



WHITEPAPER MOBILE IoT

**Hoe NB-IoT en LTE-M bijdragen
aan het succes van IoT**



INHOUD

Inleiding	3
Technologieën voor Mobile IoT	5
Verschillende netwerken voor verschillende doeleinden	7
Vergelijking met alternatieve LPWA-technologieën	8
Fabels over NB-IoT	10
Inzicht in en optimalisatie van het energieverbruik	12
Uitstekende dekking binnen een gebouw: in de praktijk bewezen	14
Volgende generatie geïntegreerde SIM	15
Het netwerk beschermen	17
Apparaten en gegevens beveiligen	19
Mobile IoT bij Deutsche Telekom	21
Oneindige toepassingsmogelijkheden - NB-IoT	24
Oneindige toepassingsmogelijkheden - LTE-M	29
De toekomst	31
Begrippenlijst	32

INLEIDING

Steeds meer bedrijfstakken en gemeenten omarmen het Internet of Things (IoT, ook wel ‘internet der dingen’ genoemd). Volgens brancheorganisatie GSMA zullen er naar verwachting in 2025 wereldwijd 25 miljard IoT-verbindingen zijn.

Mobiele IoT-technologieën zoals NarrowBand IoT (NB-IoT) en LTE-M gaan een belangrijk deel uitmaken van deze groei en worden steeds relevanter. Deze whitepaper over Mobile IoT is bedoeld als advies voor bedrijven en gemeentes die nieuwe zakelijke mogelijkheden met betrekking tot deze technologieën willen verkennen. In deze whitepaper wordt ingegaan op de huidige stand van zaken van Mobile IoT en wordt uitgelegd waarom, wanneer en hoe dit kan worden ingezet. Bovendien is dit document bedoeld als inspiratie voor end-to-end IoT-toepassingen en wordt uitgelegd waarom T-Mobile de juiste partner is om deze te realiseren.

Steeds meer bedrijven en gemeenten wereldwijd benutten de nieuwe mogelijkheden die IoT biedt: ze voorzien machines, voertuigen, containers en gebouwen van software, sensoren en connectiviteit om ze te monitoren en te controleren en waardevolle gegevens te verkrijgen waarmee ze nieuwe bedrijfsmodellen kunnen bouwen, nieuwe diensten kunnen aanbieden of hun efficiëntie kunnen verbeteren. Sinds de begindagen van IoT communiceren veel apparaten via het mobiele GSM-netwerk. Dit garandeert een betrouwbare verbinding en werkt wereldwijd. Maar helaas zijn er ook grenzen aan GSM.

Wat bedrijven van IoT verwachten

Veelgehoorde reacties van bedrijven op de vraag waarom zij nog geen IoT-oplossingen gebruiken zijn:

- “De batterijen van onze duizenden apparaten moeten lang mee kunnen gaan om hoge vervangingskosten te vermijden.”
- “Slechte connectiviteit binnen gebouwen maakt het voor ons onmogelijk om nieuwe toepassingen te realiseren.”
- “Eigen lokale netwerken zijn momenteel de enige verbindingsmogelijkheden voor onze apparaten. Dit gaat gepaard met hoge installatie- en onderhoudsinspanningen.”

- “In mijn bedrijf telt elke cent en helaas zijn de kosten van de radiomodule en de connectiviteit voor IoT momenteel gewoon te hoog.”

Wat bedrijven en organisaties echt nodig hebben is een netwerk dat geoptimaliseerd is voor het uitwisselen van zeer kleine hoeveelheden gegevens tussen IoT-apparaten en servers. Een dergelijk netwerk zou moeten worden geoptimaliseerd voor het verkeersprofiel van het merendeel van alle IoT-apparaten. En waar GSM en andere mobiele technologieën een uitstekende dekking buitenshuis bieden, laat de ontvangst ervan diep in een gebouw vaak nog te wensen over.

Bovendien zijn de gebruikelijke draadloze diensten, zoals SMS, spraak of hoge datasnelheden, vaak niet nodig voor IoT-toepassingen. Dit zou alleen maar tot hogere kosten van hardware leiden. Ten slotte is een batterijlevensduur van enkele jaren vaak gewoon niet haalbaar met bestaande technologieën, simpelweg omdat de batterijen zijn geoptimaliseerd voor smartphones en niet voor IoT-apparaten.

Een kennismaking met Mobile IoT

In 2016 heeft het 3rd Generation Partnership Project (3GPP), een wereldwijd “normalisatie-instituut”, nieuwe specifiek voor IoT geoptimaliseerde mobiele technologieën ontwikkeld. Deze worden aangeduid met de verzamelnaam “Mobile IoT” (of mobiel IoT). Een daarvan is Narrow-Band IoT (NB-IoT/LTE Cat-NB). Deze netwerkstandaard gaat grote veranderingen mogelijk maken voor de aanbieders van IoT-oplossingen, omdat hiermee de technische mogelijkheden worden uitgebreid, zodat grootschalige IoT-implementaties economisch haalbaar worden. De andere nieuwe mobiele IoT-technologie is LTE-M (LTE Cat-M), een standaard die bedoeld is voor IoT-toepassingen met hogere gegevenssnelheden en lagere latency. NB-IoT en LTE-M vullen elkaar aan en zijn van essentieel belang voor de doorbraak van IoT.

De unieke voordelen van Mobile IoT zijn onder andere lagere kosten, een lager stroomverbruik en een betere dekking in gebouwen. Mobile IoT is gebaseerd op een mondiale sectornorm en gebruik binnen een gelicentieerd spectrum. NB-IoT en LTE-M komen tegemoet aan de behoeften van klanten op het gebied van internationale

activiteiten, stabiliteit, betrouwbaarheid, beveiliging, kosteneffectiviteit en hoge schaalbaarheid. Om deze ontwikkeling te versterken en bedrijven en gemeenten te voorzien van specifiek voor IoT geoptimaliseerde connectiviteit, maakt Deutsche Telekom NB-IoT- en LTE-M netwerken beschikbaar in een groot aantal internationale markten, zoals T-Mobile in Nederland, en werken we via Deutsche Telekom samen met grote marktspelers aan de ontwikkeling van een sterk ecosysteem.

Op weg naar 5G

Beide technologieën voor Mobile IoT maken ook integraal onderdeel uit van de vijfde generatie mobiele netwerken (5G) die drie soorten gebruiksscenario's mogelijk maakt: Enhanced Mobile Broadband (eMBB), Ultra-Reliable Low-Latency Communications (URLLC) en Massive Machine Type Communications (mMTC). NB-IoT en LTE-M zijn door de ITU dusdanig gedefinieerd dat ze voldoen aan de IMT2020-vereisten voor mMTC. Maar ook nu, nu 5G-netwerken nog niet alom beschikbaar zijn, is Mobile IoT gereed voor 5G en is het al beschikbaar voor steeds meer IoT-apparaten.



TECHNOLOGIEËN VOOR MOBILE IOT

Met zijn technische mogelijkheden maakt Mobile IoT een zeer breed scala aan nieuwe IoT-toepassingen mogelijk. De belangrijkste kenmerken zijn een lange levensduur van de batterij, dekking dieper binnen een gebouw en lagere modulekosten.

Energiebesparend ontwerp voor een langere levensduur van de batterij

Een van de grootste voordelen van Mobile IoT is dat het vele jaren op batterijvoeding kan draaien, waardoor het geschikt is voor die toepassingen waarbij onderhoud aan sensoren en modules niet mogelijk is. Bijvoorbeeld in slimme parkeertoepassingen met in de grond geïnstalleerde sensoren. Om energie-efficiënte werking mogelijk te maken, zijn de chipsets voor Mobile IoT geoptimaliseerd. Ze houden zich alleen bezig met relevante radiofuncties. Bovendien worden de signalering en overhead beperkt. Een andere belangrijke factor zijn speciale energiebesparende maatregelen zoals de energiebesparingsmodus (PSM), een Long Periodic Tracking Area Update (LP-TAU) en efficiënte gegevensoverdracht via NAS (Non-Access Stratum, d.w.z. het signaalkanaal). Zie pagina 12 voor meer details.

Transmissietechnieken voor betere dekking

Een groot bereik, ook binnenshuis, tot diep in een gebouw, is een verdere essentiële eigenschap van Mobile IoT, waardoor dit perfect geschikt is voor toepassingen als slimme meters in kelders. Apparaten op locaties met een slechte dekkingsgraad profiteren van twee CE-technologieën die de dekking verbeteren (CE = Coverage Enhancement – dekkingsverbetering):

- 1) De vermogensdichtheid van de transmissie wordt verhoogd door gebruik te maken van een smallere bandbreedte met een lager frequentiebereik.
- 2) Elk bericht wordt een aantal malen verzonden, waardoor het goed gedecodeerd kan worden, ondanks slechte kanaalcondities. In tegenstelling daarmee zijn propriëtaire technologieën, die in een niet-gelicenseerd spectrum werken, als gevolg van voorgeschreven arbeidscycli wettelijk beperkt in hun aantal herhalingen. Zie pagina 14 voor meer details.

Minder complex en daardoor lage modulekosten

Aangezien de lagere hoeveelheden gegevens bij Mobile IoT minder rekenkracht van radio-chipsets vereisen, kunnen deze voordeliger worden geproduceerd. Om de complexiteit nog verder te beperken, is een aantal onnodige LTE-functies weggelaten uit NB-IoT en LTE-M-chipsets, zoals de full-duplex-modus of de inter-RAT-handover. NB-IoT is nog verder vereenvoudigd door spraakondersteuning en naadloze cell-handover-functionaliteit weg te laten. Gezien de snel groeiende productievolumes wereldwijd is het oorspronkelijk aangegeven prijsdoel van \$5 per NB-IoT-module van de sector al zo'n twee jaar na de start van de eerste commerciële netwerken bereikt. En het feit dat mobiele IoT-apparaten maar één antenne hebben, spaart materiaal uit. In de toekomst helpt de geïntegreerde SIM de totale kosten voor het bezit van IoT-apparaten verder terug te dringen. Zie pagina 15 voor meer details.





Miljarden apparaten

Tot 100x meer toestellen per cel dan bij GSM



Lage datavolumes

Minder frequente overdracht van lage datavolumes in twee richtingen



Energie-efficiëntie

Tot tien jaar bedrijf op batterijen¹



Bereik tot diep in het gebouw

Tot +20 dB linkbudget in vergelijking met GSM



Minimale kosten

Kostenefficiënte radiomodules, lagere kosten voor bezitters



Plug & Play

Directe aansluiting van elke sensor, installatie en onderhoud van lokale netwerken/gateways is niet nodig



Wereldwijde standaard

Wereldwijde 3GPP-industrienorm op door operators gemanagede netwerken binnen een gelicentieerd spectrum



Hoge veiligheid

Bewezen SIM-gebaseerde beveiligingsmechanismen op basis van de LTE-standaard

Figuur 1: Kenmerken van Mobile IoT

¹ Uitgaande van het equivalent van twee AA-batterijen en een typisch verkeerspatroon op het basisdekkingsniveau (CE 0).

Mobile IoT als mondiale mobiele standaard

NB-IoT en LTE-M zijn gebaseerd op door operators gemanagede mobiele netwerken, die ze via software-upgrades in hun bestaande LTE-infrastructuur inzetten. Door gebruik te maken van het GSM- of LTE-frequentie-spectrum bieden ze betrouwbare gegevensverbindingen zonder geografische beperkingen. Een gestandaardiseerd SIM-profiel maakt ook internationaal gebruik van NB-IoT en LTE-M op de netwerken van buitenlandse mobiele operators mogelijk. Beide toegangstechnologieën zijn gebaseerd op LTE en garanderen daarom beveiliging van LTE-kwaliteit (zie pagina 19 voor nadere informatie).

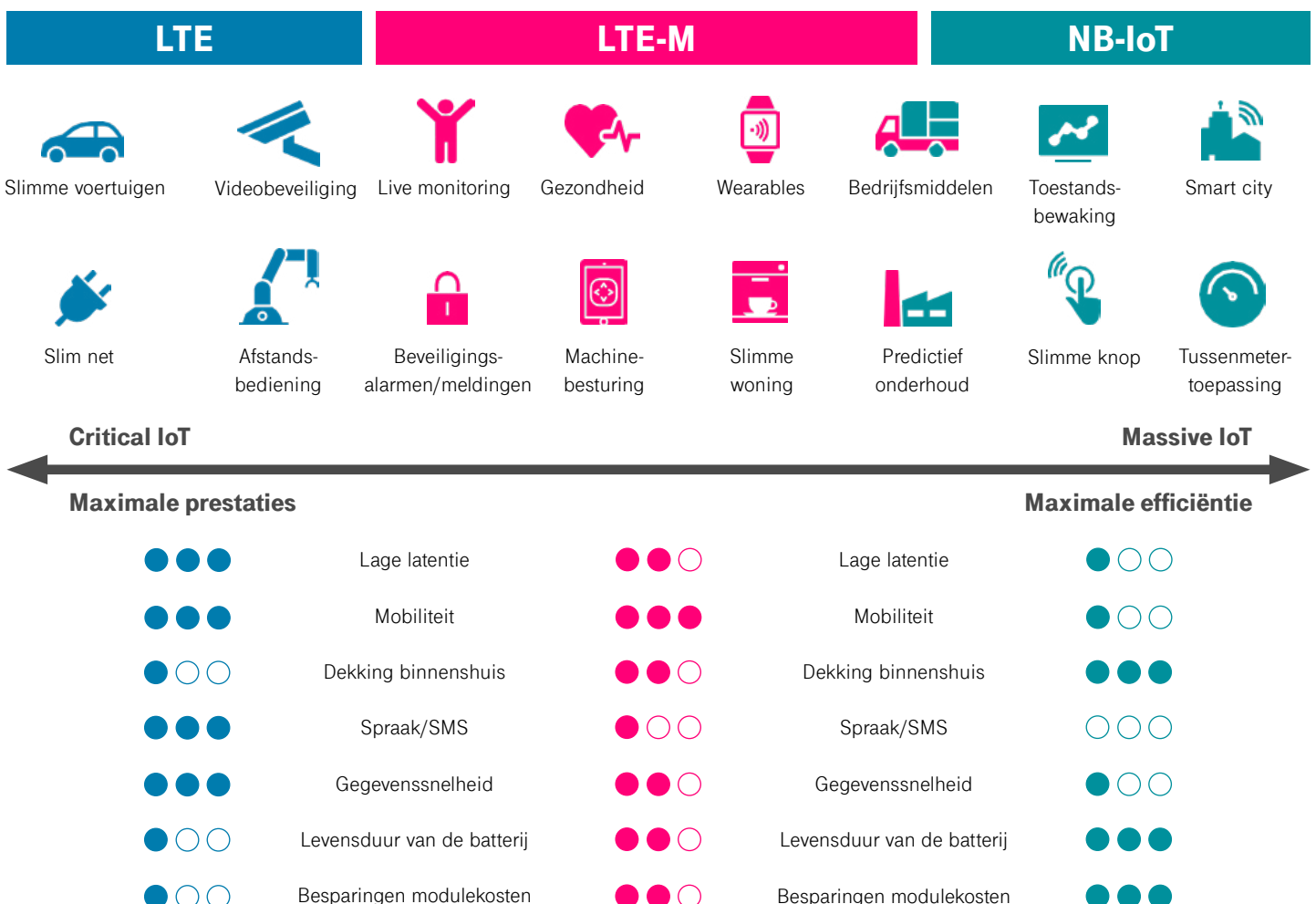
Mobile IoT is plug & play: elk apparaat heeft een rechtstreekse wide-area-verbinding, die wordt verzorgd door de mobiele provider. Bedrijven zouden ook gebruik kunnen maken van andere technologieën op basis van lokale of mesh-netwerken, zonder de kosten van mobiele verbindingen. Hoewel dit op korte termijn aantrekkelijk lijkt, vereist het dat er een groot aantal perifere gateways wordt geïnstalleerd en voortdurend wordt onderhouden. Dit leidt tot hoge complexiteit voor de gebruiker en meestal hogere kosten op de lange termijn.

VERSCHILLENDE NETWERKEN VOOR VERSCHILLENDE DOELEINDEN

De uitgebreide en veelzijdige toepassingen van IoT vereisen inzet van verschillende technologieën.

NB-IoT is de eerste keuze voor zeer kostengevoelige toepassingen waaraan lage prestatie-eisen worden gesteld, aangeduid als "Massive IoT". In tegenstelling daarmee is gewoon LTE nodig voor high-end toepassingen waaraan de allerhoogste prestatie-eisen worden gesteld, zoals hoge datasnelheden en een zeer lage latency. Dit andere uiteinde van het spectrum wordt aangeduid als "Critical IoT". LTE-M overbrugt de kloof tussen deze twee uitersten. LTE-M biedt duidelijke voordelen omdat, ondanks de

grotere bandbreedte en hogere gegevenssnelheden die nodig zijn dan bij NB-IoT, LTE-M een langere levensduur van de batterij mogelijk maakt en een beter bereik biedt binnen gebouwen. Wat nog belangrijker is, is dat het wordt gezien als de belangrijkste vervanger voor 2G- (GPRS) en 3G- (UMTS) technologie. Uiteindelijk zal LTE-M, samen met NB-IoT, de andere twee opties verdringen als de lange termijn optie voor alle desbetreffende Mobile IoT-toepassingen.



Figuur 2: Kenmerken en toepassingen van mobiele IoT-technologieën

VERGELIJKING MET ANDERE LPWA-TECHNOLOGIEËN

Zoals eerder vermeld, gebruiken NB-IoT en LTE-M de bestaande bedrijfsmiddelen van de mobiele netwerk operatoren (MNO's), zoals locaties, basisstations, antennes, backhaul en hun gelicentieerd spectrum. De specificaties van andere LPWA- (Low Power Wide Area) technologieën zoals Sigfox en LoRa verschillen daarentegen op allerlei manieren, met name wat betreft de vereiste infrastructuur, spectrumgebruik en standaardisatie.

Voor niet-mobiele technologieën is speciale basisstation- of gateway-hardware nodig, die door individuele bedrijven in verschillende landen en zelfs stedelijke regio's wordt geëxploiteerd. Vaak zijn deze bedrijven pas recent met de exploitatie begonnen en hebben ze nog geen lange bewezen historie. Aangezien hun netwerken gebruikmaken van niet-gelicentieerde spectrumbanden is het waarschijnlijk dat, wanneer het aantal aangesloten apparaten toeneemt, de gegevensoverdracht als gevolg van interferentie en de wettelijk vastgelegde beperkingen van de arbeidscyclus verslechtert. Daarom kunnen deze aanbieders geen

Service Level Agreements (SLA's) garanderen zoals de exploitanten van mobiele netwerken (MNO's) dat wel kunnen.

Bij Mobile IoT beheren MNO's hun eigen spectrum en kunnen zij beleid handhaven om een soepele bedrijfsvoering te garanderen (zie pagina 17 voor nadere informatie). Deze frequentiebanden kunnen een enorm aantal apparaten aan, maar blijven toch stabiel en vermijden interferentie. Zo wordt een betrouwbare gegevensoverdracht gegarandeerd. Met hun bewezen lange praktijkervaring met het exploiteren van landelijke telecommunicatienet-

	LTE ⁶	LTE-M ⁴	NB-IoT ⁵	LoRa	Sigfox
Spectrum	Gelicentieerd	Gelicentieerd	Gelicentieerd	Niet gelicentieerd	Niet gelicentieerd
Bandbreedte	20 MHz	1,4 MHz	180 kHz	125-500 kHz	200 kHz
Gegevensoverdracht in twee richtingen	Full duplex	Half & Full duplex	Half duplex	Half duplex	Half duplex
Piekgegevenssnelheid	10 Mbps (DL) 5 Mbps (UL)	1 Mbps (DL) ² 1 Mbps (UL) ²	250 Kbps (DL) ³ 230 Kbps (UL) ³	50 Kbps (DL) 50 Kbps (UL)	0,6 Kbps (DL) 0,1 Kbps (UL)
Typische downlink-doorvoer per dag	Alleen beperkt door het batterijvermogen, de conditie van radiosignalen en handelsvoorwaarden (bijv. maandelijks datavolume, aantal berichten/grootte per periode)			~200 B	~24 B
Typische uplink-doorvoer per dag				~ 200 kB	~1,64 kB
Max. koppelingsverlies (in vergelijking met GSM)	144 dB (0 dB)	156 dB (+12 dB)	164 dB (+20 dB)	157 dB (+13 dB)	153 dB (+9 dB)
Verwachte modulekosten	> \$ 10	< \$ 10	< \$ 5	< \$ 7	< \$ 3
Verwachte max. levensduur van batterij ¹	3 - 5 jaar	5 - 10 jaar	10+ jaar	10+ jaar	10+ jaar

Tabel 1: Overzicht van IoT-overdrachtstechnologieën

¹ Uitgaande van een typisch verkeerspatroon en een typische batterijgrootte.

² Deze waarden hebben betrekking op de full duplex-modus. De gemiddelde percentages die momenteel worden gemeten, op basis van half duplex-transmissies, zijn ca. 350 kbps (DL/UL).

³ Deze waarden hebben betrekking op de algehele celcapaciteit. De momenteel gemeten gemiddelde snelheid, gebaseerd op enkeltoons transmissie, is ca. 20 kbps (DL/UL).

⁴ Heeft betrekking op specificatierelease 3GPP Cat-M1 Rel.13.

⁵ Heeft betrekking op specificatierelease 3GPP Cat-NB1 Rel.13.

⁶ De waarden hebben betrekking op categorie LTE-Cat 1.

werken zijn MNO's de uitgelezen partijen om betrouwbare en veilige netwerken en platformen voor IoT-toepassingen te exploiteren, die voldoen aan de eisen op het gebied van gegevensbeveiliging en hoge capaciteit.

NB-IoT en LTE-M netwerken omvatten ook bewezen LTE-beveiligingsmechanismen op SIM- en netwerkniveau die voortdurend worden verfijnd door een grote gemeenschap van bedrijven en ontwikkelaars wereldwijd (zie pagina 19 voor meer details). Sigfox- en LoRa-netwerken kunnen echter alleen op applicatieniveau gebruikmaken van beveiligingsprotocollen. Deze worden op hun beurt weer beperkt door de lage nuttige lasten die effectief kunnen worden overgedragen, met name in de downlink. Een ander belangrijk voordeel van mobiele netwerken is hun aangeboren geschiktheid voor interoperabiliteit. NB-IoT en LTE-M multimode-radiomodules kunnen gemak-

kelijk tussen dragers overschakelen, waaronder 2G en 3G. Dit maakt wereldwijd bedrijf mogelijk, zelfs in landen waar er nog geen Mobile IoT-netwerk is, en het gebruik van verschillende technologieën voor verschillende doeleinden, bijv. NB-IoT voor statusrapportages en LTE-M voor grote softwareupdates.

De wereldwijde industrienormen NB-IoT en LTE-M profiteren niet alleen van de brede ondersteuning door de exploitanten van mobiele netwerken, maar ook van een groot ecosysteem van chipset- en apparaatfabrikanten. Dit vermindert uiteindelijk het risico van 'vendor lock-in', een probleem dat zich voordoet bij bedrijven die gebruikmaken van propriëtaire technologieën waarbij ze vastzitten aan de leverancier ervan. Mobile IoT als wereldwijde standaard is daarom een veilige keuze in tegenstelling tot andere, propriëtaire technologieën die volledig in handen zijn van individuele bedrijven of particuliere consortia.



FABELS OVER NB-IOT

NB-IoT heeft zijn unieke eigenschappen al voor allerlei toepassingen bewezen. Toch doen er nog altijd hardnekkige fabels de ronde over deze technologie die we graag willen ontkrachten.

1. Voor NB-IoT is geen simkaart nodig

GNB-IoT werkt altijd via een SIM, omdat de technologie binnen de gelicentieerde LTE-band van het mobiele netwerk van de mobiele operator werkt. Dit betekent ook dat NB-IoT dankzij de hoge veiligheidsstandaarden van LTE een beveiligingsvoordeel biedt ten opzichte van technologieën die binnen een niet-gelicentieerd spectrum werken. Klassieke plastic simkaarten zijn echter niet per se nodig: de vormfactor kan uiteenlopen van 2FF tot 4FF en van conventionele gesoldeerde SIM's (MFF) tot eUICC's. Er is nu ook een optie om alleen een profiel te hebben, zonder aparte SIM-hardware: een geïntegreerde SIM (zie pagina 15 voor meer details).

2. NB-IoT is alleen geschikt voor gebruik op een vaste locatie

NB-IoT kan als toegangstechnologie op grote schaal worden gebruikt voor mobiele toepassingen. Het is inderdaad zo dat NB-IoT geen naadloze handover ondersteunt, maar omdat toepassingen op basis van NB-IoT geen gebruik maken van streaming of spraakoproepen, is de handover van continue gegevensstromen ook niet nodig. Zodra een apparaat van 'camping-cel' is veranderd, kan het een nieuwe cel selecteren en direct daarna weer naadloos gegevens gaan verzenden en ontvangen. Het extra signaalverkeer in verband met het selecteren van de cel gaat echter gepaard met extra stroomverbruik door het apparaat.



3. NB-IoT-toepassingen zijn op TCP/IP gebaseerd

Gangbare protocollen als TCP/IP, UDP/IP of Non-IP worden allemaal ondersteund door NB-IoT. Afhankelijk van de capaciteit van de modules en toepassingen staat het gebruikers vrij om hier zelf uit te kiezen. TCP/IP wordt echter niet aanbevolen vanwege het hogere datavolume dat daarvan het gevolg is. UDP/IP is het voorkeurs- en aanbevolen overdrachtsprotocol voor NB-IoT.

4. Met NB-IoT is de levensduur van de batterij altijd tien jaar

Tien jaar is geenszins de standaard levensduur van de batterij voor een apparaat dat NB-IoT gebruikt. Deze levensduur hangt voornamelijk af van de eisen van de

toepassing, d.w.z. de zend- en ontvangstfrequentie, het gebruik van energiebesparende functies of het niveau van dekkingverbetering (CE), en natuurlijk de batterijcapaciteit. Als aan de optimale parameters wordt voldaan, is het mogelijk dat een NB-IoT-module tot wel tien jaar op één batterijlading meegaat.

5. Firmware-updates worden niet ondersteund

Aangezien NB-IoT een betrouwbaar downlinkkanaal heeft, is firmware over-the-air (FOTA) mogelijk. T-Mobile is er een sterk voorstander van om apparaten geschikt te maken voor FOTA zodat ze in de toekomst beveiligingsupdates kunnen ontvangen. Hierbij moet dan wel rekening worden gehouden met het bijbehorende energieverbruik.



GESCHIKTE TOEPASSINGEN



- Lage gegevenssnelheden
- Gegevensoverdracht met lage frequentie
- Latentie is niet kritisch
- Geen externe ontwaakfunctie nodig
- Bereik tot diep in het gebouw
- Laag stroomverbruik/lange levensduur van de batterij
- Kostengevoelige toepassing

ONGESCHIKTE TOEPASSINGEN



- Hoge gegevenssnelheden
- Berichten met hoge frequentie
- Latentie-kritische, real-time informatie
- Vereist een ontwaakfunctie
- Spraak of SMS nodig
- Veiligheidskritische toepassingen (bijv. alarmering in real time)

INZICHT IN EN OPTIMALISATIE VAN HET ENERGIEVERBRUIK

In het kader van 3GPP gedefinieerde belangrijke functies zoals de energiespaarstand (Power Saving Mode - PSM) schakelen modules in een slaapstand met zeer laag energieverbruik. Door af en toe TAU-berichten (Tracking Area Update) te sturen blijft de module bij het netwerk aangemeld en hoeft deze niet opnieuw te worden aangemeld als de slaapstand wordt uitgeschakeld. Met de Long Periodic TAU-functie kunnen modules de duur tussen deze trackingberichten tot enkele weken verlengen. Zo worden de slaapstandintervallen verlengd om nog meer energie te besparen. De functie voor extended Discontinuous Reception (eDRX) biedt een langere paging-modus met laag stroomverbruik waardoor de apparaten downlinkgegevens van de server kunnen ontvangen zonder uplinkgegevens te verzenden. In het algemeen kan elk Mobile IoT-apparaat PSM, Long Periodic TAU en eDRX aanvragen en beheren om het energieverbruik op basis van gebruik te optimaliseren.

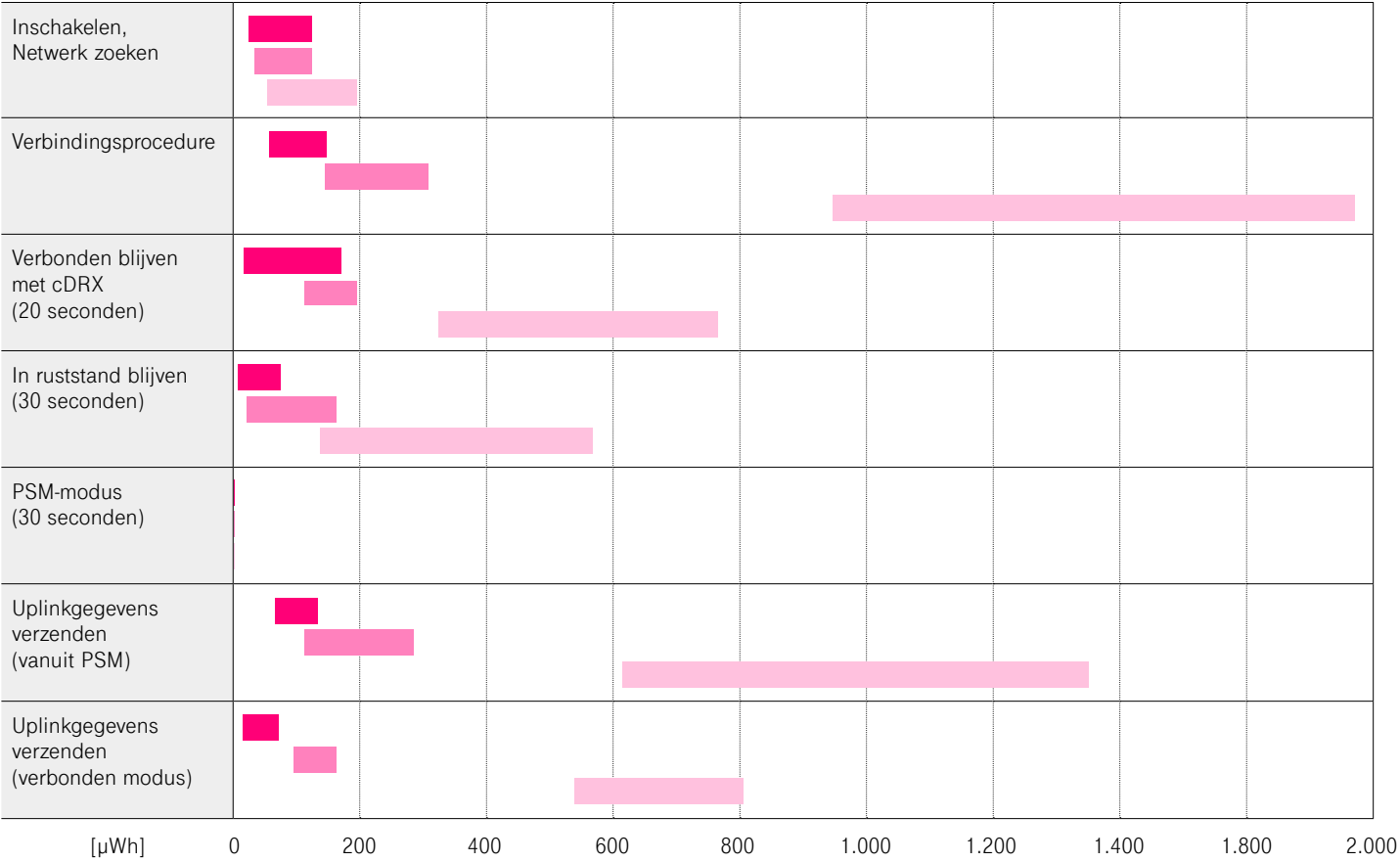
Onderzoek naar energieverbruik

Hoeveel energie verbruikt een apparaat eigenlijk? Voor het certificeren van de grootste portefeuille aan Mobile IoT-modules ter wereld, heeft Deutsche Telekom het stroomverbruik van meer dan twintig NB-IoT-producten beoordeeld. Figuur 3 illustreert de uiteenlopende stroomverbruikswaarden gemeten over verschillende voor 3GPP gestandaardiseerde chipsets op onze netwerken. Deze metingen zijn uitgesplitst om het stroomverbruik van de basis-radio-chipset-routines, zoals verbinding maken met het netwerk of gegevens uploaden, apart te laten zien. De meetresultaten tonen aan dat NB-IoT extreem energiezuinig is op CE (dekkingsverbetering)-niveaus 0 en 1. CE-niveau 2 (voor diep binnen gebouwen en voor afgelegen locaties buiten) is echter geoptimaliseerd om ervoor te zorgen dat toepassingsgegevens van de ingezette IoT-apparaten de server nog altijd kunnen bereiken, maar dit gaat dan wel gepaard met een hoger stroomverbruik.

De IoT Solution Optimizer

IoT-apparaten en -toepassingen ontwerpen, testen en optimaliseren is een lang en kostbaar proces. Vanuit het niets een verticale IoT-oplossing bouwen vraagt doorgaans om een aantal prototypes en een uitgebreide analyse van het energieverbruik van het apparaat en kan enkele weken

tot maanden in beslag nemen. Daarom heeft Deutsche Telekom de IoT Solution Optimizer ontwikkeld waarmee de time-to-market drastisch wordt verbeterd, risico's in een vroeg stadium worden geïdentificeerd, een goede integratie van de ondersteuning van functies wordt zeker gesteld en ontwerpkeuzes kunnen worden afgewogen. Deze cloud-based dienst digitaliseert technisch advies over IoT voor instappende bedrijven en schaaft dit op. Binnen enkele minuten kunnen gebruikers hun eigen ontwerp samenstellen door hardwarecomponenten te selecteren en het beoogde gedrag van hun applicatie te karakteriseren, waaronder het gebruik van specifieke netwerkfuncties. Als gebruikers het implementatiescenario voor hun product geconfigureerd hebben, modelleert de IoT Solution Optimizer de prestaties van het apparaat voor betrouwbare resultaten. Dit levert een aantal optimalisatiemogelijkheden op, waaronder een uitsplitsing van het energieverbruik om de levensduur van de batterij te voorspellen. Via samenwerkingen met toonaangevende bedrijven in de IoT-sector, waaronder leveranciers van netwerkcomponenten, chipsets, modules en batterijen, breidt Deutsche Telekom dit unieke aanbod nu snel uit. **Ga voor meer informatie naar de IoT-website van Deutsche Telekom: iot.telekom.com**



Figuur 3: Stroomverbruik van gangbare radio-chipsetroutines

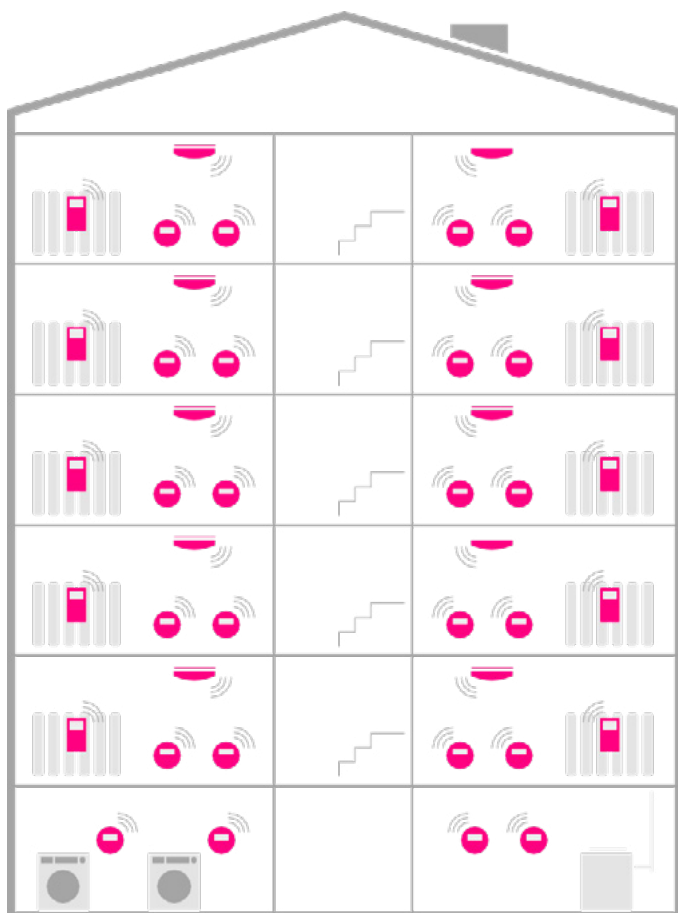
CE-niveau 0 CE-niveau 1 CE-niveau 2



UITSTEKENDE DEKKING IN GEBOUWEN: IN DE PRAKTIJK BEWEZEN

De zeer goede dekking binnen gebouwen is een uniek kenmerk van NB-IoT. Dit maakt deze technologie ideaal voor toepassingen waarvoor conventionele mobiele radiotoepassingen vaak niet volstaan, bijv. als het gaat om slimme meters inzetten voor individuele appartementen. Tot zoverre de theorie. Maar werkt dit ook zo in de praktijk?

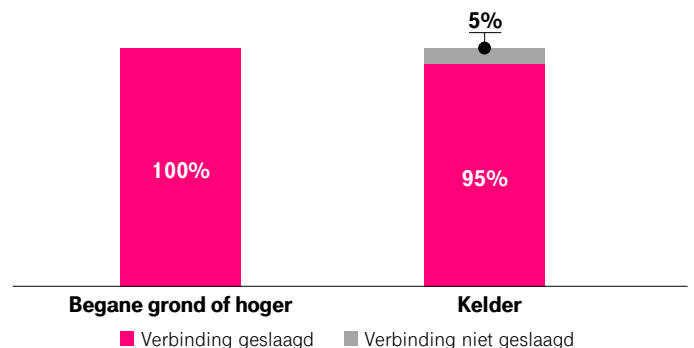
Om de capaciteit van een live NB-IoT-netwerk binnen gebouwen aan te tonen, heeft Deutsche Telekom de grootste NB-IoT meetcampagne ooit uitgevoerd, in samenwerking met ista International GmbH. Dit bedrijf bood toegang tot de meetlocaties. De onafhankelijke metingen werden door P3 Communications GmbH op zo'n 500 plekken buiten en binnen 60 appartementen uitgevoerd.



Figuur 4: Er zijn metingen uitgevoerd op verschillende hoogten boven de grond en in kelders

Bewezen hoge dekking in gebouwen

De resultaten waren boven verwachting: op de begane grond en hoger werd een verbindingspercentage van 100% gemeten en in de kelders een verbindingspercentage van 95% (zie figuur 5). Hierbij was gegevenstransmissie mogelijk voor bijna alle metingen (99,75%). Dit voldoet aan en overtreft de verwachtingen wat betreft de prestaties van NB-IoT in vergelijking met bestaande technologieën zoals 2G/3G/4G.



Figuur 5: Verbindingspercentage boven en onder de grond in gebouwen

Een belangrijk aspect van NB-IoT is Coverage Enhancement (CE): dekkingsverbetering. Hier wordt gerekend met een basisniveau (CE-niveau 0) en twee versterkingsniveaus (CE 1 en CE 2). Buiten gebouwen was dekkingsversterking vrijwel niet nodig. Binnen gebouwen, op de begane grond of hoger, was de basisdekking voor 93% van de metingen nog altijd voldoende. Bij de metingen in kelders werd echter 27% van de tijd CE-niveau 1 toegepast en 19% van de tijd CE-niveau 2.

Zie voor meer informatie over de resultaten van het meetprogramma, de whitepaper "NarrowBand IoT Delivers - insights from the largest NB-IoT indoor measurement campaign", te downloaden van iot.telekom.com.

VOLGENDE GENERATIE GEÏNTEGREERDE SIM

Lage kosten is een van de belangrijkste beloftes van NB-IoT. Maar hoewel de prijzen van NB-IoT-radiomodules fiks zijn gedaald sinds de eerste netwerken zijn opgestart, zijn de totale kosten voor de bezitters van een klassieke simkaart of een eSIM/eUICC niet evenredig hieraan afgenomen. Het is duidelijk dat er een nieuwe aanpak nodig is: de geïntegreerde SIM verplaatst de SIM-functie naar de chipset, waardoor men met een aanzienlijk minder complex en dus ook minder kostbaar apparaat kan volstaan.



De nuSIM-oplossing

Om betaalbare connectiviteit voor de IoT-markt te bieden, heeft Deutsche Telekom samen met toonaangevende industriepartners nuSIM ontwikkeld. nuSIM is een geïntegreerde SIM, specifiek afgestemd op de beperkingen van NB-IoT en met behoud van beveiliging van LTE-kwaliteit. Dit biedt veel voordelen:

KOSTENEFFICIËNTIE

- Geen aparte SIM-hardware
- Geen logistieke, voorraadbeheer- en afhandelingsactiviteiten nodig

RUIMTEBESLAG

- Lagere hard- en software-eisen
- Geoptimaliseerde interne functies en interfaces
- Geen externe contacten en circuits
- Geringer ruimtebeslag op de printplaat

EFFICIËNT STROOMVERBRUIK

- Energiebesparend ontwerp
- Langere levensduur van de batterij

ALGEHELE EENVOUD

- Operatorgegevens worden in het module- of apparaatstadium geladen
- Netwerkconnectiviteit onderdeel van het apparaat, klaar voor gebruik

nuSIM-toepassingen

nuSIM biedt de noodzakelijke toegang tot het netwerk voor NB-IoT-toepassingen als kostenefficiëntie en stroomverbruik cruciale elementen zijn. De meeste nuSIM-apparaten zijn goedkope, eenvoudige sensoren voor toepassingen als slimme meters, serviceknoppen, slim parkeren of gebouwonderhoud.

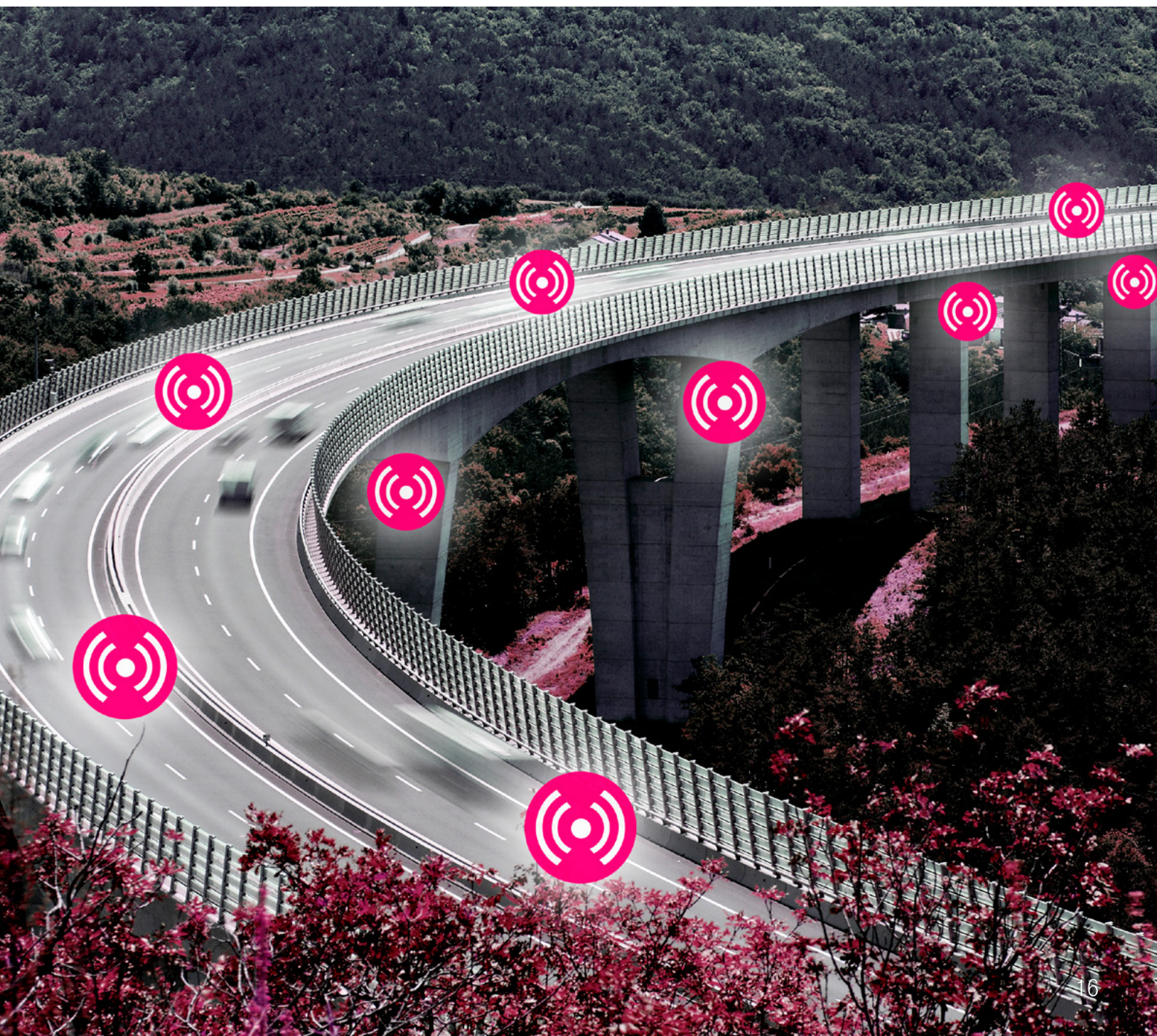
	Klassieke SIM	eSIM/eUICC	nuSIM (geïntegreerde SIM)
Vormfactor	Afzonderlijke component (gemonteerd)	Afzonderlijke component (gesoldeerd)	Geïntegreerd in radio chipset
Kosten [totale kosten voor de bezitter]	Middelhoog	Hoog	Lage
Stroomverbruik	Hoog	Middelhoog	Lage
Profielverwerking	Enkel	Meer	Enkel
Toepassingen	Bestaande IoT-apparaten die niet bedoeld zijn voor herontwerp of die niet prijsgevoelig zijn	High-end apparaten, bijv. smartphones, tablets, smartwatches	Eenvoudige, goedkope apparaten, zoals warmtemeters, slimme knoppen

Tabel 2: Kenmerken van SIM's

Het nuSIM-ecosysteem

Wat nuSIM echt krachtig maakt, is zijn open en interoperabele ecosysteem waarbij andere exploitanten en leveranciers van chipsets, modules en digitale beveiliging gemakkelijk kunnen aansluiten. Sinds februari 2019 dragen 12 partners eraan bij om van nuSIM een standaard voor de IoT-markt te maken. De nuSIM-producten van deze partners zijn vanaf de tweede helft van 2019 leverbaar.

- Altair Semiconductor
- CommSolid/Goodix
- Giesecke+Devrient
- Mobile Security
- HiSilicon
- Nordic Semiconductor
- Qualcomm
- Technologies Inc.
- Quectel Wireless Solutions
- Samsung Electronics
- Sequans Communications
- Sierra Wireless
- Telit
- u-blox



HET NETWERK BESCHERMEN

NB-IoT en LTE-M zijn nieuwe technologieën die niet alleen nieuwe zakelijke mogelijkheden bieden, maar ook nieuwe expertise vereisen voor het juiste gebruik ervan. Om onze netwerken optimaal beschikbaar te maken voor het groeiende aantal IoT-toepassingen, voeren T-Mobile en Deutsche Telekom een uitgebreid "No Harm to network"-beleid. Dit omvat een uitgebreid certificeringsprogramma voor chipsets en modules voor Mobile IoT.

Certificering van modules en chipsets

sinds de commerciële introductie van NB-IoT heeft Deutsche Telekom het grootste portfolio van mobiele IoT-radiochips en -modules ter wereld gecertificeerd. Deze moeten aan 3GPP voldoen om de naadloze interoperabiliteit ervan met onze netwerken zeker te stellen en de meest hoogwaardige connectiviteitservaring te leveren. Door samen te werken met partners van over de hele wereld, bieden wij het breedste scala aan implementatiemogelijkheden voor modems voor Mobile IoT aan. Met behulp van door Deutsche Telekom gecertificeerde producten kunnen onze

klanten hun implementatiekosten verlagen en de risico's beperken. Onze teams geven deskundig advies en richtlijnen voor alle oplossingen, op basis van de kenmerken, configuraties en best-practice toepassingen. Wij hebben inmiddels al heel veel single-mode (NB-IoT) en multi-mode (NB-IoT, LTE-M, 2G) oplossingen - van gateways tot routers, trackers, modules en chipsets - van leveranciers van over de hele wereld gecertificeerd.

MOGELIJKE RISICO'S EN UITDAGINGEN VOOR IOT

- Door het ontbreken van gestandaardiseerde besturingssystemen voor IoT-apparaten, kunnen er slecht ontworpen toepassingen opkomen die het netwerk kunnen beschadigen.
- Het is mogelijk dat bij apparaattoepassingen geen rekening wordt gehouden met de IoT-specifieke kenmerken waarvoor NB-IoT en LTE-M zijn ontworpen, waardoor de batterijen sneller leeglopen, het netwerk overbelast raakt en de kwaliteit van dienstverlening van het netwerk afneemt.
- Het is mogelijk dat ontwikkelaars onvoldoende kennis van 3GPP hebben om te begrijpen hoe om te gaan met back-off-, communicatie- of connectiviteitsverzoeken van het mobiele IoT-netwerk.
- Slecht ontworpen antennes kunnen de transmissieprestaties schaden en tot overmatige signaalbelasting van het netwerk leiden.
- Het is mogelijk dat de gegevensprioriteit van toepassingen niet is gedefinieerd en niet is gelabeld, waardoor de gegevensoverdracht niet naar behoren gepland is.
- Het is mogelijk dat multi-mode IoT-apparaten nog altijd gebruikmaken van een foute technologie voor draadloze toegang (RAT) zoals 2G/3G of niet proactief schakelen wanneer de kwaliteit van de dienst of de toepassing dit vereist.
- Het steeds meer versnipperde leverancierslandschap maakt apparaatbeheer lastiger, waardoor het soms niet mogelijk is alle IoT-apparaten te bereiken, bijv. om firmware-updates door te voeren.



Radio Policy Manager

Het “No Harm to network”-beleid van T-Mobile en Deutsche Telekom omvat de implementatie en activering van een Radio Policy Manager (RPM) in het kader van de GSMA-richtlijnen voor de efficiënte verbinding van IoT-apparaten. RPM helpt het mobiele netwerk tegen overbelasting door de signalen van verkeerd ontworpen IoT-toepassingen te beschermen. Tot op heden is RPM de enige wereldwijd toegepaste sectoroplossing die de communicatie tussen IoT-apparaten regelt. Deutsche Telekom werkt nauw samen met leveranciers van radio-chipsets om deze functie te integreren in de chipset-protocol-stack voor NB-IoT- en LTE-M-apparaten.

Het “no harm to network”-beleid

T-Mobile en Deutsche Telekom hechten veel belang aan de kwaliteit van dienstverlening en de beschikbaarheid van het netwerk. Om zeker te stellen dat aan de in SLA's overeengekomen graad van dienstverlening wordt voldaan, moet worden voorkomen dat IoT-apparaten schade kunnen toebrengen aan netwerken. De risico's zijn vrij groot, uiteenlopend van niet meer terug te vinden apparaten in het veld tot signaalstormen die onze radio- en kernnetwerken, backends en clouds bedreigen. Deutsche Telekom gaat op al deze aspecten in door de invoering en naleving van de GSMA-richtlijnen bij onze klanten actief te stimuleren.

APPARATEN EN GEGEVENS BEVEILIGEN

Mobile IoT is een wereldwijd gestandaardiseerde technologie met 3GPP LTE-beveiligingsmechanismen, die een hoog beveiligingsniveau voor de toepassingen biedt. Omdat de beveiligingsmaatregelen alle aspecten, vanaf de simkaart (ook bekend als UICC) in het apparaat tot en met de applicatieservers, beslaan is de veiligheid hoger dan bij propriëtaire technologieën. Het draait hier om integriteit, authenticatie, geheimhouding en beschikbaarheid.

Integriteit en authenticatie

Als er toegang wordt gemaakt tot het mobiele IoT-netwerk, wordt de identiteit van zowel de partij die zich aanmeldt/ het apparaat als het netwerk geverifieerd. Deze wederzijdse authenticatie van de infrastructuur gebeurt via de simkaart waarop gevoelige (inlog)gegevens van de aanmeldende partij zijn opgeslagen en tegen toegang door onbevoegden worden beschermd. De integriteit van de verzonden gegevens wordt gewaarborgd met een speciaal gegenereerde sleutel, ongeacht de toegepaste versleutelingsfunctie. Voor extra veiligheid gebruikt Mobile IoT langere encryptiesleutels (meestal 128 bits) dan andere technologieën. Elke poging om de gegevens te manipuleren wordt op betrouwbare wijze gedetecteerd door het apparaat en het netwerk. Voor de nuSIM vindt de authenticatie direct op de chipset plaats.

Geheimhouding

De gebruikersgegevens worden versleuteld voor verzending tussen het modem voor Mobile IoT en het Core netwerk. Hiervoor worden een apart gegenereerde sleutel en algoritme gebruikt. Het gegevensverkeer tussen het kernnetwerk en de applicatieserver kan via een IPsec-tunnel worden beveiligd, zodat het apparaat niet vanaf het internet te bereiken is. Bovendien kan de gebruiker kiezen voor end-to-end-versleuteling of -hashen van de gegevens vanaf de clienttoepassing op het apparaat tot aan de server.

Beschikbaarheid

Het mobiele IoT-netwerk wordt naast bestaande LTE-netwerken geëxploiteerd en beheerd. Dit biedt de voordelen van een beproefde infrastructuur en jarenlange ervaring als

IP OF NIET-IP

Er zijn twee mogelijkheden voor gegevensoverdracht tussen toestellen voor Mobile IoT en de desbetreffende applicatieserver:

IP (Internet Protocol): afhankelijk van de capaciteit van de radiomodule en de exploitant kan gebruikgemaakt worden van IPv4 en/of IPv6. Voor IoT-toepassingen die gebruikmaken van NB-IoT is UDP het gangbare en aanbevolen transportprotocol. TCP wordt in principe ook ondersteund voor NB-IoT (en gespecificeerd in de 3GPP-standaard), maar wordt niet aanbevolen vanwege het hogere gegevensvolume dat dit met zich meebrengt.

Ook HTTP en HTTPS via de lucht kunnen niet redelijkerwijs worden geïmplementeerd, omdat zij afhankelijk zijn van TCP en hun overhead extra gegevensvolume vraagt.

Niet-IP: Zo mogelijk wordt een non-IP-gebaseerde gegevensoverdracht aanbevolen voor NB-IoT, omdat hiermee het via de lucht overgedragen gegevensvolume verder wordt verminderd (door minder IP-overhead). De apparaatgegevens worden vervolgens door het Core netwerk via IP naar de toepassing gestuurd. De gegevens kunnen slechts naar één doel-IP-adres (server) worden verzonden. Dit verhoogt de veiligheid van het apparaat nog meer doordat het risico op fraude wordt beperkt.

operator. Het Europese Core netwerk is geo-redundant en kent daarmee een zeer hoge beschikbaarheid. Voor een verdere verbetering van de beschikbaarheidsniveaus zijn ook redundante verbindingen tussen het Core netwerk en de applicatieserver mogelijk.

Als wereldwijde industrienormen profiteren NB-IoT en LTE-M (evenals LTE) van een groot internationaal eco-

systeem van leveranciers en andere deskundigen die de beveiligingsfuncties en -algoritmen voortdurend toetsen en verbeteren wanneer er zich nieuwe bedreigingen voordoen.

T-Mobile en Deutsche Telekom hechten veel belang aan optimale bescherming van haar klanten en bedrijfsmiddelen.



MOBILE IOT BIJ DEUTSCHE TELEKOM

Deutsche Telekom investeert sinds 2015 in mobiele IoT-technologieën. Sindsdien helpt het bedrijf deze markt vormgeven en heeft het expertise op dit gebied opgebouwd. Zo ontwierp Deutsche Telekom de aanverwante mondiale 3GPP-standaard waarmee het een zeer belangrijke bijdrage leverde aan Release 13, die in 2016 werd gepubliceerd. Bovendien liep Deutsche Telekom voorop met het uitrollen van NB-IoT-netwerken in een groot aantal landen en loopt het bedrijf internationaal nog altijd voorop op het gebied van toepassingen van mobiele IoT-netwerken.

Netwerken uitrollen

In negen Europese landen en de VS zette Deutsche Telekom als eerste netwerkexploitant NB-IoT-netwerken op. T-Mobile Nederland was hierin de eerste. Eind 2019 was er in de meeste van deze landen landelijke dekking beschikbaar. In Nederland werd het eerste landelijke NB-IoT-netwerk ter wereld al in mei 2017 opgeleverd. Als aanvulling op haar portefeuille op het gebied van Mobile IoT bereidt Deutsche Telekom haar netwerken nu ook voor op LTE-M. Eind 2018 werden basisstations in Nederland, Polen, Oostenrijk, Kroatië en Duitsland al voorzien van LTE-M-technologie om de eerste 'proofs of concept' met klanten mogelijk te maken. De eerste commerciële aanbiedingen volgden medio 2019.

Programma's voor prototypes voor NB-IoT

Voorafgaand hieraan startte Deutsche Telekom eind 2016 met een van de eerste programma's voor het maken van prototypes voor NB-IoT ter wereld, uitgevoerd door zijn incubator hub:raum. Sindsdien hebben allerlei innovatieve startups en gevestigde aanbieders van oplossingen NB-IoT prototypes ontwikkeld en getest in onze IoT-laboratoria in Bonn, Berlijn en Krakau. In deze programma's kregen alle oplossingspartners toegang tot nieuwe toegangstechnologieën en technische ondersteuning om de productontwikkeling, het ontwikkelen van prototypes en de marktimplementatie te versnellen. Hiermee is de basis gelegd voor een aantal geslaagde samenwerkingen met specialisten op het gebied van verticale markten (zie pagina 24-30 voor meer details). Daarnaast hebben het European Smart Solutions Center van Deutsche Telekom te Boedapest en de businessunit Smart City van T-System een aantal hub:raum-partneroplossingen overgenomen en opgenomen in hun aanbod. Een groot

aantal smart city-oplossingen die zijn ontwikkeld maakt al gebruik van NB-IoT of LTE-M als technologie voor netwerktoegang en er volgen er nog meer.

Open IoT-labs Deutsche Telekom

In 2017 sloeg Deutsche Telekom de handen ineen met het Fraunhofer-Institut für Materialfluss und Logistik (IML). Samen richtten ze de Telekom Open IoT Labs op. In een gezamenlijke werkruimte in Dortmund ontwikkelen teams van deskundigen samen met onze klanten prototypes voor end-to-end IoT op maat. Telekom Open IoT Labs combineert hardware-, software- en connectiviteitsexpertise om praktische toekomstgerichte innovaties nu al te testen. Voor connectiviteit maken de meeste projecten gebruik van de NB-IoT-netwerken van Telekom. Een van de eerste ontwikkelingen is de IoT-Serviceknop. Deze intelligente oplossing, die ook geschikt is voor bestaande installaties, kan met één klik vervangende onderdelen bestellen, volle containers laten ophalen of storingen melden. Ook de Low Cost Tracker is een goed voorbeeld van deze samenwerking. Deze tracker kan worden ingebed in pallets om de bewegingen van goederen in een toeleveringsketen op afstand te volgen. Beide oplossingen maken gebruik van het NB-IoT-netwerk om gegevens te verzenden en te ontvangen.

Hub:raum LTE-M prototyping

De positieve feedback op en de goede resultaten van de prototyping-activiteiten voor NB-IoT waren voor Deutsche Telekom aanleiding om in de tweede helft van 2018 een LTE-M-prototyping-programma te initiëren om deze nieuwe technologie samen met partners te gaan verkennen. Zo'n 150 startups en in IoT gespecialiseerde bedrijven uit

VIJF VOORBEELDEN VAN INNOVATIELEIDERSCHAP

- Tijdens het Mobile World Congress 2016 was Deutsche Telekom een van de eerste organisaties die NB-IoT-prototypes presenteerde.
- In november 2016 demonstreerde Deutsche Telekom op het hoofdkantoor van Cosmote in Athene een van de eerste end-to-end IoT-oplossingen op basis van NB-IoT: een slim parkeersysteem.
- In mei 2018 heeft Deutsche Telekom, samen met Vodafone Groep, de eerste geslaagde internationale NB-IoT roamingproef in Europa afgerond, waarmee de interoperabiliteit van apparaten en netwerkfuncties over landsgrenzen heen is aangetoond.
- In de zomer van 2018 voerden Deutsche Telekom, ista International en P3 communications GmbH de tot dan toe grootste campagne uit voor het meten van het bereik van NB-IoT binnen gebouwen. De betrouwbaarheid van deze technologie en het bereik bleken zeer indrukwekkend te zijn (zie pagina 14 voor meer details).
- Tijdens het Mobile World Congress 2019 presenteerde Deutsche Telekom zijn versie van een geïntegreerde SIM voor IoT (zie pagina 15 voor meer details). De nuSIM is specifiek ontworpen voor het goedkope IoT-segment. Het partnerecosysteem van toonaangevende spelers op de IoT-markt is de grootste geïntegreerde SIM-oplossing tot nu toe.





Europa en de VS hebben voorstellen ingediend. Er werden 18 oplossingspartners uit twaalf verschillende landen geselecteerd om samen prototypes van LTE-M-toepassingen te gaan ontwikkelen. Met steun van Deutsche Telekom hebben zij LTE-M-connectiviteit geïmplementeerd in hun prototypes en deze laten draaien in lokale LTE-M-testnetwerken in Krakau, Berlijn, Reutlingen, Rotterdam of Wenen. De innovatieve oplossingen die dit programma heeft voortgebracht, beslaan verschillende sectoren, waaronder smart city, wearables, e-gezondheid en smart tracking.

Met ons samenwerken

Om onze IoT-netwerken direct te kunnen gebruiken, bieden we bij Deutsche Telekom proefpakketten aan om eigen oplossingen te ontwikkelen en deze direct in verschillende markten uit te proberen. Naast een online forum voor hulp bij technische vragen, kunnen geïnteresseerden via workshops voor starters en 'installfests' de juiste mix van protocollen, apparaten en toegangstechnologieën voor hun bedrijf bepalen. Bovendien bieden wij de IoT Solution Optimizer aan, een cloud-based dienst die het technisch advies over IoT voor instappende bedrijven digitaliseert en opschaaft. Onze netwerken zijn ontworpen om het toevoegen van apparaten te vereenvoudigen en via IoT-applicaties efficiënter grote groepen apparaten te beheren en ermee te communiceren. Naast connectiviteit bieden wij een omgeving aan waarin bedrijven met behulp van beproefde IoT-platforms zoals Cloud of Things en Connected Things Hub snel eigen applicaties kunnen ontwikkelen. Voor geselecteerde toepassingen, zoals het monitoren van assets of slimme meters, bieden wij zelfs end-to-end bundels aan die hardware en connectiviteit met gespecialiseerde toepassingen combineren.

Sinds februari 2019 gebruiken meer dan 1.000 bedrijven wereldwijd onze NB-IoT-netwerken om hun innovatieve IoT-toepassingen te realiseren. Wilt u deel uitmaken van dit ecosysteem? Neem dan contact op met uw lokale vertegenwoordiger van Deutsche Telekom of T-Mobile.

BESCHIKBAARHEID VAN NB-IOT IN BIJ DEUTSCHE TELEKOM

Er zijn live-netwerken beschikbaar in tien markten:
(*Per februari 2019 landelijk uitgerold)



DUITSLAND



GRIEKENLAND



HONGARIJE



KROATIË



NEDERLAND*



OOSTENRIJK*



POLEN



SLOWAKIJE*



TSJECHIË



VS*

ONEINDIGE TOEPASSINGSMOGELIJKHEDEN - NB-IOT



Efficiënt afvalbeheer

Afvalophaaldiensten legen afvalcontainers op vaste tijden, ongeacht of ze echt vol zijn. Daarom is het internationale afvalinzamel- en recyclingbedrijf **Saubermacher** in verschillende Oostenrijkse regio's een proefproject gestart met afvalcontainers met sensoren die de locatie van de containers en de vulgraad ervan aan een centraal platform doorgeven. Zo beschikt Saubermacher over waardevolle informatie voor het optimaliseren van de ophaalroutes, zodat de vuilniswagens alleen nog naar volle containers rijden. Daarnaast wil Saubermacher de ervaringen die met dit project zijn opgedaan gebruiken om nieuwe en meer individuele diensten te ontwikkelen. De sensoren waren in eerste instantie niet efficiënt genoeg, waardoor de batterijen te snel leegliepen. Maar dankzij nieuwe sensortechnologieën en het lage energieverbruik van het NB-IoT-netwerk van **T-Mobile Oostenrijk**, is dit project alsnog een succes geworden. Door de nieuwe sensoren is ook de veiligheid voor klanten verbeterd. De sensoren kunnen nu ongewone temperatuurverhogingen of zelfs brand detecteren en dit onmiddellijk melden. In de toekomst kunnen particuliere klanten via een app een aanvraag doen om hun vuilnisbak extra te laten legen, bijv. als deze door een feestje sneller vol zit dan normaal.

Voordelen:

- Particulieren, bedrijven en de gemeenschappen profiteren van efficiëntere inzamelroutes
- Geoptimaliseerde logistiek verlaagt verkeers- en geluids-overlast, het brandstofverbruik en de CO₂-uitstoot en beschermt daarmee het milieu
- Zeer groot bereik van NB-IoT binnen gebouwen, tot en met de vuilnisbakken in kelders
- Lange levensduur van de batterijen in de sensoren



Vee op afstand in het oog houden

In de veehouderij is het monitoren van de fysiologische functies van koeien essentieel voor een efficiënte bedrijfsvoering en productie. Als hiervoor verschillende apparaten worden ingezet, leidt dit tot een instabiel netwerk en hoge kosten voor gateways, relais en bekabeling om de benodigde dekking te realiseren. Vooral voor grotere bedrijven waar het vee buiten graast, is dit een uitdaging.

T-Systems Hongarije, Magyar Telekom en oplossingspartner **Moonsyst Inc.** hebben samen de perfecte oplossing gevonden door een smart apparaat dat de pensbolus monitort van een NB-IoT simkaart te voorzien. Dankzij de uitgebreide dekking van NB-IoT heeft het apparaat nu een stabiele verbinding en kan het om de tien minuten de pH-waarde en de temperatuur van de pens melden. Bij kritische waarden wordt de ondernemer via een push-bericht gewaarschuwd, zodat hij de condities kan aanpassen. Verder is de slimme pensbolus voorzien van een gyro-sensor die onder andere de algemene gesteldheid en tochtigheid van een koe kan monitoren.

Voordelen:

- Optimale oplossing vanuit het oogpunt van de veehouder
- Onderhoudsvrije monitoring
- Betrouwbare verbinding via NB-IoT
- Lagere kosten voor het monitoren van het dierenwelzijn



Waterleidingen en de waterkwaliteit op afstand bewaken

De **West-Slowaakse Watermaatschappij (ZsVS)** voorziet particuliere, industriële, agrarische en andere verbruikers van drinkwater uit het openbare waternet. Ook zuivert ZsVS het afvalwater dat op de openbare riolering wordt geloosd. ZsVS heeft veel personeel nodig om regelmatig naar de meetpunten te rijden om de waterkwaliteit en de waterleiding te controleren. Om dit op afstand te kunnen doen, heeft **Slovak Telekom** ZsVS van een complete oplossing hiervoor voorzien voor meer dan 2300 meetpunten, op basis van NB-IoT. Het bereik van deze technologie is zelfs binnen in de leidingen gegarandeerd en stelt de medewerkers in staat de watermeters op afstand uit te lezen.

Voordelen:

- Minder handmatig werk en een korter tijdsbeslag
- Minder onderhoud omdat men minder fysiek bij de meetpunten aanwezig hoeft te zijn
- Gemakkelijk te lezen en goed gedocumenteerde gedetailleerde waterverbruiksgegevens
- Stabiele verbinding in lastige omgevingen dankzij NB-IoT



Papierloos goederen labelen en traceren

Om componenten en onderdelen tussen verschillende vestigingen te vervoeren, gebruiken **autofabrikanten** kleine ladingdragers. Deze zijn meestal voorzien van papieren labels (bijv. bonnen met leveringsnummer, onderdeelnaam etc.) die steeds worden bijgewerkt of tijdens het transport een aantal malen worden omgewisseld. Het is mogelijk dat hiervoor per dag op één vestiging wel 100.000 labels worden gebruikt. De IoT-oplossing van **Deutsche Telekom** optimaliseert dit proces door verspilling en fouten te helpen tegengaan. De papieren etiketten zijn vervangen door een ePaper-display dat via NB-IoT-netwerken is aangesloten op de eLabel cloud-oplossing. De autofabrikant kan nu zijn apparaten met een web-based monitoring-tool beheren. Van diep binnen productiehallen tot in kelders: alle gegevens worden via NB-IoT betrouwbaar overgedragen naar een geïntegreerde IoT-cloudoplossing die de lokale omstandigheden bewaakt.

Voordelen:

- Labelen en opnieuw labelen op afstand: geen papieren labels nodig en handmatige vervanging, geen schoonmaakkosten
- Alle relevante informatie wordt in real-time weergegeven
- Lokalisatie via Cell-ID en betrouwbare dekking binnen gebouwen via NB-IoT
- Extra sensoren geven meer informatie over de toestand van de ladingdrager (bijv. botsingsdetectie, temperatuur, luchtvochtigheid, druk)
- Via een configureerbaar scherm is het label gemakkelijk aan te passen voor andere logistieke, productie- of transporttoepassingen





Slim parkeren

In de stand een parkeerplaats vinden kan lastig zijn. Het kost tijd en brandstof en leidt vaak tot verkeersopstoppen.

Hrvatski Telekom en **Mobilisis** laten zien hoe IoT-technologie het zoeken aanzienlijk kan verkorten: samen hebben ze in de Kroatische stad Split een slimme parkeeroplossing op basis van NB-IoT geïntroduceerd. In de stad zijn zo'n 80 sensoren geïnstalleerd waarmee parkeerplaatsen op betrouwbare wijze informatie doorgeven over hun huidige en toekomstige bezettingsgraad. Via een app op hun smartphone navigeren chauffeurs vervolgens naar een vrije plek. Met name gehandicapte bestuurders in Split zijn blij met deze app die hun kwaliteit van leven sterk verbetert. Meer Kroatische steden willen nu het voorbeeld van Split volgen: zo is Krk gestart met een eigen pilot voor slim parkeren die binnenkort de hele stad moet afdekken.

Ook de Duitse stad Hamburg vertrouwt op NB-IoT voor openbare parkeerplaatsen ... en met reden. NB-IoT-sensoren vragen weinig energie en hebben een groot bereik. Ze geven zelfs gegevens door van binnen gebouwen, zoals parkeergarages en -kelders, en melden in real-time of er een parkeerplaats vrij is. De Park and Joy-app leidt chauffeurs naar een vrije parkeerplaats in de buurt van hun bestemming. Ook kunnen chauffeurs zich een wandeling naar de betaalautomaat besparen en online een plek reserveren door met twee klikken een virtueel parkeerbewijs aan te maken. Ze rekenen hun parkeertijd per minuut af, via alle gangbare betaalprocedures, en kunnen de parkeertijd op afstand verlengen.

Voordelen:

- Minder verkeersopstoppen, een lager brandstofverbruik en minder schadelijke emissies
- Waardevolle gegevens waarmee steden de winstgevendheid en capaciteitsbenutting van hun parkeerplaatsen verhogen
- Handig voor chauffeurs: ze zijn minder tijd kwijt met zoeken naar een plek, betalen op de minuut nauwkeurig en hoeven niet naar een betaalautomaat te gaan
- NB-IoT maakt een kostenefficiënte upgrade van parkeerplaatsen en betrouwbare gegevensoverdracht mogelijk



Externe monitoring van het grondwaterpeil

Voortdurend het peil en de kwaliteit van het grondwater bewaken is belangrijk voor gemeentes om bouwterreinen, bedrijfssectoren, mensen en het drinkwater te beschermen. Maar dit gebeurt vaak handmatig, waarbij personeel op locatie gegevens verzamelt met lange tussenperiodes tussen twee metingen. De Nederlandse meetexperts van **Munisense** bieden nu real-time watermanagement aan, met behulp van draadloze loggers voor de waterstand en waterkwaliteitsmeters.

T-Mobile Nederland was nauw betrokken bij de integratie van NB-IoT in het online platform van het bedrijf. Het NB-IoT-communicatieprotocol is ideaal voor het monitoren van het grondwater, omdat het een veel betere bereikbaarheid biedt op plaatsen die moeilijk via radiosignalen te bereiken zijn. NB-IoT-apparatuur kan werken met een lagere signaalsterkte dan voor GPRS-apparatuur vereist is. En door het lage energieverbruik van NB-IoT werken de watermeters weken-, maanden- of zelfs jarenlang onderhoudsvrij op hun interne batterij.

Voordelen:

- Snelle en eenvoudige installatie van apparaten
- Directe draadloze gegevenscommunicatie voor waternetwerken
- Jarenlange werking op een enkele batterij dankzij NB-IoT
- Meetintervallen van seconden tot dagen
- Instelbare alarmen



Waarschuwingssysteem voor betonconstructies

Meer dan 80% van alle civiele werken ter wereld zijn gemaakt van beton - wegen, bruggen, tunnels, dammen en elektriciteitscentrales. Beton mag een sterk materiaal zijn, maar de beschermende werking van het wapeningsstaal kan onder de invloed van tijd, water, zout of vocht afnemen. Als dit gebeurt, sterft de constructie als het ware van binnenuit af. De eerste kleine beschadigingen zijn niet gemakkelijk waar te nemen, maar als er niets aan gedaan wordt, kunnen ze tot ernstige schade aan de constructie leiden. Daarom hebben **Deutsche Telekom**, **T-Systems** en de Duitse partner **BS2 Sicherheitssysteme** een slim waarschuwingssysteem voor betonnen bouwwerken ontwikkeld. Batterijloze RFID-sensoren worden direct in het beton geïnstalleerd, bijvoorbeeld in havenmuren of in de randliggers van een brug. Van daaruit monitoren ze de luchtvochtigheid, de temperatuur en corrosie. De vastgelegde gegevens worden via het NB-IoT-netwerk van Deutsche Telekom voor verdere analyse aan een back-end doorgegeven. Dit systeem kan al vroegtijdig tekenen van schade herkennen, lang voordat deze daadwerkelijk zichtbaar zijn. Dit maakt betonnen bouwwerken veiliger en duurzamer.

Voordelen:

- Lagere kosten van inspectie, reparatie en onderhoud
- Vroegtijdig waarnemen van mogelijke schade aan betonconstructies
- Verhoogde duurzaamheid en een langere levensduur van bouwwerken
- Geschikt voor nieuwbouw, renovatie of installatie achteraf
- Een langere levensduur van uitrusting door NB-IoT



Digitale tracker voor de kwaliteit van wijn

Voor consumenten is de kwaliteit van wijn zeer belangrijk. Millennials drinken nu meer wijn dan bier en zijn bereid meer geld te betalen voor milieuvriendelijke, veganistische of duurzame wijn. Om een constante kwaliteit van de wijnflessen in de toeleveringsketen te garanderen, heeft onze Griekse partner **Istmos** samen met de Griekse operator **Cosmote** van de Deutsche Telekom Group een unieke logistieke end-to-end oplossing ontwikkeld. Het systeem monitort elke individuele fles tijdens opslag bij het wijnhuis om een optimale kwaliteit te garanderen en volgt hem vervolgens tijdens het transport naar de eindbestemming: een restaurant of slijterij. Sensoren houden de temperatuur, de luchtvochtigheid en de lichtsterkte in het oog. De gegevens worden via het NB-IoT-netwerk van Cosmote naar een cloudplatform gestuurd. De consument kan de resultaten (de consistente kwaliteit) aflezen via een app die de QR-code op de fles leest. Het leven is te kort om slechte wijn te drinken!

Voordelen:

- Transparante toeleveringsketen
- Beter monitoring en beter voldoen aan kwaliteitseisen
- Informatie altijd online beschikbaar
- Goedkope tracking-oplossing
- Verbeterde dekking, zelfs in wijnkelders



Energiebeheer in gebouwen

De klimaatregeling in gebouwen vraagt enorm veel energie. Bestaande verwarmings- en koelsystemen zijn vaak complex en moeilijk te onderhouden. Daarom gebruikt onze Italiaanse partner **Enerbrain** sensoren om de verwarming, koeling en ventilatie in gebouwen te regelen. De IoT-oplossing van Enerbrain bespaart meer dan 30% aan energie, verlaagt de CO₂-uitstoot en verbetert het comfort. De oplossing kan worden uitgebreid met plug & play-sensoren en actuatoren. Gebouwen met een minder zuinig energieprofiel, zoals supermarkten, luchthavens, ziekenhuizen, scholen of kantoren, kunnen zo gemakkelijk achteraf worden aangepast. De sensoren meten de temperatuur, de luchtvochtigheid en de CO₂-uitstoot. Enerbrain heeft samen met T-Mobile Oostenrijk een proef op een van hun locaties opgezet, om de klimaatregelapparatuur te monitoren en te sturen. De bedoeling is dat de gegevens via NB-IoT worden doorgestuurd naar een analyseplatform en dat er algoritmen voor machinelereen op worden toegepast. De inzichten die dit oplevert, kunnen via een app worden toegepast.

Voordelen:

- Op elk bestaand HVAC-systeem te installeren
- Helpt de uitstoot van koolstof te verminderen
- Verbeterd de luchtkwaliteit binnen gebouwen
- Verlaagt het energieverbruik voor verwarming en koeling
- Betrouwbare dekking binnen gebouwen dankzij NB-IoT



ONEINDIGE TOEPASSINGSMOGELIJKHEDEN - LTE-M



De gezondheid van kinderen op afstand in het oog houden

De gezondheid van een baby voortdurend in het oog houden vraagt om een apparaat met speciale eigenschappen: het moet mobiel en zeer klein zijn en de batterij moet lang meegaan. De startup **Daatrics uit Londen** heeft **Neebo** ontwikkeld. Dit is het eerste draagbare IoT-apparaat dat klein genoeg is voor de pols van een pasgeboren baby en dat alle relevante gegevens monitort. Deze 'wearable' geeft op afstand potentieel levensreddende informatie over jonge baby's, zoals de hartslag, temperatuur en het zuurstofgehalte in het bloed.

De oplossing maakt gebruik van **software-algoritmen** van **Daatrics** en combineert dit in de toekomst met de unieke mogelijkheden die het LTE-M-netwerk van Deutsche Telekom biedt. De energiezuinige bedrijfsmodus maakt lage kosten voor het gebruik van het apparaat en een zeer lange levensduur van de batterij mogelijk.

Voordelen:

- Voortdurend toezicht op kinderen
- Metingen van medische kwaliteit
- Het kleinste draagbare apparaat voor pasgeboren baby's
- Laag energieverbruik dankzij LTE-M



Trackers voor eenmalig gebruik voor zendingen

De meeste trackers waarmee momenteel zendingen worden gevolgd, zijn erg kostbaar en moeten bij levering worden gelokaliseerd om ze mee terug te nemen. Dit is een arbeidsintensief proces. Daarom heeft de Amerikaanse startup **Luma** een recyclebare oplossing voor eenmalig gebruik bedacht waarmee men zendingen in real-time tegen lage kosten kan volgen. De locatie- en sensorgegevens van goederen tijdens transport worden geleverd door een goedkope, eenvoudige en gemakkelijk te gebruiken tracker met één knop en via LTE-M naar een cloudplatform gestuurd. Hierbij wordt gebruikgemaakt van de volledige mobiliteitsfunctie van deze innovatieve technologie; dankzij het lage energieverbruik ervan gaan de batterijen lang mee.

Luma richt zich nu vooral op het traceren van zendingen door real-time zendingsgegevens of historische bewijzen van zendingen aan te leveren. Hun systeem bestaat uit energiezuinige en efficiënte hard- en software en een web-based dashboard.

Voordelen:

- Goedkope, recyclebare tracker
- Verlies van kostbare zaken of schade aan gevoelige items voorkomen
- Real-time gegevens van zendingen via LTE-M of historische bewijzen van zendingen





Goederenvervoer via het spoor managen

Bij het vervoer van goederen naar het buitenland per trein is voortdurend monitoren aan te raden, met name als het gevaarlijke goederen betreft. Mobiele bedrijfsmiddelen zijn echter niet zo gemakkelijk te managen. Daarom levert onze Nederlandse partner **Dual Inventive** een tracker op zonne-energie met een grote accu die gebruikmaakt van LTE-M-technologie met een laag stroomverbruik. Met behulp van wereldwijde navigatiesatellietsystemen kan de tracker de locatie van het bedrijfsmiddel, de afstand die het heeft afgelegd en de afgelegde route bepalen. Daarnaast detecteren sensoren versnellingen, trillingen, kantelingen en botsingen. Als er zich iets groots voordoet, zoals een botsing, wordt er alarm geslagen en kan er direct actie worden ondernomen.

Voordelen:

- Lange levensduur van de batterij (meer dan 1,5 jaar)
- Hub voor draadloze verbinding van andere sensoren, zoals de toestand van de lading
- Stroomopwekking met een zonnepaneel voor autonome werking
- Uitgebreide LTE-M-dekking in landelijke gebieden
- Inzichten in bedrijfsmiddelen, vrijwel in real-time, via het cloudplatform



Je fiets terugvinden

Je fiets terugvinden als die gestolen is of als je niet meer weet waar je hem gelaten hebt, bezorgt menig fietser hoofdbrekens. Een aan de fiets bevestigde sensor zou de oplossing kunnen zijn. Maar een mooi uitziend apparaat zou er waarschijnlijk toe leiden dat dieven dat weghalen voordat ze de fiets meenemen. De Duitse startup **Velocate** heeft een oplossing bedacht die lijkt op een doodnormaal fietsachterlicht, maar dan met een GPS-sensor erin verborgen. Het trackingsysteem heeft ook een geïntegreerde simkaart die nu nog gebruikmaakt van 2G. Maar dit wordt vervangen door de LTE-M-technologie die locatiegegevens naar een trackingsplatform stuurt. Gebruikers hebben dan alleen nog een mobiele app nodig om hun fiets te vinden. LTE-M maakt een langere batterijlevensduur mogelijk en ondersteunt dekking dieper binnen gebouwen. De huidige 2G-versie is al een succes op de markt en heeft al veel fietsen terugbezorgd bij hun eigenaars.

Voordelen:

- Perfect verborgen in een gewoon achterlicht
- Automatisch opladen via de dynamo of de accu van een elektrische fiets
- Bluetooth + GPS voor tracking op korte afstand of met een langer bereik



DE TOEKOMST

Twee volledig nieuwe IoT-technologieën in heel Europa invoeren is een uitdagende taak. We zijn daar nog volop mee bezig. Als onderdeel van Deutsche Telekom blijven we onze NB-IoT-netwerken verbeteren en LTE-M steeds verder uitrollen.

Twee volledig nieuwe IoT-technologieën in heel Europa invoeren is een uitdagende taak. We zijn daar nog volop mee bezig. Als onderdeel van Deutsche Telekom blijven we onze NB-IoT-netwerken verbeteren en LTE-M steeds verder uitrollen. Aan de ene kant gaat het hierbij om kwaliteit. We blijven ons NB-IoT-netwerk optimaliseren om de dekking met name in gebouwen en kelders verder te verbeteren en het energieverbruik van apparaten verder te verlagen.

Aan de andere kant gaat het om de kosten van apparaten. NB-IoT-modules worden nog kosteneffectiever dan ze nu al zijn doordat ze steeds sneller geproduceerd kunnen worden. Geavanceerde energiebesparende functies en nieuwe vermogensklassen voor apparaten leiden tot een langere levensduur van de batterij, waardoor batterijkosten worden uitgespaard en de levensduur van het apparaat toeneemt. De introductie van geïntegreerde SIM's (nuSIM) beperkt de totale kosten voor bezitters van IoT-toestellen nog verder.

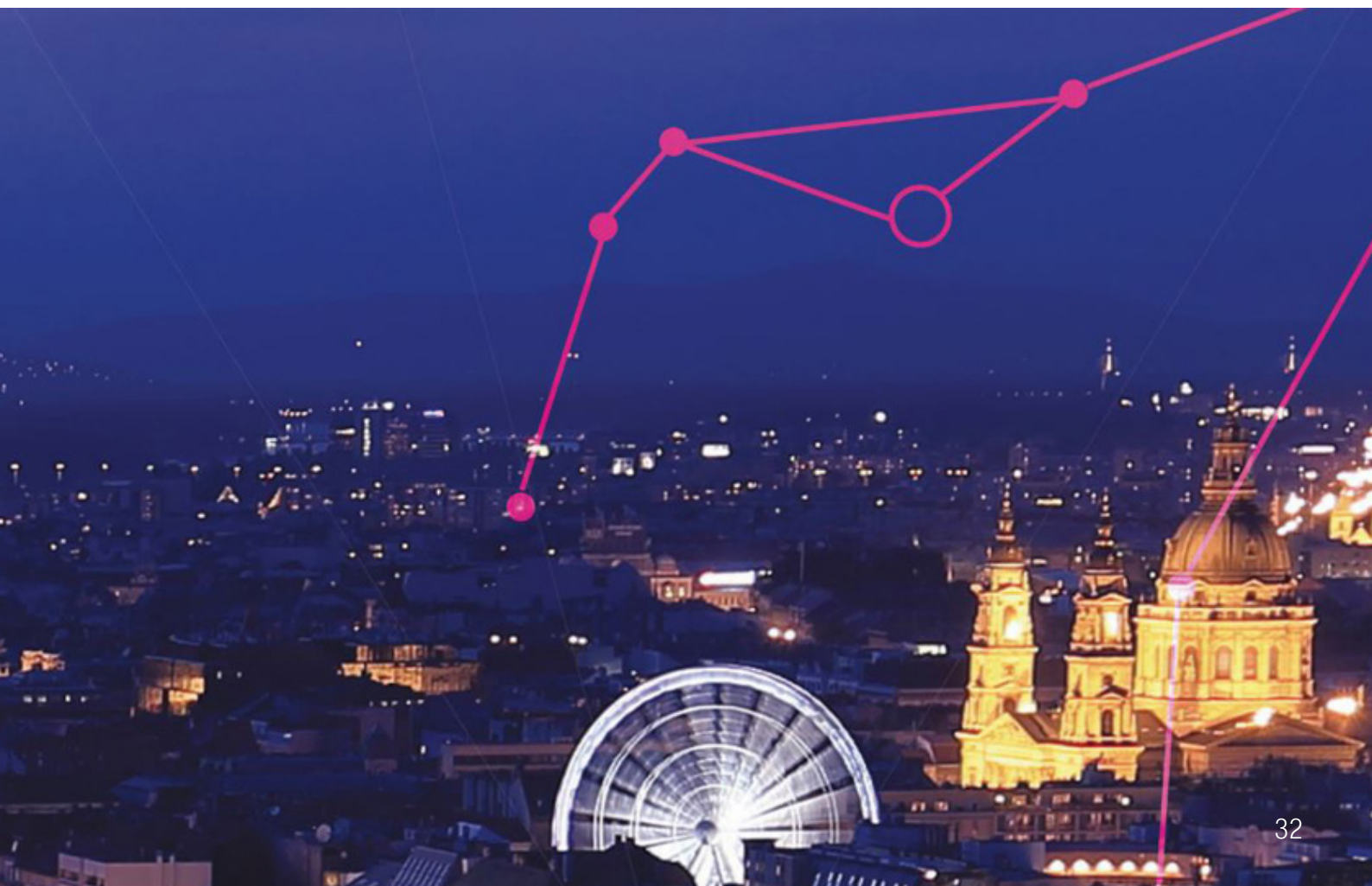
Ook werken we aan network-based lokalisatietechnieken zoals Enhanced Cell-ID en triangulatie, waardoor er geen GPS-module of extra rekenkracht meer nodig is om de positie van een apparaat te bepalen. Ten slotte wil de exploitantengemeenschap in de nabije toekomst roaming voor het NB-IoT gaan aanbieden om naadloze mobiliteit voor grensoverschrijdende toepassingen mogelijk te maken.

De introductie van LTE-M is een nieuwe grote stap richting 5G. Nu NB-IoT op grote schaal beschikbaar is en LTE-M niet lang meer op zich laat wachten, is aan alle voorwaarden voldaan voor de Massive IoT-toepassingen van de 5G-wereld, nu en in de nabije toekomst. In het kader van het 3GPP-initiatief is overeengekomen de ontwikkeling van beide Mobile IoT-technologieën in het kader van de 5G-specificaties voort te zetten. Dit betekent dat de klanten van T-Mobile nu al profijt hebben van de investeringen die nu worden gedaan en dat hier in het kader van de 5G-evolutie aan wordt verder gewerkt. Mobile IoT is *here to stay!*



BEGRIPPENLIJST

2G/3G/4G/5G	3GPP mobiele telecom-standaard-generaties	HTTP(S)	Hypertext Transfer Protocol (Secure)	RAT	Radio Access Technology
3GPP	3rd Generation Partnership Project	HVAC	Heating, Ventilation and Air Conditioning	RFID	Radio Frequency Identification
4FF	Fourth Form Factor (Nano SIM)	IoT	Internet of Things	RPM	Radio Policy Manager
BOM	Bill of Materials (specificaties)	IP	Internet Protocol	SIM	Subscriber Identity Module
CE	Coverage Enhancement (dekkingsverbetering)	IPv4/IPv6	IP versie 4/6	SLA	Service Level Agreement
dB	Decibel	IPSec	Internet Protocol Security	TAU	Tracking Area Update
eDRX	Extended Discontinuous Reception	LoRa	afkorting van LoRaWAN (Long Range Wide Area Network)	TCO	Total Cost of Ownership
eSIM	Embedded Subscriber Identity Module	LPWA	Low Power Wide Area	TCP	Transmission Control Protocol
eUICC	Embedded Universal Integrated Circuit Card	LTE	Long Term Evolution	UDP	User Datagram Protocol
FOTA	Firmware Over-the-Air	LTE-M	LTE for Machine-Type Communications (LTE Cat-M)	UICC	Universal Integrated Circuit Card
GPS	Global Positioning System	MNO	Mobile Network Operator	UMTS	Universal Mobile Telecommunications System
GSM	Wereldwijd systeem voor mobiele communicatie (2G)	NB-IoT	NarrowBand Internet of Things (LTE Cat-NB)		
GSM	Wereldwijd systeem voor mobiele communicatie (2G)	OS	Operating System (besturingssysteem)		
GSM	Wereldwijd systeem voor mobiele communicatie (2G)	PSM	Power Saving Mode		



COLOFON

T-Mobile Nederland B.V.
Waldorpstraat 60
2521 CC Den Haag

