

5G – alleen voor mij

volledige controle over 5G-implementaties
met een eigen cellulair netwerk



Stuart Cording (Elektor)

Terwijl het grote publiek bij 5G vooral denkt aan sneller laden van video-content, zien commerciële gebruikers andere voordelen: geringe latentie, hoge betrouwbaarheid en massieve connectiviteit. Zij zijn echter niet altijd bereid om hun gevoelige gegevens op openbare mobiele netwerken te plaatsen. Gelukkig zijn er alternatieven. Er is radiospectrum beschikbaar om private cellulaire netwerken uit te rollen, zodat fabrieken, stadions, expositiecentra en luchthavens van de volledige controle over en alle voordelen van 5G op hun locatie kunnen genieten.

Zoals zo vaak liep de marketingmachine achter 5G ruim vooruit op de uitrol van de technologie. Wie in het VK woont, zou bijna geloven dat Kevin Bacon, acteur en het 'gezicht' van de mobiele netwerkopera- tor EE [1], hoogstpersoonlijk de nieuwe 5G-smartphones bij de klanten aflevert. Maar buiten het consumentendomein wordt 5G juichend binnengehaald, met de ongelooflijke prestaties die in de speci- ficaties zijn ingebakken.

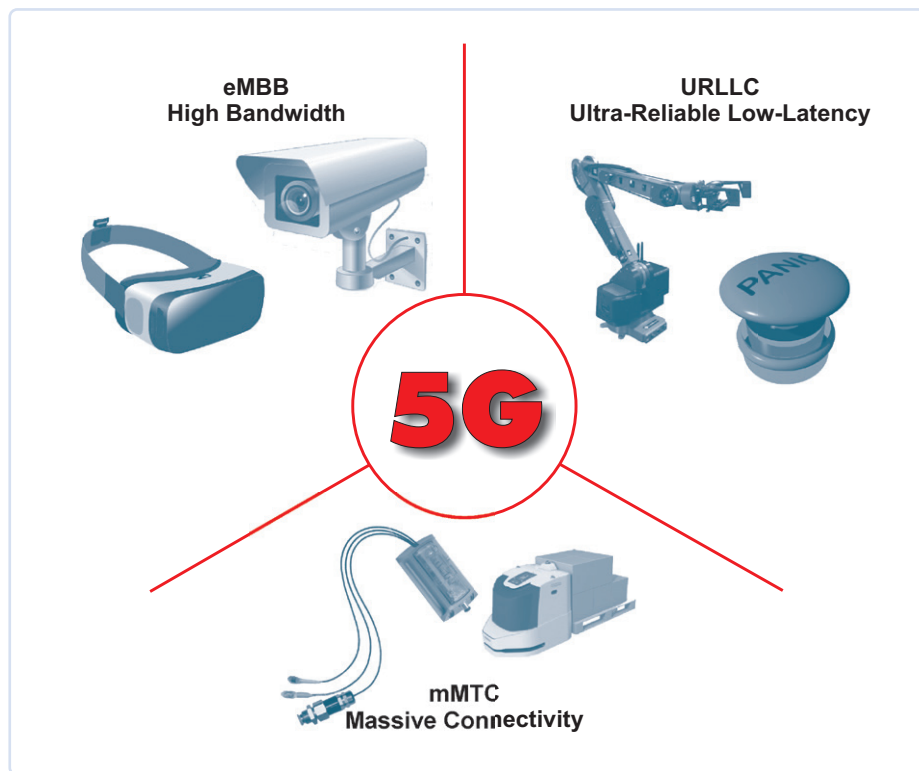
Terwijl eerdere verbeteringen van cellulaire technologie gericht waren op datadoor- voer en een betere gebruikerservaring

(denk aan de overgang van 2G naar 3G en vervolgens naar 4G), is 5G iets anders. Ja, de doorvoer is aanzienlijk verbeterd (enhanced Mobile Broadband of afgekort eMBB) met datasnelheden die 100 keer sneller zijn dan 4G, maar er is meer. Je hebt ook massive Machine Type Communications (mMTC) waarmee maximaal ongeveer een miljoen apparaten kunnen worden gebruikt op een vierkante kilometer, en 10 jaar batterij-le- vensduur voor draadloze modems die voor dergelijke toepassingen zijn bedoeld. Dan is er ook nog Ultra-Reliable and Low-Latency Communication (URLLC). Dit biedt een air

interface-latentie van minder dan 1 ms in combinatie met een beschikbaarheid van 99,9999%.

De mogelijkheden van 5G in de praktijk

Hoewel de prestaties indrukwekkend zijn, moet duidelijk worden gesteld dat die niet alle tegelijk en geheel beschikbaar zijn. Elk is gericht op de behoeften van verschil- lende markten en industrieën. eMBB komt uiteraard tegemoet aan de behoefte van de consument aan meer bandbreedte voor video. Maar het is ook van belang voor de amusementsindustrie. Camera's kunnen worden geïntegreerd in de helm van sporters en zo beelden uit de eerste hand opleveren van autocoueurs of American football-spelers. mMTC maakt het mogelijk scheepscontainers van het ene land naar het andere te volgen of de luchtkwaliteit te bewaken met sensoren die in steden zijn opgesteld. URLLC kan worden gebruikt in fabrieken, waardoor 5G deel kan uitmaken van de regelkring voor industriële robots en cobots (**figuur 1**). In de automotive sector zullen zowel mMTC als URLLC worden gebruikt in voertuigen. Hierdoor kunnen ze rijgegevens delen met andere voertui- gen en vaste infrastructuur, van telemetrie met geringe bandbreedte tot tijdkritische gegevens over noodstops.



Figuur 1. 5G is meer dan alleen snellere mobiele breedband. De specificatie is gericht op een breed scala aan commerciële, automotive en industriële behoeften met geringe latentie, hoge betrouwbaarheid en ultrahoge bandbreedte.

Sommige toepassingen, zoals de automotive sector, zullen er op vertrouwen dat 5G zijn prestaties waarmaakt via de infrastructuur die door mobiele netwerkexploitanten (MNO) is geïnstalleerd. Voor andere, zoals de exploitanten van fabrieken, havens, luchthavens en sportstadions, ligt de situatie anders. Zo biedt eMBB bijvoorbeeld weliswaar veel bandbreedte voor video, maar de netwerken rond een voetbalstadion zouden overbelast kunnen raken omdat fans tegelijkertijd clips van het laatste doelpunt delen. Dit zou kunnen betekenen dat televisieproducenten videokwaliteit verliezen wanneer ze dezelfde 5G-infrastructuur delen. In een fabriek zouden duizenden sensoren van het Industrial Internet of Things (IIoT) die regelmatig gegevens verzenden, zelfs als het kleine pakketjes zijn, maandelijks torenhoge datarekeningen kunnen veroorzaken.

Installeer je eigen 5G-infrastructuur

Om dergelijke problemen te omzeilen, is de installatie van je eigen 5G-infrastructuur in de vorm van een *Private Cellular*

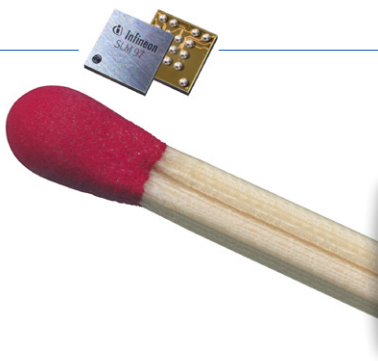
Network (PCN) een optie. Hierbij moet worden opgemerkt dat het niet de bedoeling is om inkomsten te genereren door 5G aan te bieden aan iedereen in de buurt. Het doel is om controle te krijgen over de uitrol en zo te voldoen aan de behoeften van het bedrijf. Dat kan lopen van het garanderen van beschikbaarheid of bandbreedte tot het onder controle houden van de operationele kosten en het verhogen van de veiligheid door alle gegevens ter plaatse te houden. Bovendien kan hardware worden ingezet om volledige dekking over een hele locatie te garanderen, zowel binnen als buiten. PCN's zijn niet nieuw. Sommige industriële sectoren, zoals de mijnbouw, maken al vele jaren gebruik van 4G LTE PCN's. Volgens gegevens van Analysys Mason zijn er wereldwijd meer dan 1.000 particuliere LTE/5G netwerken geïmplementeerd, die real-time monitoring uitvoeren in voertuigfabrieken, op afstand toezicht houden op kranen in havens en geïntegreerd zijn in veiligheids-toepassingen in olieraffinaderijen [2].

Een van de belangrijkste uitdagingen is het verwerven van radiospectrum

voor de uitrol. Over de hele wereld is openbaar spectrum geveild aan MNO's. Als een overeenkomst kan worden gesloten, zouden bedrijven die een PCN willen implementeren een deel van dit spectrum kunnen leasen, indien beschikbaar. Dan is er nog het industriële spectrum dat in landen als Japan en Duitsland is gereserveerd. De regelgevers hebben dit spectrum uitdrukkelijk gereserveerd zodat industriële en andere gebruikers kunnen profiteren van de voordelen van 5G als zij bereid zijn te investeren in de nodige infrastructuur. In sommige landen is gedeeld spectrum beschikbaar. Ofcom, verantwoordelijk voor het reguleren van de toegang tot het radiospectrum in het Verenigd Koninkrijk, biedt gedeelde toegangslisenties aan in vier frequentiebanden voor gebruik met laag en gemiddeld vermogen. Het doel is om innovatie mogelijk te maken die de mobiele dekking verbetert, connected en autonome transportoplossingen test en slimme meetmogelijkheden implementeert [3]. In de Verenigde Staten is band n48 (3550 tot 3700 MHz met 5- tot 100MHz-kanalen) op soortgelijke wijze beschikbaar gesteld door de Federal Communications Commission (FCC). Deze band staat bekend als Citizens Broadband Radio Service (CBRS) en wordt gepromoot door de OnGo Alliance [4].

Stappen voor het uitrollen van een PCN

Ongeacht of de exploitatie is gepland in een gelicentieerde of niet-gelicentieerde band, moet er heel wat werk worden verricht voordat de hardware wordt uitgerold. Volgens de door Rohde & Schwarz opgestelde richtsnoeren begint dit met de voorbereiding van de uitrol [5]. Er moet worden gespeurd naar interferentie in de relevante frequentiebanden met behulp van apparaten als spectrumanalyzers en handheld en scanner-ontvangers. Dit kan worden gedaan door gewoon over het terrein te lopen, maar ook kunnen drones worden ingezet. Storingsbronnen moeten worden uitgeschakeld of worden gemeld bij de plaatselijke regelgevende instanties. Als alle problemen zijn opgelost, kan de PCN-hardware worden geïnstalleerd. Vóór gebruik moeten echter aanvaardingstests ter plaatse worden uitgevoerd. Signaaldecoderingstests zorgen ervoor dat het 5G-systeem op protocolniveau correct werkt



Figuur 2. Embedded SIM's, bekend als eSIM's, worden rechtstreeks op de print gesoldeerd. Componenten zoals de Infineon SML 97 zijn 30 keer kleiner dan een equivalente nano-SIM-kaart (bron: Infineon).

en dat de signaal/stoorruisverhouding (SINR) binnen de toegestane grenzen ligt. Download- en uploadsnelheid en round-trip tijden stellen het team in staat om de gebruikerservaring te beoordelen. Verdere tests en monitoring ter plaatse moeten ook worden gepland om continue prestaties en dekking te garanderen, vooral als de omgeving, zoals een fabriek, vol staat met apparatuur. Een tool dat geschikt is voor deze taak is de QualiPoc Android [6], een app van Rohde & Schwarz. Het biedt een uitgebreide reeks tests van spraak- en datakwaliteit tot RF-optimalisatie over alle draaggolffrequenties, indien geïnstalleerd op een geschikte handset. Voor IoT-toepassingen kan de app ook worden gecombineerd met NB-IoT-modules die op de USB-interface van de smartphone zijn aangesloten om de dekking en functionaliteit binnen gebouwen en kelders te beoordelen.

Weg met de SIM-kaart

Verwacht wordt dat veel apparaten zowel op PCN- als op openbare netwerken zullen moeten werken. Bovendien zullen sommige netwerken alleen worden geïnstalleerd ter ondersteuning van een evenement, zoals een festival, een handelsbeurs of een sporttoernooi. Het zou absurd zijn als iedereen die gebruik maakt van het PCN een extra SIM-kaart zou moeten installeren om het netwerk tijdelijk te kunnen gebruiken. Dit is waar de embedded SIM (eSIM) om de hoek komt kijken, waardoor er een einde komt aan de minuscule SIM-dragers en onhandige kaarthouders.

In plaats van een kaart is de eSIM een component die rechtstreeks op de print van het apparaat in kwestie wordt gesoldeerd. Door gebruik te maken van gevestigde beveiligingsprotocollen, maakt Remote SIM Provisioning (RSP) het mogelijk cellulaire

toestellen toegang te verlenen tot netwerken door middel van over-the-air updates. En hoewel SIM's er van buiten misschien niet indrukwekkend uitzien, zijn ze van binnen voorzien van geavanceerde, krachtige 32bit-processoren met een breed scala aan beveiligingsfuncties om elektrische en fysieke aanvallen te voorkomen. Ook zijn er versnellers ingebouwd om encryptie zo efficiënt mogelijk te implementeren met moderne algoritmen zoals symmetrische DES/AES en asymmetrische RSA- en ECC-cryptografie en Hash-engines voor berichtauthenticatie. De toepassing die in een SIM draait, maakt gebruik van een geminimaliseerde implementatie van Java, bekend als JavaCard.

De SLM-reeks oplossingen van Infineon is één optie, met de SLI 97 en SLM 97 [7] gericht op respectievelijk industriële en automotive machine-to-machine (M2M) toepassingen (figuur 2). Deze apparaten worden ook aangeboden in M2M-standaard MFF2-oppervlaktemontagepakketten van 5x6 mm of chip-scale behuizingen van slechts 2,5x2,7 mm, een aanzienlijke verbetering ten opzichte van zelfs de nano-SIM. STMicroelectronics is een ander alternatief met hun ST4SIM-200 familie [8]. Naast standaardcomponenten voor

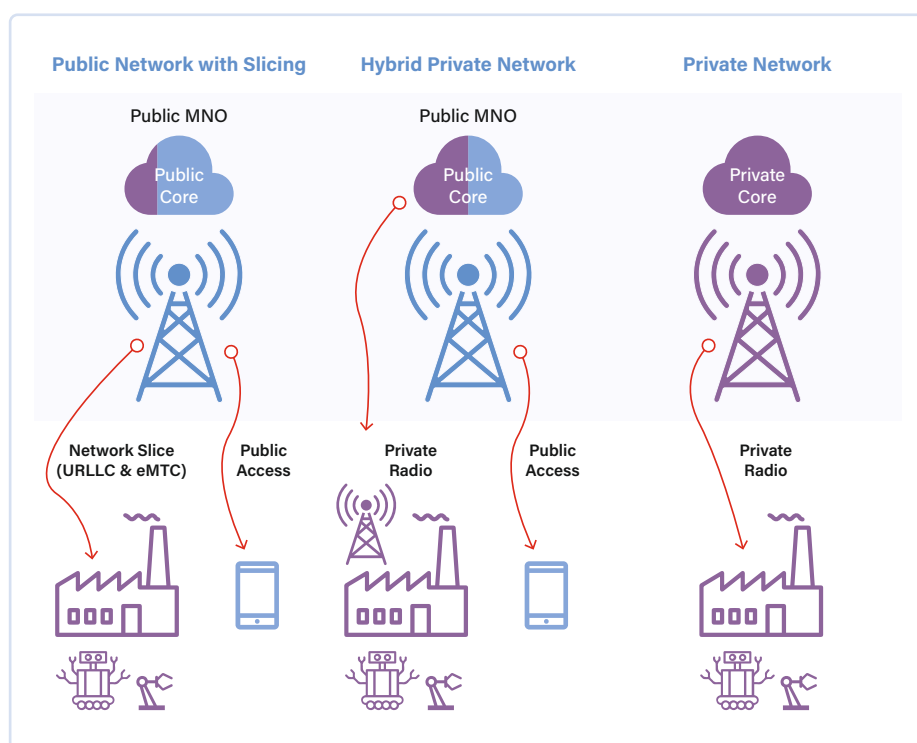
slimme dingen hebben zij ook producten die geschikt zijn voor industriële toepassingen en AEC-Q100 Grade 2-opties voor de automotive sector.

Alternatieven voor 5G PCN

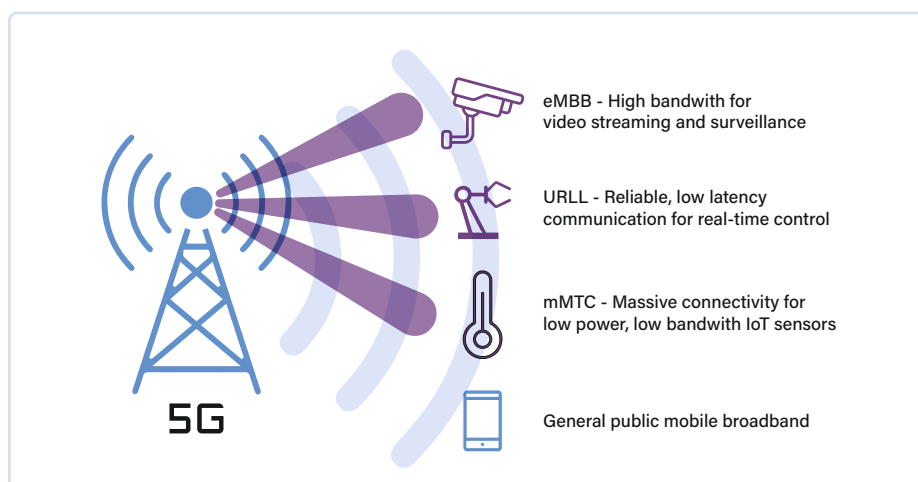
Een volledig PCN kan voor sommige bedrijven te veel gevraagd zijn. In dergelijke situaties zijn hybride modellen beschikbaar. Een onderneming kan gebruik maken van particuliere draadloze oplossingen die verbonden zijn met de publieke kern van een MNO. Dit zou dekking binnen gebouwen of de vereiste datalatie in een fabriek kunnen bieden zonder het volledige netwerk te hoeven implementeren (figuur 3).

Een van de uitdagingen van 4G is het ontbreken van de mogelijkheid om een deel van de draadloze verbinding te reserveren om garanties te kunnen bieden op het gebied van latentie, betrouwbaarheid of bandbreedte. Iedereen met een verbinding werd gelijk behandeld. Met het concept van *network slicing* in 5G verandert dat allemaal (figuur 4). Netwerkeexploitanten kunnen hun verkeer virtualiseren en verbindingen creëren die verschillende prestatieprofielen bieden.

Een deel kan worden gebruikt voor communicatie met geringe latentie, zoals voor real



Figuur 3. Indien de voor een volledig particulier cellulair netwerk vereiste investering te hoog is, kan een hybride aanpak worden gevolgd door particuliere draadloze apparatuur te koppelen aan een openbaar mobiel netwerk.



Figuur 4. Met de invoering van network slicing kunnen exploitanten van mobiele netwerken de specifieke 5G-mogelijkheden leveren die individuele bedrijven nodig hebben, terwijl ze openbare gebruikers nog steeds met uitstekende mobiele breedband kunnen bedienen.

time-besturing van robots. Een ander deel kan daarentegen een hoge bandbreedte leveren voor videocamera's die gegevens leveren aan een kunstmatig intelligent (AI) vision-systeem. MNO's kunnen hun netwerken dus opdelen om tegemoet te komen aan de kwaliteitseisen van hun klanten. Indien gewenst kunnen PCN's ook netwerk slicing implementeren om ervoor te zorgen dat specifieke apparatuur naar behoefte via 5G werkt. Zoals bij elke hulpbron is het aantal beschikbare slices echter beperkt. De andere technologie die de aandacht wil trekken is natuurlijk WiFi 6 (802.11ax). Vergeleken met WiFi 5 [9] (802.11ac) biedt deze slechts een 37% hogere doorvoer. Dankzij beamforming zorgt WiFi 6 er echter voor dat alle gebruikers betere datasnelheden krijgen, aangezien signalen in de richting van specifieke gebruikers worden gestuurd in plaats van omnidirectioneel. Hierdoor zou de doorvoer per

apparaat aanzienlijk moeten verbeteren in vergelijking met vorige generaties van de standaard. Het is ook een van de benaderingen die door 5G worden gebruikt om de gegevensdoorvoer per gebruiker te verbeteren.

Er is ook WiFi 6E, dat in de niet-gelicenseerde 6GHz-band werkt. In de Verenigde Staten biedt deze 1200 MHz aan bandbreedte. In andere regio's is de situatie anders. China heeft de 6GHz-band gereserveerd voor 5G, terwijl Europa slechts 500 MHz van de band heeft gereserveerd voor WiFi, waarbij het bovenste deel overblijft voor 5G [10]. WiFi zal een belangrijke rol blijven spelen in IoT-implementaties. WiFi is echter niet ontworpen voor objecten die in beweging zijn en een soepele overgang tussen access points nodig hebben, zoals autonome voertuigen (AGV). Bovendien zijn de veiligheid en betrouwbaarheid van het netwerk niet vergelijkbaar

met die van 5G. Dus hoewel WiFi 6 op korte termijn voordelen kan bieden voordat 5G volledig is ingeburgerd, zal 5G waarschijnlijk de voorkeur krijgen, vooral in commerciële en industriële toepassingen.

5G komt er aan

Hoewel sommige van de advertenties die consumenten voor 5G proberen warm te maken werkelijk lachwekkend zijn, maken die wel de inspanningen duidelijk die MNO's zich voor deze nieuwe technologie getroosten. Consumenten en zakelijke gebruikers gaan profiteren van de hogere datasnelheden die worden geboden. MNO's profiteren ook van zuiniger en beter configureerbare netwerken en de mogelijkheid om klanten gedifferentieerde diensten aan te bieden. Maar verreweg het spannendste aspect zijn PCN's, waardoor grote commerciële gebruikers werkelijk kunnen profiteren van de geringe latentie, massieve connectiviteit en hoge doorvoer van 5G. En hoewel deze netwerken niet openbaar zijn, weerhoudt dit de traditionele MNO's en nieuwe spelers, zoals Amazon Web Services [11] (AWS), er niet van om ook in op dit gebied in actie te komen door de hardware, software en backend-technologie te leveren die alles mogelijk maakt. ◀

220297-03

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] "EE | 5G. So real you could swear you were there," EE, June 2019: <https://bit.ly/3MGa4dH>
- [2] M. Mackenzie, C. Chappell, "What are private LTE/5G networks and why are they important?" Analysys Mason, February 2021: <https://bit.ly/3sY1T4B>
- [3] "How Ofcom has enabled innovation through spectrum sharing," Ofcom, August 2020: <https://bit.ly/3MOjQuq>
- [4] OnGo Alliance-website: <https://bit.ly/3MLcbNu>
- [5] "Network testing in private networks," Rohde & Schwarz: <https://bit.ly/3GfDz3u>
- [6] "QualiPoc Android," Rohde & Schwarz: <https://bit.ly/3wKUFTT>
- [7] "SLM security controllers optimized for industrial applications," Infineon: <https://bit.ly/3wQK8FI>
- [8] "ST4SIM: SIM & eSIM cellular connectivity portfolio," STMicroelectronics: <https://bit.ly/3wKK8Ik>
- [9] E. Khorov et al., "A Tutorial on IEEE 802.11ax High Efficiency WLANs," IEEE, 2019: <https://bit.ly/3MQpE6A>
- [10] "The Importance of 6 GHz for 5G's Future," GSMA, May 2021: <https://bit.ly/3sZFLqy>
- [11] AWS Private 5G-website: <https://go.aws/3PGu7KZ>