der Ursache der im NB-IoT-Netz festgestellten Leistungsprobleme.

Die verschiedenen beschriebenen Tests zeigen, wie die Leistung und das potenzielle Vorhandensein von Inter-PRB- oder anderen Interferenzen effektiv gemessen werden können. Es ist wichtig, die Funkinterferenzanalyse durchzuführen, wenn das Netzwerk unter Last steht (mit tatsächlichem Datenverkehr), um mögliche Kanalprobleme zu erkennen.

Es folgt die Beschreibung von Testszenerarien:

Fallstudie: Intra-PRB-Interferenz (gleicher Zellstandort)

Bei der Validierung einer LTE-Basisstation mit einem neuen NB-IoT-Dienst geht es zunächst um die möglichen Auswirkungen, die das aktive NB-IoT-Signal auf benachbarte PRBs haben kann, die möglicherweise Voice over LTE (VoLTE) oder andere Verkehrsdaten an Nicht-IoT-Geräte wie Smartphones übertragen, die von demselben Mobilfunkstandort versorgt werden. Bild 6 skizziert Auswirkungen der NB-IoT-Leistungserhöhung auf benachbarte PRBs desselben Zellstandorts. In diesem Szenario muss sichergestellt werden, dass die NB-IoT-PRB keine signifikante Leistung an benachbarte PRBs abgibt, die anderen UEs wie Smartphones, Tablets usw. zugewiesen sind, die von demselben Zellstandort bedient werden.

Fallstudie: Zwei co-lokalisierte Zellen

In diesem Fall erzeugt der NB-IoT-Zellenstandort ein Signal, dessen Reichweite sich mit einer anderen Basisstation überschneidet, die ein Standard-LTE-Signal ausstrahlt, skizziert in Bild 7. In diesem Szenario kann es von Interesse sein, mögliche Änderungen des tatsächlichen Abdeckungsbereichs der LTE-Basisstation zu analysieren, wenn der NB-IoT-Signaldienst von der benachbarten Basisstation aktiviert wird und die zugehörige PRB sendet. Eine weitere Validierung, die vor Ort durchgeführt werden sollte, ist die tatsächliche Qualität des Dienstes der NB-IoT-Basisstation an das IoT-Gerät, das sich möglicherweise in einem Überlappungsbereich zwischen den beiden Basisstationen befindet, um mögliche Interferenzen zwischen dem LTE-Signal und dem NB-IoT-Signal zu erkennen. Ein weiterer zu überwachender Downlink-Effekt ist ein möglicher übermäßiger Pegel von NB-IoT-PRB-Power-Boosting (auch als

PSD-Boosting für Power Spectral Density bezeichnet). Dies könnte eine Art von Gleichkanalinterferenz bei benachbarten UEs erzeugen, wenn diese die gleichen oder sogar die benachbarten

PRBs verwenden, die von der anderen LTE-Basisstation stammen. Hierzu zeigt Bild 8 die potenziellen Auswirkungen von NB-IoT-PRB auf die gleiche PRB eines benachbarten Mobilfunkstandorts, der ein Smartphone-Gerät bedient.

Eine analoge Situation der potenziellen Signalverschmutzung könnte auf dem Uplink-Pfad auftreten, wenn das NB-IoT-Gerät ein übermäßiges Maß an PSD-Anhebung oder sogar eine übermäßige Signalwiederholung verursacht, um eine bessere Verbindung zur Basisstation für die Datenübertragung zu gewährleisten. Dies könnte zu einer Desensibilisierung der benachbarten LTE-Basisstation und zu einer erheblichen Verschlechterung der Dienstqualität führen (ähnlich wie beim Nahfernphänomen).

Gesamt-Fazit

Netzbetreiber müssen komplexe und unterschiedliche Arten von Verbindungen verwalten und dabei die erforderliche Qualität für jede einzelne Verbindung aufrechterhalten und die Notwendigkeit von Investitionen in neue Geräte zu minimieren. Eine Feldlösung, die Akzeptanztests unterstützen kann, legt den Schwerpunkt auf folgende Konformitätsaspekte:

- maximale Ausgangsleistung des PRB (Physical Resource Block), der das NB-IoT-Signal und die Kanäle trägt
- gesamter dynamischer Leistungsbereich des aktiven NB-IoT-PRB (6-dB-Kriterium)
- EVM-Messung für NPDSCH und andere Kontroll- und Synchronisationskanäle
- (Downlink-)NRS-Kanalleistung und Frequenzfehler
- Inter-PRB-Interferenz als zentrales Anliegen ◀