

Oude Waalsdorperweg 63
2597 AK Den Haag
Postbus 96864
2509 JG Den Haag

www.tno.nl

T +31 88 866 10 00
F +31 70 328 09 61

TNO-rapport

TNO 2017 R10681 | 1.1

Monitor Draadloze Technologie Voorjaar 2017



Datum	21 juni 2017
Auteur(s)	Ir. A.H. van den Ende, Dr. L. Jorguseski, Ir. R. Overduin, Dr. A.V. Pais, Dr. Ir. M.J.M. van Sambeek, Ir. P.H.A. Venemans
Exemplaarnummer	
Oplage	
Aantal pagina's	35 (incl. bijlagen)
Aantal bijlagen	
Opdrachtgever	Ministerie van Economische Zaken
Projectnaam	Monitor Draadloze Technologie 2017
Projectnummer	060.25813

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.

Indien dit rapport in opdracht werd uitgebracht, wordt voor de rechten en verplichtingen van opdrachtgever en opdrachtnemer verwezen naar de Algemene Voorwaarden voor opdrachten aan TNO, dan wel de betreffende terzake tussen de partijen gesloten overeenkomst.

Het ter inzage geven van het TNO-rapport aan direct belanghebbenden is toegestaan.

© 2017 TNO

Inhoudsopgave

1	Inleiding	3
1.1	Het 'draadloos speelveld'	3
1.2	De Monitor Draadloze Technologie	3
2	Ontwikkelingen in draadloze technologie	5
2.1	Nota Mobiele Communicatie (consultatieversie)	5
2.2	4G	7
2.3	3GPP-technologieën voor Internet of Things	12
2.4	Wi-Fi.....	17
2.5	Automatic Identification System	23
2.6	Burgeralarmering	28
3	Tot besluit	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 behandeld.

1.1 Het 'draadloos speelveld'

Op het gebied van draadloze technologie speelt een diversiteit aan ontwikkelingen. Zo heeft ook in het afgelopen jaar de sterke groei van het mobiele dataverkeer als gevolg van een toenemend gebruik van smartphones, doorgezet. 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 voor lokaal gebruik hebben een belangrijke plaats ingenomen bij het laagdrempelig aanbieden van draadloze toegang over kortere afstanden. Daarbij nemen de toepassingsmogelijkheden van met name Wi-Fi als drager van een grotere diversiteit aan diensten, gestaag toe.

Het Ministerie van Economische Zaken richt haar beleid op deze groei door frequenties voor mobiele communicatie in de komende jaren voor mobiel dataverkeer vrij te maken en bijbehorende maatregelen daarvoor te nemen.

De standaardisatie van de volgende generatie mobiele technologie, 5G, heeft het afgelopen jaar doorgang gevonden en zal in de komende jaren verder gestalte krijgen. Een belangrijk toepassingsgebied van 5G, het *Internet of Things*, is een groeiende markt die snel in belang toeneemt en waarvoor nu al verschillende netwerken worden uitgerold, die al dan niet opgenomen zijn in LTE.

Het gevaar van deze ontwikkelingen is dat de diverse belanghebbenden aan markt- en overheidszijde die ontwikkelingen, ook in onderling opzicht, niet goed meer kunnen beoordelen op basis van de mogelijk gekleurde informatie vanuit de markt. Zij kunnen het overzicht verliezen en onzeker zijn over hun oordeel. 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.

Evenals vorig jaar is gekozen voor de schriftelijke rapportagevorm om de informatie te ontsluiten. Deze bestaat uit twee (halfjaarlijkse) edities, zodat beter kan worden aangesloten op recente trends en ontwikkelingen.

Voor 2017 zal de Monitor Draadloze Technologie bestaan uit de volgende twee schriftelijke rapportages:

- Een overzicht van ontwikkelingen vanuit technologisch perspectief (juni). Per technologie wordt kort de stand van zaken beschreven. Dit is de rapportage die nu voor u ligt, de zogenaamde voorjaarseditie;
- Een special over 5G waarin de technologie wordt belicht als de specifieke toepassingssectoren. Deze najaarseditie wordt voorzien in november.

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. Naast de ontwikkelingen die voorzien in de accommodatie van de algemene groei in mobiel dataverkeer is dit jaar in de voorjaarseditie een kort overzicht opgenomen van respectievelijk de technologieën rond burgeralarmering (o.m. NL-Alert) en scheepvaartidentificatie (i.c. Automatic Identification System of kortweg AIS).

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.

2 Ontwikkelingen in draadloze technologie

In dit hoofdstuk wordt een overzicht gegeven van de ontwikkelingen in een aantal relevante draadloze technologieën. Het eigenlijke overzicht wordt voorafgegaan door een meer algemene sectie die kort ingaat op de consultatieversie van de Nota Mobiele Communicatie¹.

2.1 Nota Mobiele Communicatie (consultatieversie)

De Nota Mobiele Communicatie (NMC) wordt uitgebracht door het Ministerie van Economische Zaken en beschrijft voorstellen voor het beleid voor de verdeling van frequenties voor mobiele communicatie in de komende jaren en bijbehorende maatregelen. Het gaat om de volgende banden:

- 700 MHz
- 1400 MHz (L-band)
- 2100 MHz
- Frequenties boven 6 GHz, de 'millimetergolf-frequenties'
- Andere frequenties, specifiek waaronder waarschijnlijk de 3,5 GHz-band.

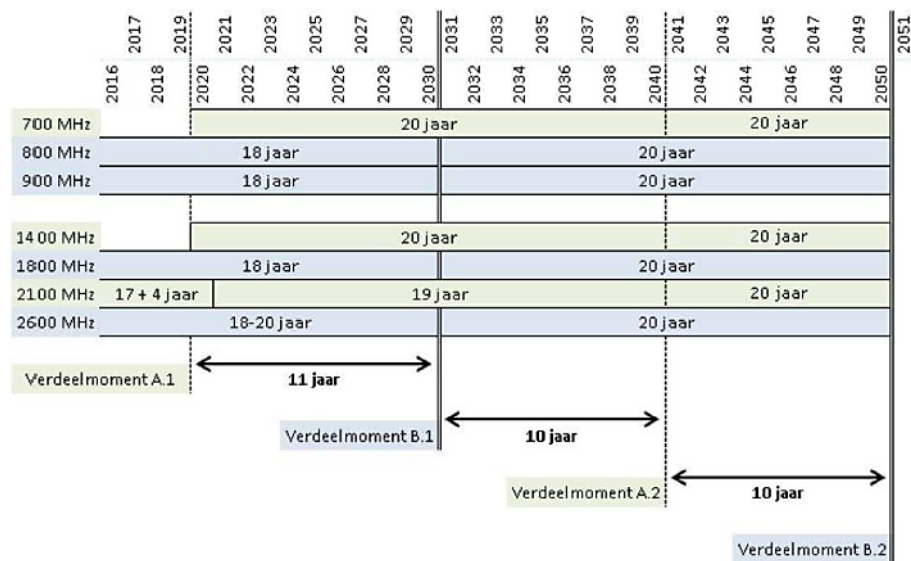
De doelstelling bij deze verdeling is zowel effectiviteit als efficiëntie, nl. dat voor een specifieke bestemming de juiste frequenties ter beschikking komen en niet meer dan nodig. Daarbij gaat men uit van een efficiënt werkende markt, waarbij de overheid deze werking zal borgen, specifiek door het veilen van (schaarse) frequenties. Aangezien de maatschappelijke en economische afhankelijkheid van mobiele communicatie zeer groot is, zal de overheid in het algemeen regulerende maatregelen moeten kunnen nemen om te streven naar:

- kwalitatief hoogwaardige mobiele dienstverlening
- die een grote diversiteit aan vraag kan bedienen, en
- altijd en overal beschikbaar is
- tegen concurrerende tarieven.

Hierbij wordt aangesloten op het Europees beleid.

5G vormt voor maatschappij en economie een belangrijke ontwikkeling omdat deze een *enabler* vormt voor vele diensten, zowel algemene als specifieke. Daardoor biedt 5G algemeen voordeel en zal de dienstengevolge verwachte groei in datacommunicatie met spectrum moeten worden ondersteund. De overheid zal daarbij, in navolging van de Europese norm, aansturen op vier mobiele aanbieders en wel zodanig dat deze in evenwichtige onderlinge concurrentie zullen bestaan. Alleen op het gebied van de duur van vergunningen verschilt de opvatting van de Nederlandse overheid (15 tot 20 jaar) met de Europese (minimaal 25 jaar).

¹ https://www.internetconsultatie.nl/nota_mobiele_communicatie



Figuur 1: Tijdslijnen van verdeelmomenten en vergunningstermijnen

De NMC geeft de vergunningstermijnen en verdeelmomenten in een tijdlijn voor de diverse frequentiebanden grafisch weer (Figuur 1).

Naast de verdeelmomenten en vergunningstermijnen worden als verdeel-instrumenten genoemd:

- Het vergunningsvrij maken van spectrum waardoor innovatieve producten en diensten worden gestimuleerd zoals *smart devices/ Internet of Things*-toepassingen en in pandige diensten. Dit gaat algemeen ten koste van spectrumcapaciteit van aanbieders van landelijke mobiele providers die gestimuleerd kunnen worden tot mitigerende maatregelen zoals het creëren van *small cells*. Frequenties boven circa 6 GHz lenen zich intrinsiek beter voor vergunningsvrij gebruik dan wel voor lokale vergunningen of gedeeld gebruik. Nederland zal in afwachting van de Europese regelgeving inzetten op oplossingen voor gedeeld gebruik van frequenties boven 6 GHz. Voor de 2100 MHz-band worden voor 4G twee banden van 10 MHz vergunningsvrij beschikbaar gesteld voor laagdrempelig gebruik van diverse toepassingen zoals verbeterde indoordekking. Voor deze toepassing is ook de 3,5 GHz-band interessant waar mogelijk als gevolg van beëindiging van bestaande vergunningen uiterlijk 2026 nog enige ruimte vrij zou kunnen komen;
- Maximeren van het aantal frequenties per partij (*spectrumcaps*) voor het stimuleren van toetreding, voorkomt monopolisering en realiseert een evenwichtige verdeling van frequenties over partijen. Thans geldt voor de eerstvolgende veiling: over de 700, 800 en 900 MHz-banden niet meer dan 2x30 MHz per partij en voor alle frequenties tot 6 GHz een derde deel van het totaal per partij;
- Reservering en andere vormen om markttoegang te borgen voor nieuwkomers. Dit wordt alleen gedaan als het noodzakelijk blijkt en bovendien na advies van de ACM (Autoriteit Consument en Markt), i.c. voor de 700, 1400 en 2100 MHz-banden. Belangrijke gebruikerscategorieën vormen de publieke hulpdiensten, die in toenemende mate afhankelijk worden van mobiele breedbandcommunicatie en waarvoor indien noodzakelijk, aan- en toewijzing van speciale frequentieruimte zal plaatsvinden. Momenteel wordt nog onderzocht hoe de eisen van deze

diensten zich verhouden tot de mate waarin de openbare dienstverlening daarin kan voorzien;

- Aanvullende eisen t.a.v. het gebruiken van de frequenties, realiseren van dekking en voorkomen of oplossen van interferentie.
Voor alle 700, 1400 en 2100 MHz-vergunningen geldt een ingebruiknameverplichting, waarbij deze voor 700 MHz in twee fasen binnen 5 jaar wordt ingevoerd. Dit betreft dienstvoorziening langs publieke infrastructuur en luchthavens. Voor de andere twee banden geldt een verdubbeling van de verplichting als omschreven in de Strategische Nota Mobiele Communicatie uit 2010.
De minister van Economische Zaken kan indien naar zijn oordeel de dekking in een gemeente na één jaar na vergunningverlening niet voldoende is, een verplichting opleggen van 98% van het grondoppervlak van deze gemeente. Providers die uitsluitend over 700 MHz-frequenties beschikken zijn hiervan vrijgesteld.
Interferentiebestrijding wil men op meer nationale basis gaan aanpakken en nog vóór de komende frequentieverdelingen meer duidelijkheid bewerkstelligen over de voorwaarden waaronder AT (Agentschap Telecom) een oplossing kan afdwingen.
Tenslotte wordt erkend dat het belangrijk is dat vóór de 700 MHz-band gebruikt kan worden voor mobiele communicatie, de huidige gebruikers uit deze band moeten zijn vertrokken en adequate oplossingen voor hen zijn gevonden.

De eerstvolgende veiling in 2019 zal weer een gecombineerde (zgn. multiband) veiling zijn. Vooral om fragmentatie van spectrumruimte over providers te voorkomen en omdat de 1400 MHz recent als bestemming heeft gekregen *supplemental downlink*, zullen frequenties in onderlinge samenhang (700 met 2100 en 700 met 1400) worden beschouwd. Tabel 1 geeft een samenvatting van de drie frequentiebanden die te verdelen zijn.

Tabel 1: Mogelijke bestemmingen en omvang van te veilen banden in 2019

Band [MHz]	Mogelijke bestemmingen	Totale ruimte [MHz]	Mogelijke verkaveling [MHz]
700	Commercieel breedband voor ruraal gebied; PPDR (out- en indoor)	2x30, gepaard	2x5
1400	Supplemental downlink	1x40, ongepaard	1x5, eventueel 1x10
2100	Van 3G naar 4G, o.m. betere indoordekking	2x50, gepaard	2x5, eventueel 2x10

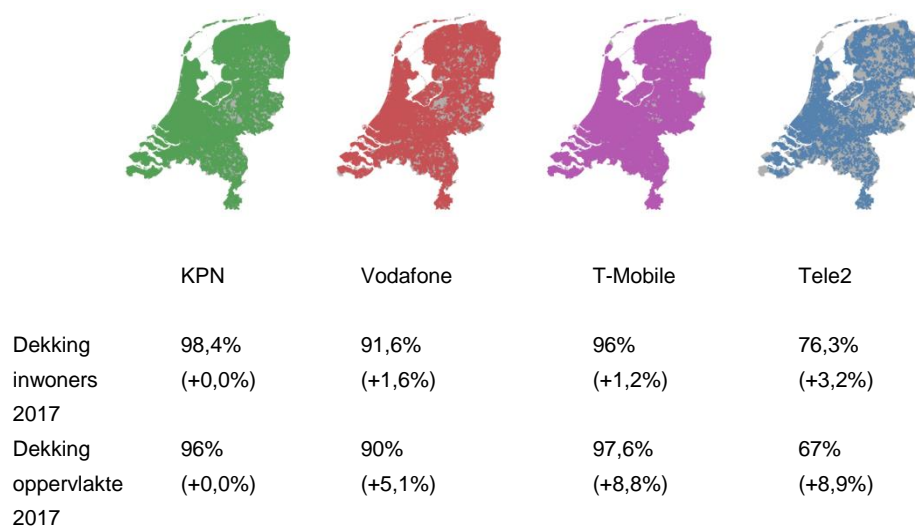
De NMC besteedt ruime aandacht aan hoe e.e.a. rond verkaveling en spectrumcaps is georganiseerd.

2.2 4G

2.2.1 Status van 4G in Nederland

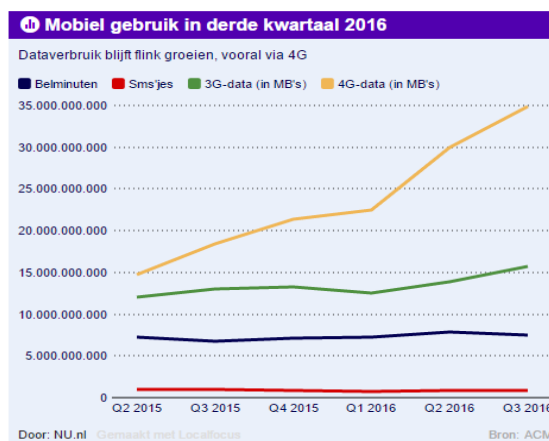
4G mobiele netwerken zoals gebaseerd op de 3GPP-standaard Long Term Evolution (LTE) zijn thans mondiaal ontplooid. Ook in Nederland zijn meerdere 4G-netwerken aanwezig. Deze netwerken mogen inmiddels vanuit het perspectief van dekking als volwaardig beschouwd worden. In het laatste jaar zijn slechts marginale

verbeteringen op dit gebied doorgevoerd, zie Figuur 2. De dekking van 4G-netwerken van de drie belangrijkste Nederlandse mobiele operators (KPN, Vodafone en T-Mobile) bedraagt tenminste 91,6% in de zin van populatie, terwijl de geografische dekking tenminste 90% bedraagt². Tele2 blijft achter met 76,3% populatiedekking en 67% gebiedsdekking.



Figuur 2: Dekking van mobiele netwerken in Nederland in 2017. De cijfers tussen haakjes geven het verschil aan met de dekking in 2016

Dataverkeer in mobiele netwerken stijgt aanzienlijk, ook in Nederland. In Figuur 3 is het verloop afgebeeld voor de periode van het derde kwartaal in 2015 tot het derde kwartaal van 2016³. Met name is over deze tijdspanne het dataverkeer gedragen door 4G nagenoeg verdubbeld. Operators richten zich dan ook op de uitbreiding van capaciteit in hun netwerken door LTE Advanced-upgrades in te voeren zoals *carrier aggregation*, technologieën waarbij meervoudige antennes worden toegepast en het realiseren van kleine cellen.



Figuur 3: Het verloop van mobiele dataverkeer van het tweede kwartaal van 2015 tot het derde kwartaal van 2016

² <http://www.4gdekking.nl>

³ <http://www.nu.nl/mobiel/4583868/mobiel-dataverbruik-stijgt-nieuwe-recordhoogte.html>

2.2.2 *Invoering van 4G met LTE Advanced in Nederland*

De eerste netwerken van LTE in ongeveer 2011, leverden piek-datasnelheden voor downloaden van ongeveer 150 Mbit/s. Sindsdien vond een evolutie plaats van LTE naar LTE Advanced waarmee datasnelheden rond 300 Mbit/s peak mogelijk zijn geworden.

In Nederland introduceerden in de laatste twee jaar operators LTE Advanced-technologieën zoals *carrier aggregation* en kleine cellen. KPN had al carrier aggregation van de 800 MHz-band (20 MHz bandbreedte) en 1800 MHz-band (10 MHz bandbreedte) toegepast toen deze operator in 2016 plannen aankondigde om in de 1800 MHz-band een extra 10 MHz bandbreedte beschikbaar te maken. Verder zou in de 2100 MHz-band voor 3G 10 MHz voor 4G worden bestemd⁴. Begin 2017 heeft KPN *tri-carrier aggregation* gerealiseerd. Daarnaast kondigde Vodafone aan in Amsterdam tri-carrier aggregation-testen uit te voeren op basis van de 800, 1800 en 2,6 GHz-banden⁵. Eveneens lanceerde T-Mobile in 2016 een proef in Woerden met tri-carrier aggregation waarbij de 900, 1800 en 2100 MHz-banden werden gebruikt⁶. Tele2 lanceerde zijn eigen LTE-netwerk in Nederland in 2013 en past daarin carrier aggregation toe op basis van twee banden: 800 MHz en 2,6 GHz⁷.

In de toekomst wordt verwacht dat mobiele operators meer carriers zullen aggregeren. Dit wordt ondersteund door de 3GPP-standaarden die aggregation definiëren tot aan 5 carriers met een totaal spectrum van 100 MHz⁸. Bovendien zal de toepassing van gestandaardiseerde technologieën voor interferentie management zoals *Coordinated Multipoint* de datasnelheden voor gebruikers aan de rand van een dekkingscel vergroten.

2.2.3 *Invoering van kleine cellen*

Verwacht mag worden dat binnen de komende jaren kleine cellen gestaag zullen worden uitgerold om de netwerkcapaciteit en throughput nog verder te vergroten. Kleine cellen bieden de gebruiker een bereik van rond 200 meter. Deze cellen worden gerealiseerd door kleine, lichte basisstations die werken op laag vermogen en indoor of outdoor toegepast kunnen worden. Ze zullen ofwel frequentiebanden delen met macro-cellen of werken binnen aparte 4G frequentiebanden, d.w.z. die gelegen zijn beneden het millimetergolfspectrum. Operators kunnen kleine cellen inzetten om capaciteits- of dekkingsproblemen tegen te gaan zoals deze kunnen optreden in dichte stedelijke omgevingen zoals stadskernen, op stations of in drukke winkelstraten.

In Nederland, hebben zowel KPN als T-Mobile melding gemaakt van de toepassing van kleine cellen, respectievelijk in Rotterdam en Den Haag⁹. KPN kondigde in een apart nieuw bulletin aan dat deze operator kleine cellen gaat uitbrengen door gebruik te maken van de zogenaamde Cloud Radio Access Network (C-RAN)

⁴ <http://www.telecompaper.com/news/kpn-outlines-plans-for-tri-carrier-aggregation-on-4g-network--1132226>

⁵ <http://www.telecompaper.com/news/vodafone-tests-tri-carrier-aggregation-in-netherlands--1118085>

⁶ <http://www.fiercewireless.com/europe/t-mobile-nl-starts-3-band-ca-trials>

⁷ <http://www.telecompaper.com/news/tele2-netherlands-boosts-data-plans-with-4g-network-launch--1112853>

⁸ <https://www.qualcomm.com/invention/technologies/lte/lte-carrier-aggregation>

⁹ <http://www.ad.nl/dossier-nieuws/kleine-zendmasten-zitten-overal-verstopt-a8fcebdb/>

architectuur waarin apparatuur voor kleine cellen geïntegreerd wordt met bestaande macro-cel basisstations¹⁰. Ook Vodafone heeft gemeld dat zij zich actief bezig houdt met *small cells* hetgeen al heeft geleid tot de realisatie van diverse kleine cellen in drukke gebieden in de Randstad¹¹. Kleine cellen zijn relatief gemakkelijk en flexibel te ontplooiën omdat door hun geringe dekking het plannings- en vergunningsproces snel kan verlopen.

2.2.4 Gebruik van nieuwe banden en technologieën – LAA en LSA

Aan het begin van 2016 werd in Release 13 *License Assisted Access* (LAA) gestandaardiseerd door 3GPP. LAA beoogt gebruik van LTE in vergunningsvrij spectrum, met name in de 5 GHz ISM-band¹². LAA bouwt voort op het concept van carrier aggregation in de zin dat de LTE *unlicensed carrier* een secundaire carrier is die gecombineerd wordt met een andere, *licensed carrier*. Deze laatste fungeert als een 'anker' waarover (ten minste) signaleringsverkeer gedragen wordt, terwijl de secundaire is 'toegevoegd' voor dataverkeer.

Eind 2015 werd gemeld dat Ericsson, Vodafone en Qualcomm 's werelds eerste LAA live tests in een commercieel netwerk hadden uitgevoerd¹³. Deze testen vonden plaats in het netwerk van Vodafone Nederland. Het betrof aggregatie van 20 MHz aan Vodafone spectrum in de 1800 MHz-band met 20 MHz spectrum in de licentievrije 5 GHz-band. Op het moment van schrijven in mei 2017 zijn echter geen commerciële implementaties van LAA in Nederland bekend.

Ook *License Shared Access* (LSA) is door 3GPP gestandaardiseerd. LSA definieert het medegebruik van de frequentiebanden die zijn toegekend aan een specifieke entiteit (bv. voor defensie of een andere publiekrechtelijke organisatie) door andere entiteiten zoals mobiele netwerkoperators. Deze frequentiebanden worden immers meestal niet voltijds gebruikt of worden alleen in bepaalde geografische gebieden toegepast. Dit betekent dat ze onvolledig benut worden. LSA is zowel een gestandaardiseerd kader als een technologie die door het delen van dergelijke gelicenseerde frequentiebanden de spectrale efficiëntie en -flexibiliteit verbetert. In Frankrijk werd begin 2016 een LSA-test aangekondigd waarbij Ericsson, Qualcomm en RED Technologies betrokken waren. Deze test werd uitgevoerd onder auspiciën van de Franse regelgevende instantie ARCEP (Autorité de Régulation des Communications Électroniques et des Postes) en beoogde hergebruik door diverse mobiele operators van het 2,3/2,4 GHz-spectrum van het Franse Ministerie van Defensie. Ook werd door het Italiaanse Ministerie van Economische Zaken en het Joint Research Centre (JRC) van de Europese Commissie opdracht gegeven voor een LSA-test¹⁴ in 2015 en 2016. In Nederland loopt vanaf eind 2016 een LSA-test door het Ministerie van Economische Zaken waarbij LSA-technologie wordt ingezet om het gebruik van de band 2300 – 2400 MHz (nu exclusief voor bepaalde mobiele videoverbindingen) te optimaliseren¹⁵. Op het moment van schrijven in mei 2017 zijn echter geen commerciële implementaties van LSA in Nederland bekend.

¹⁰ <http://www.telecompaper.com/news/kpn-to-roll-out-4g-small-cells--1127050>

¹¹ <http://www.telecompaper.com/news/vodafone-starts-small-cells-roll-out-in-amsterdam--1021428>

¹² ISM stands for Industrial, Scientific and Medical.

¹³ <http://www.telecompaper.com/news/>

[vodafone-netherlands-tests-lte-ca-in-5ghz-unlicensed-band--1114148](http://www.telecompaper.com/news/vodafone-netherlands-tests-lte-ca-in-5ghz-unlicensed-band--1114148)

¹⁴ http://www.sviluppoeconomico.gov.it/images/stories/documenti/Report_LSA_05_rev.pdf

¹⁵ <https://agentschaptelecom.nl/sites/default/files/>

[vragen_en_antwoorden_pilot_lsa_boekingsysteem_v1.0.pdf](https://agentschaptelecom.nl/sites/default/files/vragen_en_antwoorden_pilot_lsa_boekingsysteem_v1.0.pdf)

2.2.5 *Voice over LTE (VoLTE)*

VoLTE is een systeem voor *real time* spraak via 4G LTE. Dit netwerk is in beginsel echter *packet-based*, geschikt voor uitsluitend data. Het implementeren van VoLTE betekent voor operators echter verminderde leveringskosten omdat daarmee de noodzaak van aparte spraak- en datanetwerken kan worden geëlimineerd. Ook vindt door VoLTE betere integratie met andere technologieën zoals WiFi plaats ten behoeve van de levering van een *real time* spraakdienst. Het voordeel voor consumenten is het potentieel van hoogwaardige spraak en een snellere spraakverbindingsofbouw. Tot voor kort gebruikten de meeste operators in Nederland eigenlijk 2G/3G voor spraakverbindingen via 4G LTE mobiele telefoons. Evenwel zijn inmiddels operators begonnen met het implementeren van VoLTE en kondigden zowel Vodafone¹⁶ als KPN¹⁷ aan om eind 2016 VoLTE-diensten aan te bieden. Ook de andere grote operators (T-Mobile en Tele2) hebben VoLTE gelanceerd. In het begin van 2017 werd gemeld dat ongeveer 400.000 abonnees van Tele2 en Vodafone gebruik maakten van VoLTE¹⁸. Aan de zijde van KPN en T-Mobile lag dit aantal op 100.000 abonnees.

2.2.6 *Uitfasering van 2G/3G*

De toename van het aantal abonnees van 4G gaat gepaard met een teruggang in gebruik van de 2G/3G-netwerken. In de nabije toekomst (waarschijnlijk 5 tot 10 jaar) wordt verwacht dat de mobiele operators uiteindelijk de 2G/3G-netwerken uitfasen en de frequenties daarvan voor 4G- of 5G-diensten gaan hergebruiken. Over de plannen van mobiele operators in Nederland hiervoor is beperkte informatie beschikbaar. Zo werd begin 2017 bekend dat T-Mobile¹⁹ zijn 900 MHz GSM-netwerk zou termineren en de daardoor vrijgekomen band voor zijn 3G- en 4G-netwerken zou gebruiken. Voltooiing van dit proces wordt verwacht in 2020. Verwacht mag worden dat ook andere Nederlandse mobiele operators dergelijke plannen hebben.

2.2.7 *Toekomstige ontwikkelingen*

Verdere vooruitgang op het gebied van LTE en met name de overgang naar 5G wordt expliciet in het 3GPP-standaardisatieproces betrokken. LTE Advanced Pro²⁰ richt zich op 1 Gbit/s pieknelheden voor downloads. Standaardisatie van LTE Advanced Pro staat gepland in 2018. Dit houdt in dat beschikbaarheid van deze technologie een aantal jaren daarna is te verwachten, ongeveer in 2020.

LTE Advanced Pro mag worden beschouwd als een '4.5G' of 'pre-5G' technologie. Carrier aggregation wordt uitgebreid doordat het aantal carriers dat kan worden samengevoegd stijgt van vijf (in LTE Advanced) naar 32. Verdere verbeteringen richting 5G betreffen:

- LTE WiFi Link Aggregation (LWA) die aggregatie van LTE en WiFi mogelijk maakt;
- Enhanced LAA (eLAA) voor de aggregatie van gelicenseerd- en vrij spectrum in de uplink;
- Aggregatie tussen kleine- en macrocellen door *dual connectivity*;

¹⁶ <https://www.providers.nl/2952/vodafone-start-uitrol-volte/>

¹⁷ <http://www.capacitymedia.com/Article/3597980/KPN-launches-VoLTE-in-the-Netherlands.html>

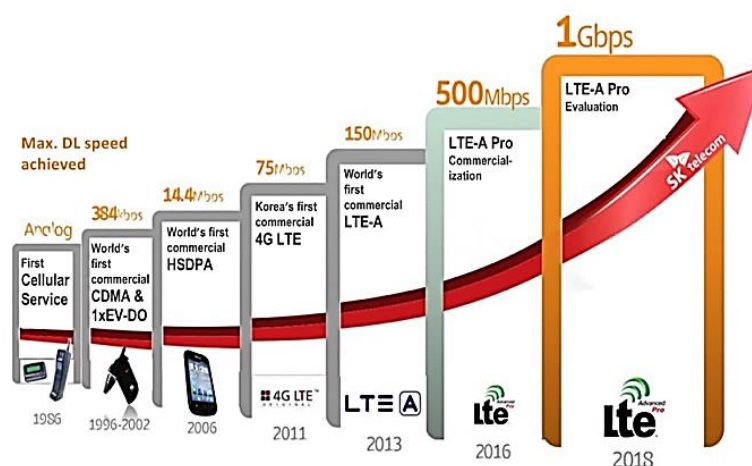
¹⁸ <https://www.simonlyabonnement.nl/nieuws/volte-gebruikers-nederland/>

¹⁹ <https://www.telegeography.com/products/commsupdate/articles/2017/01/09/t-mobile-netherlands-plans-gsm-shutdown-by-2020/>

²⁰ <http://resources.alcatel-lucent.com/asset/200176>

- Dynamische uplink/downlink-aggregatie waardoor operators de mogelijkheid krijgen om dynamisch te reageren op variërende uplink- en downlink verkeersbehoeften;
- Ondersteuning tot 64 antenne-elementen voor MIMO-technologie in de eNodeB.

Afgezien van de bovenstaande verbeteringen die de throughput zullen stimuleren, bevat LTE Advanced Pro diverse verbeteringen ter ondersteuning van nieuwe *use cases*²¹, zoals voor de Openbare Orde en Veiligheid en voor voertuigtoepassingen. Deze verbeteringen zijn gericht op verkleinen van de door de gebruiker ervaren vertragingen en op hogere betrouwbaarheid.



Figuur 4: Evolutie van de LTE-technologie²²

2.3 3GPP-technologieën voor Internet of Things

2.3.1 *Introductie*

Internet of Things (IoT) is een enorm breed toepasbaar concept gebaseerd op communicatie en verwerken van verschillende typen informatie afkomstig van (slimme) sensoren met als doel een bepaalde dienst of eindproduct te verbeteren. Met de opkomst van *Big Data* wordt het perspectief van IoT ook in de verdere toekomst vergroot.

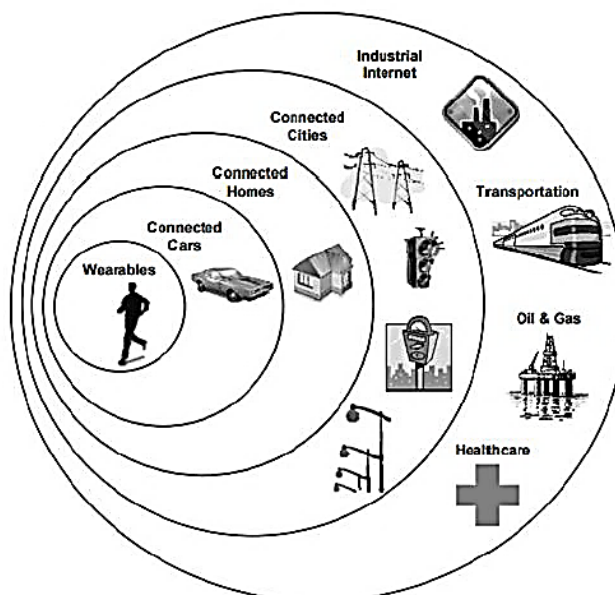
De communicatie voor IoT verloopt (via internet) tussen een centraal punt en de sensoren, al dan niet via een gateway. Deze is de gebruikelijke connectiviteitsvorm voor IoT en kan aan de kant van de sensor geïmplementeerd worden via een draadloze verbinding. Dit is zeker het geval als de (slimme) sensor mobiel is zoals sensoren in een auto, truck of trein of als er geen andere verbinding mogelijk is door economische (bijvoorbeeld vanwege hoge kosten) of fysieke redenen (bijvoorbeeld als geen bekabelde verbinding beschikbaar is). Dit hoofdstuk richt zich op de door 3GPP gestandaardiseerde draadloze cellulaire netwerken die gebruikt kunnen worden voor verschillende IoT-toepassingen²³.

²¹ <https://www.qualcomm.com/media/documents/files/the-essential-role-of-gigabit-lte-lte-advanced-pro-in-a-5g-world.pdf>

²² <http://www.netmanias.com/en/post/blog/10035/5g-iot-lte-sk-telecom-samsung-sk-telecom-s-strategies-for-next-generation-network-evolution>

²³ <http://www.3gpp.org>

Typische voorbeelden van IoT-toepassingsdomeinen of zogenoemde *verticals* (zie Figuur 5) zijn: draagbare sensoren (*wearables* zoals *smart watches* of *bracelets*) onder meer ten behoeve van e-Health, auto's en verschillende andere voertuigen in de transport/logistieke sector, *utilities* (gas, water, en elektra), slimme steden (*Smart Cities*), gezondheidszorg en slimme industrie/fabrieken (*Smart Industries*).



Figuur 5: Belangrijke IoT Verticals²⁴

Alle cellulaire netwerkkoperators in Nederland (e.g. KPN, Vodafone, T-Mobile) bieden IoT-gerelateerde dienstverlening aan:

- KPN levert zogenoemde M2M (*machine-to-machine*) Connectivity oplossingen via door 3GPP gestandaardiseerde GSM/UMTS/LTE-netwerken. Daarnaast is ook de optie om een LoRa (Long Range)-netwerk²⁵ te gebruiken. De LoRa-technologie is niet gestandaardiseerd door 3GPP en bedoeld voor Low Power Wide Area Network (LPWAN) IoT-toepassingen;
- Vodafone²⁶ en T-Mobile²⁷ hebben vergelijkbare IoT-diensten als die van KPN. Daarnaast ondersteunen de twee operators de 3GPP-standaard 'Narrow Band' IoT (NB-IoT) als alternatief voor LoRa.

De eerste NB-IoT standaardisatie in 3GPP is als onderdeel van Release 13 afgerond in juli 2016. Deze standaardisatie betrof ook de definitie van de zogenaamde Cat-NB1 terminal voor NB-IoT. NB-IoT concurreert met andere IoT-technologieën zoals LoRa en SigFox. Naast de NB-IoT standaard werkt 3GPP aan twee andere technologieën voor IoT:²⁸

²⁴ 5G Americas White Paper, "LTE and 5G Technologies Enabling the Internet of Things", December 2016, www.5gamericas.org

²⁵ <https://www.kpn.com/zakelijk/grootzakelijk/internet-of-things.htm>

²⁶ https://www.vodafone.nl/_assets/mgb/downloads/solutions/whitepaper-nb-iot.pdf

²⁷ <https://iot.t-mobile.nl/>

²⁸ "3GPP Standards for the Internet-of-Things", Philippe Reininger Chairman 3GPP RAN WG3, November 2016, bron:

http://www.3gpp.org/images/presentations/2016_11_3gpp_Standards_for_IoT.pdf

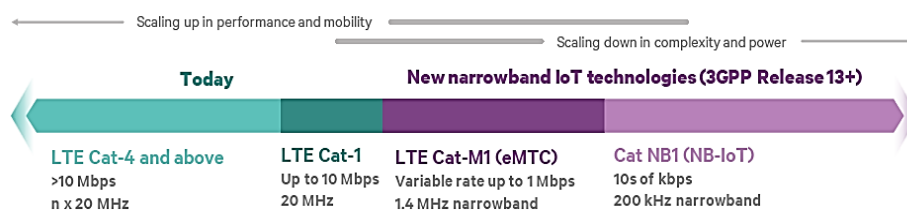
- 1) eMTC: Machine Type Communicatie in LTE (terminal categorie Cat-M1 en verbeteringen t.o.v. de Cat-NB1 terminal);
- 2) EC-GSM IoT: verbeteringen om GSM/EDGE geschikt te maken voor IoT-toepassingen.

2.3.2 *Belangrijkste eigenschappen van de 3GPP-technologieën voor IoT*

De 3GPP-technologieën die gericht zijn op IoT-toepassingen hebben de volgende belangrijke eigenschappen:

- a) **Eenvoudige terminals:** Dit is om de kosten van de sensoren te drukken en de uitrol van een groot aantal sensoren betaalbaar te maken. Voorbeeldoplossingen hiervoor zijn:
 - Lagere datasnelheden en kleinere bandbreedtes;
 - Geen *handover* (wel cell-herselectie);
 - Half-Duplex (HD): alleen zenden *of* ontvangen waardoor dezelfde RF-hardware gebruikt kan worden.
- b) **Grote dekking:** het gaat hier vooral om sensoren die moeilijk bereikbaar zijn in afgelegen gebieden of die zich diep binnenshuis bevinden, toch te verbinden met het netwerk. Voorbeeldoplossingen hiervoor zijn:
 - Kleine bandbreedtes (minder ruis en groter uitzendvermogen per Hertz) en lage datasnelheden (lager signaal-ruis target) resulteren in een groter bereik van de draadloze verbinding;
 - Gebruik van lagere frequentiebanden (d.w.z. lager dan 2 GHz);
 - Meervoudige herhaling van het verzonden datapakket. Dit is mogelijk omdat lage datasnelheid acceptabel is.
- c) **Efficiënt energie gebruik:** om de OPEX laag te houden. Hiervoor laat men de sensoren meerdere jaren (ongeveer 10 jaar) werken zonder dat de batterij gewisseld hoeft te worden. Voorbeeldoplossingen hiervoor zijn:
 - Langere 'inactieve' periodes;
 - Lage (signalering) overhead per verzonden bericht.
- d) **Schaalbaarheid en gemak van installatie/beheer:** om opschaling naar groot aantal sensoren betaalbaar en beheersbaar te maken. Hiervoor zijn verbeteringen ontwikkeld in de protocollen en in de netwerkarchitectuur. Voorbeeldoplossingen hiervoor zijn:
 - Tijdelijk opslaan van 'downlink'-berichten in de netwerk totdat de eindterminal weer 'actief' wordt. Dit is in verband met de langere 'inactieve' periodes voor efficiënt batterijgebruik;
 - Mogelijk maken voor groep-gebaseerde triggers, sturen van berichten en *policing*;
 - Mogelijk maken dat de bepaalde events gecommuniceerd kunnen worden met de IoT-applicatie zoals: verloren communicatielink, onsuccesvolle communicatie, locatieveranderingen, associatie verandering tussen de eindterminal identifier en de SIM, etc.;
 - Introductie van de Cellular IoT-Serving Gateway Node (C-SGN) als een aparte node, in plaats van definitie van allerlei IoT-functies gedistribueerd in de MME (Mobility Management Entity) en SGW (Serving Gateway).

Met deze ontwikkelingen heeft 3GPP een breed scala aan terminals gestandaardiseerd, d.w.z. van reguliere LTE terminal (Cat-1 of Cat-4) voor breedbandige mobiele diensten tot de eenvoudige LTE terminalcategorie (Cat-NB1) voor IoT-toepassingen zoals weergegeven in Figuur 6.



Figuur 6: Verschillende LTE terminal-categorieën²⁹

Alle 3GPP-technologieën voor IoT maken gebruik van gelicenseerd spectrum. De spectrumlicentie maakt het mogelijk dat de interferentie gemanaged kan worden, bijvoorbeeld door de operator die in bezit is van de licentie. Dit biedt de mogelijkheid tot garantie van de beschikbaarheid en kwaliteit van de IoT-verbindingen. Aan de andere kant introduceert dit afhankelijkheid van cellulaire netwerkkoperators.

Het cellulaire netwerkkoperator zorgt ook voor authenticatie en autorisatie van de sensoren. Na de installatie en activatie van de sensor zorgen de authenticatie en autorisatie procedures ervoor dat de sensor aangemeld wordt bij het draadloze cellulaire netwerk. Vervolgens krijgt de sensor internettoegang en kan daarna de data-uitwisseling plaatsvinden met de IoT-applicatie(s).

2.3.3 *Huidige stand van zaken in Nederland*

In Nederland is de nieuwste NB-IoT technologie nog in de beginfase. Zo heeft Vodafone de eerste tests uitgevoerd in maart 2017.³⁰ Een vergelijkbare trend is aanwezig bij T-Mobile met hun uitnodiging richting de IoT business partijen om gebruik te maken van hun NB-IoT netwerk en beschikbare sensorplatforms zoals SODAQ's.³¹ KPN ondersteunt op dit moment LoRa draadloze netwerktechnologie voor hetzelfde IoT-marktsegment.

Om gebruik te maken van de NB-IoT technologie moeten IoT business partijen (d.w.z. de zakelijke gebruikers van cellulaire IoT-oplossingen) checken of cellulaire netwerkkoperators voldoende dekking hebben in het geplande sensor uitrolgebied, sensors ter beschikking hebben die uitgerust zijn met de NB-IoT communicatiechip en zij een zakelijk abonnement kunnen afsluiten.

2.3.4 *Overzicht van de 3GPP-technologieën voor IoT*

Tabel 2 geeft het overzicht van de door 3GPP gestandaardiseerde IoT-technologieën. De meest breedbandige optie is eMTC (Cat-M1 terminal) met 1,4 MHz carrier³², hoogste maximum data snelheid (1 Mbit/s) en kleinste bereik (Maximum Coupling Loss, MCL = 154 dB). De minst breedbandige optie is NB-IoT met 180 kHz carrier, laagste maximum datasnelheid (50 kbit/s) en het grootste bereik (MCL = 164 dB). In de uplink NB-IoT kan de terminal of sensor zenden binnen 1/12 (*single-tone*), 1/4, of 1/2 van de NB-IoT carrier voor het geval dat dekking belangrijk is en lagere datasnelheden (maximaal 50 kbit/s) acceptabel zijn. Alle technologieën kunnen geïntroduceerd worden binnen de bestaande LTE of GSM carriers. Dit houdt in dat slechts een software update nodig is aan de netwerkkzijde. Voor de NB-IoT carrier bestaan drie opties, zie ook Figuur 7:

²⁹ Qualcomm's White Paper, "Paving the path to Narrowband 5G with LTE Internet of Things (IoT)", July 2016

³⁰ https://www.vodafone.nl/over-vodafone-ziggo/nieuws/nieuws.html?post_id=278912

³¹ <https://www.kickstarter.com/projects/sodaq/the-first-nb-iot-shield-for-arduino-supported-by-t>

³² Binnen de 1,4 MHz carrier voor Cat-M1 is de bandbreedte van het zendsignaal van de terminal 1,08 MHz zoals aangegeven in Tabel 2

- **In-band NB-IoT uitrol** met reservering/gebruik van het 180 kHz-brede gedeelte van de bestaande LTE carrier, de zogenaamde Physical Resource Block (PRB);
- **Guard-band NB-IoT uitrol** met reservering/gebruik van het 180 kHz brede gedeelte in het 'guard band' gebied van de LTE carrier aan de twee zijanten;
- **Stand-alone NB-IoT uitrol** met reservering/gebruik via zogenaamde 're-farming' van een of meerdere GSM carriers.³³

Tabel 2: Vergelijking van de verschillende 3GPP-technologieën voor IoT-toepassingen³⁴

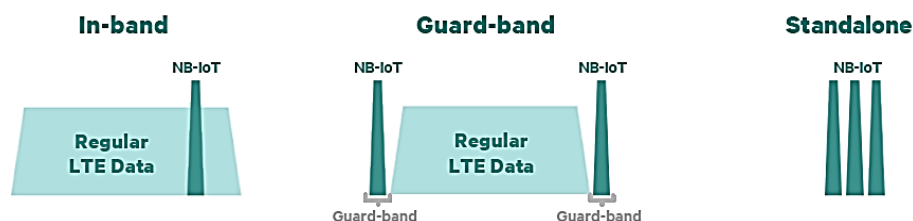
	eMTC (LTE Cat M1)	NB-IOT	EC-GSM-IoT
Deployment	In-band LTE	In-band & Guard-band LTE, standalone	In-band GSM
Coverage*	155.7 dB	164 dB for standalone, FFS others	164 dB, with 33dBm power class 154 dB, with 23dBm power class
Downlink	OFDMA, 15 KHz tone spacing, Turbo Code, 16 QAM, 1 Rx	OFDMA, 15 KHz tone spacing, 1 Rx	TDMA/FDMA, GMSK and 8PSK (optional), 1 Rx
Uplink	SC-FDMA, 15 KHz tone spacing Turbo code, 16 QAM	Single tone, 15 KHz and 3.75 KHz spacing SC-FDMA, 15 KHz tone spacing, Turbo code	TDMA/FDMA, GMSK and 8PSK (optional)
Bandwidth	1.08 MHz	180 KHz	200kHz per channel. Typical system bandwidth of 2.4MHz [smaller bandwidth down to 600 kHz being studied within Rel-13]
Peak rate (DL/UL)	1 Mbps for DL and UL	DL: ~50 kbps UL: ~50 for multi-tone, ~20 kbps for single tone	For DL and UL (using 4 timeslots): ~70 kbps (GMSK), ~240kbps (8PSK)
Duplexing	FD & HD (type B), FDD & TDD	HD (type B), FDD	HD, FDD
Power saving	PSM, ext. I-DRX, C-DRX	PSM, ext. I-DRX, C-DRX	PSM, ext. I-DRX
Power class	23 dBm, 20 dBm	23 dBm, others TBD	33 dBm, 23 dBm

* In terms of MCL target. Targets for different technologies are based on somewhat different link budget assumptions (see TR 36.888/45.820 for more information).

Afhankelijk van het NB-IoT verkeersniveau (d.w.z. de capaciteitsbehoefte) kunnen meerdere NB-IoT carriers geactiveerd worden, onafhankelijk of de netwerkoperator de in-band, guard-band of de standalone optie heeft gekozen.

³³ De GSM carrier is 200 kHz breed en dat maakt het mogelijk om het 180 kHz brede NB-IoT zendsignaal in te passen

³⁴ "3GPP Standards for the Internet-of-Things", Phillipe Reininger Chairman 3GPP RAN WG3, November 2016, bron: http://www.3gpp.org/images/presentations/2016_11_3gpp_Standards_for_IoT.pdf



Figuur 7: Diverse uitrolmogelijkheden van de NB-IoT carrier³⁵

2.3.5 Toekomstige 3GPP-ontwikkelingen voor IoT

Het huidige 3GPP-standaardisatiewerk voor IoT is gericht op twee grote toekomstige activiteiten:

- a) Verbeteringen van eMTC, NB-IoT en EC-GSM IoT-technologieën in Release 14 die gepland staan voor afronding eind 2017. Dit betekent dat de commerciële introductie van Release 14-compliant netwerken en IoT-sensoren te verwachten is vanaf begin 2019. Een aantal voorbeelden van verbeteringen is:
 - Ondersteuning van meer nauwkeurige positionering om de locatie van de sensoren te bepalen;
 - Voor NB-IoT en eMTC verbeterde multicast-optie om bijvoorbeeld firmware updates van sensoren efficiënter te maken. Daarnaast zijn langere 'inactieve' periodes gepland voor standaardisatie om efficiënter batterijgebruik te realiseren.
- b) Introductie van nieuwe IoT-radiotechnologie in 5G met de Release 15-standaardisatie die volgens planning afgerond zal zijn eind 2018. Dit betekent dat de commerciële introductie van Release 15-compliant 5G-netwerken en IoT-sensoren is te verwachten vanaf begin 2020. Een aantal voorbeelden van verbetering door combinatie met 5G is:
 - Verdere verbetering van dekking via multi-hop relay-concepten;
 - Verdere verbetering rond de schaalbaarheid zodat meer sensoren per vierkant meter ondersteund kunnen worden;
 - Realisatie van 'low-latency' en 'high-reliability' IoT-verbindingen voor *mission-critical* toepassingen.

2.4 Wi-Fi

Wi-Fi is één van de meest succesvolle draadloze technieken op dit moment: wereldwijd zijn in 2016 bijna 3 miljard Wi-Fi producten verkocht en de totale *installed base* bedraagt bijna 7 miljard. Iedere laptop, smartphone of tablet is voorzien van Wi-Fi.

De term Wi-Fi wordt in de dagelijkse praktijk gebruikt als synoniem voor 'draadloos thuisnetwerk'. Veel consumenten maken thuis gebruik van Wi-Fi voor toegang tot Internet via een breedband glas-, kabel- of DSL (*Digital Subscriber Line*)-aansluiting. Het toenemende gebruik van online video streaming-diensten met hoge beeldkwaliteit zoals Netflix en YouTube, vergroten de druk op de ondersteuning van Wi-Fi netwerken voor wat betreft bandbreedte. Wi-Fi netwerkelementen die hogere datasnelheden kunnen verwerken, o.a. via 802.11n en 802.11ac in de 5 GHz-band,

³⁵ Qualcomm's White Paper, "Paving the path to Narrowband 5G with LTE Internet of Things (IoT)", July 2016

zijn beter geschikt om deze streaming-diensten te ondersteunen in draadloze thuisnetwerken.

Consumenten maken ook buitenshuis meer en meer gebruik van 'gratis' Wi-Fi netwerken, bijvoorbeeld in cafés, restaurants, vliegvelden, stadions en winkelcentra en in zogeheten *home spots* van bijvoorbeeld KPN en Ziggo waarbij een tweede Wi-Fi 'gastnetwerk' mogelijk wordt op breedband kabel- of DSL-modems. Ook verschijnen er meer producten die directe communicatie tussen randapparatuur mogelijk maken voor bijvoorbeeld media streaming, gebaseerd op Wi-Fi Direct, WiGig en/of Miracast.

Daarnaast wordt in Europa een op 802.11 gebaseerde techniek (802.11p) ontwikkeld in het domein van Intelligent Transport Systems (ITS) waar directe draadloze communicatie - in een aparte frequentieband van 5,9 GHz - tussen zelfrijdende auto's wordt gebruikt om de veiligheid en doorstroming op de weg te vergroten. Met behulp van uitwisseling van informatie kunnen zelfrijdende auto's op korte volgfstand rijden. Deze informatie voorziet immers in een belangrijke aanvulling op de informatie van sensoren (radar, camera) in de auto's waardoor men ook verder kan 'kijken' naar auto's die niet direct zichtbaar zijn voor deze sensoren.

2.4.1 *IEEE 802.11-standaard*

Wi-Fi producten zijn gebaseerd op de IEEE 802.11-standaard. Na ruim 25 jaar is in 2016 de derde revisie van de 802.11-standaard vrijgegeven: 802.11-2016. De 802.11-standaard is nog steeds in ontwikkeling binnen IEEE. Momenteel wordt o.a. gewerkt aan 802.11ax - de opvolger van 802.11ac. In de 802.11-2016-standaard is ook de mogelijkheid voor indoor-positiebepaling o.b.v. Wi-Fi, nu op basis van relatieve signaalsterkte, uitgebreid met het protocol *Fine Timing Measurement* om via tijdsverschillen de afstand tussen Wi-Fi apparaat en AP te bepalen.

2.4.1.1 *IEEE 802.11-varianten*

Wi-Fi kent twee opties:

- Ad-hoc communicatie waarbij randapparaten direct met elkaar communiceren zonder infrastructuur en
- Infrastructuur-gebaseerde communicatie, waarbij wordt gewerkt met basisstations, in 802.11-terminen *Access Point* (AP) genoemd.

Binnen IEEE zijn meerdere varianten ontwikkeld voor gebruik met basisstations in de 2,4 en 5 GHz-band: 802.11a, b, g, n en ac. De theoretisch maximale doorvoersnelheid neemt toe bij iedere nieuwe variant door de toepassing van nieuwe radiotechnieken zoals (i) *channel bonding* waarbij meerdere 20 MHz kanalen (momenteel 2 tot 8) in de 2,4 of 5 GHz-band worden gebruikt tussen terminal en AP, (ii) door gebruik van efficiëntere modulatie technieken en (iii) technieken als (MU)-MIMO (*Multi-User-Multiple Input Multiple Output*) in combinatie met meerdere antennes om verkeer gericht naar een bepaald Wi-Fi apparaat te kunnen sturen van een AP. Onderstaand is in Tabel 3 een overzicht gegeven van de varianten en een aantal van hun kenmerken.

Tabel 3: IEEE 802.11-varianten

802.11	Datum	Frequentie band	Max. snelheid (Mbit/s)	Channel (bonding)	Aantal MIMO streams
802.11-legacy	1997	2,4 GHz	1-2	20 MHz	1
802.11a	Sep. 99	5 GHz	54	20 MHz	1
802.11b	Sep. 99	2,4 GHz	11	20 MHz	1
802.11g	Jun. 03	2,4 GHz	54	20 MHz	1
802.11n	Okt. 09	2,4 + 5 GHz	72/150	20/40 MHz	4
802.11ac	Dec. 13	5 GHz	87/200/433/867	20/40/80/160 MHz	8

De doorvoersnelheid is in de praktijk vaak lager dan de maximale snelheid, doordat het spectrum gedeeld wordt door meerdere gebruikers. Bovendien zijn niet alle technieken zoals *channel bonding* of MU-MIMO in producten toegepast.

De 802.11ax-variant is nog in ontwikkeling binnen IEEE en wordt naar verwachting in 2019 goedgekeurd. Op dit moment zijn al wel de eerste 802.11ax-chipsets beschikbaar van leveranciers als Quantenna en Qualcomm. Deze zijn gebaseerd op een draft versie van de 802.11ax-standaard. Deze standaard werkt in de 2,4 en 5 GHz-band en heeft tot doel om snelheden tot 10 Gbit/s mogelijk te maken.

2.4.1.2 Frequenties en zendvermogen

Wi-Fi-apparatuur valt binnen de EU onder de CEPT-regeling voor *Short Range Devices*. Wi-Fi is ontwikkeld voor gebruik in de licentievrije ISM (*Industrial, Scientific and Medical*)-banden op 2,4 GHz en 5 GHz. Binnen de 2,4 GHz-band is in Europa 83 MHz beschikbaar in 13 overlappende kanalen van 20 MHz. Hiervan zijn 3 niet-overlappend (nummers 1, 6 en 11).

Door het succes van Wi-Fi ondervinden gebruikers op drukke locaties zoals stadscentra en gebieden met hoogbouw meer en meer problemen met de kwaliteit van Wi-Fi in de 2,4 GHz-band. Dit betreft vooral de doorvoersnelheid. Een oplossing is om gebruik te maken van de 5 GHz-band waarin 455 MHz beschikbaar is in 19 niet-overlappende kanalen van 20 MHz.

De huidige voorwaarden voor licentievrij gebruik stellen beperkingen aan het uitgezonden vermogen. In Europa is dit 100 mW EIRP (*Effective Isotropically Radiated Power*) voor de 2,4 GHz-band, 200 mW EIRP voor de 8 banden van 5,1-5,3 GHz (indoor) en 1 W EIRP voor de banden van 5,4-5,7 GHz (voor outdoor gebruik). Daarnaast zijn er aanvullende beperkingen in een groot deel van het 5 GHz spectrum (355 MHz) waarbij Wi-Fi producten interferentie met bestaande radarsystemen dienen te voorkomen. Dit vindt plaats door gebruik te maken van *Dynamic Frequency Selection* (DFS). Ofcom, de Britse regelgever voor communicatie, heeft in maart 2017 haar plan gepresenteerd om regelgeving aan te passen om het spectrum in de 5 GHz-band uit te breiden (5725 - 5850 MHz) en om beperkingen rondom bijvoorbeeld DFS op te heffen in de andere banden.

Naast de 802.11-varianten voor de 2,4 en 5 GHz-band (a/b/g/n/ac/ax) zijn ook toevoegingen ontwikkeld die in Europa in andere banden werken zoals: 802.11ah

voor IoT (*Internet of Things*) in de 'sub-1GHz' band (voor EU in 868,8 MHz ISM band), 802.11ad voor directe communicatie in de 60 GHz-band (voor bijvoorbeeld video streaming) en 802.11p voor ITS-toepassingen in de 5,9 GHz-band.

2.4.1.3 Toekomstige IEEE 802.11-standaarden

Binnen IEEE 802.11 worden verschillende toevoegingen - met een eigen letter(combinatie) - ontwikkeld in werkgroepen. Momenteel wordt binnen IEEE verder gewerkt aan nieuwe toevoegingen. De belangrijkste zijn:

- 802.11ax (*High Efficiency WLAN*): 802.11ax is de opvolger van 802.11ac en zal de efficiëntie van de WLAN-netwerken vergroten met als doel het vergroten van de doorvoer van 802.11ac tot circa 4-10 Gbit/s. De IEEE-werkgroep voor 802.11ax is begonnen in maart 2014. De goedkeuring binnen IEEE staat gepland voor juli 2019. Het formele proces om tot een internationale standaard te komen duurt daarna nog minimaal 12 maanden;
- 802.11ay (*Next Generation 60 GHz*): dit is een standaard die een nieuwe fysieke laag voor 802.11-netwerken definieert om te kunnen functioneren in het 60 GHz-spectrum. Dit zal een uitbreiding zijn van de bestaande 802.11ad. De overdrachtssnelheid van 802.11ay zal tenminste 20 Gbit/s zijn. De belangrijkste toevoegingen om dit te bereiken zijn technieken zoals *channel bonding* (van 2, 3 en 4 kanalen), MIMO en hogere modulatieschema's. De IEEE-werkgroep voor 802.11ay is begonnen in maart 2015 en de IEEE-goedkeuring is gepland voor november 2019;
- 802.11az (*Next Generation Positioning*): deze standaard is gericht op verbeterd gebruik van Wi-Fi voor indoor locatiebepaling o.b.v. Wi-Fi netwerken. Wi-Fi netwerken worden nu al gebruikt voor locatiebepaling in smartphones. Deze werkgroep heeft tot doel om een nauwkeurigheid van beter dan 1 meter te behalen en wel bij efficiënt batterijgebruik en gebruik in drukke omgevingen zoals stadions. De werkgroep is in september 2015 gestart en de IEEE-goedkeuring staat gepland voor maart 2021;
- 802.11ba (*Wake Up Radio*): deze standaard heeft tot doel een *wake up radio* te ontwikkelen om data op een meer energie-efficiënte manier te versturen. De bestaande Wi-Fi radio wordt geactiveerd door de aanvullende wake-up radio, die werkt bij maximaal 100 μ W, waardoor de bestaande Wi-Fi radio alleen energie verbruikt bij het sturen of ontvangen van dataverkeer.

2.4.2 Wi-Fi Alliance

Wi-Fi, inclusief het bijbehorende beeldlogo is formeel een merknaam van de Wi-Fi Alliance (WFA)³⁶, een industrieconsortium dat in 1999 is opgericht en nu circa 600 bedrijven als lid kent. WFA is de organisatie die zorgt voor specificaties en certificering van Wi-Fi producten, onder het Wi-Fi CERTIFIED programma. Producten die de Wi-Fi merknaam en/of het logo voeren (zoals smartphones, tablets en XDSL of kabelmodems met Wi-Fi APs) zijn goedgekeurd door de Wi-Fi Alliance (WFA). Op dit moment heeft WFA ruim 30.000 producten gecertificeerd.

Een product komt in aanmerking voor het Wi-Fi logo als door een onafhankelijk certificatiebureau is aangetoond dat aan bepaalde eisen t.a.v. functionaliteit, prestatie en interoperabiliteit is voldaan. Met name het laatste is van belang voor de consument, omdat dit garandeert dat producten met het Wi-Fi-logo samenwerken met producten van andere fabrikanten. De specificaties van WFA zijn gebaseerd op

³⁶ www.wi-fi.org

de IEEE 802.11-standaard. Naast Wi-Fi heeft de WFA ook andere merknamen geregistreerd, zoals Wi-Fi Direct, WMM, Miracast, WPS, WPA/WPA2, WiGig, Wi-Fi Aware en Passpoint. Begin 2016 is hier de merknaam Wi-Fi HaLow aan toegevoegd voor 802.11ah-producten, die bedoeld zijn voor toepassing in Long Range Low Power (LRLP) netwerken, vergelijkbaar met LoRa (*Long Range*). De eerste 802.11ah-producten voor IoT zijn in 2016 op de markt verschenen.

2.4.3 *Wireless Broadband Alliance*

Naast de Wi-Fi Alliance is de Wireless Broadband Alliance (WBA)³⁷ een tweede, relevante organisatie gericht op interoperabiliteit. WBA is opgericht door verschillende partijen uit de Wi-Fi industrie om de interoperabiliteit tussen Wi-Fi netwerken van operators te bevorderen en hierbij te zorgen voor een uitstekende gebruikerservaring.

WBA biedt een set van *Next Generation Hotspots* (NGHs) of *Hotspot 2.0* richtlijnen voor Wi-Fi netwerkkoperators over de manier waardoor randapparaten (d.w.z. smartphones en tablets) eenvoudig en op een veilige manier verbinding kunnen maken met elkaars netwerken t.b.v. Wi-Fi *roaming* en Wi-Fi *offload*, de afhandeling van dataverkeer via Wi-Fi in plaats van door mobiele netwerken. De ondersteuning van NGH in mobiele randapparatuur (Apple iOS, Android) en Wi-Fi neemt nog steeds toe, waardoor roaming op Wi-Fi netwerken van derden eenvoudiger wordt en o.a. handmatige netwerkselectie en invoer van gebruikersnaam/wachtwoord overbodig wordt. De NGH-technologie wordt o.a. in de VS toegepast door Boingo om haar Wi-Fi netwerken op een aantal internationale vliegvelden open te stellen voor klanten van mobiele operators zoals Sprint US.

2.4.4 *De rol van Wi-Fi binnen mobiele netwerken in Nederland*

Wi-Fi heeft een wisselende positie in de netwerkstrategieën van mobiele operators. Al een aantal jaren is Wi-Fi voor mobiele operators in beeld als een belangrijke manier om de verkeerslast op hun cellulaire netwerk te verminderen (Wi-Fi '*offload*'). Mobiele operators zien Wi-Fi als aanvulling op hun mobiele netwerk, d.w.z. dataverkeer wordt - naast Wi-Fi thuisnetwerken – afgehandeld via Wi-Fi *hotspot*-netwerken van (gelieerde) operators. Zowel KPN (via 'KPN WiFi' en 'KPN Hotspots') als Ziggo (via Ziggo 'WiFiSpots') kiezen momenteel voor een grootschalige inzet van Wi-Fi binnen hun diensten middels hun 'hotspot' aanpak via 'home spots' en publieke Wi-Fi hotspots.

Bij de 'home spots' worden alle kabelmodems (Ziggo) of DSL/glas modems (KPN) van de eigen klanten voorzien van een tweede Wi-Fi AP waarop andere klanten als gastgebruiker kunnen inloggen. Dit is virtueel, door toevoegen van een extra SSID. Deze gastverbindingen kennen beperkingen zoals in de maximaal toegestane bandbreedte per gebruiker per AP of het maximaal aantal gelijktijdige gastgebruikers zodat dit niet ten koste gaat van de bandbreedte van de abonnee zelf.

Daarnaast heeft Ziggo de strategie om dekking te bieden in stedelijke gebieden via publieke hotspots. Dit vindt plaats door straatkasten te voorzien van Wi-Fi APs als aanvullende 'WiFiSpots'. Deze APs werken tegenwoordig in de 5 GHz-band en hebben een bereik van 50-100 m.

³⁷ www.wballiance.com

2.4.5 *Wi-Fi Calling*

Bellen over Internet (ook VoIP of *Voice-over-IP* genoemd) via bijvoorbeeld Skype, Viber, Facebook Messenger, Apple's Facetime audio en WhatsApp is al langere tijd mogelijk over mobiele en/of Wi-Fi datanetwerken. De kwaliteit en betrouwbaarheid op onbeheerde Wi-Fi netwerken wordt door mobiele operators evenwel nog vaak als onvoldoende gezien. Echter, sinds de aankondiging van Apple in Juli 2014 over ondersteuning van *Wi-Fi Calling* in iOS8 en het gebruik hiervan door T-Mobile US is een verschuiving zichtbaar bij mobiele operators.

Wi-Fi Calling is de term voor een technologie die de mogelijkheid biedt om vanuit de gewone telefoniefunctie op een smartphone (*native calling*) ook via Wi-Fi netwerken te bellen en niet via een aparte app. *Wi-Fi Calling* wordt meer en meer gezien als een nuttige technologie om de kwaliteit van telefonie te verbeteren, met name op locaties waar de mobiele netwerkdekking beperkt is zoals in bedrijfspanden, hoogbouw, of zogeheten witte vlekken in een mobiel netwerk met slechte dekking, de zogenaamde 'non-spots'.

In de VS bieden momenteel de vier grote mobiele operators de mogelijkheid tot het gebruik van *Wi-Fi Calling*. Ook in Europa zijn er meer en meer voorbeelden van operators die deze functie bieden, deels gekoppeld aan de uitrol van VoLTE (*Voice-over-LTE*) waarbij spraak ook over een LTE datanetwerk getransporteerd wordt. In Nederland hebben zowel KPN, Vodafone als T-Mobile aangekondigd dat zij in 2017 *Wi-Fi Calling* gaan ondersteunen in hun netwerken, met name om de indoordekking te verbeteren.

2.4.6 *Wi-Fi in 4G en 5G*

Door de sterke groei van mobiel dataverkeer zijn vanuit de mobiele industrie ook oplossingen ontwikkeld om LTE te kunnen gebruiken in de licentievrije 5 GHz-band. In de VS is LTE-U (*LTE in Unlicensed Spectrum*) ontwikkeld door het LTE-U forum, een industrie consortium. De eerste producten zijn begin 2017 vrijgegeven door de FCC, de regelgever in de VS. De variant LTE-U is niet geschikt voor Europa, doordat LTE-U geen gebruik maakt van de techniek *Listen-Before-Talk* (LBT) - in Europa een voorwaarde voor gebruik van de 5 GHz-band.

3GPP heeft de oplossingen *LTE-License Assisted Access* (LAA) en *LTE-WLAN Aggregation* (LWA) ontwikkeld die wereldwijd bruikbaar zijn.

Met LAA wordt gebruik van LTE in de 5 GHz-band mogelijk, waarbij dataverkeer via gelicenseerd en licentievrij spectrum wordt verstuurd.

Met LWA wordt dataverkeer gespreid verstuurd over LTE en Wi-Fi netwerken.

Daarnaast heeft de MulteFire Alliance een oplossing ontwikkeld die het mogelijk maakt om LTE te gebruiken in 5 GHz zonder de noodzaak om ook verkeer via gelicenseerd spectrum te versturen zoals bij LAA en LWA het geval is. Multefire-oplossingen worden in de zomer van dit jaar verwacht. Het gebruik van LTE in de 5 GHz-band staat momenteel sterk in de belangstelling vanuit regelgevers die moeten voorkomen dat LTE geen negatief effect heeft op snelheid van Wi-Fi. Voor Wi-Fi en LTE-U zijn hiervoor in 2016 testspecificaties opgesteld, die nu gebruikt worden voor de vrijgave van LTE-U apparatuur in de VS. Voor LAA, de wereldwijde variant, zullen deze door 3GPP worden opgesteld.

Binnen 5G is de huidige strategie gericht op ondersteuning van meerdere, complementaire radiotechnologieën (*multi RAT- Radio Access Technologies*), omdat de voorspelde explosieve groei van dataverkeer in de komende jaren onmogelijk afgehandeld kan worden door mobiele netwerken met een beperkt aantal, licentie-gebonden spectrum banden. Wi-Fi is hierbij een belangrijke technologie. Momenteel zijn er al ontwikkelingen in de LTE 3GPP-standaard om verkeer te aggregeren over Wi-Fi en LTE-netwerken, als beschreven in de LWA-specificatie. In 5G is de verwachting dat deze ontwikkeling verder zal worden doorgezet.

2.4.7 *Andere toepassingen van Wi-Fi*

Naast het gebruik van Wi-Fi als draadloze technologie voor Internet-toegang zijn er specifieke gebieden waarin Wi-Fi wordt toegepast. De belangrijkste zijn:

- Low Power Wide Area (LPWA):
de 802.11ah-standaard met de bijbehorende merknaam WFA Wi-Fi HaLow kan worden gezien als een alternatief voor LoRa, SigFox of LTE Narrow Band IoT (NB-IoT) oplossingen voor IoT-netwerken. De eerste 802.11ah-producten van Newracom en Orca zijn in 2016 op de markt verschenen. Een verkennende studie binnen IEEE 802.11 voor een opvolger van 802.11ah is beëindigd. Deze wordt niet vervolgd in een 802.11-werkgroep door gebrek aan consensus over het doel;
- Intelligent Transport Systems (ITS):
inmiddels wordt al ruim 15 jaar gewerkt aan ITS-systemen voor communicatie tussen voertuigen en tussen voertuigen en de kant van de weg. Denk daarbij aan stoplichten of matrixborden boven snelwegen. De Europese standaard hiervoor is ITS-G5 en wordt in Europa ontwikkeld door ETSI ITS en CEN/ISO. Op de radio-laag wordt gebruik gemaakt van IEEE 802.11p als standaard. Dit is een uitgeklede variant van 802.11a waarbij de mechanismen voor authenticatie en beveiliging zijn weggehaald om via *direct radio broadcast* ad-hoc communicatie mogelijk te maken tussen voertuigen. In Europa zijn aparte kanalen (momenteel 3x10 MHz) vrijgemaakt voor ITS, in de 5,9 GHz-band. In de VS is door NHSTA in december 2016 een voorstel voor wetgeving aangekondigd waarin het wettelijk verplicht wordt dat nieuwe personenauto's geleverd worden met deze *short-range* communicatietechnologie.

2.5 **Automatic Identification System**

Het Automatic Identification System (AIS) is een op schepen geïnstalleerd radiografisch datasysteem (zie de voorbeeldapparatuur in Figuur 8 en Figuur 9) dat statische, dynamische en op de reis betrekking hebbende scheepsgegevens uitwisselt tussen schepen onderling en tussen schepen en walstations. AIS-stations op schepen verzenden met regelmatige tussenpozen de identiteit (MMSI: Maritime Mobile Service Identity), scheepsnaam, positie, koers, snelheid en eventueel andere informatie over het schip, zoals lading en bestemming. AIS-stations op andere schepen of aan de wal kunnen deze schepen dan identificeren, lokaliseren en volgen op een radarscherm of een Electronic Chart Display and Information System (ECDIS)-scherm.

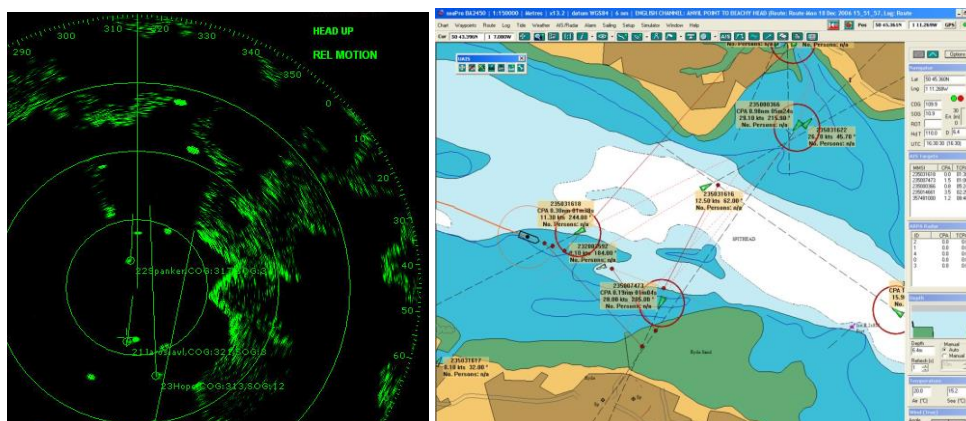


Figuur 8: AIS-transponder met bedieningspaneel



Figuur 9: AIS-antenne (links) en GPS ontvanger (midden) op een plezierjacht

Het primaire doel van AIS is om de kans op aanvaringen te verminderen. AIS wordt daarbij in de regel gebruikt ter aanvulling van radarbeelden. Aangezien niet alleen de positie maar ook de koers en snelheid verzonden worden, kan voor ieder schip ook een inschatting van het te volgen pad getoond worden en kan er berekend worden of er gevaar voor aanvaring bestaat.



Figuur 10: Radarbeeld met toegevoegde AIS-informatie (links) en weergave van AIS-informatie op een elektronische kaartapplicatie (rechts).

N.B.: afbeeldingen hebben betrekking op verschillende situaties

Aangezien niet alle vaartuigen over AIS beschikken (met name kleine pleziervaartuigen), mag AIS in de beroepsvaart niet zelfstandig gebruikt worden maar slechts ter aanvulling op radar (dat wel alle vaartuigen kan waarnemen).

2.5.1 Toepassingen van AIS

Het primaire doel waarvoor begin deze eeuw AIS ontwikkeld werd is het vermijden van aanvaringen tussen schepen op zee (*collision avoidance*). Doordat ieder schip zijn positie, snelheid en koers uitzendt, kunnen schepen in de buurt een inschatting maken of er gevaar bestaat voor een aanvaring.

Er zijn echter ook andere toepassingen mogelijk:

- Verkeersregeling in havens en andere drukke scheepvaartgebieden. AIS kan hiermee nuttige informatie leveren aan verkeers-controleposten. Sluiswachters kunnen met de informatie van AIS de benutting van een sluis efficiënter plannen en zo de doorstroming bevorderen;
- Met AIS is het mogelijk om ook de positie van andere objecten dan vaartuigen (vanaf de wal) uit te zenden, zoals boeien, bakens, vuurtorens. Zo kan bijvoorbeeld de plek van een aanvaring gemarkeerd worden met een virtuele boei, zonder daar een fysieke boei te hoeven plaatsen;
- Er wordt ook gedacht aan andere toepassingen, bijvoorbeeld voor het registreren van vaartuigen ten behoeve van de inning van havengelden.

2.5.2 De werking van AIS

Een AIS-station bestaat uit:

- Een VHF-transceiver met een zender en twee ontvangers (een voor elke frequentie);
- Een GPS-ontvanger voor positie-informatie en tijdsynchronisatie;
- Een elektronisch kompas voor het bepalen van de vaarrichting;
- Koppeling met een weergavesysteem (radarscherm of elektronische kaartapplicatie).

AIS maakt wereldwijd gebruik van twee frequenties in de maritieme VHF band: 161.975 MHz en 162.025 MHz. Het zendvermogen voor klasse-A stations (voor beroepsvaart) bedraagt 12.5 Watt, voor klasse-B stations (pleziervaartuigen) is dat 2 Watt. Op open zee is het bereik van klasse-A doorgaans beperkt tot 40 nautische mijlen (74 km), voor de binnenwateren kan het bereik (veel) lager zijn, afhankelijk van terreinomstandigheden, bebouwing enz.

Modulatie vindt plaats door middel van Gaussian Minimum-Shift Keying (GMSK, bekend van o.a. GSM). De datapakketten worden gestructureerd volgens HDLC (High Level Datalink Control).

Om te voorkomen dat uitgezonden berichten elkaar verstoren wordt er gebruik gemaakt van een aantal verschillende versies van Time Division Multiple Access (TDMA), die gemeenschappelijk hebben dat er geen centrale coördinatie/tijdslottoewijzing hoeft plaats te vinden zoals bij GSM. De tijdsloten van de verschillende stations worden gesynchroniseerd door middel van GPS. Per frequentiekanaal zijn er 2250 tijdsloten per minuut. In totaal zijn er dus over twee kanalen 4500 tijdsloten per minuut.

Een van de specifieke vormen van TDMA die gebruikt wordt (met name door klasse A stations) is Self-Organized Time Division Multiple Access (SOTDMA). Voor periodieke berichten geven de zendende stations bij SOTDMA zelf aan welk tijdslot zij zullen gebruiken voor het volgende bericht. Andere stations kunnen hier dan rekening mee houden bij het uitzenden van de eigen berichten. Voor niet-periodieke berichten en ook door klasse B stations wordt gebruik gemaakt van andere varianten van TDMA die ook geen centrale coördinatie vereisen, zoals

Carrier Sense Time Division Multiple Access, waarbij een station een tijdslot uitkiest waarop deze geen signaal van andere stations waarneemt.

Het interval tussen de periodieke berichten kan variëren van enkele seconden tot enkele minuten, afhankelijk van de snelheid van het schip. Daarnaast is het mogelijk om door middel van het versturen van een bericht naar een specifiek station bepaalde gegevens (vaker) op te vragen.

2.5.3 Gebruik van AIS in Nederland

2.5.3.1 Verplicht gebruik door schepen

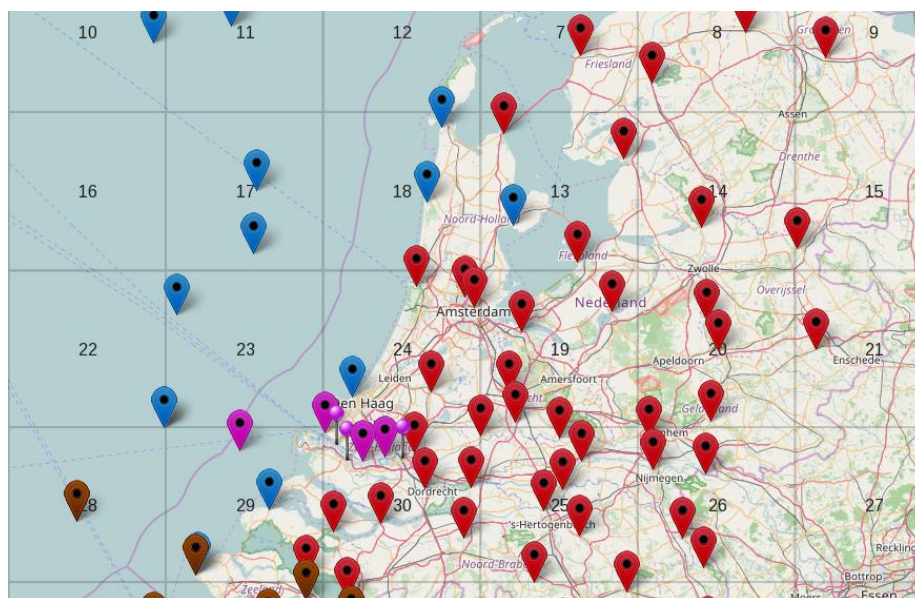
In Nederland is per 1 januari 2016 een algemene AIS-verplichting ingevoerd voor vaarwegen van CEMT (European Conference of Ministers of Transport)-klasse I en hoger. Er is geen onderscheid naar beroepsmatig of recreatief gebruik van het schip. Er geldt een algehele AIS-verplichting voor:

- schepen met een lengte van 20 meter of meer;
- schepen waarvan het volume 100 m³ of meer bedraagt;
- sleep- en duwbotten die zijn bestemd om de vaartuigen bedoeld onder bovenstaande twee punten of om drijvende werktuigen te slepen;
- passagiersschepen (waaronder open rondvaartboten);
- drijvende werktuigen.

Gedurende 2011 en 2012 gold er een subsidieregeling voor de aanschaf en installatie van AIS-apparatuur op binnenvaartschepen.

2.5.3.2 Walinfrastructuur

In Nederland zijn er op het moment van schrijven (mei 2017) ongeveer 87 walstations in gebruik (Figuur 11):



Figuur 11: AIS-walstations in Nederland

Deze hierboven getoonde walstations zijn eigendom van Rijkswaterstaat (rood), Kustwacht (blauw), Havenbedrijf Rotterdam (paars), Havenbedrijf Amsterdam (beheerd door Rijkswaterstaat) en Schelde-Radarketen (bruin).

De informatie afkomstig van de walstations voor binnenwateren en kustwateren wordt samengebracht in het DIAMONIS (Dutch Inland AIS Monitoring Infrastructure) systeem om zo een totaal dekkend verkeersbeeld te kunnen creëren. Dit verkeersbeeld wordt via koppelingen ter beschikking gesteld aan verkeersposten, radarsystemen en verkeersmanagement-applicaties.

2.5.4 *Toekomstige ontwikkelingen*

Waar AIS oorspronkelijk slechts bedoeld is voor het toevoegen van relevante details aan radarbeelden die dienen ter voorkoming van aanvaringen, zien wij dat er steeds meer toepassingen ontstaan die te maken hebben met verkeersmanagement, logistieke planning enz. Met name het DIAMONIS systeem draagt hieraan bij door op een uniforme manier een geaggregeerd, dekkend verkeersbeeld ter beschikking te stellen aan de diverse applicaties. Een aantal voorbeelden van applicaties is:

- Verkeersmanagement rond sluizen en bruggen;
- Logistieke planning van containeroverslag;
- Registratie van vaartuigen ten behoeve van de inning van havengelden.

(Geanonimiseerde) AIS-gegevens kunnen ook een nuttige bijdrage leveren aan het onderzoeken van veiligheidsrisico's, het opstellen van verkeersmodellen die kunnen leiden tot betere benutting van bestaande knelpunten enz.

Een andere ontwikkeling waaraan gewerkt wordt is het ontvangen van AIS-informatie door satellieten. AIS-signalen hebben een horizontaal bereik van slechts 40 nautische mijlen (74 km). Dit betekent dat AIS alleen beschikbaar is binnen kustwateren en tussen schepen onderling. Scheepvaart op open zee blijft daardoor onzichtbaar. AIS-signalen planten zich in verticale(re) richting echter veel verder voort. ESA voert o.a. een experiment uit om het wereldwijde scheepvaart verkeer te monitoren vanaf het Internationaal Ruimtevaartstation ISS.

2.5.5 *Privacyaspecten*

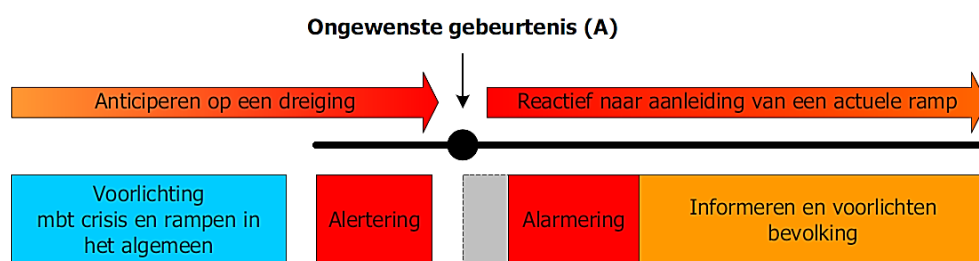
Naarmate de informatie die ter beschikking komt door AIS steeds bredere toepassingen krijgt, groeien de zorgen over de privacyaspecten daarvan. De Wet Bescherming Persoonsgegevens verplicht alle instanties die werken met geautomatiseerde bestanden om een privacyreglement op te stellen. Het Privacyreglement Verkeersregistratiesystemen is tot stand gekomen in overleg tussen Rijkswaterstaat en de binnenvaartsector. Hierin wordt vastgelegd waarvoor de AIS-gegevens gebruikt mogen worden en waarvoor niet. Hierin staat o.a. dat AIS-gegevens niet gebruikt mogen worden voor controles op vaar- en rusttijden, bemanningsvoorschriften of vaarsnelheden. Schippers wordt door hun brancheorganisatie aangeraden om niet meer dan de wettelijk verplichte informatie uit te zenden, te weten positie en scheepsidentiteit. Alle andere informatie (lading, herkomst, bestemming, diepgang) dient op andere (beter beveiligde) wijze doorgegeven te worden.

AIS-signalen worden on-versleuteld verzonden en zijn dus door iedereen te ontvangen met geschikte radioapparatuur. Publiceren van scheepsposities op Internet (zoals op vesselfinder.com, marinetraffic.com) is echter illegaal. Hiertegen wordt tot op heden niet opgetreden.

2.6 Burgeralarmering

2.6.1 *Waarschuwen van burgers bij calamiteiten*

Bij (acuut) ontstane dreigingen of rampsituaties heeft de Nederlandse overheid de taak om de bedreigde bevolking te waarschuwen en te informeren met als doel materiële en immateriële schade zoveel mogelijk te beperken. Het voorlichten van de bevolking is primair belegd bij de gemeente (Wet Veiligheidsregio's). Er wordt onderscheid gemaakt tussen *alertering* van de bevolking voordat een dreigende ramp zich heeft voorgedaan en *alarmering* direct na een ramp. Deze twee functies staan in Figuur 12 weergegeven in relatie tot één specifieke ongewenste gebeurtenis.



Figuur 12: Generieke functies voor alarmering uitgezet tegen de tijd³⁸

Voorafgaand aan alertering kan algemene voorlichting gegeven worden met betrekking tot crises en rampen. Na alarmering vindt informeren en voorlichten van de bevolking plaats. Deze overgangen zijn in de praktijk niet zo scherp als Figuur 12 suggereert en kunnen enigszins overlappen. Kenmerkend voor alertering en alarmering is dat het officiële berichtgeving van de overheid naar een specifieke doelgroep van burgers betreft (dus eenrichtingsverkeer) over een reëel gevaar op een reële locatie gericht op het direct bieden van handelingsperspectieven om in veiligheid te komen of te blijven.

In tegenstelling tot bovenbeschreven rampcommunicatie is risicocommunicatie algemener van aard en gericht op 'als-dan'-situaties, d.w.z. rampen die mogelijk in de toekomst kunnen plaatsvinden. NL-Alert is een van de ter beschikking staande communicatiemiddelen van de overheid en is bedoeld te worden ingezet in de alerterings- en alarmeringsfasen (de rood gekleurde fasen in Figuur 12).

De Nationaal Coördinator Terrorismebestrijding en Veiligheid (NCTV), ressorterende onder het Ministerie van Veiligheid en Justitie, is verantwoordelijk voor de bescherming van Nederland tegen maatschappelijk ontwrichtende dreigingen. De NCTV houdt zich in dat kader bezig met de facilitering van communicatie richting de burgers bij (dreigende) calamiteiten. Bij de operationele inzet van alerteringsmiddelen spelen de Veiligheidsregio's een primaire rol. De NCTV faciliteert de veiligheidsregio's om de taken op het gebied van burgeralarmering waar te maken.

2.6.2 *Systemen in gebruik in Nederland voor alertering en alarmering*

Er zijn diverse alerterings/alarmeringssystemen beschikbaar voor de overheid. Traditioneel werd gebruik gemaakt van sirenes in combinatie met geluidswagens, inbreken op radio/televisiezenders, vlugschriften, mondelinge aanzeggingen³⁹. Daar zijn de afgelopen jaren moderne systemen aan toegevoegd: vanuit de landelijke

³⁸ Jagtman, Sillem, Ale: *Bouwstenen voor alarmberichten in het kader van NL-Alert*, 2011

³⁹ Handboek Voorbereiding Rampenbestrijding, 2003

overheid NL-Alert, crisis.nl (primair gericht op informeren en voorlichten) en initiatieven op het niveau van veiligheidsregio's zoals rijnmondveilig.nl. Genoemde concepten hebben vaak een eigen ontstaansgeschiedenis. Ook kunnen daardoor exploitatieverantwoordelijkheden onderling verschillen.

2.6.2.1 WAS

Het eind negentiger jaren in gebruik genomen Waarschuwings- en Alarmeringssysteem (WAS) is momenteel nog een operationeel outdoor waarschuwingssysteem in Nederland, gebaseerd op het principe van geluidssirenes. Verspreid over Nederland zijn circa 4.300 WAS-palen geïnstalleerd die individueel kunnen worden aangestuurd door de lokale/regionale brandweer in geval van een dreigende calamiteit. Hoewel door de dichtheid van de WAS-infrastructuur met een verzorgingsgebied per paal van 600 meter goed te noemen is, bleek het praktische bereik onvoldoende. Het biedt geen of onvoldoende soelaas voor doven en slechthorenden en op maat gesneden instructie- en informatiemogelijkheden zijn niet mogelijk^{38,40}. Dit is een belangrijke aanleiding geweest voor de empirische inzet van alternatieve middelen voor alertering, i.c. van SMS en social media. Ook werd de ontwikkeling van NL-Alert ingezet. De minister van VenJ is voornemens om het WAS vanaf 1 januari 2020 uit te schakelen. Hierover later in dit hoofdstuk meer.

2.6.2.2 Radio en TV

Radio en TV zijn (nog steeds) zeer vertrouwde media voor informatievoorziening. De overheid gebruikt deze media al geruime tijd als waarschuwings- en informatiekkanalen op regionaal en landelijk niveau bij rampen. De regionale omroepen evenals de landelijke publieke omroepen kunnen daarvoor worden ingeschakeld. Voordelen van radio en TV zijn actualiteit en informatiegehalte, zeker bij TV. Nadelen zijn, nog afgezien van de financiële aspecten, de beperkingen in geografisch bereik (nationaal en regionaal) en door toedoen van Internet, smartphones en social media het afnemend maatschappelijk gebruik van radio en TV, met name onder jongeren.

2.6.2.3 NL-Alert

Getriggerd door de sterk toenemende populariteit van mobiele telefoons en de mogelijkheden met SMS-diensten na de eeuwwisseling is onderzoek gedaan naar de wenselijkheid om alertering en alarmering van burgers bij calamiteiten via mobiele netwerken toe te passen. In 2006 is door Dialogic en m.m.v. de overheid het project Locatiegebonden Publieke Diensten (LPD) uitgevoerd. De conclusies van dit onderzoek en daarop volgende praktijkonderzoeken hebben geleid tot de start van de ontwikkeling van NL-Alert. Dit waarschuwingssysteem werd gebaseerd op de bekende SMS-dienst over mobiele communicatienetwerken in combinatie met het *cell broadcasting* mechanisme in die netwerken. Iedere burger die beschikt over een mobiel toestel dat fabrieksmatig of handmatig juist is ingesteld, zal bij een dreigende calamiteit NL-Alert berichten op zijn toestel ontvangen als de persoon zich in het gebied bevindt waarbinnen deze berichten worden uitgezonden. De operationele aansturing van NL-Alert geschiedt vanuit de veiligheidsregio's. NL-Alert geniet inmiddels behoorlijke bekendheid en is al beduidend vaker in de praktijk ingezet dan WAS. Later in dit hoofdstuk wordt NL-Alert en de doorontwikkeling hiervan uitvoeriger besproken.

⁴⁰ M.A. Sonjé: *NL-Alert: de achterhaalde toekomst?*, Februari 2012

2.6.2.4 *Andere middelen*

De overheid gebruikt reeds een diverse mix van middelen voor crisiscommunicatie, zowel conventionele als meer op ICT gebaseerde middelen. Met de sterke opkomst van Internet en social media zijn ook die kanalen in beeld gekomen voor de verspreiding van waarschuwingen en informatie onder de bevolking. Hieruit is het bekende doel-specifieke alerteringssysteem AMBER Alert ontstaan, dat is gericht op lokale opsporing van vermiste kinderen in de vroege fase van een vermissing. AMBER Alert is bruikbaar voor de gehele EU. In Nederland worden circa 12 miljoen Nederlanders bereikt en zijn er 2,5 miljoen aanmeldingen⁴¹. AMBER Alert maakt gebruik van verschillende kanalen. Hoewel AMBER Alert niet opgezet is als alerterings- of alarmeringsdienst in het kader van rampen, is het mogelijk wel een optie om de infrastructuur van deze diensten hiervoor te benutten. of om te kijken naar een combinatie met NL-Alert. Dan zou AMBER Alert dus een bredere betekenis kunnen krijgen dan uitsluitend gericht op alertering van vermissing van personen.

Burgernet is een ander systeem dat primair wordt ingezet in het kader van (lokale) sociale veiligheid en niet voor grootschalige alarmering. Mogelijk biedt dit systeem wel enkele interessante functionaliteiten op het gebied van burgeralarmering. Burgernet is een samenwerkingsverband tussen burgers, gemeente en politie om de veiligheid in de woon- en werkomgeving te bevorderen. Hierbij wordt gebruik gemaakt van een telefonisch netwerk van inwoners en medewerkers van bedrijven uit de gemeente. De centralist van de meldkamer van de politie start, na een melding van bijvoorbeeld een inbraak of een vermist kind, een Burgernetactie op. Het wordt alleen ingezet bij dringende zaken, waarbij een duidelijk signalement beschikbaar is. Burgernetdeelnemers, inmiddels bijna anderhalf miljoen leden, melden zich van tevoren aan met hun mobiele telefoonnummer en eventueel e-mail adres, krijgen op basis van een postcodegebied een ingesproken bericht via de (mobiele) telefoon of een tekstbericht per SMS met het verzoek uit te kijken naar een duidelijk omschreven persoon of voertuig.

⁴¹ <http://www.amberalertnederland.nl/News.aspx?newsid=555&lang=nl>

Tegenwoordig is er ook een Burgernet app en Burgernet-berichten worden soms ook via social media (twitter en Facebook) verspreid. Volgens onderzoek blijkt dit in veel gevallen effectiever dan SMS-berichten⁴². Ook is er de politie app die inmiddels door enkele honderduizenden mensen is gedownload waarmee alarmeringen gedaan kunnen worden. Momenteel vindt er in Eindhoven een pilot plaats waarin deze zelfs gebiedsgebonden ingezet wordt⁴³. Abonnees van Burgernet worden, in tegenstelling tot NL-Alert, uitdrukkelijk uitgenodigd zelf actief deel te nemen en informatie aan te reiken zoals foto's. Eveneens vermeldenswaardig zijn de websites crisis.nl (NCTV) die burgers online actueel informeert over rampen, calamiteiten en noodsituaties en rijmondveilig.nl. Deze laatste voorziening past een *multi-channel* benadering toe in de alarmering en informatievoorziening richting burgers binnen het Rijnmondgebied.

2.6.3 *Stand van zaken rond alertering en alarmering in Europa*

Er is nog weinig harmonisatie in de EU-lidstaten in de wijze waarop burgeralarmering wordt aangepakt. Illustratief is een inventarisatie door BAPCO (British Association of Public Safety Communication Officers)⁴⁴ die een lijst bevat van 17 verschillende mediavormen die in de EU worden gebruikt.

Diverse EU-onderzoeksprogramma's hebben de afgelopen jaren aandacht besteed aan innovaties voor burgeralarmering door de overheid. Voorbeelden van dergelijke projecten zijn EU-FP7 Opti-Alert, EU-FP7 Alert4All en EU-FP7 PopAlert. Belangrijke thema's in deze programma's zijn het streven naar een qua communicatie optimale en flexibele, op de situatie afgestemde mix aan alarmeringsmiddelen en het inspelen op nieuwe technische mogelijkheden om de bevolking te bereiken zoals social media, smartphones etc.

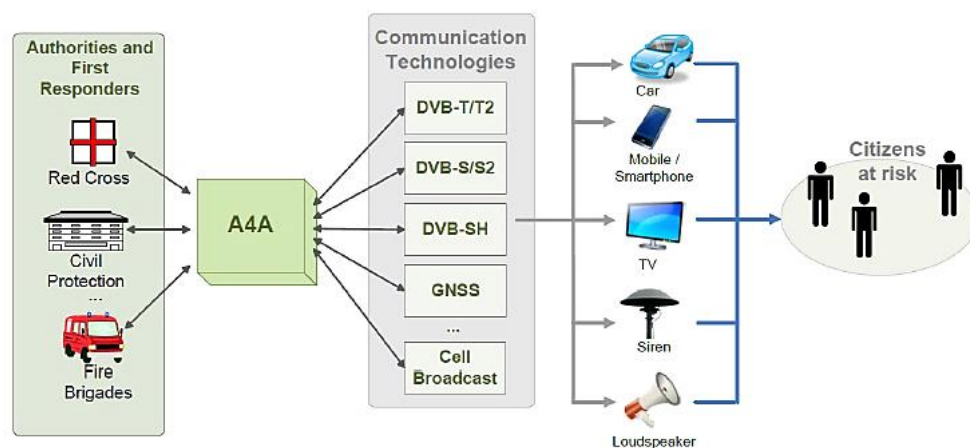
Het Alert4All project bevat een zogenoemd 'gedeeltelijk gedistribueerde architectuur' (zie Figuur 13) om te komen tot een pan-Europees alerterings- en alarmeringssysteem. Dit wil zeggen dat in de visie van het project de lidstaten of zelfs de regio's binnen de lidstaten elk hun eigen systeem hebben, maar dat de systemen uiteindelijk onderling gekoppeld worden zodat ook grensoverschrijdend alarmeren mogelijk wordt⁴⁵. Zij propageren ook een multi-channel benadering waarbij zij een grote rol zien voor satellietcommunicatie vrijwel tot aan de burger (*use of satellite technologies to the last mile*).

⁴² <http://socialmediadna.nl/burgernet-via-twitter/>

⁴³ <https://www.youtube.com/watch?v=xdaiwLLTYyw>

⁴⁴ BAPCO, 2011

⁴⁵ Alert4All, 2012



Figuur 13: De in het EU FP7 Alert4All project voorgestelde architectuur

Het OptiAlert project had als doel het vergroten van de efficiëntie van alerterings- en alarmeringssystemen door gepersonaliseerde, cultureel afhankelijke multi-channel communicatie⁴⁶. Uitkomst van dit project was o.a. een voorstel voor aanpassing van het alerteringsprotocol CAP (Common Alerting Protocol) door een uitbreiding die het mogelijk maakt om alarmering af te stemmen op verschillende doelgroepen. Interessant is ook een onderzoek binnen het project naar de voorkeur van de verschillende doelgroepen voor bepaalde kanalen. Hoe ouder de doelgroep des te waarschijnlijker is hun voorkeur voor traditionele media (vooral radio en TV) hoewel nieuwe media ook in deze doelgroep in opkomst is.

De volgende logische stap is het verbeteren van waarschuwingssystemen in de Europese Unie waarbij de middelen die lidstaten gebruiken om de bevolking te alarmeren gaan werken op basis van EU-standaarden. Op de langere termijn wordt hiermee een basis gelegd voor een (pan-)Europees waarschuwingssysteem. Met de doorontwikkeling van NL-Alert kan dan actief worden bijgedragen aan Europese standaardisering, door de Nederlandse ontwikkelingen en ervaringen internationaal in te brengen.

2.6.4 NL-Alert

2.6.4.1 Werking van NL-Alert

NL-Alert is een zogenaamd vroeg-waarschuwingssysteem dat burgers snel en gebiedsgebonden in kennis stelt van een daadwerkelijke dreiging en hen een perspectief biedt om dienovereenkomstig te handelen. Het biedt veiligheidsregio's en daarin de gemeentes de operationele mogelijkheid tot alarmeren van burgers die zich bevinden in het bedreigde gebied en beschikken over een mobiele telefoon die daarvoor is ingesteld. Naast alarmering biedt NL-Alert ook de mogelijkheid tot instrueren en informeren.

Mobiele operators in Nederland hebben zich jegens de Nederlandse overheid gecommitteerd om medewerking te verlenen aan de overheidsdienst NL-Alert. De dienst werkt met tekstberichten die vanuit een alarmcentrale via de landelijke mobiele netwerken kunnen worden verstuurd naar burgers die met een actief en voor NL-Alert opengesteld mobiel toestel op deze netwerken zijn aangesloten.

⁴⁶ Cultuurafhankelijke communicatie: bijvoorbeeld inwonenden met een migratieachtergrond

Hierbij wordt gebruik gemaakt van de omroep techniek *cell broadcast*⁴⁷. In tegenstelling tot SMS worden NL-Alert tekstberichten niet naar individuele abonnees verstuurd maar in een omroepkanaal uitgezonden binnen iedere cel (i.e. geografisch deel dat bereikt wordt vanuit een mobiele zendmast) die in/nabij het calamiteitengebied ligt en dus op dat moment voor NL-Alert berichtgeving vanuit de alarmcentrale is aangewezen. Alle binnen het verzorgingsgebied van zo'n cel aanwezige actieve mobiele toestellen kunnen, mits de ontvangstcondities voldoende zijn, dit bericht ontvangen en aan de gebruiker presenteren. Binnen een mobiel netwerk kan iedere cel separaat worden aangewezen. Een kleiner gebied dan een cel is met deze techniek echter niet mogelijk. Cellen in een mobiel netwerk kunnen onderling significant verschillen in de omvang van hun verzorgingsgebied. In verstedelijkt gebied zijn bijvoorbeeld cellen vaak (flink) kleiner dan in landelijk gebied. Hedendaagse mobiele netwerken ondersteunen meerdere generaties technieken (2G: GSM, 3G: UMTS en 4G: LTE) en werken ook op meerdere frequentiebanden. Een mobiele operator zal een NL-Alert bericht op 2G/3G/4G⁴⁸ uitzenden en tevens op alle actieve frequentiebanden. Daarmee wordt de zekerheid vergroot dat een actief toestel het NL-Alert bericht oppikt.

In het recente verleden boden nog niet alle courante toestelfabrikanten ondersteuning voor cell broadcast of was deze wel geïmplementeerd maar was het van belang dat de houder van het toestel deze optie zelf activeerde, een zogenaamd *opt-in* systeem. Voor zover TNO heeft kunnen nagaan wordt op dit moment cell broadcast door alle toestelfabrikanten ondersteund en hanteren zij, met uitzondering van Apple, een *opt-out* systeem. Bij aanschaf is NL-Alert dus standaard geactiveerd m.u.v. smartphones van Apple. Op dit moment loopt een steekproefonderzoek om de volledige ondersteuning van NL-Alert bij courante mobiele toestellen via testen te verifiëren.

Het huidige NL-Alert systeem heeft een aantal bekende beperkingen. NL-Alert is ten eerste volledig afhankelijk van de dekking van de landelijke mobiele netwerken. Zoals elders in deze Monitor Draadloze Technologie aan de orde komt, is de dekking van mobiele netwerken in Nederland zeer goed te noemen maar dit neemt niet weg dat hier en daar in buitengebieden in Nederland NL-Alert te maken kan hebben met gebrekkige ontvangstcondities. Het bereik in de nacht is verminderd omdat mensen niet zelden hun telefoontoestel 's nachts op 'stil' zetten. Dat wordt wel opgevangen met adoptie van de recente WEA (Wireless Emergency Alerts) standaard waardoor de telefoon wel een sirenegeluid of trilling afgeeft als hij op 'stil' staat. Waarschijnlijk worden niet alle doelgroepen even goed bereikt, namelijk die groepen die om welke reden dan ook geen gebruik maken of kunnen maken van een mobiele telefoon. Tot slot is NL-Alert gevoelig voor langdurige stroomstoringen.

2.6.4.2 *Effectiviteit en publieke acceptatie van NL-Alert*

NL-Alert is eind 2012 ingevoerd en inmiddels tientallen keren ingezet om mensen te informeren bij verschillende noodsituaties⁴⁹. Uit de laatste peiling van TNS NIPO in december 2016 bleek dat circa 8,8 miljoen mensen van 12 jaar en ouder het NL-Alert controlebericht hadden ontvangen, wat neerkomt op ongeveer 58% van de

⁴⁷ De cell broadcast-technologie is gestandaardiseerd door ETSI en 3GPP

⁴⁸ Vanaf 1 december 2015 kan NL-Alert ook via 4G worden ontvangen (Bron: diverse webpublicaties). Wettelijke verplichting is overigens neutraal ten opzichte van de mobiele techniekgeneratie (2G/3G/4G)

⁴⁹ www.nl-alert.nl

Nederlandse bevolking⁵⁰. Uit een eerder door TNO (2014) uitgevoerd onderzoek⁵¹ naar gebruik en effecten van NL-Alert bleek dat destijds NL-Alert een ruime voldoende scoort bij de bevolking (90%) en dat de meerderheid de neiging heeft om het geboden handelingsadvies op te volgen. De berichtgeving wordt als snel en helder ervaren. Verwacht mag worden dat met de PR-acties vanuit de overheid en met de continue vervanging van mobiele toestellen deze cijfers nog verder zijn verbeterd c.q. zullen verbeteren.

2.6.4.3 *Voornemen tot uitbreiding van NL-Alert*

De minister van VenJ is voornemens om het WAS vanaf 1 januari 2020 uit te schakelen in verband met het bereiken van het einde van de operationele levensduur van dit systeem. Afschakeling betekent dat het huidige NL-Alert systeem sterk aan belang toeneemt als middel voor (grootschalige) alarmering van burgers. Verbreding op grond van het belang van behoud van redundantie is een voor de hand liggend motief, maar de verbreding biedt ook automatisch mogelijkheden om bepaalde eerder aangehaalde tekortkomingen van het huidige systeem te compenseren. Hoewel altijd gekeken kan worden naar verdere verbetering van de huidige methode om het bereik verder te verhogen, wordt het meeste effect behaald als burgers op meerdere, bij voorkeur onafhankelijke manieren kunnen worden genotificeerd. Ieder (informatie)kanaal kent immers zijn eigen karakteristieken en zijn eigen doelgroepen-samenstelling. Een mix kan er voor zorgen dat de alarmeringsmethode minder situationeel gevoelig wordt en minder selectief qua doelgroepen: de zwakte van het ene kanaal wordt gecompenseerd door de sterkte van de andere(n). Deze *multi-channel* benadering *an sich* is niet nieuw en in eerdere projecten al onderzocht zoals eerder in dit hoofdstuk is toegelicht. Tevens biedt de markt ook al dergelijke oplossingen en is er in andere landen ook ervaring mee opgedaan.

Omdat NL-Alert zich als alarmeringsmiddel inmiddels heeft bewezen maar in zijn huidige vorm nog onvolkomenheden kent die meer impact krijgen na de afschakeling van WAS heeft het NCTV in 2016 het project 'Verbreding NL-Alert' geïnitieerd waarin aanvullende mogelijkheden voor alertering zullen worden onderzocht en beproefd. Doel is om met een breder palet aan geschikt geachte methoden meer inwoners dan nu te bereiken en ook de informatiewaarde naar specifieke doelgroepen te verhogen. In dat kader is onder andere onderzocht door TNO hoe alarmering kan worden verbreed op basis van IP-technologie en naar een bredere benutting van draadloze oplossingen. Op basis van deze oriënterende onderzoeken worden dit jaar pilots opgezet met enkele veelbelovende opties.

2.6.4.4 *Verdere toekomst: ontwikkeling moderne visie op alertering van burgers*

Binnen de overheid is een initiatief gestart om tot een toekomstgerichte visie te komen op het informeren en alerteren van burgers vanuit het veiligheidsdomein, geheel los van de momenteel bestaande systemen als NL-Alert, Burgernet en AMBER Alert.

Samenvattend kan worden gezegd dat wordt gekeken naar verbreding van NL-Alert op de korte termijn en naar burgeralarmering in het algemeen voor de langere termijn. Daarbij wordt overwogen hoe gebruik gemaakt kan worden van nieuwe communicatiemogelijkheden inclusief die welke in reeds bestaande concepten als Burgernet en AMBER Alert terugkomen.

⁵⁰ www.nctv.nl

⁵¹ Gutteling, Kerstholt, Terpstra, & As: *Gebruik en effecten van NL-Alert*, TNO-rapport 2215, 2014

3 Tot besluit

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 met één van de auteurs van dit rapport.