

MJP 20. Beyond 5G (Future Networks and Services)

1. Dit *bestaande* meerjarenprogramma behoort tot de *cluster*: ‘Digital technologies’, ‘Engineering and fabrication technologies’, en ‘Photonics and light technologies’
2. Welke sleuteltechnologie(ën) staa(t)n centraal: **Cloud Technologies/Computing, High frequency and mixed signal technologies, Cyberphysical/Embedded systems, Integrated Photonics.**
3. *Positie NL.*

Nederlandse netwerken scoren internationaal goed. Nederland is een pionier bij de ontwikkeling van huidige draadloze technologieën zoals WiFi en Bluetooth. Nederland is ook een belangrijke speler in optisch onderzoek. In de Europese Digital Economy and Society index staat Nederland op nummer één bij het onderdeel connectiviteit. Doelstelling van het kabinet en EU is dat in 2025 mobiele 5G technologie breed beschikbaar is en dat iedereen toegang heeft tot internet op een vaste locatie met een snelheid van minimaal 100 megabit per seconde (Mbps). Bovendien is het wenselijk dat in Nederland wordt geëxperimenteerd in pilots en testbeds. In Duitsland is *targeted and coordinated research* onderdeel van de 5G strategie van het Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung. Veel universiteiten hebben een 5G lab met een groot aantal industriële partners. Ook België en Frankrijk kennen veel samenwerkingen tussen bedrijven, kennisinstellingen en technische universiteiten. In Engeland geeft de overheid met haar 5G Strategie aan dat zij “*committed is to ensuring that the UK is a world leader in the development and deployment of 5G, and will invest in a nationally coordinated programme of 5G testbed facilities and application trials.*” Het 5G Innovation Centre in Surrey is binnen Europa toonaangevend.

4. *Korte beschrijving van voorgesteld meerjarenprogramma voor onderzoek en ontwikkeling.*

Dit programma richt zich op de toekomstige generatie van draadloze communicatienetwerken, bekend als *Beyond 5G / 6G*. 5G kan zeer snelle, betrouwbare mobiele connectiviteit leveren, met pieksnelheden tot 20 gigabits per seconde en reactietijden (*latency*) van enkele milliseconden. Daarmee kan het voorzien in de connectiviteit van miljoenen aangesloten apparaten per km². Met technieken als ‘*network slicing*’ kan gevarieerd worden in kwaliteitsaspecten van een verbinding, zoals bijvoorbeeld een hoge datadoorvoersnelheid of een lage reactietijden. Daarnaast omvat 5G een integratie van mobiele netwerken met cloud computing (*mobile edge en fog computing*). *Beyond 5G / 6G* netwerken zijn echter nodig voor geavanceerde toepassingen, die buiten het bereik van 5G vallen, zoals holografische communicatie, en ultra-betrouwbare real-time toepassingen. De eisen gesteld aan snelheid, capaciteit, *latency* en betrouwbaarheid, moeten significant beter zijn dan wat 5G beoogt. Het communicatienetwerk moet zich autonoom en in real-time aanpassen aan de continu veranderende applicaties. Dit kan alleen met nieuwe technologieën en architecturen. Een meerjarenprogramma rondom en voortbouwend op 5G zal zich dan ook op drie lagen moeten toespitsen:

(i) groeiend radioverkeer hoge capaciteit, efficiënt en flexibel gebruik van hogere frequentiespectra (mmWave voor 5G en THz-frequentiegebieden voor 6G). Componenten en subsystemen moeten geïntegreerd worden in een nieuwe dynamisch-adaptieve netwerkkarchitectuur waarin de complexiteit en de real-time eisen d.m.v. kunstmatige-intelligentietechnieken beheerst worden. Gebruik van hoog frequent spectrum vergt massive MIMO beamforming met antenne arrays die gerichte, smalle en stuurbare bundels uitstralen. Hiervoor is onderzoek nodig naar on-chip antenne-arrays, signaalbewerking, hoge-capaciteit glasvezeltransmissie, geïntegreerde (sub)mmWave -transceivers, ultra-low power / low-latency schakelingen, en de combinatie en integratie van optische en radio technologie;

(ii) in de infrastructuur zijn virtualisatie technieken en architecturen nodig om recursieve uitrol van functies te faciliteren voor het delen van fysieke netwerken. Het toenemend aantal verbonden apparaten vereist extreem dichte netwerkcellen, en een geharmoniseerde orkestratie en management van rekenkracht, opslagruimte, antenne-, en netwerkcapaciteit;

(iii) voor toepassingen die ontwikkeld en beheerd worden door 3e partijen vergen 5G innovaties in verticale sectoren open platformen voor experimenten in sectoren als agri, gezondheid, industrie, media en OOV, alsook interoperabiliteit over meerdere domeinen en beschikbaarheid van op internationale standaarden gebaseerde referentie implementaties.

5. *Ecosysteem.*

Het huidige ecosysteem bestaat uit losse publiek-private samenwerkingen tussen bedrijven, kennisinstellingen en overheden. Vrijwel alle kennisinstellingen investeren in fundamenteel en toegepast 5G onderzoek (TU Delft met o.m. NExTWORKx samenwerking met KPN en xG overlegstructuur voor visievorming op 'beyond 5G' onderzoek. TU/e heeft het Center for Wireless Technology en het Institute for Photonic Integration en werkt al in diverse EU projecten en met private partijen (o.m. NXP, Philips, Signify, Thales, Ampleon en MKB's zoals The Antenna Company, Catena, Maxwaves en LioniX) aan de eerder genoemde onderwerpen. UTwente met CAES, DACS, PS en TE groepen). TNO draagt bij aan snelle en open infrastructures met haar erkende 5G expertise op het gebied van draadloze communicatie, gevirtualiseerde en gesoftwariseerde netwerken, en is wereldwijd erkend trekker van 5G standaardisatie in 3GPP. In stedelijke gebieden worden 5G-proeven voorbereid, o.a. rondom de Amsterdam Arena, in het testcentrum 5G Field Lab in Den Haag, en in het (nog door Gemeente Delft, TU Delft en TNO vorm te geven) 5G Fieldlab Zuid-Holland. In rurale gebieden wordt er o.m. getest in Groningen (5Groningen), maar ook andere gebieden met ruraal karakter geven aan interesse te hebben voor 5G (o.a. in Drenthe, Zeeland) en steden (Apeldoorn) en willen starten. Grote bedrijven als Alticom Cellnex en Novac zijn geïnteresseerd in physical network sharingsopties met 5G en in het uitwerken van nieuwe neutral hosting concepten. Bovendien zijn er de sectoren waar nieuwe geavanceerde toepassingen, op basis van beyond-5G en 6G, zullen ontstaan en zullen leiden tot een uitgebreid ecosysteem. Voorbeelden en mogelijke partners in het ecosysteem zijn de medische en zorg sector (bv., Erasmus MC), Industry 4.0 (bv. VDL), verkeer en transport (bv. bedrijven Automotive Campus, Drone Airport Twente) en hightech landbouw (bv. Wageningen University and Research, Lely), energie, veiligheid, zorg etc. Het ministerie van EZK geeft kaders aan voor 5G spectrumuitgifte, lokaal beleid en innovatie met het Actieplan Digitale Connectiviteit. Binnen EZK onderzoekt Agentschap Telecom (AT), in lijn met mogelijkheden van 5G, een verder dynamiseren van de frequentietoewijzing en -planning.

6. *Organiserend vermogen.*

De overheid heeft de NL Digitaliseringsagenda gecoördineerd en het Actieplan Digitale Connectiviteit vormgegeven met een prominente rol voor 5G. AT onderzoekt samen met diverse Nederlandse kennisinstellingen (waaronder universiteiten, de TU's, TNO) of een gezamenlijke digitale connectiviteits-research agenda voor 5G tot stand kan komen (start april 2019). Doel is om onderzoeksinspanningen en kennis in Nederland te bundelen en gericht in te zetten op bestaande en nieuwe maatschappelijke use cases.

7. *Kans op maatschappelijke impact op korte en lange termijn.*

Naarmate meer diensten digitaal worden geleverd en meer apparaten verbonden zijn met het internet (*Internet of Things*), groeit onze afhankelijkheid van een goed functionerende digitale infrastructuur (telekwaliteit). De behoefte aan connectiviteit voor allerlei nieuwe toepassingen groeit, variërend van volledig autonome voertuigen, zorg en chirurgie op afstand, real-time netwerkcontrole voor hightech productie, precisielandbouw met robots en drones, holografische communicatie tot onmiddellijk inzetbare netwerken in geval van calamiteiten. Door een hoge graad van dekking en capaciteit wordt de kans op behoud van een inclusieve samenleving het grootst. Daarnaast zijn er nieuwe toepassingen in ontwikkeling waarvan nog niet duidelijk is welke connectiviteit nodig is. Een voorbeeld is *Virtual Reality*. In de vernieuwende bijdragen vanuit de ICT aan de maatschappelijke missies komt 5G in alle vier missies voor. De kansen op maatschappelijke impact zijn uitstekend en onderzoek naar, metingen en monitoring van cumulatieve effecten van 5G toepassingen zal helpen om objectieerbare en betrouwbare gegevens over de impact van 5G op het gebied van EMC en EMV te kunnen blijven geven.

8. *Kans op economische impact op korte en lange termijn.*

5G als virtuele infrastructuur biedt flexibiliteit om in te spelen op uiteenlopende behoeften, en kan een breder commercieel ecosysteem te faciliteren, waarmee Nederland internationaal kan blijven vooroplopen, met nieuwe toetreders in verticale sectoren en industrieën. Zo kan virtualisering leiden tot nieuwe verdienmodellen voor netwerkeigenaren via het aanbieden van infrastructuur 'als een dienst'

(infrastructure-as-a-service), waarbij een bedrijf beschikt over een compleet eigen netwerk dat wordt aangelegd en beheerd door een aanbieder, die daarmee veel meer levert dan alleen communicatiediensten. Aan de aanbodkant is de grootste verandering dat met een generiek (dus niet bedrijfsspecifiek) connectiviteitsaanbod steeds beter kan worden voorzien in uiteenlopende connectiviteitsbehoeften. De gezaghebbende wereldwijde standaardisatieorganisaties 3GPP en ITU voorzien in hun roadmaps de eerste toepassingen van 6G over 10 jaar, terwijl door 3GPP beyond-5G toepassingen vijf jaar eerder verwacht worden. De verwachting is dat met een herkenbaar meerjarig nationaal 5G onderzoekprogramma de investeringsbereidheid alleen maar toeneemt. De technologische rijpheid omvat TRLs 1-7, waarbij huidige trials al TRL7 beogen, en nieuw onderzoek naar *beyond* 5G start bij TRL 1. Impact van 5G ligt voor de private partijen met een bestaande positie op het gebied van mobiele netwerken binnen 4 jaar, in lijn met EU doelstellingen. Voor nieuwe toetreders partijen in verticale ecosystemen zal de impact naar verwachting eerder 5-8 jaar zijn.

9. *Krachtenbundeling.*

De krachtenbundeling is voornamelijk vooral per sector, tussen partijen. In diverse onderwijs- en onderzoekinstellingen wordt volop gewerkt aan de ontwikkeling van nieuwe 5G-technologieën, zoals nieuwe antenne-, chip- en sensortechnologie. Universiteiten richten zich o.m. op regulatieve en maatschappelijke aspecten rondom de ontwikkelingen en inpassing van 5G toepassingen in de maatschappij. De bij 5G steeds belangrijker worden behoefte aan veilige verbindingen, datatransmissie en -opslag om verder onderzoek. Binnen Nederland wordt sterk samengewerkt binnen de HTSM roadmaps Electronics en ICT. Op Europees niveau worden diverse tests voorbereid binnen het *5G Infrastructure Public Private Partnership* (5G-PPP), en binnen het H2020 / Horizon Europe programma is de verwachting dat er meer dan 200 miljoen euro beschikbaar komt voor internationale onderzoeksprojecten op het gebied van (Beyond) 5G. In de nationale en EU programma's zijn Nederlandse universiteiten, kennisinstellingen en industriële partijen zeer actief. Samenwerking op internationaal niveau is essentieel in mobiele communicatie, aangezien het gaat om een mondiale industrie met wereldstandaarden.

10. *Cross-over karakter.*

Een nationaal MJP van wereldklasse zal de beste onderzoekers bijeenbrengen. Dat betreft onderzoekers aan de 5G wetenschap en technologie zelf – vooral elektrotechnici, informatici, natuurkundigen en computer scientists – maar ook onderzoekers uit de disciplines economie (nieuwe business modellen) en maatschappij/juridisch (beleidsvorming, met name mbt. verticals en/of neutral hosts). In elk van deze disciplines roept 5G fundamentele vragen op: waar opportuun zijn combinaties van disciplines wenselijk. Omdat 5G veel, zo niet alle, bedrijfstakken en sectoren van de maatschappij zal raken, zijn diverse cross-overs met organisaties mogelijk die een 5G innovatiebehoefte van internationaal niveau hebben. Bij het onderzoek naar beyond-5G en 6G technologieën en systemen is het essentieel dat er samengewerkt wordt met de toepassingsgerichte disciplines zoals tele-robotics, tele-surgery, autonome verkeers- en transportsystemen, real-time control van complexe industriële processen, etc.

11. *Benodigde gemiddelde jaarlijkse financiering en commitments voor periode 2020-2024*

Bron	Totaalbedrag (in mln EUR per jr)	Waarvan reeds gecommiteerd	Waarvan te mobiliseren
<i>Private middelen</i>	95	17	78
<i>PPS toeslag</i>	5	1.5	3.5
<i>TO2 middelen (TNO only)</i>	9.6	9.6	
<i>NWO</i>	3	1	2
<i>Universiteiten/hogescholen</i>	13	13	
<i>Regionale middelen (provincie, gemeente)</i>			
<i>Departementale middelen</i>	45	45	
<i>EU middelen</i>	65	25	40
<i>ROMs en InvestNL</i>			
<i>Anders, namelijk:</i>			
Totaal bedrag	235.6	112.1	123.5