

Die Mobilfunkentwicklung, getrieben vom steigenden Kapazitätsbedarf, hat zu einer hohen Komplexität geführt, auch auf der Endgeräteseite. Für das Internet der Dinge (IoT - Internet of Things) ist jedoch eine technisch vereinfachte und somit kostengünstige Lösung für Logistik, Fernwartung, Smart Metering,... gefragt. Wobei eine gute Netzabdeckung und ein geringer Strombedarf ebenso wichtig sind.

Die IoT Kommunikation der Zukunft - LPWAN & LTE Evolution

Kainz, A. & Bürger, M.

Der Artikel skizziert die erweiterten Anforderungen an Funknetze zwecks Erfüllung aktueller und zukünftiger IoT (Internet of Things) Anwendungen. Insbesondere stehen dabei die Nutzung und Weiterentwicklung bereits vorhandener Infrastruktur und Funkssysteme im Vordergrund, wobei auf Zukunftssicherheit besonderes Augenmerk gelegt ist.

1. Technische Herausforderungen und daraus abgeleitete Zielsetzungen

1.1. Herausforderungen

Für LPWA Netze (Low Power Wide Area Netze) steht einerseits eine Vereinfachung der Funk-Technologie, als auch eine Erhöhung der Sende-/Empfangsempfindlichkeit an erster Stelle. Weiteres gilt es eine sehr große Anzahl an Geräten pro Funkstation (bis zu mehreren 10.000), mit einer vergleichsweise geringen Datenmenge pro Gerät zu bedienen, wobei das geänderte Verhältnis von Signalisierung- zu Nutzdaten, auch im Core-Netz, zu berücksichtigen ist. Um Anwendungen einfach, robust und unabhängig von einer Stromversorgung zu gestalten, ist zusätzlich ein auf Standard-Batterien basierender Betrieb von mehr als zehn Jahren das erklärte Ziel. Und nicht zuletzt gilt es, die Preise pro Funk-Modul drastisch zu senken, wobei in der Industrie¹² von Kosten <\$5 pro Modul ausgegangen wird. Darüber hinaus spielen Sicherheit und Datenschutz auch bei IoT Anwendungen eine wesentliche Rolle und müssen entsprechend gegeben sein. Die Herausforderungen und

¹ Vergl.: „NB-IoT: a sustainable technology for connecting billions of devices“:
https://www.ericsson.com/thecompany/our_publications/ericsson_technology_review/archive/narrowband-iot-connecting-billions-devices

² Vergl.: „LTE evolution for IoT connectivity“ <http://resources.alcatel-lucent.com/asset/200178>

Anforderungen von Maschinen und IoT an die Kommunikationsnetze sind in Abbildung 1 dargestellt.



Abbildung 1 Anforderung an Kommunikationsnetze aus Maschinen Sicht

1.2. Zielsetzungen

Im Vergleich zum bisherigen Mobilfunk soll eine Erhöhung der Empfindlichkeit um 20dB erreicht werden: das bedeutet eine Verbesserung der Funk-Versorgung von vormals „indoor“ auf „deep indoor“ (bzw. vormals „outdoor“ auf „indoor“) - ein Mobilfunknetz also, das aktuell 99% Outdoor Verfügbarkeit aufweist, würde dann 99% Indoor Verfügbarkeit haben. Einfache, schmalbandige Funk-Technologie: unterstützt das Bestreben nach Reduktion der Kosten und des Energiebedarfs, bei gleichzeitiger Verbesserung der Sendee-/Empfangsempfindlichkeit.

Reduktion der Signalisierung sowohl was die Datenmenge, als auch die Häufigkeit betrifft: unterstützt das Bestreben, eine sehr große Anzahl an Geräten pro Funkstation zu ermöglichen, als auch eine Core-Entlastung und insbesondere eine Batterie-Lebensdauer von mehr als zehn Jahren.

2. Technische Umsetzung

Die Konzepte für eine LPWAN Umsetzung lassen sich in zwei grundsätzlich unterschiedliche Ansätze zusammenfassen:

- 1.) LPWAN in unlizenzieren Frequenz-Bändern, in Europa vorrangig in 868MHz - durch Systeme wie LoRa, SIGFOX und ähnliche genutzt
- 2.) LPWAN In lizenzierten Frequenz-Bändern, vorrangig im 800MHz und 900MHz Bereich - durch 3GPP standardisierten Mobilfunk

Beide Umsetzungsvarianten haben spezifische Vor- und Nachteile. Im Weiteren fokussieren wir hier auf die Umsetzung in lizenzierten Frequenz-Bänder da sich die Errichtung einer neuen Infrastruktur stets zeit- und kostenaufwändig gestaltet und daher eine konvergente Nutzung mit einer bereits vorhandenen Infrastruktur - wie zum Beispiel der Mobilfunk Infrastruktur - für sehr viele Anwendungsfälle nahe liegt.

2.1 Frequenzen & Netzabdeckung

Frequenzbänder im Bereich von <1GHz bieten für LPWAN von Natur aus die besseren physikalischen Bedingungen: eine größere Reichweite und eine bessere Gebäudedurchdringung.

Im 800MHz Bereich bietet sich dazu LTE800 und im 900MHz Bereich sowohl LTE900, als auch GSM900 an. Wobei die damit verbundene Spezifizierung seitens 3GPP³ eine entsprechende Sicherheit für einen zuverlässigen und langlebigen Betrieb bringt. Und durch die große Verbreitung des LTE-Standards ist mit einer entsprechend großen Anzahl an Modul Lieferanten zu rechnen, was stets ein wesentlicher Treiber für einen niedrigen Stückpreis darstellt.

Da die vorhandenen Mobilfunkstationen bereits eine große Dichte aufweisen, sind damit tatsächlich bis zu 20dB Gewinn für eine verbesserte Gebäudedurchdringung realisierbar. Mit einer geringeren Stationsdichte verringert sich dieser Gewinn entsprechend, bzw. werden anderweitige, zusätzliche Aufwände, wie z.B.: Repeater, Außenantennen, etc. erforderlich.

2.2 Standardisierung

Innerhalb der LTE Standardisierung erfolgten vor allem mit der der Release 13 die notwendigen Neuerungen auf Netz- und Endgeräteseite. Dazu wurde als Endgerätekategorie zum einen Cat-M spezifiziert und zum anderen auch im Juni dieses Jahres NB-IoT⁴ (Narrowband IoT). Abbildung 2 zeigt diese Entwicklung hin zu LPWAN.

³ 3GPP - 3rd Generation Partnership Project <https://en.wikipedia.org/wiki/3GPP>

⁴ http://www.3gpp.org/news-events/3gpp-news/1785-nb_iot_complete

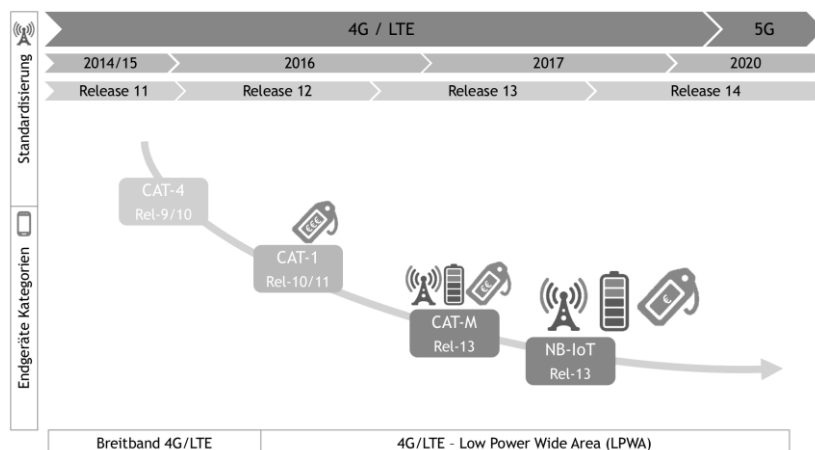


Abbildung 2 Mobilfunk Entwicklung auf Netz- und Endgeräteseite hin zu LPWAN

Abbildung 3 fasst die wichtigsten Eckparameter von NB-IOT nach 3GPP Rel. 13 zusammen. Die erforderliche Frequenzbandbreite von 180kHz und die maximale UL/DL Datenrate von ~250kbps, das verwendete Duplexing und die Stromsparmaßnahmen, wobei eine sehr stark reduzierte Häufigkeit der Aktivierung des Empfängers via DRX viel zur 10-jährigen Batterielebensdauer beiträgt. Und abschließend die verfügbare Modul Leistungsklasse.

Bandbreite	180 kHz
Spitzendatenraten (DL/UL)	DL: ~250 kbps UL: ~250 kbps multi tone, 20 kbps single tone
Duplexing	HD (type B), FDD
Stromsparmaßnahmen:	PSM, ext. I-DRX, C-DRX
Leistungsklasse	23 dBm

Abbildung 3: NB-IOT Eckparameter nach 3GPP Rel. 13

(Quelle: http://www.3gpp.org/images/articleimages/iot_large.jpg)

Standardisiert wurden drei unterschiedliche Optionen für die NB-IoT Implementierung. Alle drei Varianten verwenden dabei 180kHz Bandbreite, welche mit einem LTE Ressource-Block korrespondiert:

- > Stand alone: typischer Weise wird dazu ein 200kHz breite GSM900 Frequenz heran gezogen, wobei an beiden Seiten ein 10MHz guard band (Schutzabstand) eingerichtet wird.

- > LTE guard band: es werden im LTE guard band ungenutzte Ressource-Blöcke verwendet, wobei natürlich Rücksicht auf benachbarte Betreiber und Technologien zu nehmen ist.
- > In-band operation: verwendet einzelne Ressource-Blöcke eines vorhandenen LTE Trägers

3. Anwendungen

Durch die erhöhte Batterielaufzeit, eine bessere Coverage und die reduzierten Modulkosten werden Projekte durch LTE-M und NB-IoT ermöglicht, die aus technischer und wirtschaftlicher Sicht heute noch nicht realisierbar sind. Zum Beispiel können im Smart Cities⁵ Umfeld - wo es darum geht, sämtliche Prozesse einer Stadt zu digitalisieren und damit effizienter zu gestalten - Verkehrs- und Waste-Management sowie Smart Metering realisiert werden. Aber auch mittlerweile bereits „klassische“ IoT Anwendungen wie Flottenmanagement und Logistik-Tracking werden von den verbesserten technischen Eigenschaften und Modulkostenvorteilen massiv profitieren.

Da LTE-M und NB-IoT in bestehenden Mobilfunknetzen einfach ohne Infrastruktur Investitionen implementiert werden kann und auch die Betriebs- und Supportprozesse dafür bereits implementiert sind, kann von einer raschen Marktentwicklung ausgegangen werden. Diese Technologien sollten daher für jegliche zukünftige Digitalisierungs- und IoT-Projekte in Betracht gezogen werden.

4. Ausblick

LTE (und die LPWAN Ausprägungen von LTE-M und NB-IoT) wird in der internationalen 3GPP Standardisierung auch längerfristig eine wichtige Rolle spielen und Teil des zukünftigen 5G Eco-Systems sein. Die Weiterentwicklungen in Richtung 5G zielen auf eine verkürzte Latency ab, was neue Anwendungsgebiete in der Robotik inkl. der Vehicle-2-Vehicle Kommunikation erschließen soll. Auch wird eine noch größere Anzahl an Modulen pro Funk-Zelle ermöglicht werden.

5. Zusammenfassung

Die Entwicklung im Mobilfunk war lange Zeit vor allem auf immer größere Kapazitäten und Bandbreiten ausgerichtet, um den immer größer werdenden Bedarf an Sprach-, SMS- und im letzten Jahrzehnt auch Datendiensten zu stillen. Dies führte zu immer aufwendigeren Empfangssystemen und Codierungsverfahren, und damit auch zu komplexeren Endgeräten. Ein völlig anderes Anforderungsprofil weisen hingegen viele Anwendungen im Bereich des

⁵ Vergl.: Smarte Städte mit Narrow Band IoT - <https://www.a1blog.net/2016/07/13/narrow-band-iot-erklaerung/>

Internet der Dinge (IoT - Internet of Things) auf und gerade dieser Bereich gewinnt sehr stark an Bedeutung⁶. Durch Anwendungen zum Beispiel im Bereich der Logistik, der Fernwartung und des Smart Metering. Kommunikationsnetze die speziell für diese Anwendungen geeignet sind, werden unter dem Begriff „Low Power Wide Area Networks“ (LPWAN) zusammengefasst - Ziel ist es, eine möglichst gute Netzabdeckung bei minimalem Energieverbrauch zu erreichen. Dies steht bei NB-IoT und der LTE Evolution im Vordergrund und erlaubt es LPWAN in bestehender Mobilfunkinfrastruktur zu ermöglichen.

⁶ Popular Internet of Things Forecast of 50 Billion Devices by 2020 Is Outdated - <http://spectrum.ieee.org/tech-talk/telecom/internet/popular-internet-of-things-forecast-of-50-billion-devices-by-2020-is-outdated>