

Biedt cellulair het laagste stroomverbruik voor IoT?

energie-eisen van LTE-M en NB-IoT in LPWAN-implementaties

Stuart Cording (Elektor)

Bij het aanpakken van je volgende IoT-project is het de moeite waard om eens te kijken naar het cellulaire LPWAN-aanbod. Hoewel LoRaWAN op papier weinig stroom lijkt te verbruiken, hebben onderzoekers bij echte implementaties grote variaties in accu-gebruiksduur gezien. LTE-M en NB-IoT zijn beide zeer concurrerend als het aankomt op het stroombudget; ze bieden daarnaast nog een reeks andere voordelen. Maar, zoals bij alle goede dingen, zijn er daar ook uitdagingen.

Het vermogen van mobiele netwerken om wereldwijde connectiviteit te bieden werd me aan het begin van deze eeuw duidelijk. Ik genoot als passagier van zakenreis door de Zwitserse Alpen toen een collega belde met de vraag om een presentatie voor een vergadering met een klant. Met mijn vertrouwde Ericsson T68i op het dashboard, een vroege Bluetooth-handset, en mijn laptop tussen mijn knieën, begon ik snel met het verzenden van het bestand via de razendsnelle 115 kbps van GPRS. Toegegeven, het kostte diverse pogingen omdat de verbinding in tunnels wegviel. Toch gaf de mogelijkheid om waar dan ook met de wereld verbonden te zijn aan dat het tijdperk van grenzeloze draadloze connectiviteit was aangebroken.

Een eerste glimp van het IoT

Dankzij Bluetooth was de telefoon ook aanspreekbaar via een terminalvenster zoals de oude bekabelde modems die vervangen waren door DSL-technologie. Dat betekende dat een microcontroller die Bluetooth aankon en wat software die AT-commando's afhandelde alles was wat nodig was om verbinding te maken met de wereld. We waren het Internet der Dingen (IoT) aan het implementeren; we wisten het toen alleen nog niet. Nu, 20 jaar later, is het IoT ingeburgerd en hebben we nog betere mobiele netwerken. Maar we zullen waarschijnlijk moeite hebben om een product of toepassing te noemen die geen smartphone of tablet is die gebruik

maakt van mobiele telefonie voor dataconnectiviteit.

Een van de uitdagingen rond de aanvaarding kan de verwarring zijn die het hele cellulaire IoT-ecosysteem heeft met zijn nomenclatuur, waardoor het een uitdaging is om te weten wat je moet kiezen en waarom. Op het hoogste niveau zijn we nu gewend aan de overgang van 4G naar 5G, maar deze marketingkreten zijn alleen relevant voor consumenten en bedrijven voor smartphone- en hogesnelheids-dataverbindingen. Voor toepassingen met lagere datasnelheden die gebruikt worden in machinecommunicatie zijn er aparte standaarden om rekening mee te houden.

Cellulair IoT met hogere datasnelheid

De eerste is LTE-M, wat staat voor Long-Term Evolution Machine Type Communication. Dit valt uiteen in twee actuele standaarden, LTE Cat M1 en LTE Cat M2. Het 3rd-Generation Partnership Project (3GPP) definieert deze standaarden, waarbij nieuwe mogelijkheden worden geratificeerd in 'releases'. Zo maakte LTE Cat M1 deel uit van Release 13 in 2015 en LTE Cat M2 van Release 14 in 2017. Cat M1 biedt 1 Mbps uplink en downlink, terwijl Cat M2 ongeveer 7 Mbps uplink en 4 Mbps downlink biedt. Beide ondersteunen full- en half-duplex (**figuur 1**). Ter vergelijking: 5G-smartphonenetwerken bieden gemiddeld ongeveer 100 Mbps [1].

Een deel van het voordeel van een lagere datasnelheid is de geringere energiebehoefte van LTE-M hardware. Volgens de 3GPP-specificatie was het doel om tien jaar te kunnen werken op een batterij van 5 Wh. Hoewel die levensduur haalbaar is, merkt Brian Ray [2], een ingenieur die nu bij Google werkt, op dat het bereiken van een zendvermogen van 23 dBm tijdens een uplink, het hoogst ondersteunde niveau, resulteert in piekstromen van ongeveer 500 mA. Dit vormt een niet onbelangrijke ontwerpuitdaging.

De dekking is ook beter dan bij standaard LTE dankzij een hogere Maximum Coupling Loss (MCL). Deze waarde definieert het punt waarop een draadloos systeem zijn vermogen verliest om zijn service te leveren. In een studie van Sierra Wireless [2] werd een MCL tot 164 dB voor LTE Cat-M1 vastgesteld, een aanzienlijke verbetering ten opzichte van de 142 dB van legacy LTE en veel beter dan de 155,7 dB die 3GPP zichzelf ten doel had gesteld. In termen van capaciteit betekent dit betere connectiviteit binnen gebouwen, wat belangrijk is voor slimme metrologietoepassingen waar het gebouw een penetratieverlies van 50 dB kan veroorzaken, en een beter bereik buiten.

Net als smartphones ondersteunt LTE-M ook mobiele data, wat betekent dat je apparaat continu verbinding maakt met de dichtst-



	LTE-M		NB-IoT	
	LTE Cat M1	LTE Cat M2	LTE Cat NB1	LTE Cat NB2
3GPP Release	Release 13	Release 14	Release 13	Release 14
Peak Uplink Rate	1 Mb/s	7 Mb/s	66 kb/s	160 kb/s
Peak Downlink Rate	1 Mb/s	4 Mb/s	26 kb/s	127 kb/s
Voice over LTE	yes	yes	no	no
Duplex	full / half	full / half	half	half
Latency	<15 ms	<15 ms	<10 s	<10 s

Figuur 1. LTE-M biedt mobiel IoT met hogere datasnelheden en VoLTE, terwijl NB-IoT zich richt op statische toepassingen.

bijzijnde zendmast, waardoor het ideaal is voor sensoren die bederfelijke goederen onderweg bewaken of wagenparken volgen. Bovendien, als je af en toe spraak nodig hebt als onderdeel van het systeem, zoals in een brandalarmpaneel of een bewakingssysteem voor ouderen, is Voice over LTE (VoLTE) inbegrepen. Tot slot zou LTE-M met een latentie van minder dan 15 ms een toepassing kunnen ondersteunen die op een mens lijkt te reageren.

Cellulair voor stationaire IoT-nodes

De alternatieve IoT-technologie voor mobiele telefonie is NB-IoT. Deze komt ook in twee smaken. LTE Cat NB1 werd geformaliseerd in Release 13, terwijl LTE Cat NB2 sinds Release 14 bestaat. NB-IoT is gericht op stationaire toepassingen, zoals slimme meters in de landbouw, weerstations of sensorimplementaties bij waterzuiveringsinstallaties, omdat het geen zendmast-wisseling of VoLTE ondersteunt (**figuur 2**). In plaats daarvan is er een piek in het stroomverbruik wanneer het apparaat zichzelf registreert bij de dichtstbijzijnde zendmast, waarna de draadloze module in een slaapmodus kan gaan in de wetenschap dat hij, wanneer hij wakker wordt, verder kan gaan waar hij gebleven was.

NB-IoT datasnelheden zijn veel lager dan die van LTE-M. LTE Cat NB1 haalt 26 kbps downlink en tot 66 kbps uplink, terwijl LTE Cat NB2 127 kbps haalt in de downlink en ongeveer 160 kbps in de uplink. In tegenstelling tot LTE-M ondersteunt NB-IoT alleen de half-duplex modus. De latentie is ook veel groter, met een typische 1,6...10 s. Gezien het beoogde gebruik zal het echter geen probleem zijn om na ontvangst van sensorgegevens te reageren met een nieuwe actuatorinstelling voor het raam van een kas of een waterzuiveringssluis. Er moet ook worden opgemerkt dat dit een veel betere latentie is dan concurrerende low-power wide area networking-technologieën (LPWAN) zoals LoRaWAN [4] en Sigfox [5].

Low-power IoT met cellulair

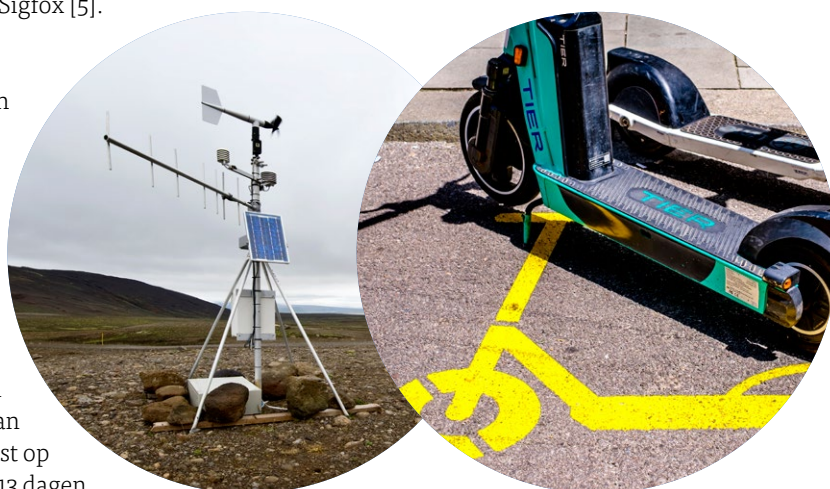
Energie is een van de belangrijkste vereisten voor een IoT-toepassing, omdat deze voornamelijk gebruik zal maken van batterijen of accu's of een andere hernieuwbare energiebron, zoals een zonnepaneel. Beide draadloze technologieën ondersteunen verschillende energiezuinige modi om ontwikkelaars opties te bieden om de levensduur van de batterij te verbeteren. De eerste hiervan is PSM, of Power Saving Mode. Hiermee kan de applicatie de cellulaire radiomodule in een diepe slaapstand plaatsen, wat in de meeste gevallen resulteert in een stroomverbruik van een paar microampère. Het apparaat stelt de zendmast op de hoogte van zijn voornemen en kan vervolgens tot 413 dagen in slaapstand blijven. Gedurende deze tijd is er geen manier om gegevens door te geven aan het apparaat. Wanneer het ontwaakt, hoeft het zich echter niet aan te melden bij de gsm-mast.

De volgende modus is eDRX, of extended Discontinuous Reception. Deze lichtere slaapstand bespaart tot 40 minuten stroom met LTE-M of tot drie uur met NB-IoT. Het ontwaken uit de slaapstand gaat ook sneller dan bij PSM. Ondanks deze energiebesparende opties zijn ze niet altijd op alle locaties beschikbaar. De configuratie is afhankelijk van de apparatuur van de serviceprovider [6], wat betekent dat de levensduur van de batterij in het ene land korter kan zijn dan in andere landen omdat er niet over een instelling kan worden onderhandeld. Het gebruik van een serviceprovider die een roaming-SIM aanbiedt, kan de toegang tot deze energiezuinige functies ook beperken [7].

Omdat de implementatie van cellulair IoT zo varieert en afhankelijk is van zoveel factoren, is het geen wonder dat het zoeken naar richtlijnen voor stroomverbruik een gebed zonder einde is. Vaker wel dan niet levert een Google-zoekopdracht pagina's op met de bewering '10 jaar batterij-levensduur', schijnbaar voor zowel LTE-M als NB-IoT en zonder details over de capaciteit van de batterij.

Cellulair internet in het lab

Gelukkig hebben teams van verschillende instituten de tijd genomen om het stroomverbruik te bestuderen. Hun resultaten geven enig houvast over wat we kunnen verwachten en laten zien hoe cellulair IoT presteert in vergelijking met de alternatieven. Tan [8] vergelijkt bijvoorbeeld LoRa en NB-IoT. In het experiment worden MQTT-pakketten verzonden die elk 50 bytes aan gegevens bevatten. Bij een optimale configuratie en goede verbindingstandigheden vereist NB-IoT ongeveer 200 mJ per transactie. LoRa daarentegen biedt de ontwikkelaar meer controle over de transmissieconfiguratie door een spreidingsfactor (SF) in te stellen.



Figuur 2. Mobiele toepassingen, zoals het delen van e-scooters, zijn beter gediend met LTE-M. Een statische toepassing, zoals een weerstation, profiteert van het lagere stroomverbruik van NB-IoT (bron: Shutterstock).



Bij SF7 is de bitsnelheid hoger, wat minder zendtijd betekent, terwijl bij SF12, de laagste instelling, de zendtijd het langst is bij de overdracht van hetzelfde aantal bytes. Het risico is echter dat SF7 het bereik te veel verkleint voor een succesvolle overdracht, wat betekent dat de gegevensuitwisseling moet worden herhaald. Tijdens het testen vereiste SF7 slechts 100 mJ per transactie. Een verhoging naar SF12 deed het verbruik echter toenemen tot 250 mJ. De conclusie is dat met een batterij van 3000 mAh, LoRa met SF7 meer dan 32 jaar zou kunnen werken, maar bij gebruik van SF12 wordt dat teruggebracht tot iets minder dan 13 jaar. Ter vergelijking: NB-IoT zou iets minder dan 20 jaar kunnen werken. Aangezien LoRa onder reële omstandigheden de SF- en andere transceiverconfiguratie (bandbreedte) zou moeten aanpassen om succesvolle gegevensoverdracht te behouden, kan een dergelijke variatie in de levensduur van de batterij als te riskant worden beschouwd.

Vergelijking met LoRaWAN

Dit risico wordt ook benadrukt in onderzoek van een team aan de Universiteit van Antwerpen [9]. In hun conclusie stellen ze ook dat, terwijl LoRaWAN het laagste stroomverbruik had onder gecontroleerde laboratoriumomstandigheden, wat wijst op een toepassingsduur van jaren, 'met real time [sic] deployment dit wordt gereduceerd tot een paar maanden'. Ze testten NB-IoT ook naast Sigfox en DASH7 [10]. Hoewel DASH7 onder dezelfde omstandigheden zelfs een beter stroomverbruik bood dan LoRaWAN, vermoedde het team dat NB-IoT nog steeds de betere optie zou kunnen zijn, ondanks het iets hogere stroomverbruik. NB-IoT kan simpelweg meer mogelijkheden bieden wanneer rekening wordt gehouden met alles wat een IoT-toepassing vereist, zoals beschikbaarheid, latentie, dekking, beveiliging, robuustheid en doorvoer. Draadloze technologie is de afgelopen twintig jaar gedemocratiseerd dankzij CMOS-radiotransceivers, sterk geïntegreerde radiomodules en piepkleine antennes. Zelfs de softwarestacks zijn vaak vrij beschikbaar. Ontwerpers werken echter vaak alleen aan de eind-node en vertrouwen op anderen voor de infrastructuur waarmee ze verbinding maken. Ondanks de alomtegenwoordigheid en het gebruiksgemak van mobiele LTE-netwerken voor smartphone-gebruikers, kan hetzelfde niet gezegd worden van degenen die erop hopen te vertrouwen voor IoT.

Niet voor zwakke zenuwen

Voor niet-ingewijden is het een uitdaging om betrouwbare richtlijnen te vinden over wat cellulair IoT wel en niet kan doen, of belangrijke energiebesparende functies wereldwijd beschikbaar zijn en hoe de beschikbaarheid ervan kan worden bepaald. Hierdoor lijkt cellulair IoT op het arme broertje van de smartphone-industrie. Het recente nieuws dat Vodafone zijn bedrijf dat zich richt op IoT-diensten wil verkopen, helpt dit beeld niet te verbeteren. Hoewel ze vorig jaar 150 miljoen IoT SIM-aansluitingen verkochten [11], maakt die divisie slechts 2% uit van hun inkomsten uit services. Hoewel uit onderzoek blijkt dat cellulair IoT concurrerend is op het gebied van stroomverbruik en levensduur van de batterij in vergelijking met alternatieve LPWAN-oplossingen, heeft het nog steeds zijn zwakke punten. Aangezien de netwerkinfrastructuur van sommige providers en in sommige landen niet altijd en overall energiebesparende ondersteuning implementeert, zullen ingenieurs zich duidelijk ongemakkelijk voelen bij het beloven van waarden voor de batterijlevensduur die aantrekkelijk zijn voor klanten. Wat duidelijk is, is dat elke LPWAN-benadering nadelen heeft en dat ontwerpteam ze allemaal moeten afwegen op basis van elk gebruiksscenario. En het lijkt erop dat er ook een gezonde hoeveelheid onderzoekstijd nodig is om, voor zover mogelijk, de LPWAN-oplossingen die het beste bij de behoeften lijken aan te sluiten, kritisch te vergelijken. ◀

230376-03

Vragen of opmerkingen?

Hebt u technische vragen of opmerkingen naar aanleiding van dit artikel? Stuur een e-mail naar de auteur via stuart.cording@elektor.com of naar de redactie van Elektor via redactie@elektor.com.

WEBLINKS

- [1] "5G vs 4G: What's the difference?" EE Limited, September 2020: <https://bit.ly/3MTuUYd>
- [2] B. Ray, "What is LTE-M?," Medium, May 2017: <https://bit.ly/45QDq2U>
- [3] G. Vos et al., "Coverage Analysis of LTE-M Category-M1," Sierra Wireless, January 2017: <https://bit.ly/3OYpoGG>
- [4] "What are LoRa and LoRaWAN?" The Things Network: <https://bit.ly/43EgYc5>
- [5] Sigfox website: <https://sigfox.com/>
- [6] "PSM and eDRX: Power saving in cellular LPWAN - possibilities and limitations," 1NCE GmbH: <https://bit.ly/43p6a10>
- [7] P. Marshall, "Sleeping Battery: How eDRX and PSM Can Save Energy in LPWA IoT Edge Devices," Eseye, May 2021: <https://bit.ly/3Ne1WUh>
- [8] L. Tan, "Comparison of LoRa and NB-IoT in Terms of Power Consumption," KTH Royal Institute of Technology, January 2020: <https://bit.ly/43mXrwl>
- [9] R. K. Singh et al., "Energy Consumption Analysis of LPWAN Technologies and Lifetime Estimation for IoT Application," Sensors (Basel, Switzerland), August 2020: <https://bit.ly/3qvfm7>
- [10] Website van de DASH7 Alliance: <https://www.dash7-alliance.org/>
- [11] M. Kleinman, "Vodafone dials up sale of stake in £1bn Internet of Things unit," Sky UK, May 2023: <https://bit.ly/3MQZUb7>