

5G antennes – Hoe werken ze?

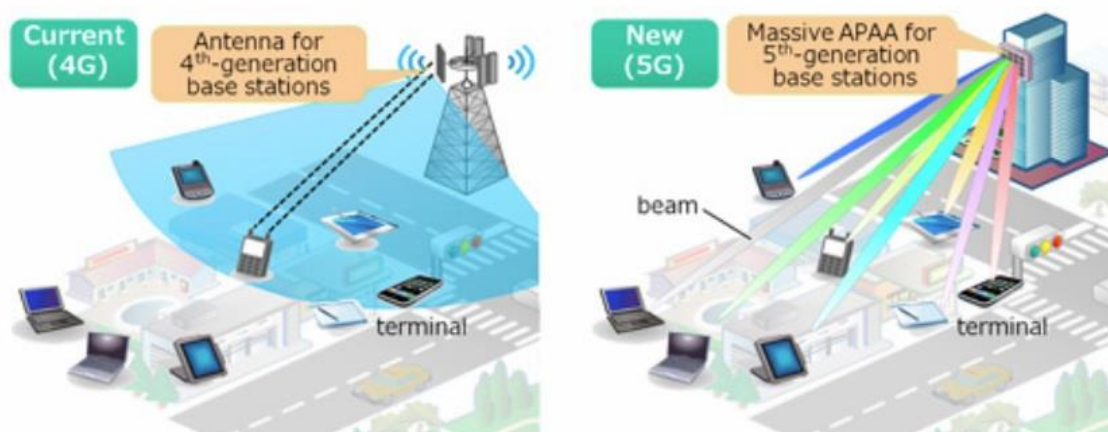
Hugo Schooneveld

Samenvatting

Het 5G communicatiesysteem komt eraan. Nu nog slechts in testsituaties, na de veiling van uitzendfrequenties volgend jaar in het echt. De technische verwachtingen zijn hoog: hoge snelheid van datatransfer, korte latentietijd, vele gelijktijdige gebruikers en vele technische toepassingen. Hoe de *massive MIMO zenders met beamforming* werken wordt hier uitgelegd. Voor een groot bereik worden 700 MHz zenders op masten ingezet; voor beperkt bereik vooral 3,5 GHz zenders (small cells) en voor gebruik binnenshuis *nano- of pico-cells* met kleinere afmetingen. Zenders voor 'millimeterstraling' (26,5 GHz) zijn niet binnenkort te verwachten. Over de eventuele gezondheidseffecten wordt in technische kringen niet nagedacht. Deze technische verhandeling gaat vooraf aan volgende EHSblogs over blootstelling aan de 5G straling en over gezondheidsgevaaren.

Wat staat ons te wachten?

5G komt eraan. Wat de burger daarvan gaat merken is niet duidelijk, want van enige officiële voorlichting of reële toekomstverwachting is geen sprake. Ideeën zijn er plenty, we hoeven slechts naar de 5G promotiefilmpjes te kijken van [5Groningen](#) of [FutureCities](#) om de mogelijkheden van 5G te zien. Mij dunkt dat er zeker geweldige mogelijkheden zijn in technische toepassingen voor bijvoorbeeld industriële processen of bijzondere communicatieproblemen. Maar zolang er geen onderzoek is gedaan naar mogelijke gezondheidseffecten van de 5G stralingsvormen wachten we als burger liever af tot daar mee informatie over beschikbaar komt. Voor gewone communicatie tussen burgers en het internet voldoen de 3G en 4G connecties voorlopig prima. Laat de ICT firma's ons maar op grond van proefprojecten aantonen dat de zo gepromote massive MIMO met beamforming, zoals dat heet, meerwaarde heeft, gezondheid, kosten en toepassingen in aanmerking nemend. Intussen zijn de eerste technische proefprojecten op verschillende locaties opgestart (zie [vorige blog](#)). In 2020 zullen de eerste technische rapporten wel beschikbaar komen. Sluipenderwijs zal sowieso het fenomeen 'Internet-of-Things' (IoT) onze behuizingen binnendringen. Het is zaak de vinger aan de pols te houden. De informatie over 5G is bijna altijd verstrekt door producenten van hardware of providers. In deze en volgende blogs bekijken de systemen vanuit het gebruikersperspectief.



Figuur 1 Verschil tussen klassieke 4G-type zender (links) en 'massive MIMO with beamforming' antenne (rechts). De eerste bestrijkt een boog van 120 graden en spreekt alle aanwezige ontvangers aan. De tweede, een 'Active phased array antenna' (APAA) (= massive MIMO with beamforming) onderhoudt communicatie met specifieke unieke gebruikers. Bron: [IEEE communications Society 2017](#).

Waar komt die druk vandaan?

Aangemoedigd door aanwijzingen van de EU: '[Towards 5G](#)' heeft onze overheid deze ontwikkeling [toegejuicht](#) en heeft het parlement zich via een [Kamerbrief](#) over de mogelijkheden laten voorlichten, heeft gekozen voor een Europese [standaard](#) voor te gebruiken frequenties en heeft de ontwikkeling,

veiling en controle over de activiteiten van de zendgemachtigden overgedragen aan het Agentschap Telecom. Het Antennebureau is de verbindende schakel met het publiek. De providers laten zich niet onbetuigd en stelden een [code](#) op voor samenwerking met de overheid en verwachten hartelijke medewerking bij de plaatsing van hun antennes. Inspraak en vertragende reacties van burgers worden [gevreesd](#). Het bestaande [Antenneconvenant](#) moet worden aangepast om de omgang tussen providers, overheden en burgers aan te passen aan de nieuwe technische mogelijkheden en beperkingen.

Toepassingen voor 5G

Kortgezegd voorziet men o.a. de volgende toepassingen:

- Tegemoetkoming aan de snelgroeiende behoefte aan snelle communicatie
- Veel meer 'Spectrum', d.w.z. mogelijkheden om vele contacten tegelijk te laten verlopen
- 'Crowd control': Monitoring van bewegende mensenmassa's
- Zelfrijdende auto's
- Automatisering van productiebedrijven
- Gezondheidsmonitoring
- 'Smart grid' voor betrouwbare elektriciteitsvoorziening tot aan huis
- *Internet-of-Things* koppelingen



Figuur 2. 5G zender boven het Leidseplein, 'uitkijkend' over de Leidsestraat gebruikt nog 4G spectrum. Doel is na te gaan of bewegende personen metterdaad gevolgd worden, Bron: [T-Mobile](#).



Figuur 3. Dubbele 5G zendantenne, elk met 64 elementen. Bron: [Ericsson](#) [Stockholm](#)



Figuur 4. Small cell op tramhalte Rembrandtsplein Amsterdam
Bron: Google Maps.



Figuur 5. Zwitserse 'small cell', voor inbouw in lantaarnpaal. Bron: [T-Mobile](#)

Hoe efficiëntie te bereiken?

Vanouds zijn de zenders voor 2G, 3G, 4G systemen van het rondstralende type: steeds drie hoog-opgestelde zenders die elk 120 graden bestrijken, tezamen een kring van 360 graden bestrijkend (figuur 1-links). Ieder gesprek met een mobieltje, tablet of PC speelt zich af op een specifieke frequentie vanuit de zender ('download'). Het mobieltje of smartphone geeft antwoord op een andere frequentie en met lagere snelheid.

Zenders bij 5G communicatie zien er heel anders uit (figuren 1-rechts en 2). Die bestaan uit meerdere kleine sub-zendertjes, naast elkaar gerangschikt in een plat vlak en volgens een 'matrix', aangepast aan de specifieke functie. Meestal gegroepeerd in een vierkant of een rechthoek (figuur 3). Bij aanvraag van een gesprek door een 5G- smartphone komt de zender in actie, bepaalt de richting van de smartphone en arrangeert een stralingsbundel die zich richt op de gebruiker. Via die bundel gaan spraak- of datasignalen – upload of download, heel heen en weer en in *dezelfde* frequentieband. Daarbij werken alle zenderelementen samen om de straling te bundelen, richting te geven en datastromen te begeleiden.

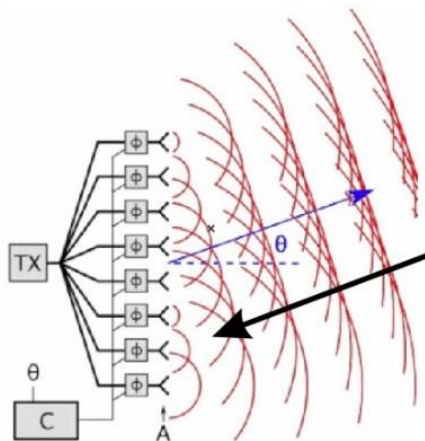
Het principe van 'beamforming'

Waar de 5G-beller zich ook bevindt binnen het werkgebied van een zender, zowel in basis-mode ('broadcasting') als in zoekmodus ('signalling mode') weet die hem te spotten en in diffuse vorm of per bundel een connectie aan te gaan ('trafficking'). Deze dynamiek is mogelijk doordat de zender – anders

dan zijn rondstralende voorgangers- feitelijk [bestaat](#) uit een plat arrangement van meerdere elementen, gerangschikt in een matrix van 4x4, 8x8 of 16x16 elementen of nog meer. Doorgaans gebruikt men het 8x8 systeem: 8 rijen van 8 antennes met dus 64 elementen. Hoe meer hulpzender-elementen, hoe scherper de bundel.

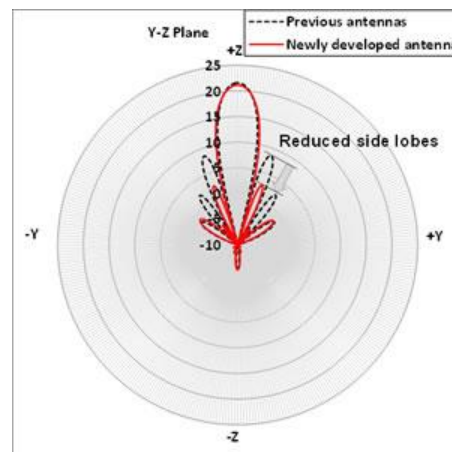
Elk element is een zelfstandige zender en wanneer alle elementen precies gelijk een bepaald zendsignaal te verwerken krijgen zenden ze elk een golf uit. Meerdere golven naast elkaar vormen een min of meer plat golffront dat zich van de zender verwijderd. Alleen, wanneer er door intelligente aansturing van elke zender een eenzijdig oplopend tijdsverschil wordt aangelegd, gaat de golfbundel kantelen. Dat gebeurt in zowel horizontale (tot 120 graden) als verticale richting (tot 30 graden) (figuren 6 en 7. In de 'tilt mode' is zijn bewegingsvrijheid nog veel groter. Een zender met 8 x 8 elementen kan in principe tot 16 bundels genereren en die onafhankelijk van elkaar besturen.

Door bundelvorming kan een zender veel parallelle contacten aangaan. De tijd van datatransfer in zo'n bundel is veel korter kan zijn dan de tijd die iemand aan de smartphone doorbrengt. Informatie (data) wordt namelijk 'verpakt' tot pakketjes die binnen een heel kort tijdsframe worden uitgewisseld – het z.g. 'time division multiple access (TDMA) systeem. In de resterende 'vrije' tijd tussen de datatransferblokken met die gebruiker kan de bundel meerdere afzonderlijke gebruikers adresseren en pakketjes afleveren. Onze primaire gebruiker heeft dat niet in de gaten: voor hem is het een schijnbaar ononderbroken connectie. Zo kan een 5G MIMO zender door beamvorming alleen al per enkele bundel vele gebruikers vrijwel tegelijk bedienen.



Figuur 6. Schema beamforming. Meerdere deelantennes in een matrixopstelling werken samen om een stralingsbundel te vormen. Door aan te leggen tijdsverschillen in activatie kan de samengestelde uittredende bundel een veranderde richting krijgen. Principe van 'phased array'.

Bron: [Wikipedia](#)



Figuur 7. Enkelvoudige beam van een 60 GHz millimetergolff band vanuit een 64-elementen 5G antenne prototype. De hoofdbundel wordt geflankeerd door een aantal nevenbundels (side lobes) met veel geringere sterkte.

Bron: [Fujitsu 2015](#).

Ook andersom werkt dat, wanneer de zender vanuit een bepaalde richting een inkomend verzoek tot contact ontvangt (zie dikke pijl in figuur 6). Het 'antwoord' van de zender (dunne pijl) gaat weer richting gebruiker.

Frequenties en golflengten: Noodzaak van frequentie-uitbreiding

Het radiospectrum zit al aardig 'vol' en het Agentschap Telecom is aangewezen om frequentiegebruik te verdelen en te bewaken. Lage frequenties hebben het voordeel dat de radiogolven ver dragen en gebouwen binnen kunnen dringen, maar heel veel – schaarse- spectrale ruimte vragen. Zenders in zendmasten kunnen van de 700 MHz band gebruik maken om kilometers ver te komen. Zenders in het middengebied met frequenties van enkele GHz dragen tot een kilometer afstand en hebben wat meer frequentieruimte. Die frequenties in de 3,5 GHz band zullen op ruime schaal toegepast gaan worden, binnen en buiten. De meeste verdeelruimte voor frequenties zit in de hogere GHz frequentiegebieden. Op termijn zal met gebruik willen maken van de vrije 26 GHz band. Deze frequentieband genereert de z.g. 'millimetergolven', waarvan gevreesd wordt dat blootstelling daaraan biologisch [ongewenste gevolgen](#) oplevert. Het probleem is ook de geringe doordringingskracht van die golven. Regen en mist, in

de weg zittend gebladerte, muren van gebouwen zijn vrijwel ondoordringbaar. Dat stelt eisen aan de omgeving van voorgenomen antenneplaatsing.

'Massive MIMO met beamforming'

'[Massive MIMO](#)' begon als een stelsel met meerdere tot vele losse antennes los van elkaar. Nu zijn die antennes in veelvoud geïntegreerd in een plat vlak. Dat maakt de toepassing van '[Massive MIMO en beamforming](#)' mogelijk. *Massive* betekent o.a. meerdere bundels in bedrijf, veel taken tegelijk en soms meer dan één zender op dezelfde klus gericht. *MIMO* betekent '*multiple input – multiple output*': vele gebruikers tegelijk. *Beamforming* betekent dat de communicatie met de gebruiker via een straalverbinding (bundel) verloopt.

De zenders waar we als burger meest mee geconfronteerd worden zijn de '[small cells](#)'. Een definitie is daar niet voor, ze zijn alleen klein. Er is ook nog geen overeenstemming over de aanduiding van de vele verschillende typen cellen, hun mogelijkheden en beperkingen. Hun zendvermogens zijn uiteraard geringer dan die van de zenders in zendmasten, maar kunnen verder zeer uiteenlopen. De gebruikte frequentie is meestal 3,5 GHz.

Kleine '*Small cells*' worden aan gevels of op gemeentelijke constructies als lantaarnpalen of bushokjes [geplaatst](#) (figuur 4). Voor plaatsing in lantaarnpalen is nu een miniatuurversie met beamforming beschikbaar (figuur 5). Zodoende komen de aanwezigen op die plekken in veel sterkere radiofrequente (RF) velden te staan en worden ze vanuit meer richtingen aangestraald. Plaatsing van de small cells verloopt [vergunningsvrij](#). Verbindingen op nog kleinere schaal – zoals kantoren, huishoudens enz.- kan eventueel gebeuren met zenders zonder beamforming, bijvoorbeeld met de kleine 'nano-'of 'pico'cells. In Zwitserland en Engeland worden al proeven gedaan om ze in straten aan te brengen onder putdeksels; via de riolering kunnen makkelijk ondergrondse verbindingen worden gelegd. [Lees verder](#)

Zenderconfiguratie: wanneer *beamforming*?

Afhankelijk van de toepassing kunnen 5G zenders in een van de volgende drie [configuraties](#) werken:

1. Basaal in de afwachtende '*broadcast mode*'. De zender heeft een ruim 'gezichtsveld' van meer dan 180°. Contact-vragende gebruikers worden opgemerkt ('*signalized*'), gehoord en geantwoord via 'diffuse' datastromen.
2. Signaling langs diffuse weg, maar antwoord ('*traffic*') via '*beamforming*'.
3. Zowel signaling als traffic via beamforming. De zoekbundel werkt op vol zendervermogen om ver te komen; de traffic bundel heeft aangepast vermogen, al naar gelang de afstand tot de gebruiker. Supersnel upload en download datatransport vergt de interventie van beamforming.

26,5 GHz frequentietoepassingen

Men voorziet dat ook de 3,5 GHz band geleidelijk aan volloopt en dat nog meer connectiviteit moet worden geschapen. Dat zou kunnen in de vrije 26,5 GHz band, waar heel veel 'spectrum' beschikbaar is. Echter, de technologie daarvoor is nog lang niet klaar en de vraag is of dit de komende jaren nog te verwachten is, gezien de enorme investeringen die daarvoor nodig zijn aan research en fysieke netwerken. Deze frequentieband genereert de z.g. 'millimetergolven', ultra-kortgolvlige straling die heel snel wordt geremd door obstakels als mist, regendruppels, gebladerte, muren etc.

De 26,5 GHz band heeft een beperkte reikwijdte: slechts enkele tientallen tot maximaal 200 m. Zenders komen dus heel dicht op elkaar te staan. Enkele kleine experimenten zijn al begonnen, bijvoorbeeld in de [Johan Cruijff Arena](#). Een 26,5 GHz experimentele zenders bevindt zich aan de rand van het stadion en is [geplot](#) op de kaart van het Antenneregister.

Maar eerst moet met de lagere frequenties flinke ervaring worden opgedaan, zowel gebruiktechnisch als meettechnisch.

Dr. Hugo Schooneveld

EHSblog nr. 52 – 27 november 2019

U kunt deze blog ook digitaal lezen op mijn website www.hugoschooneveld.nl. Wie automatisch op de hoogte gehouden wil worden van nieuw verschenen blogs, kan dat even aangeven op de contactpagina van de website.