



Technical Sciences
Anna van Buerenplein 1
2595 DA Den Haag
Postbus 96800
2509 JE Den Haag

www.tno.nl
T +31 88 866 00 00

TNO-rapport 2016 R11120

Monitor Draadloze Technologie

Najaar 2016

Datum	oktober 2016
Auteurs	Onno Mantel, Bram van den Ende, Rob van den Brink, Frank den Hartog, Jeroen Broekhuijsen, Evert van den Akker, Mascha van Dort, Ruud Overduin
Aantal pagina's	35

Alle rechten voorbehouden.
Niets uit deze uitgave mag worden vermenigvuldigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welke andere wijze dan ook, zonder voorafgaande toestemming van TNO.

Deze rapportage is tot stand gekomen dankzij een bijdrage van het Ministerie van Economische Zaken.

© 2016 TNO

Inhoudsopgave

1	Inleiding	3
1.1	Het “draadloos speelveld”	3
1.2	De Monitor Draadloze Technologie	3
2	Ontwikkelingen in draadloze toepassingsgebieden	5
2.1	Nota frequentiebeleid 2016	5
2.2	Ontwikkelingen in Intelligente Transportsystemen	7
2.3	Uitdagingen in in-huis netwerken	15
2.4	Ontwikkeling van Smart Cities	21
2.5	Smart agriculture	27
2.6	Draadloze technologie voor Openbare Orde en Veiligheid	30
3	Ter afronding.....	35

1 Inleiding

Om overzicht te bieden in het speelveld van de diverse draadloze technologieën, stelt TNO al een aantal jaar een Monitor Draadloze Technologie samen. Hierin worden de ontwikkelingen in de technologie en de markt gevolgd.

In dit inleidende hoofdstuk worden de opzet en de scope van de Monitor Draadloze Technologie beschreven.

1.1 Het “draadloos speelveld”

Op het gebied van draadloze technologie spelen diverse ontwikkelingen. Zo vindt al een aantal jaar een sterke groei plaats van het mobiele dataverkeer, als gevolg van een toenemend gebruik van smartphones. Om in deze groei te kunnen voorzien wordt door mobiele providers fors geïnvesteerd in de uitrol en verbetering van het 4G (LTE) netwerk. Wi-Fi en andere draadloze technologieën zoals Bluetooth en Zigbee hebben een belangrijke plaats ingenomen bij het laagdrempelig aanbieden van draadloze toegang over kortere afstanden. Aan de omroepkant zijn diverse digitale systemen ontwikkeld, zoals DVB-T en DAB, ieder met hun eigen specifieke sterkte en beoogd gebruikersprofiel. In de toekomst lijkt een verdere integratie plaats te gaan vinden, waarbij klassieke omroepdiensten ook via bijvoorbeeld LTE kunnen worden aangeboden. Inmiddels wordt gewerkt aan de standaardisatie van de volgende generatie mobiele technologie 5G. Een belangrijk toepassingsgebied van 5G, het Internet of Things, is een groeimarkt die snel in belang toeneemt en waarvoor nu al verschillende netwerken worden uitgerold, o.a. gebaseerd op LoRa en SigFox technologie.

Het gevaar van deze ontwikkelingen is dat de diverse belanghebbenden aan markt- en overheidszijde het overzicht verliezen en niet zeker zijn over hun eigen oordeel op basis van de mogelijk gekleurde informatie vanuit de markt. Een objectief overzicht op basis van betrouwbare en zo actueel mogelijke informatie kan dan in een behoefte voorzien.

1.2 De Monitor Draadloze Technologie

Met de Monitor Draadloze Technologie wil TNO een degelijk, actueel en toegankelijk overzicht bieden van de stand van zaken ten aanzien van de ontwikkeling en inzet van draadloze technologie. De monitor tracht verschillende doelgroepen te bedienen bij overheid en bedrijfsleven in Nederland. Dit betekent dat de Monitor erop gericht is om informatief te zijn voor lezers met een algemene achtergrond in de telecommunicatie. In principe worden wereldwijde ontwikkelingen gevolgd, vanuit een nationaal perspectief.

In de afgelopen jaren bestond de Monitor Draadloze Technologie uit een (eenmalige) schriftelijke rapportage en daarnaast een website waarop een aantal belangrijke draadloze technologieën werd beschreven aan de hand van een aantal vaste criteria. Gebleken is echter dat deze website slechts beperkt in een behoefte voorzorg, terwijl de schriftelijke rapportage zelf dit duidelijk wel doet. Voor dit jaar is er daarom voor gekozen om het accent te verleggen naar de schriftelijke rapportage. Deze wordt uitgebreid tot twee (halfjaarlijkse) edities, zodat beter kan worden aangesloten op recente trends en ontwikkelingen.

In 2016 bestaat de Monitor Draadloze Technologie daarom uit de volgende twee schriftelijke rapportages:

- Een overzicht van ontwikkelingen vanuit technologisch perspectief. In deze rapportage, die in april is opgeleverd¹, wordt per technologie kort de stand van zaken beschreven.
- Een overzicht van ontwikkelingen belicht vanuit een aantal specifieke domeinen (oktober). Dit is de rapportage die nu voor u ligt. De toepassingsgebieden die aan de orde komen zijn Intelligente Transportsystemen, in-huis netwerken, Smart Cities, Smart Agriculture en Openbare Orde en Veiligheid.

De scope van de monitor omvat radiofrequente technologieën die de basis vormen voor draadloze verbindingen waarmee aan eindgebruikers elektronische communicatie- en omroepdiensten kunnen worden aangeboden. In de voorjaarsrapportage is dit jaar voor het eerst ook een kort overzicht opgenomen van ontwikkelingen in satellietcommunicatie.

TNO hecht eraan te benadrukken dat de Monitor Draadloze Technologie slechts een momentopname is van een complex en snel veranderend speelveld. Het is daarom mogelijk dat opgenomen informatie op het moment van lezen niet meer up-to-date is, of niet langer relevant. Daarnaast valt niet te ontkomen aan enige willekeur in de keuze van geschetste ontwikkelingen. Het kan dus zijn dat ontwikkelingen die in de ogen van de lezer zeer relevant zijn, niet worden beschreven. TNO staat open voor suggesties of aanbevelingen voor verdere verbeteringen.

¹ Deze rapportage is te downloaden via:
<https://www.tno.nl/nl/aandachtsgebieden/industrie/networked-information/vitale-ict-infrastructuren/monitor-draadloze-technologie-voorjaar-2016/>

2 Ontwikkelingen in draadloze toepassingsgebieden

In dit hoofdstuk wordt een overzicht gegeven van de ontwikkelingen in een aantal specifieke draadloze toepassingsgebieden. Het overzicht wordt voorafgegaan door een meer algemene sectie die kort ingaat op de nieuwe Nota Frequentiebeleid.

2.1 Nota frequentiebeleid 2016

In de Nota Frequentiebeleid 2016 zijn door het Ministerie van Economische Zaken de algemene doelstelling en uitgangspunten van het frequentiebeleid geformuleerd. De nota biedt een kader voor de verdere uitwerking en precisering van beleid op deelgebieden, zoals de Strategische Nota mobiele communicatie en de Strategische Nota Omroepdistributie. De nota is tot stand gekomen na een aantal ronde-tafelbijeenkomsten, waarin inbreng is verkregen van belanghebbenden uit “het veld”. Inmiddels heeft consultatie van de nota plaatsgevonden². Rond eind november zal de Nota Frequentiebeleid 2016 worden aangeboden aan de Tweede Kamer.

De doelstelling van het frequentiebeleid is om te komen tot een doelmatig gebruik van frequenties. In de voorbereiding van de nota is vastgesteld dat frequentiegebruik zich in de afgelopen jaren heeft ontwikkeld van “nice to have” naar “need to have”. Om aan te sluiten bij deze ontwikkeling vindt in de nieuwe Nota Frequentiebeleid een accentverschuiving plaats ten opzichte van de vorige nota. Daar waar in 2005 vooral ruimte gegeven werd aan het economisch belang, wordt nu de nadruk gelegd op de groeiende maatschappelijke afhankelijkheid van draadloze communicatie en het borgen van het publieke belang.

Hieronder wordt de betekenis van de accentverschuiving toegelicht voor de verschillende domeinen van het frequentiegebruik.

- Schaarre vergunningen
- Uitvoering van publieke taken
- Bedrijfsspecifieke toepassingen
- Vergunningvrij

Bij de *schaarse vergunningen* gaat het om de verdeling van spectrum waarbij naar alle waarschijnlijkheid de vraag het aanbod overtreft. In de praktijk wordt hier vaak het spectrum voor mobiele communicatie en omroepdiensten mee bedoeld. Voor de uitgifte van deze vergunningen blijft veiling het aangewezen verdeelinstrument. Om de publieke belangen die met dit spectrum gemoeid zijn te borgen kunnen bij de vergunningverlening eisen en/of voorzieningen worden getroffen, bijvoorbeeld ten aanzien van de te leveren bedekking of de continuïteit van de dienstverlening. Daarnaast zijn zowel het publieke belang als de sector gebaat bij tijdige duidelijkheid en voorspelbaarheid van het beleid rondom deze vergunningen. Het Ministerie van EZ heeft daarom aangegeven dat zij de uitwerkingen van frequentieveilingen tijdig helder zal maken, via de Strategische Nota Frequentiebeleid en de Strategische Nota Omroepdistributie. Ook zal beleid worden opgesteld om medegebruik en verhandelbaarheid van de vergunningen te kunnen bevorderen.

² <http://www.internetconsultatie.nl/nfb2016>



Figuur 2-1: Radiotelescoop, illustratie bij het consultatiedocument van de Nota Frequentiebeleid 2016.

Het frequentiegebruik voor de *uitvoering van publieke taken* omvat het gebruik door overheidspartijen waar een publiek belang mee gemoeid is, zoals bijvoorbeeld de nationale politie, de lucht- en scheepvaartbegeleiding, defensie, en wetenschappelijk gebruik zoals de radioastronomie. Voor deze taken wordt spectrum van overheidswege aangewezen op grond van een Behoeftes Onderbouwingsplan (BOP). Om de druk op het spectrum te verlichten zal daarbij in toenemende mate gelet worden op de mogelijkheden voor gedeeld gebruik en medegebruik, d.w.z. het gebruik door verschillende partijen dat in ruimte en/of tijd van elkaar gescheiden is. De verwachting is dat de mogelijkheden hiervoor als gevolg van technologische ontwikkelingen vergroot kunnen worden.

Bij spectrum voor *bedrijfsspecifieke toepassingen* gaat het om het mogelijk maken van veelal bedrijfskritische communicatie in sectoren zoals de zorg en de industrie. Voor deze toepassingen blijkt het in de praktijk vaak lastig om de specifieke (hoge) eisen op het gebied van beschikbaarheid en betrouwbaarheid te vertalen in een commercieel aanbod door een provider of leverancier. Waar mogelijk wordt daarom aparte frequentieruimte beschikbaar gesteld, via de zogeheten niet-schaarse vergunningen. Uitgangspunt hierbij blijft dat de vergunningen automatisch worden verlengd, voor een korte periode. Daarnaast zal het Ministerie van EZ waar nodig faciliterend optreden in het spel van vraag en aanbod tussen marktpartijen, zodat waar mogelijk diensten kunnen worden ingekocht bij providers en leveranciers.

Voor *vergunningvrij* gebruik hoeven gebruikers geen vergunning aan te vragen. Wel moeten zij zich houden aan algemene voorschriften voor bijvoorbeeld het zendvermogen of het storingsniveau naar omliggende banden. Toepassing vindt plaats in o.a. de vele Wi-Fi netwerken, draadloze microfoons, alarmsystemen, etc. Het Ministerie van EZ streeft naar vergunningvrij gebruik *waar dat kan*, d.w.z. als het niet leidt tot ondoelmatig gebruik en er geen coördinatie nodig is om

interferentie te vermijden. Op de middellange termijn kan er krapte ontstaan in de vergunningvrije frequentieruimte, met name door de opkomst van het “Internet of Things” dat veelal hiervan gebruik maakt. Daarom geeft het Ministerie van EZ aan de frequentiebehoefte voor Internet-of-Things toepassingen in Europees verband te zullen verkennen. Daarnaast zal het gebruik van vergunningvrij spectrum worden gemonitord om knelpunten tijdig te kunnen identificeren.

Het toenemend belang van draadloze communicatie in onze maatschappij betekent dat een belangrijke rol is weggelegd voor de uitvoerder en toezichhouder, Agentschap Telecom. In de Nota Frequentiebeleid wordt in meer detail ingegaan op deze rol. In de uitvoering zal Agentschap Telecom inzetten op gedeeld en meer dynamisch gebruik van frequentieruimte, onder meer door gebruik te maken van Licensed Shared Access. Aan de kant van het toezicht is een verbreding zichtbaar naar een rol van arbiter en bemiddelaar. Dit geldt bijvoorbeeld in gevallen waar geen regels worden overtreden maar niettemin toch ongewenste storing optreedt. Daarnaast zal het toezicht op de vergunningsvrije toepassingen worden geïntensiveerd.

2.2 Ontwikkelingen in Intelligente Transportsystemen

“We staan aan de vooravond van een tweede mobiliteitsrevolutie” is een opmerking, geplaatst op website www.automotive-online.nl, die duidt op een aantal parallelle ontwikkelingen die nu spelen en (opnieuw) verstrekkende gevolgen lijken te hebben voor de organisatie van onze voertuigmobiliteit. De eerste revolutie vond plaats rond de vorige eeuwwisseling met de introductie van gemotoriseerde voertuigen. In het kader van deze Monitor brengen wij een aantal van de trends rond voertuigmobiliteit onder de aandacht die direct of indirect ook gevolgen hebben voor de behoefte aan draadloze connectiviteit.

Hoewel de term ITS, Intelligente Transport Systemen, alle mogelijke vormen van transport kan omvatten, wordt in de EU Directive over ITS uit 2010³ gesproken over systemen waarin ICT-technologie wordt toegepast en die worden ingezet in het domein van wegtransport, met inbegrip van infrastructuur, voertuigen en weggebruikers. ITS omvat tevens ontwikkelingen in verkeersmanagement en mobiliteitsmanagement, en kan betrekking hebben op interfaces met andere manieren van transport. De maatschappelijke motivatie van de invoering van ITS is om het verkeer op de weg veiliger, betrouwbaarder en milieuvriendelijker te maken. Deze motivatie kan op gespannen voet staan met de doelstellingen van individuele reizigers om zich vrij, vlot, veilig en bovenal comfortabel te verplaatsen. Een van de uitdagingen in de ontwikkeling van ITS is om hier goede oplossingen voor te bieden. De bijzonder hoge snelheid in ICT-innovaties die overslaan naar het ITS domein maar eveneens de geboekte vooruitgang op andere fronten zoals elektrisch rijden en automatisering van rijtaken (tot en met volledig automatisch rijden) geven zeker de laatste paar jaar een extra dimensie en *push* aan de ontwikkeling van ITS waardoor men gaat spreken over een tweede revolutie.

ITS heeft op diverse plaatsen in de wereld de aandacht, maar met verschillen in tempo, zwaartepunten en randvoorwaarden. Van Nederland is bekend dat het naar internationale maatstaven vooruitstrevend is in zogeheten *smart mobility* ontwikkelingen. De huidige Minister van Infrastructuur en Milieu heeft recentelijk tijdens de beurs Intertraffic Amsterdam 2016 nog de ambitie uitgesproken om in

³ EU Directive 2010/40/EU (7 July 2010)

Europa leidend te zijn op dit gebied⁴. Smart mobility wordt voor Nederland gezien als oplossing voor het bereiken van duurzame mobiliteit. Aangezien het hier om een systeemtransitie gaat, is die complex van karakter met verschillende innovatietijdslijnen, ‘kip-en-ei’ dilemma’s en betrokkenheid van veel typen belanghebbenden (zie Figuur 2-2).



Figuur 2-2: Innovaties in ITS zijn complex door de diversiteit in systemen met hun verschillende doorlooptijden, uiteenlopende belanghebbenden (markt en overheid) en het risico van kip-en-ei dilemma's.

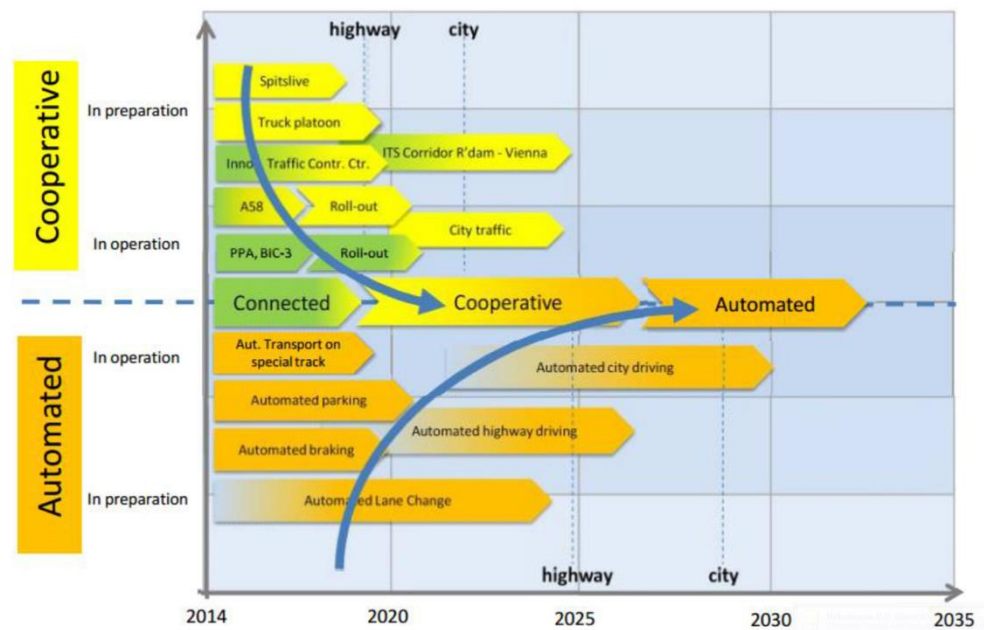
In deze sectie wordt eerst een verdere inleiding gegeven aan de hand van de bespreking van de versmelting van *connected*, coöperatief en geautomatiseerd rijden. Daarna wordt het huidige speelveld beknopt omschreven, gericht op de Nederlandse situatie maar vanuit een internationaal perspectief. Tegen die achtergrond schetsen we enkele typische ITS toepassingen. Daarna wordt via een inleiding over ITS toepassingen stilgestaan bij ontwikkelingen in draadloze connectiviteit waar dergelijke toepassingen van afhankelijk zijn. Voor een uitvoeriger uiteenzetting van deze materie wordt onder andere verwezen naar een recent verschenen TNO rapport⁵.

2.2.1 Versmelting van Connected, Coöperatief en Geautomatiseerd rijden

Figuur 2-3 is in 2013 gemaakt en geeft daarom een gedateerd beeld. Niettemin is deze figuur toch gebruikt omdat hiermee juist goed kan worden geduid wat er de laatste paar jaar is veranderd. De figuur laat een drietal trends zien.

⁴ [Http://www.intertraffic.com/amsterdam](http://www.intertraffic.com/amsterdam)

⁵ Zie "Assessment of wireless connectivity options in support of ITS", TNO Report 2016 R10216, Maart 2016



Figuur 2-3: Roadmap uit 2013 met betrekking tot connected, coöperatief en geautomatiseerd rijden.

De **eerste** trend is die van de *connected car*. Al langere tijd worden nieuwe auto's uitgerust met een SIM-kaart waarmee de auto via een mobiel netwerk contact kan maken met het *back-end* van de fabrikant voor de uitwisseling van informatie over de conditie van de auto. Recentelijk is uit een onderzoek van de FIA⁶ naar voren gekomen dat dit op veel grotere schaal plaatsvindt dan publiekelijk bekend is, hetgeen heeft geleid tot discussies over eigenaarschap van data.

De **tweede** trend is die van coöperatief rijden met als kenmerk dat voertuigen onderling maar ook met de wegwijkant in staat zijn elektronische berichten uit te wisselen waardoor voertuigen in staat zijn rekening te houden met lokale en actuele weg- en verkeerssituaties. Deze informatie kan vervolgens worden meegenomen in rijadviezen aan de automobilist of in algoritmes in de auto voor bijvoorbeeld automatische aanpassing van koers en snelheid. Deze tweede trend verloopt trager dan eerder was verwacht omdat de invoering nog stuit op bepaalde kwesties zoals het kip- en- eiprobleem tussen investeringen in apparatuur in de voertuigen en investeringen in wegwijkantinfrastructuur, de betaalbaarheid van de maatschappelijke business case⁷ en privacy-aspecten.

De **derde** trend is die van geautomatiseerd rijden, wat in vroege fasen neerkomt op gedeeltelijke automatisering van rijtaken en uiteindelijk resulteert in volledig geautomatiseerd rijgedrag zonder ingrijpen van de bestuurder. Het is met name deze laatste trend die zich aanzienlijk sneller voltrekt dan eerder werd verwacht. Hierdoor is in feite sprake van een versmelting van de drie genoemde trends. In combinatie met andere technologische ontwikkelingen zoals elektrificatie, geavanceerde sensoriek, *cloud computing* en *Internet of Things*, en

⁶ <http://www.fia.com/news/fia-reveals-what-data-being-tracked-and-how-public-reacts-connected-cars>

⁷ Hier wordt bedoeld op de noodzaak voor infrastructuur ondersteuning in de (lange) aanloopperiode met een lage penetratiegraad van coöperatief werkende voertuigen. Publieke baten volgen pas veel later na de publieke kosten.

maatschappelijke invloedrijke doelstellingen en trends rond klimaat, veiligheid en slimmere mobiliteit is de verwachting dat er een majeure transitie voor de deur staat in voertuigmobiliteit.

2.2.2 *Karakterisering van het speelveld*

Overheid-nationaal

Waar al even op gehint werd in de inleiding is dat smart mobility een beleidsspeerpunt is voor het huidige kabinet. De beleidsvoornemens zijn in 2013 gepubliceerd in de vorm van een roadmap “Beter Geïnformeerd Op Weg” (BGOW⁸) welke vrij recent nog is geactualiseerd⁹. De gestelde beleidsdoelen zijn:

- Behoud van bereikbaarheid en mobiliteit, veiligheid en een gezond milieu;
- Grotere effectiviteit en efficiëntie in publiek verkeersmanagement;
- Vergroten van het concurrentievermogen van het Nederlandse bedrijfsleven;
- Voortrekkersrol in geautomatiseerd rijden.

Het huidige kabinet stelt de toepassing van technologie vrij centraal in de realisering van deze beleidsdoelen. Van toepassing van technologie zowel in voertuigen als aan de wegkantzijde wordt verwacht dat dit gaat leiden tot een betere benutting van de wegen, meer veiligheid, meer reiscomfort en kortere reistijden. Het Nederlandse bedrijfsleven wordt hiertoe nadrukkelijk uitgedaagd. Smart mobility wordt beschouwd als een samenspel van overheid en markt waarbij de overheid zich sterker gaat richten op essentiële randvoorwaarden zoals de beschikbaarheid van wegen maar ook van aan weg en verkeer gerelateerde open data, en de markt zich gaat richten op het bedienen van weggebruikers met on-line informatiediensten en eveneens op het verzamelen en verrijken van data ten behoeve van dergelijke diensten.

De overheid tracht deze transitie in Nederland te bewerkstelligen middels de uitvoering van twee hoofdprogramma's, namelijk 'Connecting Mobility' en 'Beter Benutten'. Het programma 'Connecting Mobility' richt zich op de langere termijn, houdt zich bezig met de coördinatie tussen overheid en bedrijfsleven en houdt overzicht over ontwikkelingen mede in relatie tot het internationale speelveld. Zij financiert in Nederland ook de zogenaamde Landelijke Ronde Tafels waar overheden en marktpartijen met elkaar afspraken trachten te maken en vraagstukken bespreken in de context van een landelijke uitrol van ITS. Het programma 'Beter Benutten' is een 'hands on' innovatieprogramma waarin diverse ITS innovatieprojecten al zijn en nog worden gedefinieerd, en waarin overheden en marktpartijen in een pre-competitieve setting en regio-gewijze betrokken zijn in ontwikkeling, beproevingen en pilots. Het oorspronkelijke Beter Benutten programma dat sinds 2011 loopt, rust op een zevental pijlers, waaronder de bestrijding van Spookfiles (A58 Spookfiles project), Reisinformatiediensten en Data Top 5¹⁰. Het vervolprogramma (BBV) dat dit jaar van start gaat, richt zich sterk op intelligente communicatie tussen voertuigen en wegkant.

Overheid-EU

Hoewel mobiliteit in het algemeen als nationale aangelegenheid wordt gezien, is er binnen de EU zeker sprake van een actief pan-Europees beleid (uitvoering door

⁸ Zie *Beter geïnformeerd op weg Routekaart 2013-2023 Samenvatting* (03/11/2015) en *Uitvoeringsagenda en Routeprojecten* (03/11/2015).

⁹ Zie Kamerstuk 31 305, 3 December 2015

¹⁰ Zie www.beterbenutten.nl

EC/DG MOVE). Op EU-niveau wordt ITS gezien als belangrijke component in de verdere digitalisering van het transport in Europa. Middels de introductie van ITS hoopt DG MOVE tot een efficiënter management te komen van het (pan-Europese) transportnetwerk voor burgers en bedrijven¹¹. Al in 2008 had de EC een Actieplan gepubliceerd voor de uitrol van ITS, dat in 2009 werd gevolgd door een mandaat (M/453) voor de ontwikkeling van de benodigde standaarden door ETSI en CEN. Tevens is ITS opgenomen in de opeenvolgende Europese publieke R&D programma's FP6 t/m het huidige Horizon 2020¹². Inmiddels worden ook via de Horizon 2020, TEN-T en CEF programma's grootschalige pilots en structurele investeringen aangemoedigd¹³. Zo wordt verwacht dat het reeds lopende ITS Corridor project (een samenwerking tussen Nederland, Duitsland en Oostenrijk voor de aanleg van ITS voorzieningen op de transportcorridor door deze landen) via dergelijke fondsen zal worden uitgebreid met het Verenigd Koninkrijk, België en Frankrijk. In 2013 hebben CEN en ETSI de eerste Europese standaarden voor coöperatieve ITS (C-ITS) gepubliceerd. Teneinde de uitrol van met name coöperatieve ITS¹⁴ te bespoedigen is in 2014 het C-ITS Deployment Platform opgericht dat tot taak had belangrijke knelpunten te identificeren en op te lossen. Dit platform heeft begin 2016 haar rapport gepubliceerd¹⁵ en is inmiddels aan een tweede termijn begonnen. De Europese Commissie werkt tevens aan een *Masterplan* voor (C-)ITS in Europa.

Een belangrijk verschil van de Europese benadering ten opzichte van die van de VS en van landen als Korea en China is dat men hier het initiatief nadrukkelijker aan de markt laat en dus niet kiest voor verplichtende wetgeving zoals in de VS wel het geval is. Die keuze heeft voor- en nadelen¹⁶.

Markt

Het ecosysteem voor ITS is complex. Behalve de weggebruiker zelf en diverse overheden spelen ook diverse typen marktpartijen een belangrijke rol.

Grofweg kan de volgende indeling worden gemaakt:

- Partijen die deel uitmaken van de automotive markt. Dit zijn de autofabrikanten die veelal bekendheid genieten maar ook een groot arsenaal aan toeleverende bedrijven die vaak veel minder of niet bekend zijn;
- Partijen die zich richten op verkeersmanagement oplossingen die zijn toegespitst op de wegbeheerder (zoals Rijkswaterstaat);
- Partijen die zich richten op informatiediensten direct of indirect gericht op de weggebruikers
- Partijen die zich richten op ITS infrastructuuroplossingen (de wegkant);
- De mobiele telecomindustrie (leveranciers en providers).

Zeker de laatste jaren signaleren we een toenemend belang van bedrijven die een rol spelen in de levering van mobiele over-the-top informatiediensten (via cellulaire

¹¹ http://ec.europa.eu/transport/themes/its/index_en.htm

¹² Projecten: FREILOT, CVIS, SAFESPOT, COOPERS, COMPASS 4D, CO-GISTICS, PRE-DRIVE C2X, eCoMove, en support actions: ComeSafety2, iMobility Support, iMobility Challenge, SEE-ITS, VIAJEO)

¹³ http://ec.europa.eu/transport/themes/its/c-its_en.htm

¹⁴ Zie voor betekenis van Coöperatieve ITS de paragraaf over versmelting van Coöperatief en geautomatiseerd rijden.

¹⁵ Final Report C-ITS Deployment Platform, December 2015

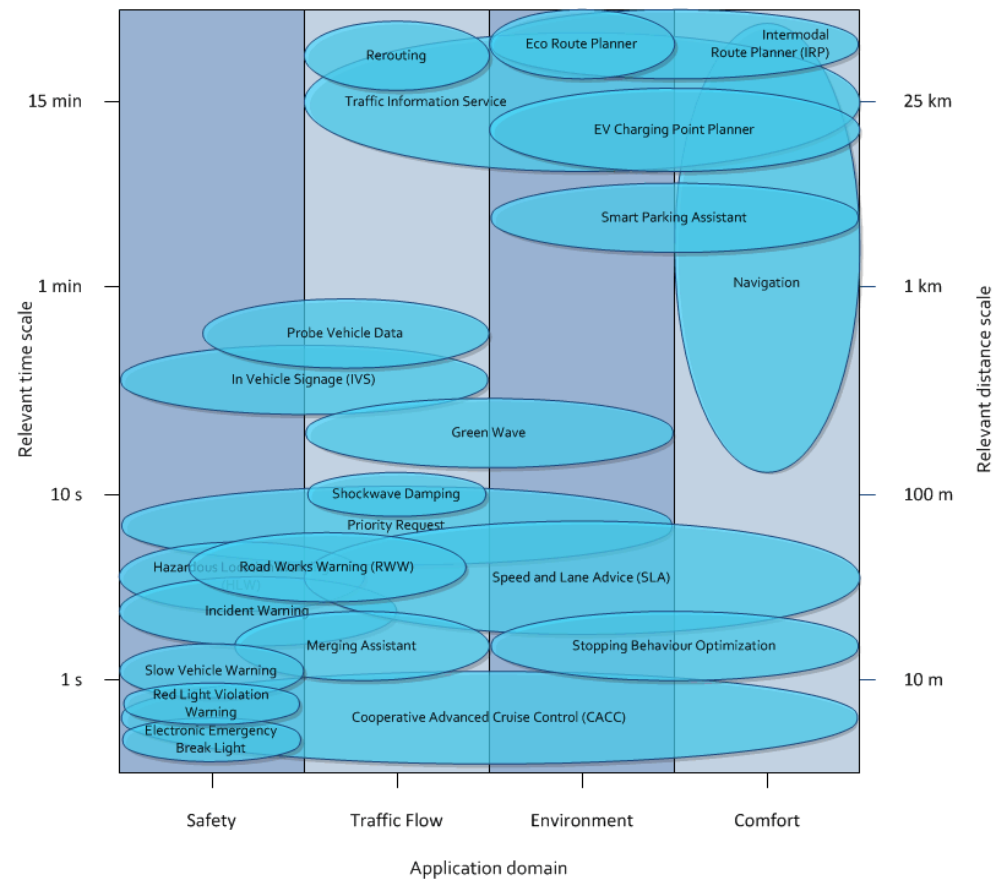
¹⁶ Voordeel is dat de markt zich van nature richt op een optimaal draagvlak onder gebruikers. Nadeel is dat de business case van ITS diensten en applicaties in het algemeen niet triviaal is waardoor het niet vanzelf van de grond komt.

netwerken), naast bedrijven die tot de oorspronkelijke ITS industrie kunnen worden gerekend. Die sterke toename valt te verklaren uit de sterk toegenomen penetratie en adoptie van mobiele informatiediensten waarop in het ITS-domein kan worden meegelift. In tal van ITS-projecten zien we beide 'bloedgroepen' vertegenwoordigd. Het vervolg op het eerder genoemde Beter Benutten programma gaat zich landelijk sterk richten op het gebruik van de bestaande mobiele netwerken, maar kijkt in specifieke projecten ook naar *dedicated* ITS infrastructuur en naar mengvormen. Belangrijke branchevertegenwoordigende organisaties in dit verband zijn DITCM, Connekt en AutomotiveNL.

Diverse bedrijven zijn betrokken in de publiek-private trajecten die door de overheid middels programma's als Beter Benutten zijn geïnitieerd. De motivatie voor deelname is het vooruitzicht van opschaling van oplossingen die in deze trajecten succesvol zijn gebleken, zelfs met de kans op exportmogelijkheden. De eerder genoemde Landelijke Ronde Tafels, zoals bijvoorbeeld die voor Architectuur en Interoperabiliteit en die voor Security, beogen opschaling te bevorderen door het maken van afspraken over bijvoorbeeld systeeminterfaces en (sub-)systeem overstijgende security maatregelen.

2.2.3 *ITS toepassingen*

Qua concrete ITS toepassingen kan gesteld worden dat de eerder genoemde driedeling (connected, coöperatief en automated) betrekkelijk is in het licht van het streven naar technologieneutraliteit. Een onderscheid tussen connected en coöperatief doet oneigenlijk aan. Naar aanleiding van een studie naar mogelijke ITS toepassingen in 2014 is Figuur 2-4 ontwikkeld waar deze toepassingen grosso modo zijn geordend in categorieën die naar relevantie op een afstand/tijdschaal zijn gepositioneerd. In de figuur is een tweetal clusters te onderscheiden. Het cluster rechtsboven betreft toepassingen die zich vooral richten op verkeersmanagement, efficiëntie en reiscomfort. De toepassingen worden niet beschouwd als tijdkritisch en komen zonder uitzondering in aanmerking om als on-line informatiedienst via mobiele netwerken in de markt gezet te worden. Het tweede cluster betreft toepassingen die gezien hun aard in aanmerking komen voor de opties OTT/cellulair dienst en coöperatieve ITS-technologie, of zelfs uitsluitend voor dat laatste, gezien het tijd-kritische karakter van die toepassingen (toepassingen onder in de figuur). Vooral met de opkomst van automated driving zullen de komende jaren nog diverse nieuwe toepassingen gaan ontstaan. Het voert hier te ver om alle in de figuur getoonde diensten stuk voor stuk toe te lichten. We beperken ons hier tot een lijstje van voorbeelden van on-line informatie diensten en tot enkele (coöperatieve) ITS toepassingen die vorig jaar en dit jaar in Nederlandse ITS projecten een rol spelen.



Figuur 2-4: Overzicht van ITS toepassingen, ingedeeld naar categorie en relevantie op de afstand/tijdschaal.

Voorbeelden van bestaande OTT-informatiediensten:

- Flitsmeister App met waarschuwing voor naderende ambulances, via een back-end integratie van Flitsmeister en het ambulance volgsysteem van de Ambulance Centrale Noord-Nederland;
- Navigatie- en reisinformatiediensten aangeboden door bedrijven als HERE en Be-Mobile;
- Nationale reisinformatie diensten met apps van de ANWB en VID, en internationale applicaties zoals iCoyote, Waze, INRIX en Michelin. De meeste van die applicaties hebben de optie om te worden geïntegreerd met voertuig-infotainment-systemen. Sommige van deze diensten passen net als Google live traffic Floating Car data toe;
- Informatie in de auto over dynamische snelheidslimieten van Rijkswaterstaat, via de MAXS app;
- De Enlighten app: het bedrijf Connected Signals werkt met BMW (VS) samen om in een aantal Amerikaanse steden groen-tijden bij kruisingen door te geven naar smartphones of naar geïntegreerde voertuiginformatiesystemen van hun klanten;
- De FlowPatrol App is onderdeel van het A58 project "Spookfiles" en is een implementatie van schokgolfdemping en filevoorwaarschuwing. De app biedt een real-time gepersonaliseerd snelheidsadvies op basis van actuele verkeerscondities;

- De Zoof App is ook gerelateerd aan “Spookfiles” en verbetert de verkeersdoorstroming op delen van de A58 en A67 snelwegen op basis van real-time verkeersinformatie en gepersonaliseerd snelheidsadvies;
- Op cloud-technologie gebaseerde “Spookrijden” waarschuwing van het bedrijf Bosch. Dit systeem gebruikt een online database van toegestane rijrichtingen voor een vergelijking. Als er verschil is tussen de rijrichting van een auto met de toegestane rijrichting, dan waarschuwt het systeem de bestuurder van die auto alsmede die van andere naderende auto's onmiddellijk. De software kan worden geïntegreerd in systemen van bestaande auto's.

Toepassingen die (mede) zijn gebaseerd op coöperatieve ITS technologie waar in landelijke ITS projecten mee wordt gewerkt (proeven, pilots) zijn:

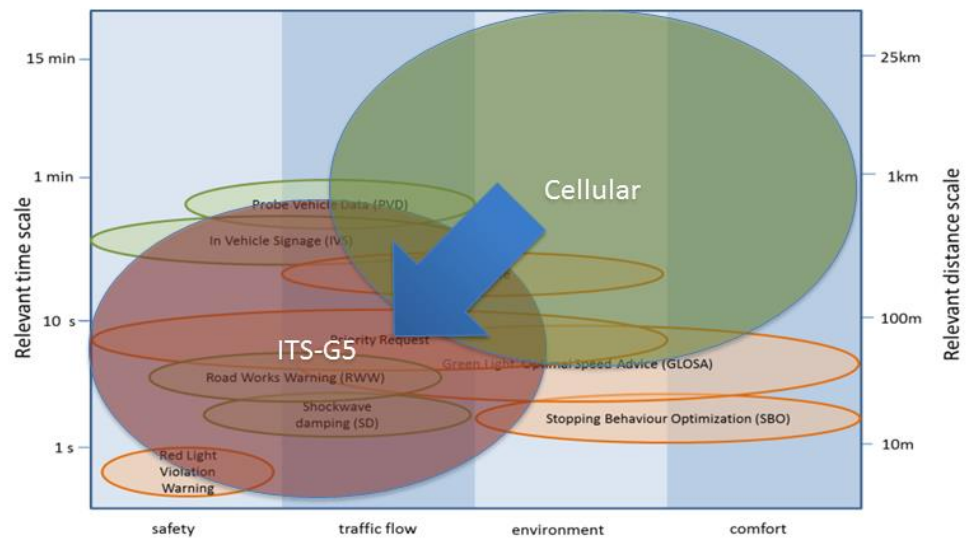
- *Road Works Warning*: bestuurders van voertuigen die een wegdeel naderen waar wegwerkzaamheden plaatsvinden krijgen een waarschuwing, ofwel via de wegkant of rechtstreeks van de mobiele installatie die de afzetting markeert;
- Diverse toepassingen die betrekking hebben op slimme afstemming van verkeerslichtregelingen op het verkeersaanbod; zoals de eerder genoemde groentijden maar ook snelheidsadvies in individuele auto's om de doorstroming te bevorderen. Een ander voorbeeld is prioritering van bepaalde categorieën voertuigen die een kruispunt naderen (Politie, Ambulance, Openbaar Vervoer);
- *Probe Vehicle Data*: Vergaring van verkeersdata door interceptie van C-ITS berichten die met C-ITS technologie uitgeruste voertuigen periodiek uitzenden.
- *In vehicle Signage*: het in de auto beschikbaar en presenteerbaar maken van verkeersgeboden en - verboden en andere voor de bestuurder relevante mededelingen.
- Schokgolfdemping zoals ook genoemd als on-line dienst, maar dan op basis van coöperatieve ITS-technologie.

2.2.4 Draadloze connectiviteit

Eerder in dit stuk werd al aangegeven dat er momenteel twee belangrijke methoden in aanmerking komen voor de realisering van ITS toepassingen: middels coöperatieve ITS technologie (ITS-G5) waarvan de standaardisatie een eind gevorderd is en waarmee proeven en pilots worden gedaan, en middels OTT informatiediensten die via mobiele netwerken worden afgewikkeld. ITS-G5 is door ETSI gestandaardiseerd en speciaal ontwikkeld voor ITS. Het is gebaseerd op IEEE 802.11p gestandaardiseerde ad-hoc draadloze connectiviteit waarbij alle daartoe uitgeruste stations (voertuigen en wegkantssystemen) binnen een beperkt geografisch bereik gestandaardiseerde berichten¹⁷ kunnen uitwisselen. Die berichtenuitwisseling wordt gegenereerd door verschillende in gebruik zijnde (coöperatieve) ITS toepassingen.

In Figuur 2-5 worden deze beide alternatieven met elkaar vergeleken gezien vanuit de toepassing. Uit de figuur is af te lezen dat ITS-G5 zich met name richt op tijdskritische toepassingen, terwijl het gebruik van OTT-diensten via mobiele netwerken vooralsnog met name geschikt is voor “best effort” toepassingen over grotere afstanden.

¹⁷ Tot nu toe zijn door CEN twee berichtensets gestandaardiseerd, namelijk event gedreven DENM berichten en periodieke CAM berichten.



Figuur 2-5: ITS-G5 en cellulaire technologie voor ITS toepassingen.

Wat we constateren is dat de uitrol en opschaling van C-ITS technologie is vertraagd door een aantal factoren, terwijl gelijktijdig de ontwikkeling van OTT/Cellulair al jaren een vlucht neemt. Tevens zien we dat de ontwikkeling van standaarden voor toekomstige 5G-mobiele netwerken door 3GPP mede wordt gestuurd door diverse sectorspecifieke eisen (zogenaamde *verticals*), waaronder ITS. Een belangrijke eis die in meerdere sectoren terugkomt is die van een zeer lage vertraging (latency). Aldus is een verschuiving gaande van de scope van OTT/Cellulair in de richting van ITS-G5 dat zich ten principale laat karakteriseren als een *low-latency* technologie.

Hoe dit zich verder gaat ontwikkelen de komende jaren is nog niet goed te zeggen omdat dit van diverse onzekere factoren afhangt. Op dit moment wint wel de visie gebaseerd op een hybride benadering aan kracht. TNO verwacht dat tegen 2020 veel duidelijk zal zijn over de vraag hoe ITS in dit opzicht zich verder zal ontwikkelen.

2.3 Uitdagingen in in-huis netwerken

Wie de media leest is geneigd te denken dat connectiviteit een kwestie is van het leveren van nog meer Megabits per seconde naar de voordeur of smartphone. Niets is echter minder waar. Connectiviteit gaat ook om het ondersteunen van diensten die bijvoorbeeld meer gebaat zijn bij een hoge betrouwbaarheid dan bij hogere bandbreedte en niet alleen in het publieke netwerk maar ook bijvoorbeeld in huis. 5G komt eraan en dat gaat niet alleen om een *Giga* snelle radiotechnologie, maar ook over *use cases* binnen *vertical markets*. Hierbij spelen ook in-huis netwerken een prominente rol.

Hier ligt een grote technische uitdaging omdat het in-huis domein tot op heden bediend wordt door vele systemen die zich allemaal op een specifiek segment van in-huis connectiviteit richten. Het gevolg daarvan is dat er sprake is van een wildgroei aan vele incompatibele ecosystemen, afkomstig van uiteenlopende leveranciers. Die ecosystemen konden ontstaan doordat tot nu toe geen enkele partij het zich kon permitteren het totaalprobleem in zijn eentje goed op te lossen, maar er wel partijen zijn die baat hebben bij het afschermen van hun deelmarkt

voor spraak, audio, video, domotica, etc. Deze bijdrage zet een aantal van de technische uitdagingen op een rij.

2.3.1 *Groei, wildgroei en complexiteit van in-huis breedband*

Er komen steeds meer apparaten in huis. Het aantal vaste en mobiele apparaten thuis neemt steeds verder toe en deze apparaten worden ook voor steeds meer uiteenlopende diensten gebruikt. Denk bijvoorbeeld aan *Media* diensten, waarbij er in iedere tienerkamer naar een ander videokanaal gekeken wordt of waarbij *virtual reality* straks voor een groot aantal nieuwe toepassingen zal gaan zorgen. Maar denk bijvoorbeeld ook aan nieuwe *eHealth* diensten, waarbij men op afstand een oogje in het zeil wil kunnen houden op bijvoorbeeld (groot)ouders, waarbij zodra sensoren een afwijkend gedrag detecteren er snel contact gemaakt wordt met de hulpbehoevende of de hulpgever. Door de ontwikkeling van steeds meer domoticatoepassingen¹⁸ voor het vergroten van het woongemak, om energie te besparen, om gemakkelijker met elkaar te kunnen communiceren, de veiligheid te verbeteren of assistentie te verlenen aan mensen met bepaalde beperkingen, zal het aantal in-huis apparaten bovendien nog verder gaan toenemen. Denk bijvoorbeeld aan slimme thermostaten, slimme lichtschakelaars, bewakings-camera's, weersensoren en bijbehorende controllers. Al die apparaten dienen onderling ook met elkaar te kunnen communiceren.

De gebruikte datasnelheid neemt hierdoor steeds verder toe, want alle diensten tezamen vereisen steeds meer bandbreedte en dan met name die diensten die van bewegende beelden gebruik maken. Tal van technische *access* oplossingen zijn/worden ontwikkeld om die bandbreedte naar woningen te brengen, zowel draadloos (met name 4G, 5G) als draadgebonden (met name VDSL, G.fast, DOCSIS, glas). Dat is doorgaans het domein van een paar telecombedrijven die ervoor zorgen dat de technologie redelijk gestandaardiseerd is en apparaten met elkaar kunnen samenwerken.

Het alleen brengen van hoge bandbreedtes tot aan de voordeur is echter van beperkte waarde als dat niet ook afgeleverd kan worden op iedere plek in iedere woon-/werk-/slaapkamer van een woning. Daarom worden er ook tal van technische *in-huis oplossingen* ontwikkeld om de benodigde datasnelheden op iedere plek in de woning te kunnen afleveren. Dat in-huis domein is het domein van iedere eindgebruiker afzonderlijk, waardoor die ook zelf het beheer, onderhoud en migratie van dat in-huis netwerk moet doen. Maar niet iedereen beschikt over de daarvoor benodigde kennis. Mede daardoor is er een wildgroei ontstaan van verschillende in-huis systemen naast en door elkaar, zowel draadloos (Wi-Fi, DECT, Bluetooth, domotica oplossingen, free space optical, ...¹⁹), als draadgebonden (Ethernet over CAT5/CAT6, lichtnetmodems oftewel Power Line Communication (PLC), domotica-systemen, MoCa²⁰ en G.fast over coax, Plastic Optical Fiber (POF), ...).

¹⁸ Ook wel smart home of huisautomatisering genoemd. Zie bijvoorbeeld:

- <https://tweakers.net/categorie/933/smarthome/>
- <https://tweakers.net/reviews/3876/de-opkomst-van-domotica-intelligentie-sluipt-de-woning-in.html>
- <https://tweakers.net/reviews/3960/dirigenten-voor-het-domotica-orkest.html>

¹⁹ Zie de Monitor Draadloze Technologie van dit voorjaar,

<https://www.tno.nl/nl/aandachtsgebieden/industrie/networked-information/vitale-ict-infrastructuur/monitor-draadloze-technologie-voorjaar-2016/>

²⁰ Multimedia over coax

Voor de eindgebruiker zou deze verzameling van uiteenlopende oplossingen, apparaten en diensten van verschillende fabrikanten en aanbieders zich als een harmonieus samenwerkend en gemakkelijk te bedienen geheel moeten kunnen presenteren, zonder concessies te doen aan privacy en beveiliging. De praktijk is echter anders. Het begint al met het gemakkelijk en veilig willen aankoppelen van nieuw aangekochte apparaten, waarbij eindgebruikers zelf van alles moeten configureren om nieuwe apparatuur te kunnen initiëren. Dat levert soms vragen op naar IP-adressen, beveiligingssleutels, een te kiezen SSID, of zelfs subnet maskers. Vervolgens moet de gewenste dienst ook geïnitieerd worden. Er zijn soms wel handige oplossingen voor, maar partijen als Google, Facebook, Microsoft, etc vereisen dan dat je bij hen een account aanmaakt.

Daarnaast zouden eindgebruikers bijvoorbeeld een video die ze bekijken op een smartphone gemakkelijk willen kunnen voortzetten op bijvoorbeeld op hun TV zodra ze hun huis binnen komen. Ook hiervoor zijn soms wel handige oplossingen, maar bijvoorbeeld Ziggo, Android en Apple hebben allemaal verschillende ecosystemen, en tussen die ecosystemen zal zo'n oplossing meestal niet werken. Dit alles brengt steeds meer complexiteit voor de eindgebruiker met zich mee.

De realiteit is dat verschillende fabrikanten er belang bij hebben om uiteenlopende ecosystemen te creëren voor audio (bijv. Sonos, iTunes van Apple), video (bijv. OTT oplossingen van Netflix, gesloten settopboxen van Ziggo over coax en KPN over *twisted pair*, Google's Chromecast dat niet overweg kan met iPhones), domotica oplossingen (met een veelvoud aan eigen protocollen en meerdere frequenties), enzovoorts, die onderling incompatibel zijn. Veel apparaten die functioneel op elkaar lijken kunnen daardoor niet of matig met elkaar samenwerken.

Een andere realiteit is dat als diensten het laten afweten ten gevolge van netwerkproblemen, de meeste gebruikers ook niet de middelen en vaardigheden hebben om dit op te lossen. Wanneer een dienst het niet doet (bijv. Netflix), blijkt nu al dat gebruikers dan niet Netflix bellen maar de helpdesk van hun provider (zoals KPN). En die heeft op zijn beurt weer niet de middelen om in het in-huis netwerk van de klant te kijken, onder andere omdat vele eindgebruikers hun netwerk (begrijpelijk) afschermen uit privacyoverwegingen, en omdat er geen gestandaardiseerde tools zijn voor het op afstand monitoren en analyseren van een willekeurig in-huis netwerk en deze in-huisnetwerken ook niet gemakkelijk met elkaar vergeleken kunnen worden.

2.3.2 *Breedband gaat dus om veel meer dan alleen datasnelheid*

Het leveren van breedband gaat daarom om veel meer dan alleen het brengen van datasnelheid; er dient ook een heel pakket aan diensten te worden ondersteund. Veel van die diensten en technologieën komen samen in de in-huis omgeving. Het gaat dus ook om *in-huis breedband* waar nu al meerdere netwerken, diensten en apparaten naast elkaar bestaan die elkaar ook nog eens kunnen verstoren. Eigenlijk wil men al die diensten vanaf iedere plek in de woning kunnen gebruiken, dus ook vanaf de bank, vanuit bed, en op alle verdiepingen van een woning. Al die oplossingen dienen tevens in voldoende bandbreedte te voorzien, simpel en veilig aangesloten te kunnen worden, eenvoudig te bedienen te zijn, flexibel en real-time overgezet te kunnen worden op een ander apparaat (bijvoorbeeld van smartphone naar TV) en betrouwbaar zonder haperingen te werken.

De ontwikkelingen rond 5G hebben hier alles mee te maken. 5G is een wereldwijd initiatief om het netwerk van de toekomst te creëren, om naadloze connectiviteit

mogelijk te maken over core-, access- en in-huisnetwerken heen. Dat omvat dus ook het oplossen van de in-huis uitdagingen.

5G maakt gebruik van zowel draadloze als draadgebonden transporttechnieken, en gaat daarmee veel verder dan alleen een nieuwe draadloze Gigabit transport techniek²¹. 5G gaat ook over het mogelijk maken van verschillende *use-cases* voor *vertical markets*²². Twee van die *vertical markets* met *use-cases* zijn alleen al vanuit hun economisch perspectief en vanuit hun maatschappelijk belang zeer relevant voor in-huis breedband: **Media**²³ en **eHealth**²⁴. De eerste, Media, heeft zich al bewezen als een bron van nieuwe bedrijfstakken (waaronder *gaming*) en is een drijvende kracht achter nieuwe ontwikkelingen (zoals *virtual reality* en UHD televisie). De tweede, eHealth, is relevant door de toenemende vergrijzing in de westerse wereld. Deze 5G *use-cases* brengen diverse uitdagingen met zich mee die ook voor in-huis netwerken opgelost moeten worden. De meest in het oog springende zijn het mogelijk maken van 1) een uniform netwerkconcept, 2) een hoge verkeersdichtheid, 3) een snelle groei van 5G diensten en 4) een hoge betrouwbaarheid. Deze worden hieronder één voor één toegelicht.

2.3.3 *Uitdaging 1: Uniform netwerkconcept*

Een in-huisnetwerk zou idealiter zo moeten werken dat het de diensten zo netwerktechnologie-agnostisch mogelijk ondersteunt. Het presenteert zich dan als een uniform netwerkconcept, en maakt het mogelijk om de complexiteit van het geheel terug te dringen voor zowel eindgebruikers, verticale businesssegmenten als voor derden die het in-huisnetwerk voor eindgebruikers (deels) zouden kunnen beheren. Het maakt het ook mogelijk er een open ecosysteem van te maken voor technische- en businessinnovaties.

Echter, hoe doe je dat wanneer de onderliggende in-huis transporttechnologieën zeer heterogeen van aard zijn? De huidige draadgebonden infrastructuur is nu al een mix van *twisted-pair* telefonielijnen (DSL), CAT5 bekabeling (Ethernet), coax, elektriciteitsleidingen en vezel (glas of POF). De draadloze infrastructuur is een mix van Wi-Fi, Bluetooth, 4G, etc. De 5G technologie dient naadloze connectiviteit mogelijk te maken, door nieuwe en bestaande infrastructuur optimaal met elkaar samen te laten werken.

Vandaag de dag bieden veel access providers en OTT-service providers hun eigen oplossingen aan die onderling incompatibel en niet gestandaardiseerd zijn, waardoor nieuwkomers en nieuwe diensten (bijvoorbeeld voor eHealth) er geen gebruik van kunnen maken en dus hun eigen technologie moeten meeleveren. Bovendien is de huidige heterogene situatie al een bron van veel klantklachten geworden, en dit zal alleen maar toenemen wanneer netwerken complexer worden.

²¹ Zie 5G PPP whitepaper "View on 5G architecture", <https://5g-ppp.eu/wp-content/uploads/2014/02/5G-PPP-5G-Architecture-WP-For-public-consultation.pdf>

²² Zie 5G PPP document "5G PPP use cases and performance evaluation models", https://5g-ppp.eu/wp-content/uploads/2014/02/5G-PPP-use-cases-and-performance-evaluation-modeling_v1.0.pdf

²³ Zie 5G PPP whitepaper over "5G and Media&Entertainment", <https://5g-ppp.eu/wp-content/uploads/2016/02/5G-PPP-White-Paper-on-Media-Entertainment-Vertical-Sector.pdf>

²⁴ Zie 5G PPP whitepaper over "5G and eHealth", <https://5g-ppp.eu/wp-content/uploads/2014/02/5G-PPP-White-Paper-on-eHealth-Vertical-Sector.pdf>

2.3.4 *Uitdaging 2: Hoge verkeersdichtheden*

De 5G *use-cases* gaan ervan uit dat het 5G netwerk een capaciteit kan bieden van vele Terabits per seconde voor iedere vierkante kilometer, hetgeen al snel neerkomt op meerdere Gb/s per woonhuis. Maar hoe wordt dit gerealiseerd? Zelfs met het plaatsen van Wi-Fi toegangspunten in iedere kamer zullen die snelheden niet gehaald gaan worden. Wi-Fi is een systeem zonder centrale (frequentie) planning, met overvolle banden, waardoor frequenties niet optimaal benut worden en Wi-Fi nodes gemakkelijk kunnen interfereren met Wi-Fi nodes in andere kamers en bij de burens. Verder zijn de toegewezen frequentiebanden te smal voor dergelijke datasnelheden.

5G systemen kunnen die centrale regie wel bieden, maar men kan niet verwachten dat een enkelvoudige 5G *radio head* vanuit de straat voldoende in-huis dekking kan bieden om iedere kamer te voorzien van datasnelheden tot 1 Gb/s. Vanwege alle obstakels (muren, ramen, ...) zullen er ook voor 5G meerdere antennes per woning geplaatst moeten worden om een Gb/s verbinding te bewerkstelligen naar iedere kamer, met name bij gebruik van de hogere frequentiebanden (die ook de hoogste bandbreedtes hebben). Ook de toevoerlijnen naar die antennes dienen elk 1 Gb/s aan te kunnen. Daarvoor geniet een draadgebonden verbinding de (technische) voorkeur, waardoor de heterogene verzameling van bedrade oplossingen (*twisted-pair* telefoniebekabeling, CAT5 ethernetkabels, coax kabels, elektriciteitsleidingen, glasvezel, POF) weer verder gaat groeien. De populaire lichtnetmodems (Power Line Communications, PLC) kunnen gemakkelijk verstorend werken op andere PLC apparatuur (en dus ook op die van de burens) en op de VDSL en G.fast technologie die in telefoniebekabeling gebruikt wordt. En ook die systemen kennen geen centrale regie (*un-managed*) om signaalniveaus en spectra van PLC en VDSL/G.fast op elkaar af te stemmen om die interferentie te beperken.

Daarnaast moeten de verkeersaders naar iedere woning afzonderlijk ook voldoende breedbandig zijn om 1 Gb/s van en naar de woningen te kunnen brengen (*access backhaul*). Alle huizen aansluiten op glas werkt technologisch gezien prima, maar om dat allemaal en overal aan te leggen (sleuven graven, installatietijd, afspraken maken met klanten, vergunningen regelen) is vooralsnog veel te duur, en kost (te?) veel tijd. Ook hier zullen hybride oplossingen nodig blijven die glas combineren met bestaand koper (op basis van VDSL, G.fast, Docsis, ...). Juist door hergebruik van bestaande telefoniebekabeling kunnen veel (graaf)kosten en (installatie)tijd bespaard worden. Nieuwe technologieën zoals VDSL/35b en G.fast gaan steeds hogere snelheden mogelijk maken (tot meer dan 1 Gb/s).

2.3.5 *Uitdaging 3: Snelle groei van 5G diensten*

De commerciële uitrol van 5G wordt vanaf 2020 verwacht²⁵, en de Global mobile Suppliers Association (GSA) gaat er in zijn marktverwachtingen vanuit dat tegen 2025 de op 5G gebaseerde diensten een significant marktaandeel zullen hebben. Dat is zeer ambitieus voor de in-huis omgeving, mede omdat er nu al vele (incompatibele) ecosystemen zijn die uitgerold zijn door uiteenlopende (service) providers.

Snelle introductie van 5G in huis wordt dus een enorm gevecht tegen de zogenaamde *legacy*: alle systemen die mensen ooit voor veel geld hebben aangeschaft en met veel moeite werkend hebben gekregen worden niet zomaar

²⁵ Zie 5G PPP whitepaper over "5G Vision", <https://5g-ppp.eu/wp-content/uploads/2015/02/5G-Vision-Brochure-v1.pdf>

aan de kant gezet. Zo hebben veel mensen nog steeds 15 jaar oude Wi-Fi 802.11b apparaten in huis. De uitdaging voor 5G wordt om zoveel mogelijk rekening te houden met of, nog beter, samen te werken met deze *legacy* systemen, of anders mensen te overtuigen deze systemen versneld af te schrijven ten faveure van nieuwe 5G apparaten. Zo niet, dan zal de groei van 5G diensten afremmen.

2.3.6 *Uitdaging 4: Extra betrouwbare communicatie*

In een overbelaste Wi-Fi omgeving is nu al te zien dat verbindingen gemakkelijk gaan haperen, onder meer doordat de dekking niet overal even goed is of zelfs niet aanwezig. Dat laatste zal met een andere radiotechnologie vanuit dezelfde antennelocaties niet veel beter zijn. En ook na het plaatsen van meerdere antennes in dezelfde woning zullen er nog steeds witte vlekken blijven met beperkte of geen dekking. En bij gebruik van hogere frequenties (voor meer bandbreedte) wordt dat er alleen maar moeilijker op.

Wanneer een hulpbehoevende valt in een ruimte waar slechte ontvangst is, kan hij/zij (of zijn/haar sensoren) geen alarm slaan. In die gevallen is redundantie nodig opdat er snel en volautomatisch overgeschakeld kan worden naar een ander transportsysteem (bijvoorbeeld naar de Wi-Fi van de burens, naar publiek 5G, of desnoods naar het langzamere doch betrouwbaardere DECT). De continuïteit van een eHealth dienstverlening mag daar niet door verstoord worden. Dat alles vereist orkestratie over verschillende netwerkdomeinen heen. Die functionaliteit bestaat nog nauwelijks en vereist dat netwerken in-huis programmeerbaar worden: “als sensor 1 afgaat en het eigen Wi-Fi doet het niet, dan moet het Wi-Fi van de buurman tijdelijk open worden gezet en de webcam daarop worden aangemeld.” Dit vereist vervolgens dat nieuwe netwerkfunctionaliteit achteraf aan netwerkapparatuur moet kunnen worden toegevoegd (NFV, Network Function Virtualization). Dat wordt nog niet eenvoudig: in-huis netwerken zijn doorgaans allemaal oplossingen zonder centrale regie (*un-managed*), en om privacyredenen geven eindgebruikers dat niet zomaar uit handen aan derden.

2.3.7 *En hoe gaat dat opgelost worden?*

Streven naar een enkele, uniforme transporttechnologie naar en in het huis zal niet de oplossing zijn, want de ideale transporttechnologie bestaat niet. Het in-huisnetwerk zal altijd een heterogene mix blijven van goede (en minder goede) vaste en draadloze transporttechnologieën. Dus dat zal een uitgangspunt blijven waaromheen een uniforme doch heterogene netwerkoplossing ontwikkeld moet gaan worden.

Het huidige streven van traditionele *access providers* naar (meer) controle over de home gateway kan voor een aantal gebruikers een oplossing zijn²⁶. Zij leggen dan het beheer van (en dus de controle) hun netwerk in handen van een derde partij. Maar uit privacy overwegingen is niet iedere eindgebruiker daarvan gecharmeerd.

Wat wel aannemelijk is, is dat meerdere apparaten (waaronder netwerkapparatuur) binnen in-huis netwerken over steeds meer reken- en opslagcapaciteit gaan beschikken, waardoor hun functionaliteit meer en meer bepaald gaat worden door software die achteraf wordt aangepast of toegevoegd (NFV). Dat geeft het in-huis systeem meer flexibiliteit en modulariteit, en het introduceren van nieuwe diensten komt dan neer op het downloaden van software voor die devices. Door er meer

²⁶ Zie de werkzaamheden in Broadband Forum aan TR 317, Network Enhanced Residential Gateway (NERG)

intelligentie aan toe te voegen kunnen deze apparaten zichzelf dan ook (binnen bepaalde grenzen) autonoom configureren; de eindgebruiker hoeft daar dan niet meer mee lastig gevallen te worden. Dit is in ieders voordeel, maar de eindverantwoordelijkheid daarvan dient wel bij de eindgebruiker te blijven: het is tenslotte zijn netwerk. Bij die verantwoordelijkheid hoort ook de beslissing welke partij toestemming krijgt om welk deel van zijn netwerk te beheren.

Binnen zo'n concept is het denkbaar dat een deel van de huidige functionaliteit van een home gateway gedistribueerd gaat worden over meerdere apparaten, dus ook deels binnen de in-huis omgeving en deels daarbuiten (in de "cloud"). De strikte scheiding tussen access netwerken en in-huisnetwerken zal daardoor gaan vervagen en ook draadgebonden en draadloze netwerken zullen steeds meer in elkaar overvloeien.

Om dit goed te laten werken is standaardisatie cruciaal, zoals dat nu al gebeurt voor vaste en mobiele netwerken (ITU, BBF, ETSI, etc). Dachten sommige (grote) partijen tot voor kort nog dat ze het huisnetwerk wel konden overnemen en domineren met hun eigen specifieke technologie, met de introductie van 5G is dat dus echt voorbij. Het netwerk bevat dan meer subsystemen dan welke fabrikant dan ook in zijn portefeuille heeft of ooit zal hebben. Natuurlijk, het ontwikkelen en consolideren van goede wereldwijde standaarden is duur, en vereist partijen die er een duidelijk belang bij hebben. Voor vaste en mobiele netwerken is het kostenvoordeel voor fabrikanten en operators voldoende evident om te investeren in de ontwikkeling van mondiaal geconsolideerde standaarden. Bij in-huis netwerken was dat tot voor kort veel minder evident. Maar met de komst van 5G is het denkbaar dat er voldoende belanghebbenden zullen zijn om hier verandering in te brengen.

Allereerst zijn er de traditionele netwerkproviders die graag kosten willen besparen door het aantal helpdeskvragen terug te dringen of vragen efficiënter af te wikkelen. Zij hebben belang bij goede *monitoring tools* en *apps*, die op alle in-huis netwerken kunnen draaien doordat NFV oplossingen goed gestandaardiseerd zijn.

Daarnaast zijn er de service providers die graag kosten willen besparen op de ontwikkeling, uitrol en opwaardering van diensten doordat de daarvoor benodigde in-huis software ongewijzigd werkt op vrijwel ieder netwerk. Hierbij gaat het onder meer om service providers van tijdkritische diensten (*low latency*), zoals bijvoorbeeld *gaming*, *virtual reality*, *video conferencing*, medische applicaties, etc. Zij hebben belang bij uniforme manieren om aan de in-huis regiesoftware te vragen hun diensten prioriteit te geven.

Ook relevant zijn fabrikanten die nog niet hun stempel op de markt hebben kunnen drukken met een eigen ecosysteem en daarom een marktaandeel willen veroveren met uniforme en gestandaardiseerde oplossingen die veel robuuster zijn en zich gemakkelijk (softwarematig) laten aanpassen voor toekomstige vereisten.

Bij het tot stand komen van deze standaarden zullen *open source communities* zonder twijfel een hele grote rol gaan spelen met het implementeren en testen van (deel)oplossingen die in feite een de-facto standaard kunnen neerzetten. Welke *communities* dat precies gaan zijn valt nu nog niet te voorspellen.

2.4 Ontwikkeling van Smart Cities

De verwachtingen voor de toepassingen van het Internet of Things in Smart Cities zijn torenhoog. Geschat wordt dat er 20 miljard apparaten verbonden zijn aan het

internet en er wordt een verdubbeling van dit aantal voorspeld in de komende paar jaar²⁷. Dit artikel beschrijft welke ontwikkelingen nu plaatsvinden in de slimme stad in Nederland en laat zien hoe we in de context van Smart Cities nieuwe toepassingen kunnen ontwikkelen die gebruik maken van de draadloze infrastructuur.

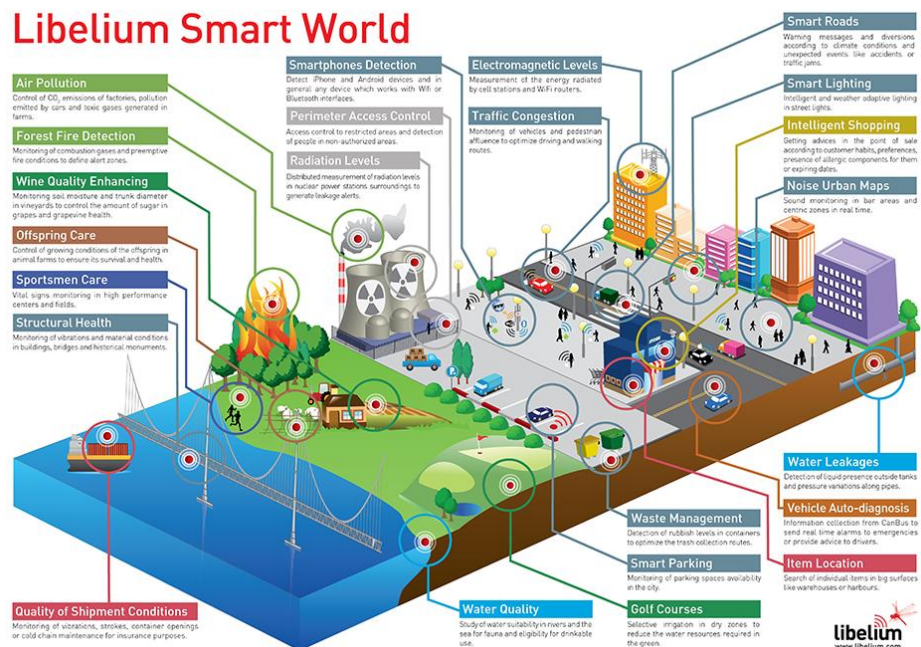
2.4.1 De slimme stad

De slimme stad, meestal aangeduid als Smart City, heeft op dit moment een hele brede definitie. Hier hanteren we twee definities:

- Het is een stad die gebruik maakt van ICT om de problemen in de stad aan te pakken, zowel voor burgers, bedrijven als de overheid.
- Het is een stad die in staat is om te leren van zichzelf en zo steeds op een slimmere manier vernieuwt.

In de praktijk is realisatie van het Smart City concept nog behoorlijk lastig. Werkprocessen sluiten hier nog niet op aan en ook de digitale vaardigheden van de overheid lopen achter. Het bedrijfsleven echter loopt voorop en heeft deze manier van denken al veel eerder omarmd.

Het toepassen van trends als Big Data en Internet of Things om efficiënter te worden in eigen processen, de processen op een nieuwe manier uit te voeren of zelfs hele nieuwe businessconcepten te lanceren is in het bedrijfsleven heel gewoon. De ketens van verschillende bedrijven komen vaak samen in de stad en dit is dé plek waar een nieuwe reeks innovaties bij elkaar gaat komen. Figuur 2-6 toont een overzicht van verschillende Internet-of-Things toepassingen.



Figuur 2-6: Infographic met een overzicht van Internet-of-Things toepassingen in het Smart Cities domein en daarbuiten²⁸.

²⁷ <http://www.forbes.com/sites/gilpress/2016/09/02/internet-of-things-by-the-numbers-what-new-surveys-found/#73ab45f33196>

²⁸ <http://www.libelium.com/libelium-smart-world-infographic-smart-cities-internet-of-things>

2.4.2 Trends

Autonome voertuigen, robotisering, *augmented reality* en *artificial intelligence* zijn opkomende trends van dit moment. Deze ontwikkelingen zijn allemaal gebaseerd op het feit dat meer en meer is verbonden met het internet en er dus steeds meer data beschikbaar komt die op zijn beurt geanalyseerd moet worden om goede nieuwe diensten te kunnen leveren. Om deze data beschikbaar te maken is draadloze technologie nodig. In onze voorgaande draadloze monitor staat een uitvoerig overzicht van alle technologieën voor communicatie. Daarnaast blijven chips en sensoren steeds kleiner en goedkoper worden en zijn er ook steeds meer nieuwe soorten sensoren beschikbaar.

Een mooie voorbeeld is de nieuwe sensor die onlangs is aangekondigd door Intel²⁹. Sensor en chip zijn samen even groot als een peperkorrel, de stroom wordt geoogst (*geharvest*) van Wi-Fi en de sensordata kan real-time via Bluetooth doorgestuurd worden naar een ontvanger, zoals bijvoorbeeld een telefoon. Niet alleen veranderen hierdoor de aanschafkosten, maar dit staat ook een volledig ander gebruik toe nu er geen stroomkabel nodig is en de sensor zo klein is dat hij overal in verwerkt zou kunnen worden.

2.4.3 Verdienmodellen veranderen

Nieuwe ontwikkelingen als LoRa en goedkope chips van Intel zorgen voor een kanteling van verdienenmodellen die voorheen niet uit konden, maar nu opeens wel mogelijk zijn. Denk bij LoRa aan een goedkope sensor in iedere afvalbak, fiets, lantarenpaal, uithangbord, winkelatalage etc. Nog maar twee jaar geleden kostte een sensor met mobiele data nog 50 euro, plus 100 euro voor een gsm abonnement en 200 euro installatiekosten. Nu kan voor 10 euro een sensor geïntegreerd worden die geen databundel meer nodig heeft en gegarandeerd drie jaar mee gaat. Door zijn kleine omvang in de vorm van een sticker of button kan hij eenvoudig worden bevestigd zonder stroomaansluiting. Wanneer de batterij op is kan de oude sensor zo makkelijk vervangen worden door een nieuwe.

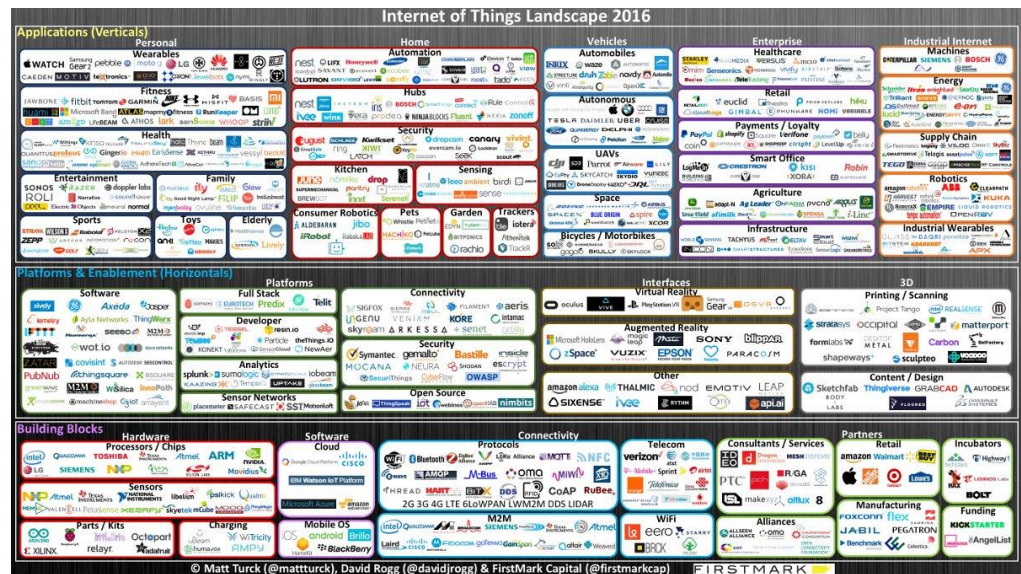
Hierdoor wordt het mogelijk om ook in minder bereikbare gebieden sensoren te koppelen aan het internet. Voorbeelden van actuele innovatie met bijvoorbeeld LoRa of Beacons technologie zijn: wissels van Pro-Rail die in afgelegen gebieden nu goedkoop op afstand gekoppeld kunnen worden, buttons die je in je fiets kunt verwerken zodat je hem op afstand kunt terugvinden in geval van diefstal. Of bushokjes die je zonder GPS precies kunnen vertellen waar je bent om zo je batterij te sparen en op maat gemaakte diensten te maken voor een specifieke locatie.

Door de kostenreductie en verkleining verschuift de toegevoegde waarde van bedrijven die dit soort diensten aanbieden. Stel dat er nu 1 euro winst gemaakt kan worden op een sensor, dan moet een bedrijf al miljoenen sensoren verkopen om het personeel te kunnen betalen. Inmiddels levert een organisatie als AliBaba³⁰ rechtstreeks de mogelijkheid om deze in China in grote hoeveelheden aan te kopen. Ook kan de data die uit deze sensoren komt makkelijk opgeslagen worden in de "cloud" waardoor de noodzaak voor eigen datacenters af neemt.

In plaats van te verdienen op het leveren van sensoren, hardware of het installeren van sensoren zijn nu de analyses op de data die er uit komt en het handelingsperspectief dat dit biedt van belang.

²⁹ <http://computerworld.nl/algemeen/94202-ultraklein-iot-chipje-ingezet-voor-pakketleveringen>

³⁰ <http://www.alibaba.com>



Figuur 2-7: Overzicht van bedrijven in verschillende Internet-of-Things markten³¹.

Figuur 2-7 toont een overzicht van bedrijven in het Internet-of-Things domein.

2.4.4 Het fysieke internet

Door genoemde ontwikkelingen wordt alles in onze fysieke omgeving een sensor of iets wat aangesloten is op het internet. Van afvalbakken in de stad, stoplichten op straat, verkeersborden langs de weg, koeien in de wei tot zelfrijdende auto's. Zie ook Figuur 2-8. Zelfs de producten in de supermarkt kunnen worden uitgerust met een "versheidssensor" die ingebouwd in het etiket laat zien dat het product nog in optimale conditie is.



Figuur 2-8: Straatbeeld van Amsterdam. Stel dat alles wat je ziet verbonden is met internet?

Bestaande netwerken schieten echter tekort bij de volgende slag innovaties: autonome auto's, Augmented Reality gecombineerd met Internet of Things, Big Data en Smart Cities. Bij al deze toepassingen verzamelen sensoren zo veel data dat wanneer iedereen in de stad hiervan gebruik gaat maken het niet zomaar haalbaar is om alle data te verzamelen en diensten te leveren.

Traditioneel verdelen we de stad in verschillende domeinen zoals: energie, water, mobiliteit, leefbaarheid, gebouwen en publieke dienstverlening. We zien dat door de nieuwe mogelijkheden deze scheidslijnen aan het verdwijnen zijn en dat er bedrijven ontstaan die buiten deze gebaande paden hun diensten leveren.

³¹ <http://mattturck.com/2016/03/28/2016-iot-landscape>

2.4.5 *Disruptie in nieuwe combinaties*

Niet alleen sensoren gaan meten, ook wij gaan input leveren aan deze combinaties. Onze omgeving wordt nu volledig in 3D gevat doordat we met allerlei smart glasses met augmented reality rondlopen die de volledige omgeving nauwkeurig in kaart kunnen brengen. Dit gecombineerd met de kaarten die zelfrijdende auto's van onze omgeving maken leidt tot nieuwe interactieve diensten. In Rotterdam is men nu al bezig om zo'n eerste versie van een 3D kaart van de stad te maken en dit te combineren met andere bestaande datasets. Via de Roadmap Next Economy die in samenwerking met Rifkin in Rotterdam/Den Haag ontwikkeld wordt³² is er ook een wens voor een Urban Facility die het bij elkaar brengen van dit soort data faciliteert.

Een duidelijk voorbeeld van een bedrijf dat disruptief is en geld verdient met data is Uber³³. Niet alleen biedt dit bedrijf een dienst aan om je nu van A naar B te vervoeren, ook weet Uber precies wanneer het waar druk is om zo optimaal de chauffeurs te sturen en invloed uit te oefenen op de prijs. Daarnaast kan het advies geven over waar het zinnig zou zijn om nieuwe OV lijnen in te zetten. Of misschien wel het opheffen van lijnen en vervangen door maatwerkvervoer van Uber zelf. Daarnaast weet Uber welke restaurants, winkels of bedrijven goed lopen door te kijken hoe vaak dit een bestemming is. Aan de hand hiervan kan het bedrijf zelfs ook een profiel van je maken en de beprijzing hierop aanpassen.

Andersom zijn er ook interessante ontwikkelingen. Stel dat er 3 miljoen zelfrijdende auto's zijn en iedere auto meet overal waar hij rijdt de temperatuur, neerslag en fijnstof-uitstoot. Dan kan het KNMI of bijvoorbeeld buienradar deze data gebruiken om veel accuratere modellen te maken van de effecten van het weer op straatniveau in plaats van tien bij tien kilometer en in combinatie met de rijbewegingen en motorkarakteristieken ook windstoten meenemen op de weg en zo beter voorspellen wanneer er gladheid ontstaat of gevaarlijke wegsituaties voor vrachtwagens.

2.4.6 *Innovatiehubs*

Om te leren omgaan met deze nieuwe werkwijze worden nu allerlei *living labs* of *innovatiehubs* georganiseerd. Het Amsterdam ArenA Innovatie Centrum³⁴ is hier een goed voorbeeld van. In het verleden werden bewakingscamera's gebruikt om te bewaken, regelinstallaties gebruikt voor het klimaat, schakelaars voor de verlichting en toegangspoortjes voor de ingang. Nu kan met sensoren in de gaten gehouden worden hoeveel mensen in de rij staan voor de toegangspoorten, kan met de camera's bekeken worden of de mensen tevreden of ontevreden zijn in delen van de ArenA en kan met deze informatie gestuurd worden op betere *hospitality* zodat er een betere beleving/ontvangst voor de mensen in het gebied is. Figuur 2-9 toont de Amsterdam Arena en het omliggende gebied.

³² <http://mrdh.nl/RNE>

³³ <http://www.uber.com>

³⁴ <http://www.amsterdamarena.nl/innovation-center-2.htm>



Figuur 2-9: Het gebied rond de Amsterdam Arena trekt jaarlijks meer dan 16 miljoen bezoekers om te wonen, werken, winkelen en naar evenementen te gaan.

Verder gaat het wanneer ook de gegevens van sensoren op straatlantaarns, verkeersborden, parkeertegels, zelfrijdende auto's en van mobiele telefoons met elkaar gecombineerd worden zodat het veiliger wordt in het gebied wanneer er 100.000 mensen tegelijkertijd aanwezig zijn bij een combinatie van meerdere festiviteiten, werkende mensen (veel grote kantoren), winkelend publiek en bewoners.

De ArenA wil niet alleen de afvalbakken, wc's, beveiliging, horeca of parkeerlocaties uitrusten met sensoren, maar werkt ook al met het op de centimeter nauwkeurig volgen van de spelers tijdens een wedstrijd waarbij de locatie-informatie op het veld gecombineerd zou kunnen worden met medische data zoals hartslag, temperatuur of beweging van de speler om de fitheid of effectiviteit van spelers in bepaalde situaties zichtbaar te maken. Ook kan een streaming panoramabeeld van het veld gegenereerd worden in 3D waarbij je thuis automatisch de bal of een specifieke speler kan volgen en zelf kan kiezen waar in de 8k video stream je in wilt zoomen.

In Eindhoven wordt nu in een winkelgebied gewerkt met meerdere partijen om te kijken wat er met sensordata in combinatie met uitgaansgebieden gedaan kan worden. Geluidsmetingen, camerabeelden, maar ook horecaomzet wordt als dataset gebruikt om nieuwe concepten voor bijvoorbeeld dynamische inzet van beveiligingspersoneel te proberen.

2.4.7 Opschaling

De stap van living lab naar grootschalige toepassing in Nederland of Europa is niet triviaal. Iedereen is vaak enthousiast voor zo'n living lab en wil graag experimenteren en er veel energie en effort in steken, maar het uiteindelijke businessresultaat laat vaak nog op zich wachten. Het is wennen voor iedereen die dit soort systemen inkoopt of wil gaan gebruiken. Nu worden de meeste overheids- en bedrijfsbeslissingen vaak zonder data genomen.

Een data-gedreven beslisproces begint altijd bij het visueel inzichtelijk maken van de huidige situatie in bijvoorbeeld een dashboard. Deze informatie vervolgens ook gebruiken om efficiënter te worden en kosten te besparen of omzet te vergroten is al een stuk moeilijker. Nog lastiger is het om bestaande processen te versimpelen of aan te passen. Marktdisruptie slaat deze stap over en gaat meteen naar de nieuwe manier van werken. Dit gebeurt nu veel bij startups die geen historie hebben met bestaande bedrijfsprocessen of de bestaande manier van werken.

In het Verenigd Koninkrijk wordt op dit moment een Urban Big Data Centre³⁵ opgericht door universiteiten, overheden en het statistiekbureau. Hierin wordt alle landelijke data gecombineerd van sensoren, sociale media, overheden, bedrijfsleven en open databronnen om onderzoek te doen naar de stedelijke problematiek. Hierbij wordt privacy gewaarborgd en wordt via een gedegen proces ook persoonlijke (medische) data met veel aandacht voor anonimisering, aggregatie en vertrouwen gecombineerd met andere datasets in het lab.

Dit alles gaat er natuurlijk vanuit dat alle data zomaar met iedereen gedeeld wordt en dat iedereen zich daar prettig bij voelt. In de praktijk zal dat anders uitpakken, enerzijds omdat deze informatie voor bedrijven commerciële waarde heeft en er dus afspraken over gemaakt moeten worden, anderzijds omdat we als producent van al deze data ook zelfbeschikking willen hebben over wie met onze “eigen” data aan de haal mag gaan. Tegelijk willen we ook “gratis” gebruik blijven maken van diensten. Dit levert een spagaat op die de komende jaren nog niet beslecht zal worden. Zeker is dat dit nog een tijdje lang een verwarrende cocktail gaat worden van altijd achterlopende wetgeving, al dan niet goed geïnformeerde publieke opinie, privacy van burgers en commerciële belangen.

De verwachte explosie van nieuwe toepassingen in het Smart Cities domein leidt tot nieuwe en zwaardere eisen aan de draadloze technologie. Voor veel toepassingen is een hoge datasnelheid niet vereist en kunnen technologieën als LoRa en SigFox worden ingezet. Binnen standaardisatieorgaan 3GPP is voor dit soort toepassingen de 4G variant Narrowband Internet-of-Things (NB-IoT) ontwikkeld. 5G richt zich met name op die toepassingen die een hoge datasnelheid vereisen (bijvoorbeeld videobeelden), of waarvoor een zeer lage vertraging vereist is (bijvoorbeeld voertuig-voertuig communicatie). Daarnaast zal 5G beter dan de huidige draadloze technologieën in staat zijn om een hoge dichtheid aan devices te bedienen.

2.5 Smart agriculture

In 2014 is op de Hannover Messe het rapport Smart Industry aangeboden aan premier Mark Rutte en de Duitse minister van Onderwijs en Wetenschappen, Johanna Wanka. In dit rapport, dat is opgesteld op initiatief van FME, TNO, het ministerie van Economische Zaken, VNO-NCW en de Kamer van Koophandel, wordt opgeroepen tot een versnelde ontwikkeling en toepassing van nieuwe producten, productietechnologieën en verdienmodellen in de industriesector. 2014 is ook het jaar dat de eerste fase van het programma Smart Dairy Farming³⁶ werd afgerond. Op 7 melkveebedrijven waren sensoren geïnstalleerd en op basis van het verzamelen en analyseren van big data, werden zogenaamde Standard Operating Procedures, of instructies aan melkveehouders gegeven over het beter behandelen van hun veestapel.

³⁵ <http://ubdc.ac.uk>

³⁶ <http://www.smartdairyfarming.nl>

In deze Monitor brengen wij enkele trends onder de aandacht die direct of indirect ook gevolgen hebben voor de behoefte aan draadloze connectiviteit in het AgriFood domein. Dit domein omvat de sectoren melkveeteelt, vleesveeteelt, akkerbouw, kastuinbouw en biologische landbouw, inclusief de productieapparatuur op de bedrijven en eerstelijns verwerking in bijvoorbeeld melkfabrieken (naar o.a. kaas, melkpoeder, etc). Onder AgriFood (of Agribusiness) verstaat men doorgaans de gehele productiekolom van agrarische bedrijven, inclusief opslag, transport, handel, verkoop aan de consument en inclusief de toeleverende en ondersteunende bedrijven. De druk op voedselveiligheid, efficiënter gebruik van grondstoffen en het terugdringen van uitstoot van stoffen als stikstof, ammoniak en fosfaatverbindingen zorgen voor een noodzaak tot veranderingen.

2.5.1 *Markt van Smart Agri*

De agri markt bestaat grofweg uit landbouw, dierhouderij en toeleveranciers zoals zaadveredelaars, landbouwapparatuur en ICT. In Nederland zijn de sectoren graasdieren (koeien), tuinbouw (kasgroente en kasbloemen) en hokdieren (varkens en kippen) het grootst. Nederland staat bekend om zijn intensieve en innovatieve agrarische sector. Met minder landgebruik weten we in Nederland meer opbrengsten te produceren dan in het buitenland. Dit gaat met name op voor melkvee en fokzeugen. Ook wat betreft zaadveredeling en gentechnologie loopt Nederland voorop.

Door data uit sensoren te gebruiken als sturingsinformatie, kan Nederland de volgende stap in innovatie zetten. Het meeste profijt van deze technologie hebben complexe processen, zoals bijvoorbeeld sturingsinformatie rond dieren. De behoefte is er om dieren gezonder, sneller en met minder schadelijke stoffen te laten groeien of te selecteren en zo de productie (ei, melk, aantal biggen) omhoog te brengen. Door informatie uit de hele keten te gebruiken en hier sturingsinformatie van te maken, kunnen deze behoeften ingevuld worden. Maar ook kan, door het inzetten van drones, de landbouwsector met precisie op gewasniveau de productie omhoog en de hoeveelheid mest en bestrijdingsmiddelen omlaag brengen. Verder zullen door data nieuwe verdienmodellen ontstaan, die ervoor kunnen zorgen dat marges anders, wellicht eerlijker, verdeeld worden.

2.5.2 *Trends in de sectoren*

De trends in de sectoren zijn naar duurzamer produceren met een hogere voorspelbaarheid/kwaliteit en verminderde uitstoot van schadelijke stoffen. Dit kan worden samengevat onder de veel gebruikte term "Smart Farming". Deze ontwikkeling gaat gepaard met het meer toepassen van direct beslissingsondersteunende systemen voor de boer (melkveehouder, varkenshouder, kippen- en kalkoenenboer, akkerbouwer, fruitteiler en kastuinder). Hierbij kun je bijvoorbeeld voor de melkveehouder denken aan een systeem waarbij wordt bijgehouden hoeveel voer een melkkoe eet, de hoeveelheid melk die de koe produceert, wat haar gezondheid is, of de koe vruchtbaar is en de kwaliteit van de leefomgeving (bijvoorbeeld temperatuur, vochtigheid en hoeveelheid licht in een stal, maar ook in het weiland). Zie ook Figuur 2-10. Deze gegevens worden real-time bijgehouden via verschillende sensoren. Voor de akkerbouw zien we bijvoorbeeld de behoefte om van een akker te monitoren hoeveel nitraten en andere mineralen er in de grond zitten en hoe vochtig de grond is. Andere informatiebehoeften betreffen de weers- en neerslagvoorspelling, of de hoeveelheid biomassa van een plant. Een aantal van deze trends en de in te voeren technologieën en toepassingen zijn beschreven in de cross-over roadmap

voor de sectoren Agrifood, Hightech Systems & Materials en Tuinbouw & Uitgangsmaterialen, genaamd "High Tech To Feed The World"³⁷.



Figuur 2-10: De melkrobot, toepassing van Internet of Things en Big Data in de melkveesector.

2.5.3 Draadloze connectiviteit

Voor de meeste toepassingen waar hiervoor over is geschreven, volstaat een draadloze technologie zoals LoRa, waarbij sensordata, gecombineerd met locatiegegevens met een relatief lage snelheid kan worden getransporteerd. Wanneer het applicaties naar de boer betreft, kan meer bandbreedte noodzakelijk zijn. Denk hierbij aan inzet van technologieën zoals 4G of DSL, of in de toekomst 5G. Randvoorwaarde hierbij is wel dat er goede dekking en/of voldoende breedbandig vast internet beschikbaar moet zijn. Dit is in sommige landelijke gebieden nog een uitdaging. Op akkerbouwbedrijven worden inmiddels metingen gedaan met drones en ultra-spectrale camera's om de samenstelling van de grond en dan met name de aanwezigheid van mineralen te meten. Op basis van die informatie wordt bepaald hoeveel meststoffen moeten worden toegevoegd om een gewas goed te laten groeien. Het versturen en analyseren van deze grote hoeveelheden data is in rurale gebieden een groot probleem.

In een proefomgeving voor 5G in Noord-Nederland³⁸ zijn al use cases opgesteld voor akkerbouw en veeteelt. Hierbij zien we dat er dan ook de wens is om nauwkeurig positiebepaling uit te voeren, om bijvoorbeeld weidegang van melkvee te monitoren en op basis daarvan boeren een vergoeding te verstrekken voor het feit dat ze hun melkvee in de weiden laten grazen. Ook in de akkerbouw is deze behoefte er, maar dan voor meer nauwkeurige bemesting of oogsten.

Samengevat kan gesteld worden dat het Internet-of-Things een scala aan mogelijkheden biedt om de productiviteit en duurzaamheid van de Nederlandse landbouwsector verder te versterken. In de komende jaren zal duidelijk worden welke van deze mogelijkheden daadwerkelijk levensvatbaar blijken. Draadloze

³⁷ http://www.tki-agrifood.nl/downloads/innovatieagenda/bijlage-3-a-f_high-tech-to-feed-the-world--v3.1-bijlage-v1.1.pdf

³⁸ <http://www.5groningen.nl>

technologie zal hierbij een belangrijke rol spelen, waarbij beschikbaarheid in landelijk gebied een belangrijke voorwaarde is.

2.6 Draadloze technologie voor Openbare Orde en Veiligheid

Openbare orde en veiligheid (OOV) impliceert maatschappelijke rust en algehele veiligheid, zodat burgers vreedzaam kunnen leven³⁹. De openbare orde is aangetast als sprake is van 'een verstoring van enige betekenis van de normale gang van zaken in of aan de desbetreffende openbare ruimte'⁴⁰. Verstoring impliceert hierbij ook dreiging, dus de mogelijkheid dat een verstoring gaat optreden. Vooral de OOV-diensten politie en brandweer houden zich bezig met de handhaving van een ordentelijk verloop van het maatschappelijk verkeer in de openbare ruimte. Ook worden ambulancediensten en de Koninklijke Marechaussee tot de OOV-sector gerekend. Naast de veelheid van gebruikelijke vormen van verstoring zoals inbraak, verkeersovertredingen, opstootjes en rellen, brand et cetera bestaat sinds enige jaren de algemene tendens in de Westerse wereld naar toenemende terreurdreiging.

Ook binnen de Nederlandse samenleving dringt zich sinds enige tijd de toenemende terreurdreiging op als onontkoombare realiteit. Recente aanslagen in onze buurlanden België en Duitsland, divers in schaalgrootte en verloop, kwamen griezelig dichtbij. De nationale OOV-sector wordt uitgedaagd om de terreurdreiging te pareren, zowel in de zin van repercussie als (bovenal) preventie.

Naast de verscherpte terreurbestrijdende maatregelen op terreinen zoals het verzamelen van informatie over terreurverdachten, de 'waakzame burger', opschalingsscenario's et cetera, ligt het voor de hand moderne ICT-technologie vooral ook in te zetten voor het ondersteunen van de dagelijks optredende uitvoerende diensten. De terreurdreiging is er in principe immers altijd en de preventie van aanvallen is gebaat bij het effectief en efficiënt verzamelen en delen van informatie. Hierbij is niet alleen van belang dat dit accuraat en betrouwbaar geschiedt maar ook snelheid kan hierbij van belang zijn. Uiteraard speelt ook hierbij interoperabiliteit met diverse landen een grote rol. Zoals bij natuurrampen is internationaal samenwerken en dus -communiceren ook bij terreurbestrijding van essentieel belang.

2.6.1 Toepassingen

Voor de uitvoering van haar taken moeten de OOV-diensten kunnen vertrouwen op de beschikbaarheid van robuuste en betrouwbare communicatieverbindingen en daarmee samenhangende middelen. De vormen van communicatie kunnen tegenwoordig variëren van spraak tot datadiensten en het delen van gedigitaliseerde beelden. Zie ook Figuur 2-11.

³⁹ <http://www.cultureelwoordenboek.nl/index.php?lem=9760>

⁴⁰ https://nl.wikipedia.org/wiki/Openbare_orde#Begripsbepaling



Figuur 2-11: Beproeving van moderne communicatieapparatuur voor OOV-inzet⁴¹.

Interactieve spraak, vooral benodigd voor bevelsvoering en onderlinge coördinatie werd al door conventionele portofoons geboden. Later werd dit door TETRA digitaal mogelijk, met verbeterde eigenschappen en efficiënter frequentiegebruik. Vervolgens werden ondersteunende datadiensten zoals digitaal opvragen van informatie en uitwisseling van data en beeldmateriaal ontwikkeld. Bij digitale gegevens kan primair gedacht worden aan persoonsgegevens en aan objectgegevens. Nu nog gaat het meestal om de gegevens van één bepaald object of aangehouden persoon (bijvoorbeeld naam bestuurder en het kenteken van zijn voertuig in het kader van digitaal bekeuren, checks van personen of voertuigen in de grensstreek). Bij terreurbestrijding moet ook worden gedacht aan de mogelijkheid om een veelheid van hoge-resolutie foto's of zelfs videobeelden te uploaden aan de hand waarvan (zoveel mogelijk automatisch) vastgesteld kan worden of er verdachte personen zijn die op deze beelden zijn te zien. Daarbij zal het in principe gewenst zijn de persoonsinformatie aan de context (omgeving en tijd) te koppelen. Ook moet worden gedacht aan digitale beelden die vanuit het publiek aangeleverd worden (*crowd sourcing*). In lijn met het *big data* begrip zou de veelheid van uiteindelijk centraal vergaarde informatie moeten kunnen leiden tot snelle antwoorden op vragen rond identiteiten en intenties van verdachten of op zijn minst ondersteuning daarbij.

In de preventieve fase zal dit soort datacommunicatie doorgaans niet erg tijd-kritisch zijn maar tijdens een incident of crisis uiteraard wel. Niet alleen zal de factor tijd (d.w.z. tijdigheid) een prangende rol spelen maar de berichtenstroom zal doorgaans eveneens intensief zijn. Buiten het opvragen van gegevens zal het uitwisselen van allerlei berichten in het kader van bevelsvoering, coördinatie en *situational awareness* enorm kunnen toenemen. Bij de aanslagen van 22 maart 2016 op Brussels Airport is gebleken dat zelfs het Belgische TETRA-systeem voor gesloten OOV-communicatie genaamd Astrid de berichtenstroom niet kon verwerken hetgeen waarschijnlijk niet zozeer aan de architectuur maar aan de systeemdimensionering geweten kon worden⁴².

⁴¹ www.push2talk-portal.com/6473/nieuws/gebruik-van-lte-in-de-oo-v-sector-niet-meer-af-te-remmen

⁴² Verbinding, april 2016, p.9

In het bijzonder zal in Nederland nog dit jaar een besluit worden genomen over de inzet van drones⁴³. In eerste instantie denkt men aan politieactiviteiten zoals het volgen of lokaliseren van voortvluchtige verdachten, toezicht op mensenmassa's tijdens evenementen en het nauwkeurig in beeld brengen van een plaats delict. Duidelijk is dat deze lijn van toepassingen doorgetrokken kan worden naar het vlak van terreurbestrijding.

Los van of wetgeving ze toelaat zijn er verder nog specifieke voorbeelden denkbaar van andere datatoepassingen voor OOV-diensten. Deze zijn niet noodzakelijk breedbandig maar uiteraard wel te ondersteunen door breedbandnetwerken zoals LTE en betreffen: het verspreiden van beelden van bewakingscamera's; opvragen, delen of bijwerken van patiëntgegevens; opvragen van beschikbaarheid van assets; het delen van informatie rond objecten en situaties tijdens een uitruk et cetera.

2.6.2 *Technologie*

Van oorsprong is in Nederland de zogenaamde missiekritische communicatie ten behoeve van de OOV-diensten gerealiseerd via TETRA, een reeds beproefde en bewezen standaard. Deze technologie ligt ten grondslag aan het C2000-systeem dat specifiek voor de OOV beschikbaar is. Het netwerk is inmiddels stabiel en biedt bij voldoende dimensionering een goede betrouwbaarheid in diverse omstandigheden. Het systeem is specifiek ontworpen voor het leveren van spraak van goede kwaliteit (verstaanbaarheid) maar is nauwelijks gericht op de ondersteuning van data en al helemaal niet voor de grote datastromen (zowel per applicatie als geaggregeerd) die in sommige van bovengenoemde toepassingen optreden. In Nederland is zelfs expliciet besloten om in C2000 te investeren waarbij met ingang van 2017 een vernieuwd C2000-netwerk operationeel zou moeten zijn⁴⁴. De levensduur van dit netwerk wordt bepaald door de periode waarin alternatieve technologie in de vorm van LTE (Long Term Evolution, ook vaak aangeduid als '4G'), voor missiekritische communicatie beschikbaar en bewezen is. Tot het zover is wordt LTE alleen voor communicatie gebruikt die niet missiekritisch is; het is dus aanvullend op C2000. Hieronder gaan we in op de ontwikkelingen rond 4G en 5G voor OOV-toepassingen.

LTE is reeds een paar jaar voor de commerciële gebruiker beschikbaar. De technologie biedt veel datacapaciteit waardoor het in reguliere omstandigheden hedendaagse OOV-toepassingen zou kunnen ondersteunen. Gestandaardiseerde technologie die LTE voor missiekritische communicatie geschikt moet maken is echter nog in ontwikkeling en wordt niet voor 2018 verwacht⁴⁵. Het gaat hierbij om functionaliteiten zoals groepsgesprekken op basis van push-to-talk (PTT), een noodknopvoorziening, meldkamerfunctionaliteit en een directe communicatiemogelijkheid tussen mobiele terminals zoals in geval van TETRA-systemen door DMO (Direct Mode of Operation) tot stand wordt gebracht. Er is wel progressie zoals de afronding van Mission-Critical Push-to-Talk (MC-PTT) over LTE⁴⁶ en er zijn voorlopige standaarden. Het impliceert echter enig risico om hier reeds een systeem op te baseren aangezien deze nog niet op grote schaal zijn ingezet. In het Verenigd Koninkrijk is men bereid dit risico te accepteren en zal het netwerk in delen tussen eind 2016 en 2020 worden uitgerold⁴⁷.

⁴³ <http://nos.nl/artikel/2079689-politie-gaat-nog-dit-jaar-drones-inzetten.html>

⁴⁴ Verbinding, jan. 2016, p.29

⁴⁵ Verbinding, jan. 2016, p.30

⁴⁶ Verbinding, maart 2016, p.21

⁴⁷ Verbinding, jan. 2016, pp 28-31

Ook aan de vijfde generatie (5G) mobiele communicatie wordt momenteel in diverse landen (samen)gewerkt, zoals in Nederland bij TNO (zie Figuur 2-12). De grote meerwaarde van 5G ten opzichte van 4G (LTE) voor OOV zal zijn dat de sterk vergrote capaciteit van 5G ten opzichte van 4G betere ondersteuning belooft te bieden van meerdere, (vrijwel) gelijktijdige grote datastromen in crisissituaties. Dit zal vooral in stedelijke, dichtbebouwde gebieden het geval zijn. Het ligt voor de hand dat daarbij vooral aan terroristische aanslagen kan worden gedacht, die bovenal gericht zijn op (in het ergste geval meerdere) grote concentraties mensen zoals in een stad, stadion, luchthaven e.d. Duidelijk is dat dit reeds deel uitmaakt van de hedendaagse realiteit terwijl de nationale commerciële uitrol van 5G waarschijnlijk pas in 2021-22 is te verwachten⁴⁸. Net als de consument zijn dus ook de OOV-diensten tot die tijd aangewezen op 4G.



Figuur 2-12: 5G experimenteerplatform bij TNO.

Ten aanzien van implementatieaspecten is het van groot belang dat de benodigde LTE-capaciteit voor de OOV-gebruikers te allen tijde gegarandeerd moet kunnen worden. Dit is vooral ook een organisatorisch aspect: hoe wordt een missiekritisch LTE-netwerk gerealiseerd en wie voert het management uit? Daarbij is het essentieel dat het netwerk adequaat beveiligd en afgeschermd moet zijn van cyberaanvallen. Dit impliceert dat een LTE-netwerk voor OOV-missiekritische toepassingen effectief gegarandeerd gesloten moet zijn. Om van absolute beveiliging verzekerd te zijn kan gekozen worden voor een separaat netwerk, maar net als bij TETRA is dit een relatief kostbare oplossing. Om te zorgen dat een dergelijk netwerk voor OOV met redelijke kosten ontplooid kan worden waarbij bovendien de basis gelegd kan worden voor internationale interoperabiliteit (m.n. met de buurlanden) wordt gewezen op geharmoniseerd spectrum op 700 MHz⁴⁹. Het Amerikaanse Firstnet voor *first responders* is reeds in ontwikkeling op deze frequentie en heeft begin dit jaar een tender gestart⁵⁰. Deze frequentieband zal voor 4G (LTE) geschikt kunnen zijn maar de verwachte *capacity boost* voor 5G ten opzichte van 4G zal niet of slechts ten dele waargemaakt kunnen worden. 5G-technologie die de groeiende behoefte aan capaciteit moet opvangen, is namelijk deels gebaseerd op de inzet van veel hogere radiofrequenties boven de 24 GHz. Er

⁴⁸ Verbinding, juni 2016, p.18

⁴⁹ Verbinding, jan. 2016, pp 33-34

⁵⁰ Verbinding, jan. 2016, p.5

zijn nu ITU-onderzoeken rond het gebruik van 5G op 24, 25 en 86 GHz⁵¹ waarvan de resultaten tijdens de World Radio Conference in 2019 moeten leiden tot besluiten rond de wereldwijde identificatie van frequentiebanden voor 5G.

Binnen de Europese Commissie is een actiepunt voor alle lidstaten voorgesteld om 5G voor OOV in hun (migratie) roadmaps voor 5G op te nemen⁵². De achtergrond daarvan is dat de overheid als *early adopter* een stimulerende rol kan spelen in het gebruik van 5G technologie. Opvallend is daarbij dat gesteld wordt dat het gebruik van commerciële 5G netwerken voor PPDR (Public Protection and Disaster Relief) zelfs veiliger, robuuster en betrouwbaarder zouden zijn dan het gebruik van specifiek voor OOV ontworpen systemen. Voor de implementatie-opties wordt verwezen naar de oplossingen die door leveranciers van netwerktechnologie zijn geïdentificeerd: een virtueel segment van een gedeeld 5G publiek netwerk of een fysiek gescheiden c.q. gesloten netwerk voor PPDR of een combinatie van deze mogelijkheden. Op grond van het voorgaande is waarschijnlijk de tweede optie de meest zekere, gezien vanuit de extreem zware operationele eisen rond beschikbaarheid, betrouwbaarheid en robuustheid. Vanuit kosten oogpunt verdient mogelijk de eerste optie de voorkeur. In ieder geval dient weloverwogen de implementatievorm te worden gekozen om een verantwoorde balans tussen kosten en adequate ondersteuning van de OOV-toepassingen tot stand te brengen.

Voor wat betreft drones zijn er ontwikkelingen van een gecentraliseerd controlesysteem op basis van LTE⁵³. Hierdoor kan op meerdere drones centraal toezicht gehouden worden. Mogelijk kunnen drones ook als LTE ad-hoc relaisstation dienen om op een relatief hoge radiofrequentie toch een aanzienlijke afstand te overbruggen, waarmee tijdelijk grote capaciteit en reikwijdte gecombineerd kunnen worden. Er zijn inmiddels zelfs al meerdere zogenaamde LTE-in-a-Box units op de markt. Verwacht mag worden dat deze al op korte termijn zodanig klein, licht en energiezuinig zijn dat ze als *payload* kunnen dienen aan boord van een drone.

Tenslotte kan eventueel als kostenefficiënte optie LTE *spectrum sharing* ten behoeve van gezamenlijk gebruik van een gedeeld civiel/militair LTE-netwerk door OOV-diensten en door militaire organisaties en infrastructuur beheersorganisaties (spoorwegen, wegennet, elektriciteitsinfrastructuur) worden beschouwd⁵⁴. Hierbij moet worden aangetekend dat er uiteraard overeenkomsten tussen militair gebruik en beide andere disciplines zijn maar er ook grote verschillen zijn in het gebruik. Deze moeten zeker worden meegenomen in de uitwerking van het gebruik van een gedeeld LTE-netwerk, vooral hoe dit georganiseerd kan worden in crisissituaties. Zo zal een militair LTE-netwerk vooral gericht zijn op inzet in een beperkt gebied voor beperkte duur terwijl inzet van OOV-eenheden en beheersorganisaties in principe op nationale schaal is maar wel met een 24/7-beschikbaarheid.

⁵¹ Verbinding, juni 2016, p.18

⁵² 5G for Europe: An Action Plan, 14.9.2016 COM(2016) 588 final, p.9

⁵³ Verbinding, maart 2016, p.40

⁵⁴ Verbinding, jan. 2016, p.34

3 Ter afronding

Voor eventuele vragen of opmerkingen naar aanleiding van deze Monitor Draadloze Technologie kunt u contact opnemen met TNO, via e-mail adres monitordraadlozetechnologie@tno.nl.

Graag wijzen wij u op de mogelijkheid om deze Monitor Draadloze Technologie, of delen daarvan, door TNO te laten presenteren voor doelgroepen binnen de Nederlandse telecommunicatiesector. Voor verdere informatie hierover verzoeken wij u contact op te nemen via bovengenoemd e-mail adres, of direct via één van de auteurs van dit rapport.