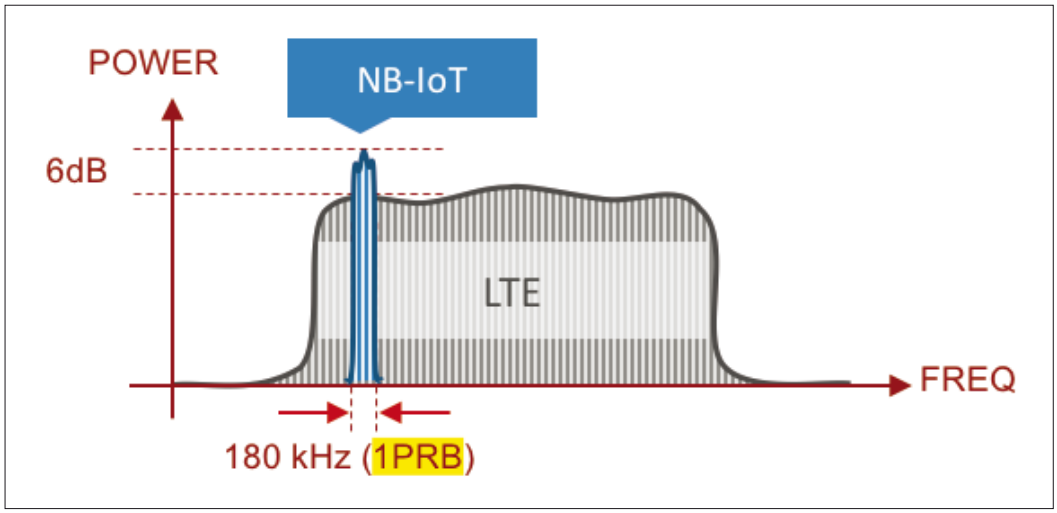
Das NB-IoT-Signal im LTE-Spektrum



Die Betreiber zellularer Funknetze müssen sich auf die Anforderungen des heranwachsenden IoT-Markts einstellen. In diesem wird das Narrow-Band Internet of Things (NB-IoT) schnell eine herausragende Rolle einnehmen. Es ist daher unvermeidlich, das NB-IoT-Signal näher kennen zu lernen.

Die Narrow-Band-IoT-Technik wurde so entwickelt, dass damit ein einfaches Upgrade möglich ist für die neuen und existierenden Funkzellen (sowohl Macro-Basisstationen als auch Small Cells), die aktuell mit 4G in Form von LTE arbeiten. NB-IoT nutzt die selben Frequenzbänder, für welche die Anwender drahtloser Netzwerke exklusive Nutzerrechte haben, was es ermöglicht, die typische Verfügbarkeit und die typische Quality of Service wie bei durchschnittlichen Kunden zellularer Netzwerke zu ermöglichen.

Für diese IoT-Anwendungen mit geringem bis moderatem Datendurchsatz ermöglicht NB-IoT eine bessere Abdeckung und eine bessere spektrale Effizienz in herausfordernden Umgebungen, besonders im Vergleich zu anderen verfügbaren Low-Power/Wide-Area-Network-Lösungen (LPWAN).

Trotz dieser Vorteile müssen Anbieter dieser Drahtlostechnik absichern, dass LTE-Breitband-Netzwerke und neue NB-IoT-Services harmonisch nebeneinander arbeiten können, ohne jeweils die erforderliche Quality of Service zu beeinträchtigen. Daher müssen die neuen NB-IoT Networks im Feld entsprechend getestet werden. Hierbei spielt der NB-IoT-Inband-Modus eine große Rolle.

Grundlagen des NB-IoT-Inband-Signals

NB-IoT-Signale können in verschiedenen Implementationsarten vorkommen; die verbreitetste Art entspricht der frühsten Stufe dieser Technologie und ist der sogenannte Inband Mode. Dabei belegt das Signal 180 kHz oder grundsätzlich einen sogenannten Physical Resource Block (PRB), also einen passenden Abschnitt innerhalb des LTE-Breitband-Trägerspektrums wie im Aufmacherbild dargestellt. Dies hebt die existierende 4G-Funk-Zugriffs-Infrastruktur gewissermaßen auf ein neues Niveau und erlaubt den Betreibern mobiler Services die Ausweitung ihrer Aktivitäten auf neue IoT-Services durch ein simples Upgrade ihrer e-Node B (eNB) Software.

Da der NB-IoT-Träger ein eigenständiges Netzwerksignal, das einen einzigen PRB nutzt, darstellt, kann der zugewiesene PRB für andere Services (mit)genutzt werden, wenn kein IoT-Verkehr abläuft. Sowohl LTE als auch NB-IoT sind in Infrastruktur und Spectrum voll integriert. Der Planungsblock (Scheduler) in

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 – 894MHz	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: Frequenzbänder gemäß 3GPP-Standards, um die vorgesehenen NB-IoT-Services mit dem existierenden LTE-Spektrum zu kombinieren (Quelle: 3GPP 36.802, 36.104, 36.211)

Teilübersetzung aus: White Paper NB-IoT: A Practical Guide for Field Testing, Viavi 2018 von FS

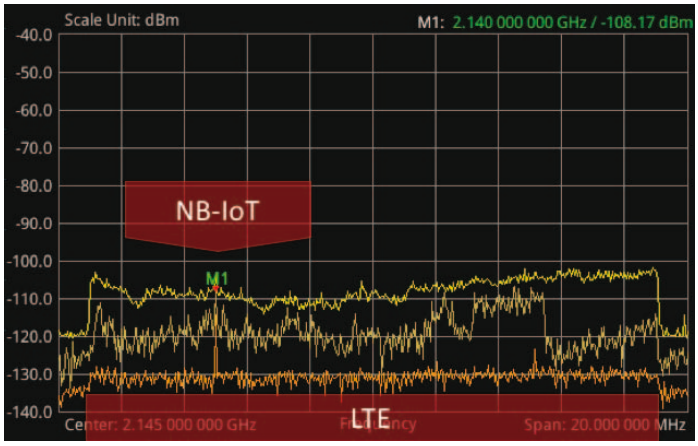


Bild 1: Downlink-Spektrum LTE & NB-IoT

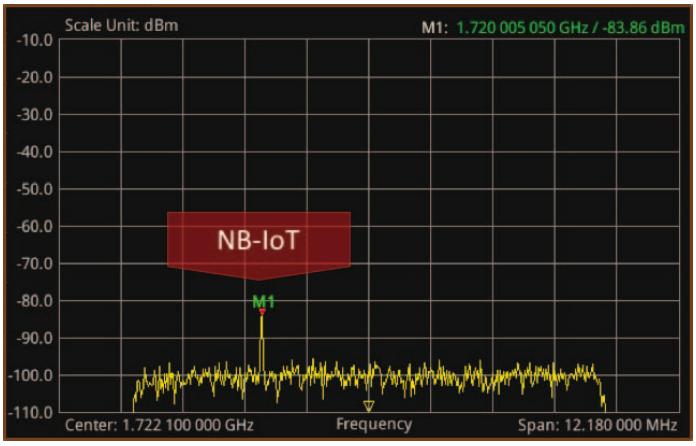


Bild 2: Uplink-Spektrum LTE & NB-IoT

der Basisstation multiplext den NB-IoT- und den LTE-Traffic auf das selbe Spektrum, wodurch sich die gesamten Kosten des Betriebs für den Mobilfunkanbieter minimieren und sich das Datenverkehrsaufkommen den Gegebenheiten anpasst.

LTE- und NB-IoT-Signal kann man als einfachen Träger betrachten, der die vorgegebene LTE-Kanalbreite belegt, wobei die Leistung dieses Trägers sich auf LTE- und NB-IoT-Signal aufteilt. Tabelle 1 listet die verschiedenen Frequenzbänder auf, die von den 3GPP-Standards vorgesehen sind, um die geplanten NB-IoT-Services mit dem existierenden LTE-Spektrum zu kombinieren. Weiterhin wichtig für die NB-IoT-Inband-Arbeitsweise ist die Feststellung, dass der NB-IoT-Standard eine begrenzte Anzahl von gewissen PRBs festgelegt hat, deren Nutzung für die NB-IoT-Transmission erlaubt ist, siehe Tabelle 2.

Die erforderliche Leistungsabhebung für das NB-IoT-Signal ergibt sich aus dem Verhältnis von seiner Leistung, die lediglich einen PRB des LTE-Trägers oder 180 kHz belegt, und der mittleren Leistung über alle Breitbandträger (LTE und NB-IoT). Die minimale Leistungsanhebung für das NB-IoT-Signal ist 6 dB; hier findet sich eine der ersten Messungen im Bereich der Implementierung der neuen Netzwerke. Gemäß 3GPP Release 13 kann lediglich ein PRB um 6 dB für den Inband-Modus angehoben werden.

Diverse Signalformen

Der 3GPP-Standard spezifiziert folgende Signalformen:

NB-IoT-Signalstruktur:

- UL and DL bandwidth of 180 kHz (equivalent to one PRB)
- Frequency error is specified to be ±0,1ppm
- Modulation BPSK or QPSK (highest)

Uplink Channels/Signals:

- Narrowband Physical Uplink Shared Channel (NPUSCH)
- Narrowband Physical Random-Access Channel (NPRACH)

Downlink Channel/Signals:

- Narrowband Physical Downlink Shared Channel (NPDSCH), requires EVM <17,5%
- Narrowband Physical Broadcast Channel (NPBCH)
- Narrowband Physical Downlink Control Channel (NPDCCH)
- Narrowband Reference Signal (NRS), subframes 0, 4, and 9
- Narrowband Primary/Secondary Synchronization Signal (NPSS and NSSS), includes Cell ID

Übrigens: Die Messung der Error Vector Magnitude (EVM) und damit der Modulationsqualität und Fehler-Performance in den Sende-/Empfangskanälen von komplexen drahtlosen Systemen einschließlich LTE und NB-IoT ist essentiell, denn die EVM ist ein sehr nützlicher Indikator für die Signalqualität. Die 3GPP-Standards geben hierzu Referenzwerte.

Ein erster Blick auf den vorhandenen LTE-Träger

Bei der Analyse des NB-IoT-Inband-Signals ist es praktisch am besten, wenn man zunächst

Glossar

3GPP	Third Generation Partnership Project
BPSK	Binary Phase-Shift Keying, Modulationsart
DL	Downlink, Weg von Basisstation zu den Geräten im Feld
Inter-PRB	Inter-PRB-Interferenz oder Interferenz zwischen zwei PRB-Signalen
LTE	Long Term Evolution (3GPP-4G-Zellulartechnologie)
LPWA	Low Power Wide Area
MNO	Mobile Network Operator
NB-IoT	Narrowband-Internet of Things (3GPP-Technologie für IoT-Markt)
NPSS	Narrowband Primary Synchronization Signal
NSSS	Narrowband Secondary Synchronization Signal
NPBCH	Narrowband Physical Broadcast Channel
NRS	Narrowband Reference Signal
NPDCCH	Narrowband Physical Downlink Control Channel
NPDSCH	Narrowband Physical Downlink Shared Channel
PRB	Physical Resource Block, auch RB (Resource Block)
PSD	Power Spectral Density, spektrale Leistungsdichte
QoS	Quality of Service
QPSK	Quadrature Phase Shift Keying, Modulationsverfahren
RS-SINR	Reference Signal-Signal to Noise Ratio
UL	Uplink, Funkstrecke von den Geräten im Feld zur Basisstation

LTE System Bandwith	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: Im NB-IoT-Standard ist eine begrenzte Anzahl von erlaubten PRBs festgelegt

den vorgegebenen LTE-Breitbandträger bewertet. Dabei geht man von seiner Form im Zeitbereich über alles (overall RF shape) zu einer mehr detaillierten Demodulationsanalyse über und schließt dabei die Zuweisung der Resource Blocks und andere Kennzeichen ein.

Wenn man nämlich danach das NB-IoT-Signal in dieser Umgebung bewerten will, so ist es wichtig, den Einfluss dieses neuen Signals auf den existierenden LTE-Träger zu verstehen und zu beachten. Dieser hat ja normalerweise bei den Aussendungen der Basisstation Priorität (eNodeB in der LTE-Terminologie). Ob man das neue NB-IoT-Signal als potentiellen Störer oder Feind des LTE-Trägers betrachten kann oder nicht, entscheiden verschiedene Szenarien, in erster Linie, ob die Betriebsweise Inband, Guardband oder Standalone vorliegt.

Beim NB-IoT-Inband-Modus ist der Uplink-Weg der empfindlichste Weg in Bezug auf Interferenzen. Von daher kann also die Netzwerk-Performance am leichtesten (negativ) beeinflusst werden.

Das Spektrum

Bild 1 und 2 ermöglichen einen Blick auf das Spektrum des Signals eines NB-IoT-Senders. Die klassische Spektralanalyse informiert recht gut über das Benehmen dieses Signals in der HF-Umgebung, die durch den LTE-Träger geprägt ist. Die Downlink-Darstellung zeigt das LTE-Signal mit Maximal- und Minimal-Hold-Mittelwerten. Dies ist eine sehr geeignete Form der Visualisierung der maximalen und minimalen Werte eines realen LTE-Signals über die Zeit.

Diese einfache Bewertung der Präsenz des NB-IoT-Signals erlaubt es, die Leistung im Downlink und das Signal/Rausch-Verhältnis festzustellen.

Bei Guardband- oder Standalone-Betrieb ist es wichtig, zwischen dem NB-IoT-Signal und jedem anderen potentiellen GSM-Träger in der Umgebung zu unterscheiden. Hierbei sollte man wissen, dass beide Signaltypen ziemlich identische Bandbreiten beanspruchen, jedoch nicht die selbe Form aufweisen. ◄

Fachbücher für die Praxis

Praxiseinstieg in die vektorielle Netzwerkanalyse

Joachim Müller,
21 x 28 cm, 142 Seiten, zahlr. Abb. und Tabellen
ISBN 978-3-88976-159-0,
beam-Verlag 2011, 32,- €
Art.-Nr.: 118100

In den letzten Jahren ist es der Industrie gelungen, hochwertige vektorielle Netzwerkanalysatoren vom schwergewichtigen Gehäuse bis auf Handheldgröße zu verkleinern. Doch dem nicht genug: Durch ausgefeilte Software wurden einfache Bedienkonzepte bei steigender Funktionalität erreicht.

Auch für den Funkamateur wird neuerdings die Welt der Netzwerkanalyse durch Selbstbauprojekte, deren Umfang und Funktionalität den Profigeräten sehr nahe kommen, erschlossen. Damit sind die Voraussetzungen für die Anwendung der vektoriellen Netzwerkanalyse im Feldeinsatz aus Sicht der verfügbaren Gerätetechnik geschaffen.

Fehlte noch die geräteneutrale Anleitung zum erfolgreichen Einstieg in die tägliche Praxis.

Das in Hard- und Software vom Entwickler mit viel Engagement optimal durchkonstruierte Gerät büßt alle seinen hervorragenden Eigenschaften ein, wenn sich beim Messaufbau grundlegende Fehlerquellen einschleichen.

Dieses Buch beschäftigt sich mit den Grundlagen des Messaufbaus, unabhängig vom eingesetzten Gerät, um den Praxiseinstieg zu meistern.

Unser gesamtes Buchprogramm finden Sie unter www.beam-verlag.de

oder bestellen Sie über info@beam-verlag.de