

**TNO-rapport**

## Monitor Draadloze Technologieën 2012

**Technical Sciences**

Brassersplein 2

2612 CT Delft

Postbus 5050

2600 GB Delft

[www.tno.nl](http://www.tno.nl)

T +31 88 866 70 00

F +31 88 866 70 57

[infodesk@tno.nl](mailto:infodesk@tno.nl)

Datum september 2012

Auteurs TNO

Aantal pagina's 135

Rapportnummer TNO 2012 R10411

Alle rechten voorbehouden.

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

Deze rapportage maakt onderdeel uit van het monitoringsprogramma van TNO en is tot stand gekomen dankzij een bijdrage van het Ministerie van Economische Zaken, Landbouw en Innovatie.

© 2012 TNO



## Inhoudsopgave

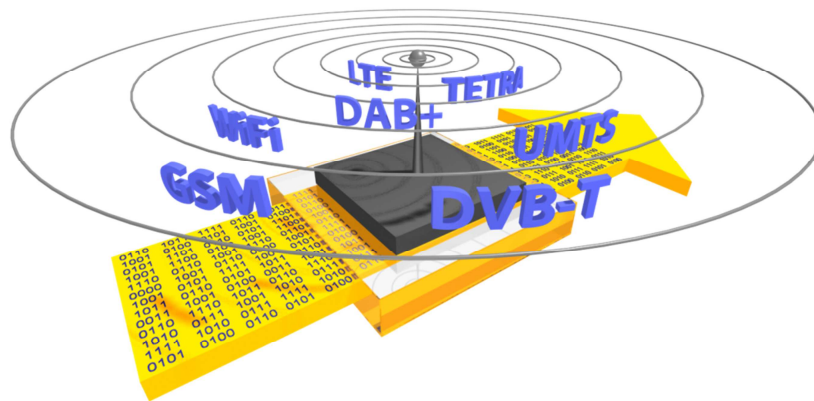
<b>1</b>	<b>Inleiding .....</b>	<b>5</b>
1.1	Doel van de Monitor.....	5
1.2	Scope.....	6
1.3	Aanpak.....	6
1.4	Indicatoren .....	7
1.5	Opbouw van de Monitor .....	8
<b>2</b>	<b>Trends in draadloos .....</b>	<b>9</b>
2.1	Groei van het mobiele dataverkeer .....	9
2.2	Uitrol van LTE in Nederland en de wereld.....	10
2.3	De multibandveiling .....	12
2.4	Toekomst van de (digitale) omroep .....	16
2.5	Toenemende aandacht voor spectrum sharing.....	19
2.6	Netneutraliteit en nieuwe verdienmodellen .....	21
2.7	Groene ICT en de mobiele industrie.....	24
2.8	Intelligente Transport Systemen .....	26
2.9	Ontwikkelingen in short-range wireless communicatie.....	29
<b>3</b>	<b>Ontwikkelingen per technologie .....</b>	<b>33</b>
3.1	GSM.....	33
3.2	UMTS/HSPA.....	34
3.3	CDMA2000 .....	34
3.4	LTE/LTE-A.....	34
3.5	WiFi.....	35
3.6	Digitale Broadcast.....	35
3.7	TETRA .....	37
3.8	Bluetooth.....	38
<b>4</b>	<b>Beschrijvingen per technologie .....</b>	<b>41</b>
4.1	GSM.....	43
4.2	UMTS/HSPA.....	51
4.3	CDMA2000 .....	59
4.4	LTE/LTE-A .....	67
4.5	WiFi.....	75
4.6	DVB-T .....	83
4.7	T-DMB .....	97

4.8	DAB(+)	105
4.9	TETRA	115
4.10	Bluetooth	125
	<b>Lijst met afkortingen</b>	<b>131</b>

# 1 Inleiding

Op het gebied van draadloze technologie vinden tal van ontwikkelingen plaats. Zo heeft in de afgelopen paar jaar een explosieve groei plaatsgevonden van het mobiele dataverkeer, als gevolg van een snelle toename van het aantal zogeheten "smartphones", mobieltjes met een Internetverbinding. Om in deze groei te kunnen voorzien wordt door mobiele operators fors geïnvesteerd in uitbreiding van het UMTS/HSPA netwerk. Daarnaast wordt ook de opvolger van UMTS/HSPA, LTE, op de Nederlandse markt geïntroduceerd dat nog hogere datasnelheden en meer capaciteit biedt. WiFi en Bluetooth 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, T-DMB 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.

Om overzicht te bieden in het speelveld van de diverse draadloze technologieën, stelt TNO jaarlijks een Monitor Draadloze Technologieën samen. Hierin worden de belangrijkste technologieën beschreven en worden de ontwikkelingen in de markt en de technologie gevolgd. Dit document is de tweede uitgave van de monitor. De monitor bevat, naast een overzicht van recente trends en ontwikkelingen in het draadloos speelveld, een beschrijving per draadloze technologie.



Figuur 1-1: Deze Monitor beschrijft en volgt de belangrijkste draadloze technologieën.

## 1.1 Doel van de Monitor

Met de Monitor Draadloze Technologieën wil TNO een goede, actuele en toegankelijke foto 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 is getracht de monitor informatief te laten zijn voor lezers met een algemene achtergrond in telecommunicatie. Door middel van een jaarlijkse update worden recente ontwikkelingen in de monitor verwerkt.

TNO hecht eraan te benadrukken dat deze monitor slechts een momentopname bevat 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 in deze monitor worden beschreven. TNO staat open voor suggesties of aanbevelingen voor verdere verbeteringen in deze monitor.

## 1.2 Scope

De scope van de monitor omvat radiofrequente technologieën die de basis vormen voor aardse draadloze verbindingen waarmee aan eindgebruikers elektronische communicatie- en omroepdiensten kunnen worden aangeboden.

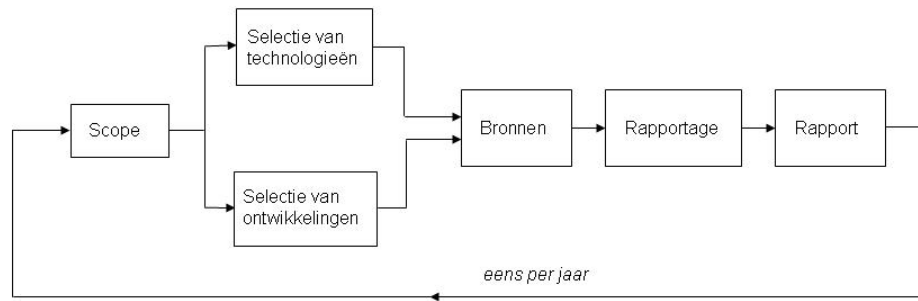
De beschreven technologieën zijn in alle gevallen gestandaardiseerd. Oudere technologieën die voorbij hun hoogtepunt zijn qua toepassing worden niet beschouwd. In principe worden *wereldwijde* ontwikkelingen gevolgd, vanuit een *nationaal* perspectief. Dit betekent dat technologieën die alleen in bijvoorbeeld in Azië worden gebruikt, kunnen worden meegenomen in de monitor als ze van invloed kunnen zijn op de ontwikkelingen in Nederland. Onderliggende “enabling technologieën” zoals CDMA, OFDM, of MIMO worden *niet* apart als technologie behandeld maar waar relevant aangeduid bij de beschrijving van de systeemtechnologie. Draadloze technologie die gebruik maakt van satellieten is vooralsnog buiten de scope gehouden, maar zal mogelijk in toekomstige edities worden toegevoegd.

Ten opzichte van vorig jaar maken de technologieën WiMAX en DVB-H niet langer deel uit van de monitor, omdat deze technologieën qua toepassing over hun hoogtepunt heen lijken en er over het afgelopen weinig belangrijke nieuwe ontwikkelingen te melden zijn.

## 1.3 Aanpak

De aanpak voor het samenstellen van de monitor is schematisch weergegeven in Figuur 1-2. Hij bestaat ruwweg uit de volgende stappen:

1. Vaststellen van de scope van de monitor.
2. Op basis van deze scope selecteren van de te beschrijven technologieën en ontwikkelingen in het speelveld.
3. Leveren van bijdrages door diverse experts binnen TNO op de geselecteerde technologieën en onderwerpen. Voor de bijdrages wordt gebruik gemaakt van veelal publiek beschikbare bronnen, zoals websites en nieuwsberichten.
4. Deze cyclus wordt eens per jaar herhaald.



Figuur 1-2: Schematische weergave van de aanpak voor de Monitor Draadloos.

## 1.4 Indicatoren

Voor de beschrijving per technologie wordt gebruik gemaakt van een aantal indicatoren, om zo structuur aan te brengen en de beschrijvingen beter vergelijkbaar te maken. Tabel 1-1 toont de gebruikte indicatoren, gegroepeerd in drie categorieën, te weten *Algemeen*, *Techniek* en *Markt*.

Tabel 1-1: Lijst van gebruikte indicatoren.

Indicator	Korte omschrijving
<b>Algemeen</b>	
Technologietype	Aanduiding van het soort technologie: mobiele netwerken/omroep, publiek/privaat, etc.
Achtergrond	Schets van de achtergrond van de technologie: oorsprong, korte geschiedenis, opeenvolgende versies, deel van de wereld waar de technologie wordt ontwikkeld/gebruikt.
Beschikbaarheid	Wat is de status van de beschikbaarheid? Is de technologie uitontwikkeld? Is de technologie al operationeel? In welk deel van de wereld?
Diensten en toepassingen	Voor welke dienst(en) wordt de technologie gebruikt en/of is deze bedoeld? Denk aan bijvoorbeeld spraakdiensten, SMS, internet, e-mail, tv, radio, etc. Waarom is de technologie juist voor deze dienst(en) geschikt?
Terminals	Zijn er typen terminals (bijvoorbeeld handsets, PDAs, insteekkaarten) die deze technologie ondersteunen? Zo ja, welke typen zijn dat?
Relatie met andere technologieën	Welke andere technologieën zijn duidelijk aanvullend of concurrerend op de technologie? Waar zitten de verschillen?
<b>Techniek</b>	
Onderliggende techniek	Aanduiding van "enabling" technieken die duidelijk verbonden zijn met de technologie. Bijvoorbeeld CDMA voor UMTS, OFDM en MIMO voor LTE.
Standaardisatie	Beschrijving van de stand van zaken op standaardisatiegebied. Welk orgaan voert de standaardisatie uit? Welke delen van de

	technologie zijn gestandaardiseerd? Welke releases zijn nu courant? Wat kan aan belangrijke features worden verwacht in nieuwe releases?
Frequentiebanden	Aanduiding van de frequentieband(en) waarin de technologie gebruikt wordt en/of bedoeld is. Met name voor Nederland, maar als hier in andere landen opvallend van afgeweken wordt, wordt dit vermeld. Betreft het gelicenseerde banden? Tot wanneer zijn deze geldig?
Datasnelheid	Aanduiding van de in de praktijk te verwachten datasnelheid volgens een indeling in klassen.
Bereik	Aanduiding van het in de praktijk te verwachten afstands bereik volgens een indeling in klassen.
Quality of service	Welke QoS klassen bestaan er binnen de technologie? Hoe worden deze vertaald naar de toepassingen?
Informatiebeveiliging	Aanduiding hoe security aspecten geregeld zijn, d.w.z. hoe ervoor gezorgd wordt dat de verbinding niet illegaal kan worden afgeluisterd. Hoe sterk is deze technologie op dit terrein?
<b>Markt</b>	
Marktpenetratie	Hoeveel aansluitingen zijn er (op dit moment of in het afgelopen jaar) voor deze technologie, in Nederland, Europa en de wereld? Hoe is de ontwikkeling t.o.v. voorgaande jaren?
Belangrijke spelers	Beschrijving van de grote commerciële partijen achter de technologie, vaak leveranciers van netwerkapparatuur en netwerk operators. Korte aanduiding van de belangrijkste terminalfabrikanten.
Operators en hun marktaandeel	Welke operators zijn actief in Nederland en elders in Europa? Wat is hun marktaandeel?

## 1.5 Opbouw van de Monitor

De monitor is als volgt opgebouwd:

In hoofdstuk 2 wordt een overzicht gegeven van een aantal trends in het draadloos speelveld. Doel van dit hoofdstuk is om via een soort "nieuwsbrief" te schetsen welke belangrijke ontwikkelingen er op dit moment spelen op de markt en in de techniek. De secties in dit hoofdstuk zijn niet specifiek gebonden aan één bepaalde technologie.

Hoofdstuk 3 bevat per draadloze technologie een korte schets van de belangrijkste ontwikkelingen in het afgelopen jaar. Dit hoofdstuk kan worden gelezen als de daadwerkelijke "monitor": het volgen van ontwikkelingen per technologie in de tijd.

De beschrijvingen per technologie zijn opgenomen in de bijlage. Iedere beschrijving is gestructureerd volgens de in Sectie 1.4 genoemde indicatoren. De beschrijvingen zijn bijgewerkt met de ontwikkelingen uit het afgelopen jaar.



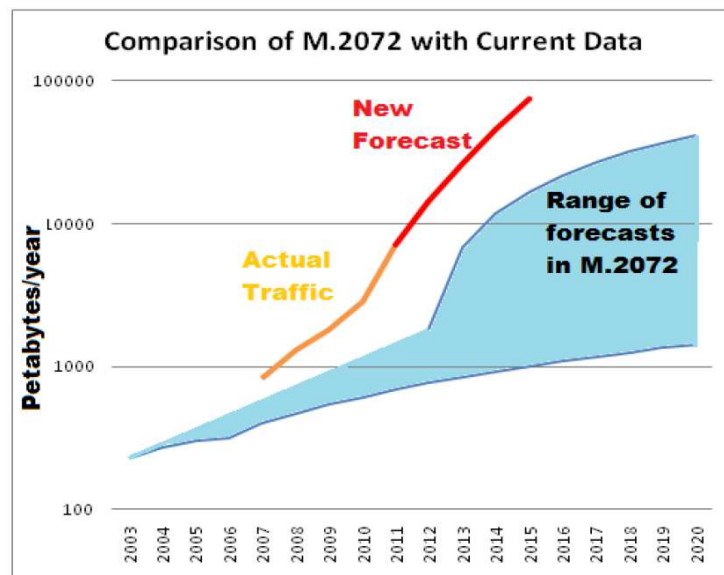
## 2 Trends in draadloos

In dit hoofdstuk wordt een overzicht gegeven van een aantal trends in het draadloos speelveld. Achtereenvolgens komen aan de orde:

- Groei van het mobiele dataverkeer
- Uitrol van LTE in Nederland en de wereld
- De multibandveiling
- Toekomst van de (digitale) omroep
- Toenemende aandacht voor spectrum sharing
- Netneutraliteit en nieuwe verdienmodellen
- Groene ICT en de mobiele industrie
- Intelligente Transport Systemen
- Ontwikkelingen in short-range wireless communicatie

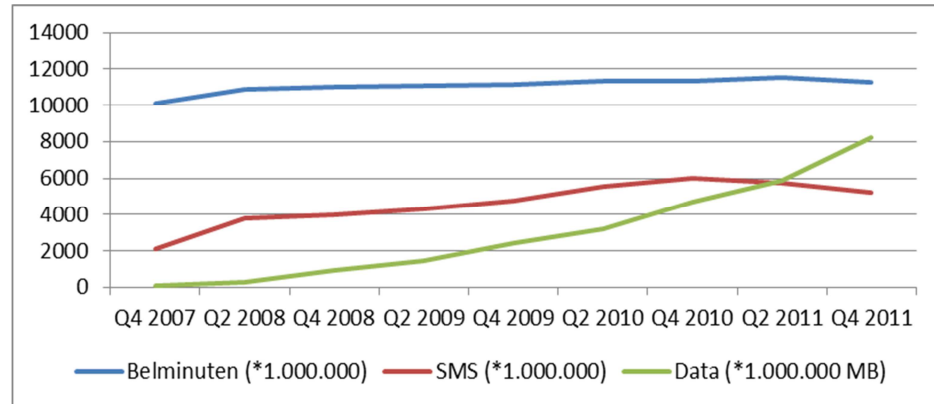
### 2.1 Groei van het mobiele dataverkeer

De onverwacht snelle groei van het mobiele dataverkeer, vooral als gevolg van de explosieve groei van het aantal “personal devices” zoals smartphones en tablets, heeft de International Telecommunications Union (ITU) er toe gebracht de eerdere voorspelling uit 2005 van de groei van het mobiele dataverkeer naar boven bij te stellen. Een en ander is terug te zien in Figuur 2-1, waarin zowel de werkelijke verkeersontwikkeling als de oorspronkelijke en de bijgestelde voorspelling zijn weergegeven. Op dit moment bedraagt het wereldwijde mobiele dataverkeer zo'n  $10^{19}$  Bytes per jaar. Interessante voorspelling daarbij is dat verwacht wordt dat in 2014 maar liefst 66% van al het mobiele dataverkeer wordt gegenereerd door videodiensten zoals Youtube en Flash.



Figuur 2-1: Aangepaste ITU voorspelling voor het wereldwijde mobiele dataverkeer tot 2020. 1 PB= $10^{15}$  B. Bron: ITU.

De ontwikkeling van het mobiele dataverkeer in Nederland wordt gerapporteerd in de marktmonitor van telecomautoriteit OPTA, zie Figuur 2-2. Te zien is dat sinds vorig jaar een afname plaatsvindt van het spraak- en SMS-verkeer, maar dat het mobiel internetverkeer exponentieel toeneemt. Uit de figuur is verder af te leiden dat begin 2012 het mobiele dataverkeer in Nederland volgens OPTA ongeveer  $2 \times 10^{16}$  Bytes per jaar bedraagt. Dit zou neerkomen op minder dan 1% van het wereldwijde mobiele dataverkeer.



Figuur 2-2: Ontwikkeling van spraak-, sms- en dataverkeer in Nederland. Gerapporteerde getallen zijn per *half* jaar. Bron: OPTA.

De groei van het mobiele dataverkeer wordt opgevangen door uitbreiding van de bestaande UMTS/HSPA netwerken, de uitrol van LTE en het beschikbaar maken van nieuw frequentiespectrum. Daarnaast wordt er gestudeerd op de mogelijkheid om via "offloading" naar bijvoorbeeld WiFi of femtocellen de druk op het spectrum te verminderen.

## 2.2 Uitrol van LTE in Nederland en de wereld

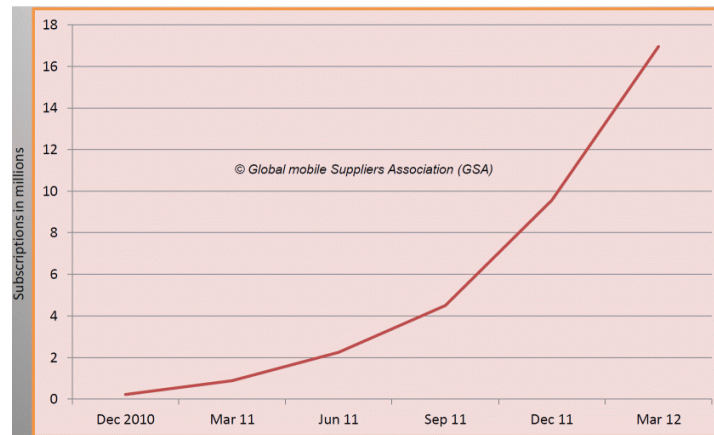
De uitrol van LTE in Nederland is in 2012 begonnen. Alle operators die bij de 2.6 GHz-veiling in 2010 een licentie verkregen hebben – KPN, Tele2, T-Mobile, Vodafone en Ziggo4 (consortium van kabeloperators UPC en Ziggo) – zijn begin mei 2012 begonnen met het aanbieden van een commerciële LTE dienst aan klanten. Dit was ook een voorwaarde in hun licentie: binnen 2 jaar na uitgifte – die plaatsvond in mei 2010 – moest een dienst worden aangeboden in een gebied van een bepaalde omvang. De operators lijken hieraan nu te voldoen. Het aanbod is echter nog beperkt. Op het moment van schrijven biedt elke operator de dienst aan in een beperkt gebied (enkele steden of delen daarvan) en meestal ook alleen voor zakelijke klanten (met uitzondering van Tele2 dat ook consumenten bedient). Verder is er vooralsnog alleen sprake van een datadienst op LTE en is het terminalaanbod nog beperkt – of zelfs niet aanwezig zoals bij Ziggo waarbij een klant bij zijn abonnement zelf moet zorgen dat hij een terminal krijgt<sup>1</sup>.

Elders in Europa komt de bouw van LTE netwerken nu op gang. In bijna alle grote Europese landen is LTE spectrum beschikbaar gekomen: Duitsland in 2010, en Frankrijk, Italië en Spanje in 2011. In de genoemde landen is behalve het 2.6 GHz spectrum veelal ook de 800 MHz band geveild. Dat spectrum heeft zo'n 3 tot 5 keer

<sup>1</sup> <https://www.ziggozakelijk.nl/mobielbreedband#/specificaties>, geraadpleegd op 21 juni 2012

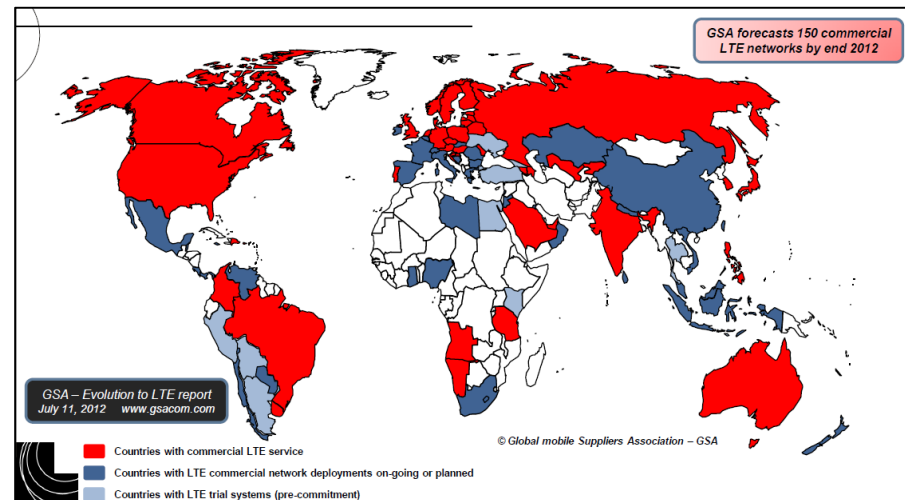
grotere reikwijdte<sup>2</sup> en is daardoor voor een nationale uitrol veel beter geschikt. In de genoemde landen zijn dan ook voorwaarden opgenomen om met name ook in plattelandsgebieden mobiel breedband beschikbaar te maken.

Wereldwijd zijn er gebieden waar de uitrol van LTE sneller gaat dan in Europa. In Noord-Amerika en Azië begint nu echt de massamarkt voor LTE. Verizon Wireless meldt in het eerste kwartaal van 2012 8 miljoen LTE abonnees (9% van het totaal); NTT Docomo heeft op 8 juni de 3 miljoen grens gepasseerd. Figuur 2-3 toont de mondiale groei van het aantal LTE abonnees. De bron van deze informatie meldt hierbij dat van het totaal van 17 miljoen abonnees slechts 3% in Europa te vinden is.



Figuur 2-3: Mondiale stijging van het aantal LTE abonnees<sup>3</sup>.

De stand van zaken op het gebied van uitrol van LTE netwerken is te zien in Figuur 2-4.



Figuur 2-4: Status op 11 juli 2012 van de uitrol van LTE per land<sup>4</sup>.

<sup>2</sup> Zie bijvoorbeeld <http://www.rijksoverheid.nl/bestanden/documenten-en-publicaties/rapporten/2010/09/23/study-on-comparability-of-frequency-bands-in-different-business-models/study-on-comparability-of-frequency-bands-in-different-business-models.pdf>

<sup>3</sup> Bron: [http://www.gsacom.com/downloads/pdf/LTE\\_subscriptions\\_growth\\_to\\_Q12012.php4](http://www.gsacom.com/downloads/pdf/LTE_subscriptions_growth_to_Q12012.php4)

### Handsets en devices

Op moment van schrijven waren er in slechts twee landen in Europa handsets met LTE commercieel bij een operator verkrijgbaar: de HTC Velocity 4G op het LTE netwerk van Vodafone Duitsland en de Samsung Galaxy SII LTE op de netwerken van Telia en Tele2 in Zweden, op netwerken die de 800 en 2600 MHz banden combineren. Bij deze handsets worden alleen de data-diensten over LTE geleid; spraakdiensten verlopen nog via de “oude” 2G/3G netwerken.

Wereldwijd is de beschikbaarheid van handsets beduidend groter. De GSA meldt dat in april 2012 maar liefst 64 smartphone types beschikbaar waren met LTE ondersteuning. In Tabel 2-1 is over de beschikbaarheid van LTE devices nog meer informatie te vinden. Hier valt enerzijds op dat de band met de meeste beschikbare devices (de 700 MHz band<sup>5</sup>) in Europa niet beschikbaar is. Aan de andere kant is het aantal devices dat werkt op de drie belangrijkste LTE-banden in Europa (800, 1800 en 2600 MHz) toch al aanzienlijk: 43.

Tabel 2-1: Beschikbaarheid van LTE FDD devices per LTE frequentieband, zoals gerapporteerd door de GSA op 20 januari 2012<sup>6</sup>. Voor één van de Europese frequentiebanden – 1800 MHz – is daarnaast weergegeven welk type devices het betreft.

LTE FDD band	Aantal devices
700 MHz	142
800 MHz	52
1800 MHz	50
AWS <sup>7</sup>	51
2600 MHz	65
800/1800/2600 MHz	43

Modules	13
Tablets	2
Smartphones	4
Routers	16
Dongles	15

## 2.3 De multibandveiling

Eind oktober 2012 gaat Agentschap Telecom vergunningen veilen voor mobiel internet en mobiele telefonie<sup>8</sup>. Het gaat om een belangrijke veiling, omdat meer dan de helft van de vergunningen die bedoeld zijn voor mobiel internet en mobiele telefonie zullen worden verdeeld. Verder wordt er frequentieruimte gereserveerd voor nieuwe toetreders en komt er nieuwe frequentieruimte beschikbaar voor

<sup>4</sup> Bron: [http://www.gsacom.com/downloads/pdf/LTE\\_World\\_map\\_327\\_investments\\_040612.php4](http://www.gsacom.com/downloads/pdf/LTE_World_map_327_investments_040612.php4)

<sup>5</sup> Let op: waar de weergegeven banden overeenstemmen met een unieke aanduiding in de standaard, is de “700 MHz band” in feite bestaand uit meerdere banden. Een device dat op het ene 700 MHz LTE netwerk wel werkt, kan ongeschikt zijn voor een LTE netwerk dat een andere 700 MHz band gebruikt.

<sup>6</sup> Bron: [http://www.gsacom.com/downloads/pdf/gsa\\_lte\\_ecosystem\\_report\\_200112.php4](http://www.gsacom.com/downloads/pdf/gsa_lte_ecosystem_report_200112.php4).

<sup>7</sup> De AWS, Advanced Wireless Services, band ligt rond 2130 MHz voor de uplink en rond 1730 MHz voor de downlink.

<sup>8</sup> De overheid heeft hierover verschillende persberichten uitgegeven, zoals bijvoorbeeld: <http://www.rijksoverheid.nl/onderwerpen/frequentiebeleid/nieuws/2012/04/04/agentschap-telecom-publiceert-vergunningen.html>

mobiel gebruik. Vanwege de lange looptijd van de vergunningen, de meeste hebben een looptijd van 17 jaar, komen deze verdeelmomenten weinig voor.

Deze veiling – veelal “multiband veiling” genoemd – gaat om vergunningen in de 800, 900, 1800, 1900, 2100 en 2600 MHz band. In Figuur 2-5 is een overzicht weergegeven van de huidige spectrumverdeling over operators en de banden die nu geveild zullen worden.

De veiling start naar verwachting eind oktober. De eerste vergunningen zullen ingaan vanaf januari 2013, zoals weergegeven in Figuur 2-6.

		Vrij				Te veilen spectrum (359.7 MHz)	
800MHz: 2x30MHz		2x30MHz					
900MHz: 2x35MHz	KPN 2x12.4	T-Mobile 2x10	Vodafone 2x11.4	Vrij 2x1.2			
1800MHz: 2x75MHz	KPN 2x20	T-Mobile 2x31.8	Vodafone 2x5.2	Vrij 2x15	Licentie- vrij 2x3 (2x5)*	* Licentievrij spectrum wordt niet geveild, en uitgebreid van 2x3 naar 2x5 MHz	
2 GHz: 14.7MHz	Vrij 14.7						
2100MHz: 2x60MHz +1x20MHz	KPN 2x10	T-Mobile 5	Vodafone 10	Vrij 2x10			
2.6 GHz: 2x65MHz +1x55MHz	KPN 2x10	T-Mobile 2x5	Vodafone 2x10	Ziggo4 2x20	Tele2 2x20	Vrij 55	
Totaal: 619.7MHz	KPN 119.8	T-Mobile 143.6	Vodafone 88.2	Ziggo4 40	Tele2 40	Vrij 182.1	Licentie- vrij 6 (10)*

Figuur 2-5: Overzicht van de verdeling van het belangrijkste spectrum voor mobiele netwerken over de verschillende operators. Weergegeven is ook welk deel van het spectrum in de aankomende multibandveiling verdeeld zal worden<sup>9</sup>.

### 2.3.1 De geveilde frequentiebanden

**800 MHz band:** deze band is vrijgemaakt naar aanleiding van het overgaan van analoge TV naar digitale TV gebaseerd op DVB-T technologie. Bij deze overgang is een efficiencyverbetering opgetreden, die ertoe leidt dat meer TV-kanalen met minder spectrum verzonden kunnen worden. In reactie op een sterke roep vanuit de mobiele industrie heeft de Europese Commissie bepaald dat een deel van de “oude” analoge TV-frequentieruimte voor mobiel gebruik uitgegeven moet worden. In feite wordt zo de efficiencyslag van analoge naar digitale TV – het “digitaal dividend” – gebruikt om ruimte voor mobiele communicatie te scheppen.

Vanuit verschillende groepen zijn zorgen geuit over mogelijke schadelijke gevolgen van de overgang van TV naar mobiele communicatie. Zo heeft de kabelsector zorgen dat er interferentie op haar vaste dienstverlening plaatsvindt. Kabelexploitanten en mobiele providers hebben inmiddels een convenant<sup>10</sup>

<sup>9</sup> Deze figuur is gecreëerd op basis van *KPN First Quarter results 2012, analyst presentation, 24 April 2012*.

<sup>10</sup> <http://www.agentschaptetelecom.nl/binaries/content/assets/agentschaptetelecom/Mobiele-communicatie/multibandveiling/overeenkomst-tussen-kabelexploitanten-en-operators>

gesloten om voorafgaand aan de veiling zo goed mogelijk te bepalen hoe met eventuele problematiek om moet worden gegaan.

Verwachte toepassingen:

- Belangrijke LTE band, waarvoor reeds smartphones en andere randapparatuur beschikbaar zijn (zie Tabel 2-1).
- Uitstekende bedekking maar relatief krappe band.

900 MHz band: deze band is nu samen met de 1800 MHz band in gebruik voor GSM door de drie bestaande mobiele operators. De geldigheid van de bestaande licenties was oorspronkelijk tot 26 februari 2013, maar inmiddels heeft de minister laten weten dat hij de operators de mogelijkheid wil geven om tegen betaling de vergunning te verlengen met een periode van 21 maanden. Dit om problemen te voorkomen in de transitie tussen de huidige verdeling van frequenties en de verdeling die uit de veiling gekomen is. Op deze verlenging zijn twee uitzonderingen: het spectrum gereserveerd voor nieuwkomers (2×5MHz in de 900 MHz band) en spectrum waar geen huidige vergunning voor bestaat (2×15MHz in de 1800 MHz band).

Verwachte toepassingen:

- Nu in gebruik voor GSM.
- Nog vele jaren GSM; 3G zal ook toegepast worden; in sommige landen (bijv. Zweden) ook LTE maar dit lijkt nu onwaarschijnlijk in Nederland.
- Uitstekende bedekking, maar relatief krappe band.

1800 MHz band: de achtergrond van 1800 MHz spectrum is grotendeels hetzelfde als voor 900 MHz. Ook hier is sprake van de mogelijkheid van verlenging met 21 maanden. Specifiek voor de 1800 MHz band zijn de volgende twee zaken van belang:

- In deze band is vergunningvrij spectrum beschikbaar, in de vorm van de *DECT Guard Band*. In de huidige verdeling is sprake van 2×3MHz vergunningvrij spectrum bestemd voor GSM; na de veiling zal dit uitgebreid zijn tot 2×5MHz, zodat meer ruimte ontstaat voor mobiele breedband toepassingen op vergunningvrije basis. Dit vergunningvrije deel van het spectrum kent wel een veel lagere vermogensbeperking dan het vergunningplichtige overige deel van de band.
- Een deel van het spectrum (2×15MHz) is ongebruikt. Dit is spectrum dat beschikbaar is gekomen toen KPN het teruggaf aan de overheid. KPN had dit spectrum verkregen door de overname van Telfort, en wilde naast haar bestaande GSM-1800 netwerk niet nogmaals aan de uitrolverplichting voldoen, wat de overheid wel van KPN vroeg.

Verwachte toepassingen:

- Nu in gebruik voor GSM.
- Belangrijke LTE band, waarvoor reeds smartphones en andere randapparatuur beschikbaar zijn (zie Tabel 2-1).
- Combineert redelijke bedekking met ruime beschikbaarheid van spectrum.

1900-2000 MHz (2 GHz) band: dit betreft TDD spectrum. Een deel hiervan (5 MHz) is teruggegeven door KPN aan de overheid, naar aanleiding van de overname van Telfort (zie hieronder).

Verwachte toepassing:

- UMTS-TDD.

2100 MHz band: het te verdelen spectrum in deze band is beschikbaar gekomen toen KPN het teruggaf aan de overheid. KPN had dit spectrum verkregen door de overname van Telfort, en wilde naast haar bestaande UMTS netwerk niet nogmaals aan de uitrolverplichting voldoen, wat de overheid wel van KPN vroeg.

Verwachte toepassing:

- Kan door een operator ingevoegd worden in het huidige 3G netwerk

2600 MHz band: dit betreft spectrum dat onverdeeld is gebleven bij de 2.6GHz veiling in 2010.

Verwachte toepassing:

- TD-LTE, mogelijk WiMAX.

MHz	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	...	11 mei 2030
800									
900									
1800									
2000									
2100									
2600									

Figuur 2-6: Looptijd van de verschillende vergunningen.

### 2.3.2 Voorwaarden bij de licenties

De bestemming van de te verdelen frequentieruimte is *technologie-neutraal*. Dit betekent dat de vergunninghouder vrij is om te bepalen welke netwerktechnologie hij wil gebruiken. Niettemin is op voorhand al wel het nodige te zeggen over de te verwachten technologie waar operators voor kiezen, omdat deze keuze grotendeels bepaald wordt door beschikbare apparatuur en keuzes die in omliggende landen gemaakt worden. In bovenstaande tekst is hier meer informatie over te vinden.

Net als bij eerdere frequentieveilingen is er een *ingebruiknameverplichting* van kracht. Deze uitrolverplichting, weergegeven in Tabel 2-2, is verschillend per frequentieband om rekening te houden met de grotere reikwijdte van straling bij lagere frequenties. Bovendien is op verzoek van de Tweede Kamer de ingebruiknameverplichting in de 800 MHz band zo gekozen dat per 2x10 MHz licentie na vijf jaar in 40% van Nederland een commerciële dienst beschikbaar moet zijn.

Tabel 2-2: Ingebruiknameverplichting. Vergunninghouders zijn verplicht om binnen 2 en 5 jaar een openbare elektronische communicatiedienst aan te bieden in een gebied van onderstaande omvang.

Band	2 jaar / 5 MHz (in km <sup>2</sup> )	5 jaar / 5 MHz (in km <sup>2</sup> )
800 MHz	308	7471
900 MHz	257	2567
1800 MHz	37	367
2100 MHz	28	
2 GHz	28	
2.6 GHz	20	200

Net als bij de vorige veiling heeft de overheid regelgeving opgesteld speciaal gericht op het verlagen van toetredingsbarrières voor *nieuwkomers*. Bij de vorige veiling werden “caps” gehanteerd. Per partij werden maximumlimieten gesteld voor het te verwerven spectrum, waarbij deze limieten lager lagen indien partijen al mobiel spectrum hadden. Nieuwkomers konden hierdoor meer spectrum verkrijgen dan bestaande spelers. Bij deze multibandveiling is een andere keuze gemaakt. Men hanteert geen caps, maar reserveert een deel van het beschikbare spectrum voor nieuwkomers. Als nieuwkomer worden gedefinieerd die partijen die voorafgaand aan de veiling geen 900 MHz spectrum bezitten. Dit zijn dus alle partijen behalve KPN, Vodafone en T-Mobile. De reserveringen zijn twee vergunningen van 2×5MHz in de 800 MHz band en een vergunning van 2×5MHz in de 900 MHz band. Nieuwkomers kunnen niet meer dan twee van deze drie gereserveerde vergunningen verwerven. Indien er geen aanvragen door nieuwkomers ingediend worden voor (delen van) dit gereserveerde spectrum, kunnen bestaande operators er alsnog op bieden.

Om niet-serieuze bidders te weren heeft de overheid een *minimumprijs* verbonden aan het te veilen spectrum. Deze prijs bedraagt € 35.000.000,- voor een 800 MHz-vergunning, € 28.900.000,- voor een 900 MHz-vergunning, € 4.125.000,- voor een 1800 MHz-vergunning, € 810.000,- voor een 2100 MHz-vergunning, € 590.000,- voor een 2 GHz-vergunning en € 585.000,- voor een 2.6 GHz-vergunning. Indien alle beschikbare frequentieruimte verkocht wordt voor deze minimumprijzen is de totale opbrengst van de veiling € 478.110.000,-.

## 2.4 Toekomst van de (digitale) omroep

Terrestrische omroepnetwerken vormen al jarenlang een belangrijke basis voor de distributie van radio- en televisieprogramma's. In het bijzonder aan de uitzendingen van de publieke omroepen wordt door de overheid een groot belang gehecht vanwege de maatschappelijke functies: het informeren van de bevolking (bijvoorbeeld in het geval van calamiteiten) en het verzorgen van een breed, onafhankelijk en kwalitatief goed media-aanbod. Omdat de betreffende publieke informatievoorziening voor iedereen toegankelijk dient te zijn, is het beleid er op gericht een volledige landelijke dekking te realiseren voor de publieke omroep programma's. Zo is er de komende jaren in Nederland in elk geval voor de drie algemene televisieprogrammakanalen (via DVB-T) en voor de vijf algemene



radioprogrammakanalen (analoge FM zowel als DAB) frequentieruimte met een landelijke dekking beschikbaar<sup>11</sup>.

Terrestrische omroep heeft ook zijn waarde voor commerciële omroepdoeleinden aangetoond. Voor de mogelijkheid tot het uitzenden van radioprogramma's bestaat nog steeds meer interesse van commerciële omroepen dan er gefaciliteerd kan worden binnen de frequentieruimte die voor de analoge FM-omroep beschikbaar is. Mede het enorme luisterbereik dat met FM-omroep gehaald kan worden maakt het voor commerciële partijen een bijzonder interessante distributievorm. Dit geldt nog in veel mindere mate voor digitale radio-omroep (DAB), omdat deze technologie nog niet grootschalig is doorgebroken en daardoor het aantal luisteraars dat kan worden bereikt aanzienlijk lager ligt dan voor FM-omroep het geval is. In theorie heeft digitale radio (DAB/DAB+) weliswaar een veel groter bereik dan analoge radio (FM); op dit moment is het echter nog niet volledig uitgerold.

Voor de televisieprogramma's is de overschakeling van analoge naar digitale uitzending via een DVB-T netwerk gemaakt. Naast de drie algemene publieke televisiekanalen en regionale publieke kanalen wordt er in Nederland via DVB-T ook een commercieel zenderpakket uitgezonden in het dienstenaanbod van Digitenne. Hiermee wordt een alternatief geboden voor televisieontvangst via de kabelnetwerken of satelliet.

Tegenwoordig zijn er echter meer alternatieve distributiekkanalen waarmee radio- en televisiediensten aangeboden of door consumenten benaderd kunnen worden. Voorbeelden hiervan zijn:

- Digital Subscriber Line (DSL);
- Wireless Broadband (UMTS / LTE);
- Fiber to the Home (FTTH).

Naast alternatieve vormen van contentdistributie verandert ook de manier waarop mensen gebruik maken van media. Het internet ontwikkelt zich steeds verder als nieuwe manier voor toegang tot audio- en videodiensten. Zo worden lineaire radio- en televisieprogramma's gestreamed via het internet, maar ook wordt steeds meer gebruik gemaakt van niet-lineaire diensten zoals 'on-demand' en 'time shifted' programma's en het bekijken van content uit archieven zoals 'uitzending gemist'. Daarnaast maken consumenten steeds meer gebruik van specifieke themakanalen die via internet worden aangeboden. Ook creëren gebruikers hun persoonlijke omgeving en benaderen met verschillende devices (bijvoorbeeld tablet computers of smartphones) mediadiensten die specifiek hierop zijn afgestemd, bijvoorbeeld headlines van het nieuws in korte clips of online muziek luisteren uit een mediabibliotheek. Met name de jongere generatie maakt op deze innovatieve wijze gebruik van de nieuwe mediamogelijkheden die ook steeds vaker aanvullend worden gebruikt op de uitzendingen die worden bekeken op een regulier televisiescherm (bijvoorbeeld twitterberichten sturen tijdens live uitzendingen of fragmenten bekijken die als extra worden geboden bij het programma dat wordt bekeken).

De hiervoor genoemde ontwikkelingen in technologie en consumentengedrag roepen vragen op over de toekomst van de omroep. Bijkomende factoren hierbij zijn de enorme opkomst van mobiele breedband communicatie (LTE en de hierop

---

<sup>11</sup> Voor actuele dekkingsplaatjes van DVB-T en DAB wordt verwezen naar de technologiebeschrijvingen in hoofdstuk 3 van dit rapport. Merk op dat met name DAB op dit moment nog niet landelijk dekkend is.

gebaseerde Mobile Broadcast Multicast Services) dat ook als alternatief voor het leveren van mediadiensten kan dienen (Figuur 2-7), het uitblijven van de doorbraak in mobile-TV (DVB-H) en digitale audio-omroep (T-DAB) en de druk op het spectrum waarbij frequentieruimte die eerst beschikbaar was voor omroepdiensten nu is toegewezen aan mobiele communicatiediensten (het digital dividend, 790 – 862 MHz). Een ontwikkeling die nog lijkt door te gaan is de druk op het omroepspectrum, in het bijzonder door de mobiele sector (met een 'digital dividend 2', 694 – 790 MHz) waarbij er rekening gehouden moet worden met medegebruik van cognitieve radio devices ofwel 'white space devices' (zie ook Sectie 2.5).



Figuur 2-7: Mobiele breedband is een alternatief voor de traditionele omroepdiensten.

In vergelijking met andere delen van Europa heeft Nederland een extreem hoog aantal kabelaansluitingen waardoor terrestrische omroepnetwerken een relatief beperkt belang hebben voor vaste ontvangst. Dit zwakt de positie van terrestrische omroep in ons land extra af ten opzichte van de situatie in andere landen.

Alle ontwikkelingen en bestaande onzekerheden zijn voor de omroepsector aanleiding geweest een visie op de toekomst te ontwikkelen.<sup>12</sup> In deze visie ziet men zeker het komende decennium nog een wezenlijke rol voor terrestrische omroepnetwerken. Hierbij zal de trend meer en meer zijn richting Hybrid Broadcast Broadband (HBB) concepten, waarin beide technologieën elkaar aanvullen. In deze hybride vorm heeft de broadcast component specifieke voordelen die moeilijk met andere distributievormen kunnen worden gerealiseerd. In het bijzonder voor de distributie van content met een hoge kwaliteit (programma's in HD kwaliteit), op een kosteneffectieve manier en over een groot gebied zijn terrestrische omroepnetwerken bijzonder geschikt. Om een succesvolle ontwikkeling van terrestrische omroepdiensten in de toekomst mogelijk te maken ziet de sector een aantal belangrijke voorwaarden waarop men zich gaat richten:

- er voor zorg dragen dat ook op de langere termijn voldoende spectrum voor broadcast services beschikbaar blijft;
- discussie met de verantwoordelijke regelgevers over de migratiestrategie voor de overgang naar digitale terrestrische radio;

<sup>12</sup> EBU, Technical Report, *The future of terrestrial broadcasting*, Oktober 2011

- stimuleren van de ontwikkeling van multi-standaard radio ontvangers door de industrie, zodat de overgang naar digitale terrestrische radio bespoedigd kan worden;
- promoten van een geharmoniseerde standaard voor Hybrid Broadcast Broadband (HBB) oplossingen, onder andere door de ontwikkeling van een ETSI standaard (ETSI TS 102 796) en de vorming van een consortium waarin inmiddels meer dan 50 partijen (omroeporganisaties, ICT bedrijven en apparatuur leveranciers) samenwerken;
- zorgen dat de broadcast diensten ook portable, mobiel en indoor een goede beschikbaarheid hebben, door adequate dimensionering van de omroepnetwerken of innovatieve samenwerking met andere technologieën (bijvoorbeeld met WiFi of het gebruik van femtocells);
- standaardiseren op de technisch en commercieel meest haalbare broadcast technologie (bijvoorbeeld DVB-T2 voor vaste/nomadische televisieontvangst en *T2-mobile*, de voor mobiele ontvangst geoptimaliseerde versie van DBV-T2);
- nagaan wat de mogelijkheden en beperkingen zijn van mobiele breedband netwerken voor de distributie van omroepcontent.

Hiermee wordt voor de komende jaren een ontwikkeling van terrestrische breedband ingezet die gaat convergeren naar HBB.

## 2.5 Toenemende aandacht voor spectrum sharing

Door de groei in populariteit van draadloze diensten en toepassingen in het afgelopen decennium en vooral de steile toename in de populariteit van mobiele diensten op basis van *personal devices* zoals smartphones, ipads en vergelijkbare toestellen in de laatste paar jaar laaien de discussies op over de vraag hoe in de toekomstige spectrumbehoefte kan worden voorzien. De ITU heeft in 2011 een update gemaakt van het in 2006 geprognostiseerde verkeersvolume op grond waarvan toen al werd geconcludeerd dat er extra spectrum moest worden gezocht om alleen al deze behoefte aan mobiele bandbreedte het hoofd te bieden (agendapunt in de WRC-07). Zie ook Sectie 2.1 en Figuur 2-1. Hoe de spectrumbehoefte zich in andere sectoren/domeinen zal ontwikkelen is dan nog niet meegenomen. In ieder geval staat voor de volgende WRC extra spectrum voor mobiele communicatie (IMT) weer op de agenda. De oplossing wordt gezocht in verdere technische optimalisatie van de mobiele netwerken om de spectrumefficiëntie te optimaliseren (denk ook aan "offloading" van verkeer naar WiFi netwerken) en in het vinden van extra frequentieruimte (waarbij er geen banden concreet worden genoemd, maar ook vooraf geen banden worden uitgesloten). In de komende jaren tot 2015 zullen de nodige studies worden uitgevoerd om tot een conclusie te komen tijdens de WRC2015.

De groei van het mobiele dataverkeer en het bredere maatschappelijk-economische belang dat is gemoeid met innovaties in en exploitatie van draadloze technologie, diensten en toepassingen hebben geleid tot een sterk toegenomen belang van spectrum als onderdeel van de Europese beleidsagenda die is gericht op 2020. Gesteund door de Radio Spectrum Policy Group<sup>13</sup> (RSPG) en op basis van het in februari formeel door het Europese Parlement afgezegende Radio Spectrum Policy Programme (RSPP) is de Commissie voornemens het door de individuele lidstaten

---

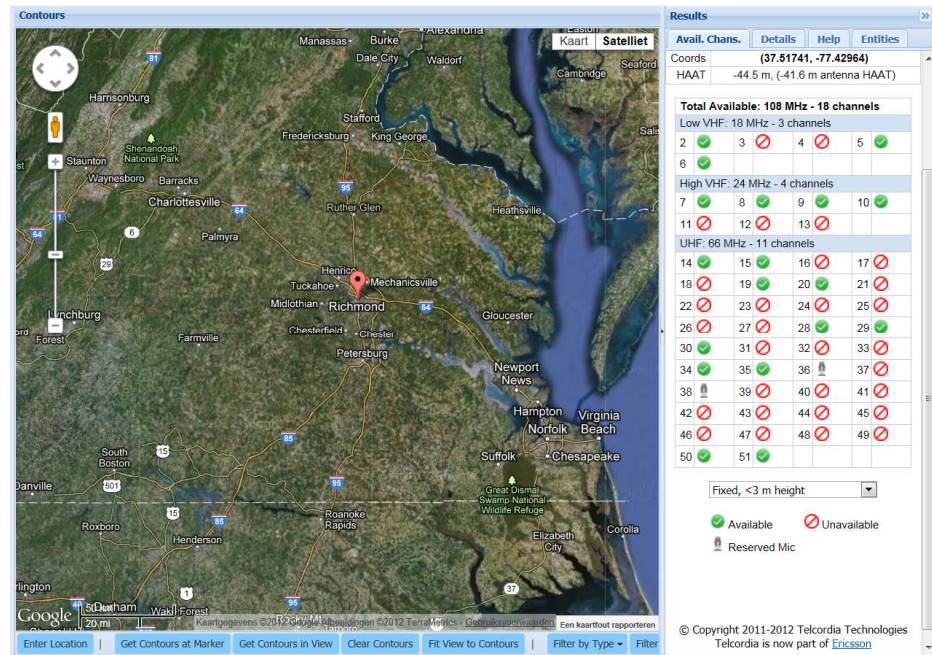
<sup>13</sup> De RSPG brengt advies uit aan de Europese Commissie inzake spectrumbeleid.

gevormde spectrumlandschap in Europa geleidelijk aan sterk te beïnvloeden. Daarbij wordt onder andere ingezet op de potentiële winst die kan worden behaald via *spectrum sharing*, d.w.z. het gezamenlijk gebruik van spectrum door meerdere partijen. Dit principe is al zo oud als de toepassing van radiotechniek zelf maar de hernieuwde aandacht voor deze oplossingsrichting is op zich niet verwonderlijk. In de eerste plaats is namelijk gebleken dat er ruim onvoldoende nieuw, bij voorkeur Europees geharmoniseerd spectrum, kan worden aangeboord (tenzij tegen hoge herallocatiekosten, vergelijkbaar met planschade). In de tweede plaats is o.a. uit monitoring bekend dat het totaal aan uitgegeven spectrum intensiever zou kunnen worden gebruikt, in alle dimensies. Dit heeft in de afgelopen jaren ook een impuls gegeven aan ontwikkelingen op het gebied van Cognitieve Radio (CR) om daarmee dynamische/opportunistische vormen van spectrumtoegang mogelijk te maken. In de huidige benadering van de Europese Commissie wordt niet voorbij gegaan aan mogelijke winst door verdere verhoging van de spectrumefficiëntie in nieuwe radiotechnologie (te bereiken middels volledige technologieneutraliteit), maar wordt spectrum sharing feitelijk toch als *de* sleutel beschouwd tot de oplossing van de dreigende spectrumschaarste. Daarbij wil men royaal ruimte geven aan vernieuwende concepten (technologisch en regulatorisch) en tegelijkertijd gebruikers met bestaande belangen en rechten een voldoende mate van (rechts-) zekerheid bieden. Het RSPP benoemt twee, onderling samenhangende sporen namelijk de stimulering van dynamische spectrum toegangsmogelijkheden via CR-achtige technieken en de invoering van een nieuwe vorm van licensering. Daarbij wordt vooral gedacht aan Authorised Shared Access (ASA) en Licensed Shared Access (LSA)<sup>14</sup>. Dit jaar nog publiceert de Europese Commissie een *Communication* op dit onderwerp en tevens zijn/worden diverse studies uitgezet.

Slimme technieken zijn een uitkomst maar vergen veel ontwikkelingstijd. De introductie van Dynamic Frequency Selection (DFS) in 5 GHz Wireless LAN's om sharing van WLAN's met radarsystemen mogelijk te maken is een ontwikkeling die in ca. 2001 is gestart en na ruim 10 jaar nog niet geheel is voltooid. In 2005 is men in de VS gestart met onderzoeken gevolgd door praktijk trials op het gebied van *White Space Devices (WSD)*: laag vermogen *broadband wireless* systemen die kunnen worden ingezet in 'lege' kanalen in de UHF TV banden. Zie Figuur 2-8. Inmiddels heeft de FCC de regelgeving hierop ingericht en kunnen in de VS commerciële systemen worden ingezet. In het Verenigd Koninkrijk zijn echter pas zeer onlangs (april 2012) de Cambridge trials afgerond met bemoedigende conclusies. Beide (WLAN-DFS en TV-WSD) zijn voorbeelden van meer gecompliceerde vormen van sharing die geavanceerde technische oplossingen vergen. Het zijn langdurige trajecten van vallen en opstaan waarbij de grenzen worden gezocht van wat technisch, economisch en regulatorisch haalbaar is. De verwachting is dat we in toenemend tempo dergelijke trajecten zullen gaan zien, in verschillende banden en met verscheidene typen systemen.

---

<sup>14</sup> Beide komen op vrijwel op hetzelfde neer namelijk dat voor nieuwe toetreders flexibele medegebruik mogelijkheden ontstaan door de verstrekking van dergelijke licenties door de primaire (incumbent) houder, onder auspiciën van de regelgever.



Figuur 2-8: Toepassing van radio environment databases ten behoeve van White Spaces Devices). De figuur illustreert het zoeken en vinden van (gebiedsgebonden) frequentiekanalen die door White Space Devices kunnen worden gebruikt. Bron: Telcordia Technologies (Ericsson).

Behalve sharing tussen verschillende typen diensten (services) wordt ook gestudeerd op de potentie van de toepassing van sharing tussen mobiele operators (FP7 project SAPHYRE<sup>15</sup>, BEREC rapport<sup>16</sup>). Internationaal zijn weliswaar al voorbeelden bekend van operators die infrastructuur sharing toepassen (o.a. in Zweden en Polen), maar spectrum sharing bevindt zich nog in een pril stadium. De toepassing van sharing tussen operators wint aan belangstelling bij marktpartijen maar is niet onomstreden, zowel vanuit functioneel en zakelijke optiek maar ook uit oogpunt van mededinging. In functioneel opzicht kunnen operators te maken hebben met een sterk verband tussen de onderlinge spectrumbehoeften ('samen te weinig, samen te veel'), tenzij de betrokken partijen wezenlijk verschillen in dienstaanbod en klantgroepen. In zakelijk opzicht is er terughoudendheid in verband met mogelijke consequenties voor de eigen marktpositie en zelfstandigheid/zelfbeschikking. Vanuit regulatorisch oogpunt zijn er risico's op verlies van marktwerking door nauwe samenwerking. Bij de uitgifte van spectrumlicenties ziet men in steeds meer Europese landen dat sharing tussen operators onder bepaalde voorwaarden wordt toegestaan.

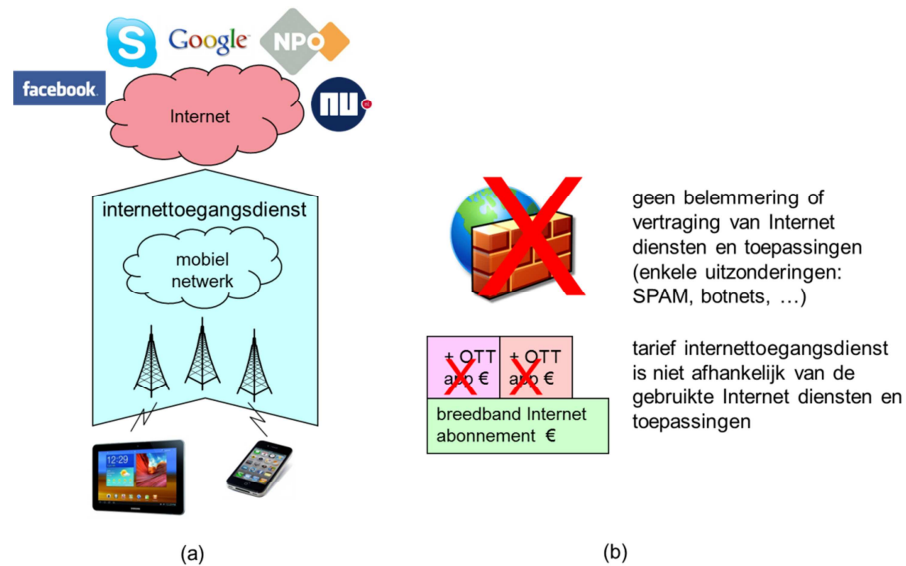
## 2.6 Netneutraliteit en nieuwe verdienmodellen

Netneutraliteit is een onderwerp dat al jaren voor soms hoog oplopende discussies zorgt in de Internet- en telecomwereld. Centraal binnen netneutraliteit staat dat eindgebruikers via hun breedband Internetabonnement alle diensten en toepassingen op het wereldwijde Internet kunnen bereiken en gebruiken. Andersom

<sup>15</sup> www.saphyre.eu

<sup>16</sup> BEREC-RSPG report on infrastructure and spectrum sharing in mobile/wireless networks

moeten aanbieders van diensten en toepassingen via het Internet alle door hen beoogde eindgebruikers kunnen bereiken. Uit verschillende onderzoeken, bijvoorbeeld recent door BEREC<sup>17</sup>, blijkt dat dit in Europa zeker niet altijd het geval is. Zo worden bij een flink aantal mobiele Internetabonnementen een aantal populaire VoIP applicaties (bijvoorbeeld Skype) geblokkeerd. De netneutraliteitsdiscussie richt zich met name op de Internettoegangsdiensten. Dit zijn de door ISPs aangeboden breedband Internet abonnementen (postpaid en prepaid) waarmee hun klanten toegang krijgen tot diensten en toepassingen op het Internet, zie Figuur 2-9(a).



Figuur 2-9: (a) Via de Internettoegangsdienst geleverd door mobiele ISPs krijgen hun klanten toegang tot het Internet. (b) De nieuwe Nederlandse telecomwet introduceert een aantal regels voor de Internettoegangsdiensten die ISPs leveren.

De eerste stap die wetgevers in Europa en daarmee ook in Nederland hebben gezet om netneutraliteit te bevorderen is het invoeren van *transparantie* over mogelijke beperkingen in de open toegang tot diensten en toepassingen. In mei 2012 is door de Eerste Kamer de nieuwe telecomwet<sup>18</sup> aangenomen met daarin een transparantieverplichting voor ISPs. Dit betekent in de praktijk dat ISPs op begrijpelijke manier uitleg moeten geven over technische maatregelen in hun netwerk die de open toegang raken, zoals het blokkeren of vertragen van verkeerstromen.

In de Internetgemeenschap en bij verschillende belangenorganisaties werd sterk betwijfeld of het creëren van transparantie voldoende zou zijn om open toegang tot Internet te waarborgen. Dit heeft geleid tot aanvullende regels in de telecomwet die directer bepalen wat ISPs wel en niet mogen, zie Figuur 2-9(b). Deze aanvullende regels gaan in per 1 januari 2013 en verbieden ISPs onder meer om applicaties en diensten op Internet te belemmeren of te vertragen, enkele uitzonderingen

<sup>17</sup> A view of traffic management and other practices resulting in restrictions to the open Internet in Europe, BEREC, BoR (12) 30, 29 May 2012.

<sup>18</sup> Telecommunicatiewet, aangenomen in Eerste Kamer op 8 mei 2012. Artikel 7.3 bevat de transparantieverplichting, artikel 7.4a bevat de aanvullende regels.

daargelaten. Ook mogen ISPs de tarieven die ze voor hun Internettoegangsdienst rekenen niet afhankelijk maken van de Internetdiensten en -applicaties die de klanten over hun internettoegang gebruiken. Dit betekent onder meer dat ISPs geen hogere tarieven mogen rekenen voor de Internettoegangsdienst als die wordt gebruikt voor het afnemen van diensten van zogenaamde Over-the-Top (OTT) providers zoals Skype of Google.

Nederland is tot nu toe het enige land in Europa waar dergelijke regels gelden. Vanuit Europa blijven de regels beperkt tot transparantie, die ertoe moet leiden dat eindgebruikers “stemmen met hun voeten” door bewust en goed geïnformeerd een abonnement te kiezen dat de door hen gewenste toegang levert. Er is nu dus een wat merkwaardige situatie ontstaan waarbij ISPs en dienstaanbieders, die vaak in meerdere Europese landen actief zijn, worden geconfronteerd met verschillende regels rondom netneutraliteit. De Nederlandse “niet belemmeren of vertragen” regel lijkt overigens sterk op een regel die de Amerikaanse toezichthouder FCC heeft opgelegd. Vanuit dat perspectief zijn de Nederlandse regels minder uniek en sluiten ze juist aan bij de regels op een andere grote markt. De discussie in Europa gaat naar verwachting nog verder. Het is op dit moment nog niet te voorspellen of er op een later moment alsnog aanvullende Europese regels komen.

De Nederlandse regels hebben duidelijke gevolgen voor de mogelijke verdienmodellen van mobiele operators. Een aantal mobiele operators heeft eerder ideeën geopperd om Internetklanten die bepaalde toepassingen gebruiken, zoals Skype of WhatsApp, aparte tarieven in rekening te brengen bovenop hun mobiele Internetabonnement. Dit verdienmodel wordt expliciet verboden door de nieuwe regels. Het leidt er naar verwachting toe dat mobiele operators hun abonnementenaanbod gaan inrichten rondom parameters zoals snelheid en grootte van de databundels. Een andere consequentie van de nieuwe regels is dat mobiele operators geen “beperkte Internettoegang” mogen bieden, dat wil zeggen een abonnement dat bijvoorbeeld wel toegang biedt tot e-mail en webpagina's, maar niet tot VoIP en streaming-video toepassingen op Internet.

Wat in de huidige discussies nog weinig aan de orde komt is dat er naast de Internettoegangsdienst ook nog andere plaatsen in de Internetketen zijn waar de toegang tot diensten en applicaties kan worden beperkt. Zo zijn er al geschillen geweest over de zogenaamde “peering”. Peerings zijn koppelingen tussen ISP netwerken die onder meer zorgen voor de koppeling van de Internettoegangsdiensten aan het wereldwijde Internet. Afhankelijk van de technische en commerciële voorwaarden van peering overeenkomsten tussen ISPs onderling en tussen ISPs en content providers kunnen deze ook beperkingen opleveren in de toegang tot diensten en applicaties. Hiervoor begint nu in Europa aandacht te ontstaan<sup>19</sup>. Een ander belangrijk punt in de keten zijn de devices, zoals smartphones en tablets. De toegang van eindgebruikers tot toepassingen, informatie en content op Internet wordt in toenemende mate bepaald door het beleid dat de eigenaren van app stores hanteren en de aan devices gekoppelde zoek- en navigatietoepassingen.

---

<sup>19</sup> An assessment of IP-interconnection in the context of Net Neutrality, BEREC, BoR (12) 33, 29 May 2012.

## 2.7 Groene ICT en de mobiele industrie

De ICT-sector is verantwoordelijk voor 2 tot 3% van het mondiale energieverbruik, wat ongeveer gelijk is aan het energieverbruik van alle luchtverkeer. Het SMART-2020 rapport van the Global e-Sustainability Initiative (GeSI)<sup>20</sup> voorspelt dat, als er geen actie wordt ondernomen, dit percentage zal toenemen als gevolg van het toenemend belang van ICT in alle sectoren. Daarom heeft de Europese Commissie de ICT-sector verzocht om 'het goede voorbeeld te geven voor de rest van de economie door het verminderen van de eigen CO<sub>2</sub> uitstoot met 20% in 2015'. In Nederland heeft de overheid een overeenkomst getekend met de ICT-sector om de energie-efficiëntie met 30% te verbeteren in de periode 2005-2020.

Een aanzienlijk deel van de toename van het energieverbruik in de ICT-sector vindt plaats in draadloze netwerken en vloeit voort uit de razendsnelle groei van mobiele communicatie. Mobiel internet dringt door in bijna elk aspect van het leven, leidend tot een exponentiële groei van het verkeer en het aantal aangesloten terminals. Om de exponentieel toenemende vraag het hoofd te bieden, worden jaarlijks vele nieuwe basisstations ingezet, met een gemiddeld vermogen van ongeveer een kilowatt. Los van de aanzienlijke bedragen die hiermee wordt geleverd aan de uitstoot van CO<sub>2</sub>, zijn de hieruit voortkomende energiekosten bij de huidige, stijgende energieprijzen goed voor maar liefst de helft van de operationele uitgaven van een mobiel netwerk. Dit vormt een stimulans voor de mobiele industrie om het energieverbruik van de netwerken te verminderen. Zo heeft KPN toegezegd het energieverbruik van het eigen mobiele netwerk met 20% te zullen verminderen tussen 2005 en 2020.

Binnen mobiele netwerken treedt het meeste energieverbruik op in het radiodeel, met name in de basisstations. Een raming van het KP7-onderzoeksproject EARTH<sup>21</sup> laat zien dat het radionetwerk (voornamelijk basisstations) verantwoordelijk is voor 70–80% van het totale energieverbruik van een mobiel netwerk, tegen 2–10% voor de terminals en 10–20% voor het core netwerk. Derhalve richten de meeste recente pogingen tot energiebesparing zich op vermindering van het energieverbruik door basisstations.

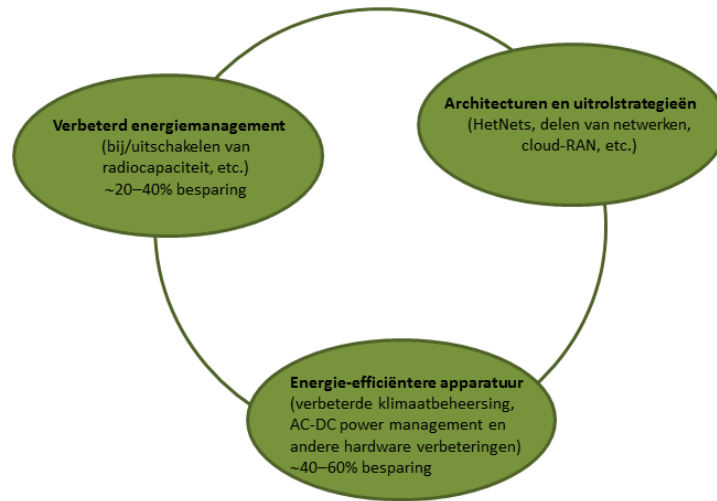
Ruwweg kan het energieverbruik van basisstations op drie manieren worden verminderd (zie ook Figuur 2-10):

1. Betere energie-efficiëntie van de basisstations. Te denken valt aan geavanceerde klimaatbeheersing, AC-DC power management, en modernisering van hardwarecomponenten. Passieve koeling, door bijvoorbeeld het gebruik van natuurlijke luchtstroom bij relatief lage temperatuur (bv. <30 °C), zou het gebruik van airconditioning met ongeveer 50% kunnen verminderen. Moderne vermogensversterkers bieden een efficiëntie van ongeveer 45% in vergelijking met ongeveer 15% voor veel van de versterkers in de huidige netwerken. Netwerkleveranciers van apparatuur (bijvoorbeeld Ericsson, Alcatel-Lucent), geven aan dat in totaal een vermindering van 40–60% van het energieverbruik kan worden verwacht voor de nieuwe generatie basisstations (2011) in vergelijking met de oude generatie<sup>21</sup>. Veel Europese operators zijn bezig met een migratie naar de nieuwe generatie basisstations.

<sup>20</sup> <http://www.gesi.org/ReportsPublications/Smart2020/tabid/192/Default.aspx>

<sup>21</sup> Oliver Blume, Energy Efficient Networks, IEEE VTC2010-Spring Tutorial T3, May 2010





Figuur 2-10: Mogelijkheden voor energievermindering in basisstations.

2. Beter energiemangement, door capaciteit in basisstations bij/uit te schakelen op basis van de momentane vraag. Dit kan op twee verschillende niveaus gedaan worden: op micro-schaal (binnen basisstations) en op macro-schaal (in het netwerk). Op micro-schaal kan het basisstation een deel van de radiocapaciteit (bijvoorbeeld frequentieblokken of subframes) uitschakelen, zodat het totale zendvermogen vermindert. Op macro-schaal kan het zelfs mogelijk zijn om hele basisstations af te schakelen, waarbij hun radiodekking wordt overgenomen door andere, nog wel actieve basisstations in de omgeving. Het specificeren van procedures voor energiemangement maakt deel uit van de standaardisatie van LTE binnen 3GPP. Daarnaast gebruiken of testen sommige mobiele operators al software die het mogelijk maakt om een deel van de UMTS/GSM capaciteit af te schakelen in de nacht. Door dergelijk verbeterd energiemangement zou 20–40% energie bespaard kunnen worden in stedelijk gebied<sup>22</sup>.
3. Architecturen en uitrolstrategieën. Onlangs is een aantal geavanceerde netwerkkarchitecturen en uitrolscenario's gestandaardiseerd en in gebruik genomen, zoals bijvoorbeeld het heterogene netwerk (HetNet) concept, het delen van netwerken (sharing) en cloud-gebaseerde radionetwerken, waarbij basisstations voor meerdere opstelpunten op een centrale plaats worden samengebracht.<sup>23</sup> Deze concepten richten zich weliswaar niet specifiek op energiebesparing in het bijzonder, maar dragen wel bij aan de totale vermindering van het energieverbruik. Zo kan bij het delen van netwerken efficiënter gebruik gemaakt worden van de beschikbare radiocapaciteit, waardoor het totale aantal opstelpunten kan worden verminderd.

Naast de hierboven geschetste activiteiten van leveranciers, exploitanten en standaardisatieorganen, is energiebesparing in mobiele netwerken ook een

<sup>22</sup> Remco Litjens, Ljupco Jorguseski, Potential of energy-oriented network optimisation: Switching off over-capacity in off-peak hours, PIMRC 2010, Sept. 2010.

<sup>23</sup> <http://www.telco.com/blog/mobile-backhaul-in-cloud-ran-architecture>

belangrijk onderwerp van meer fundamenteel onderzoek. Het Europese onderzoeksproject EARTH bijvoorbeeld richt zich op het verhogen van de energie-efficiëntie van LTE met meer dan 50%. Het GreenTouch consortium, geïnitieerd door Bell Labs, heeft meer dan 50 leden uit de hele wereld en richt zich op een sterke verbetering van de energie-efficiëntie in de volgende generatie ICT-netwerken, met inbegrip van mobiele netwerken.

## 2.8 Intelligente Transport Systemen

*Intelligente Transport Systemen (ITS)* ondersteunen verkeers- en vervoersprocessen door toepassing van ICT middelen in bijvoorbeeld voertuigen, wegkantinfrastuctuur en backoffice. *Coöperatieve Systemen* vormen een onderdeel van ITS; ze maken gebruik van mobiele communicatie om informatie uit te wisselen. Er wordt daarbij gebruik gemaakt van communicatie tussen:

- Voertuigen onderling (V2V),
- Voertuigen en infrastructuur (V2I) en
- Tussen infrastructuurelementen onderling (I2I).

Een andere kenmerkende eigenschap van coöperatieve systemen is de onderlinge *samenwerking* tussen voertuigen en tussen voertuigen en wegkantinfrastuctuur.



Figuur 2-11: Voorbeelden van Intelligente Transport Systemen (bron: ETSI).

Ontplooiing van coöperatieve systemen biedt nieuwe toepassingen en (bijkomende) voordelen. Voorbeelden zijn (zie ook Figuur 2-11):

- Effectiever verkeersmanagement;
- Coöperatieve adaptieve cruise control (CACC) – voertuigen zorgen samen voor een efficiëntere verkeersafwikkeling;
- Wireless local danger warning – voertuigen geven waarschuwingen aan elkaar over extreme weersomstandigheden en obstakels die ze tegenkomen;
- Allerlei applicaties die kruisingen veiliger maken of hulpdiensten voorrang geven;

- Intelligente navigatiesystemen, die de actuele verkeers- en parkeersituatie meenemen in hun route-advies (eventueel inclusief een multimodaal reisadvies, dit is een reisadvies waarin meerdere vormen van vervoer worden gecombineerd);
- Eco-driving assistance: Systemen die bestuurders helpen energiezuinig te rijden (door routeadviezen te geven, verkeerslichten te beïnvloeden, en tips te geven voor een zuinige rijstijl).

Het belang van ITS voor Europa werd onderschreven in 2008 toen de Europese Commissie in een Commission Decision besloot het frequentiegebied 5 875 – 5 905 MHz toe te wijzen aan ITS, mede op basis van een studie uitgevoerd door het CEPT. Daarnaast is een ITS Action Plan opgesteld en is in juli 2010 een ITS richtlijn goedgekeurd door het Europese Parlement. Met deze richtlijn moet de invoering van interoperabele ITS applicaties en –services versneld en gecoördineerd worden, door de benodigde randvoorwaarden en mechanismen te creëren.

Ook Nederland is erg actief op het gebied van coöperatieve systemen: er wordt onderzoek gedaan, er worden applicaties ontwikkeld, getest en gedemonstreerd en er wordt volop nagedacht over hoe coöperatieve systemen een plek zullen krijgen in het Nederlandse verkeers- en vervoersysteem. Zo zijn coöperatieve systemen expliciet opgenomen in het Beleidskader Benutten<sup>24</sup>. Verwacht wordt dat ze in 2020 gemeengoed zijn. Een voorwaarde voor een succesvolle introductie van coöperatieve systemen die genoemd wordt is dat er een goede publiek-private samenwerking is.

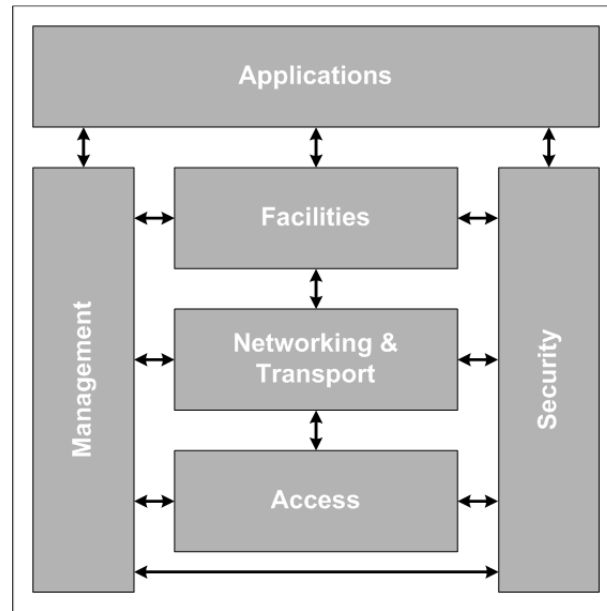
Voor de ontplooiing van ITS wordt gewerkt aan nieuwe technieken van draadloze en mobiele communicatie. Zo wordt er gebruik gemaakt van IEEE 802.11p, een specifieke vorm van IEEE 802.11 speciaal voor gebruik in ITS communicatie (zie ook de beschrijving van WiFi in deze Monitor). De 802.11p standaard is inmiddels samengevoegd met 802.11, wat er voor zorgt dat alle 802.11 compatible apparaten ook ITS communicatie gaan ondersteunen.

Om te komen tot standaardisatie van ITS, heeft de Europese Commissie mandaat 453<sup>25</sup> uitgegeven waarin verschillende standaardisatie organisaties (ETSI, CEN en CENELEC) wordt gevraagd om een set van standaarden te ontwikkelen voor ITS. Binnen dit mandaat wordt er bij de ETSI gewerkt aan standaarden waarin onder andere het gebruik van 802.11p binnen het Europese spectrum wordt gespecificeerd. De verwachting is dat de eerste versies van deze standaarden na de zomer gereed zijn voor publicatie. De architectuur van de protocol-stack is weergegeven in Figuur 2-12.

---

<sup>24</sup> Ministerie van Verkeer en Waterstaat, 2008.

<sup>25</sup> European Commission, Enterprise and Industry Directorate-General, *Standardisation mandate addressed to CEN, CELEC and ETSI in the field of information and communication technologies to support the interoperability of co-operative systems for intelligent transport in the European community*, Brussels, 6th October 2009.



Figuur 2-12: ITS Station referentiearchitectuur (bron: ETSI; ISO).

Ook wordt er binnen verschillende Europese onderzoeksprojecten en testsites gewerkt aan de ontwikkeling van ITS systemen. Voorbeelden zijn het Drive-C2X project, en de SCORE@F test site in Versailles en de simTD test site rond Frankfurt. Binnen Nederland wordt er in het DITCM (Dutch Integrated Testsite for Cooperative Mobility) samenwerkingsverband gewerkt aan het op de kaart zetten van Nederland als nummer 1 op het gebied van ontwikkeling en testen van ITS oplossingen. Voorbeelden zijn bijvoorbeeld de hoge betrokkenheid van TNO bij ITS standaardisatie en de TNO Test Site in Helmond. In Nederland is naast de Test Site Helmond een test site opgezet in Assen (Sensor City Assen), en wordt gewerkt aan een Intelligente Weg in Oss.

Voor het kunnen verspreiden van berichten met geografische relevantie (denk bijvoorbeeld aan een stuk snelweg of een specifieke baan) wordt binnen de ETSI het GeoNetworking protocol gedefinieerd waarmee het mogelijk is om berichten te versturen richten auto's binnen een bepaald gebied. De standaardisatie wordt op dit moment verbeterd met resultaten van testen die zijn uitgevoerd in Helmond en Versailles.

Voor invoering van coöperatieve systemen bestaan echter ook nog enkele belemmeringen:

- De hoge kosten van invoering van de wegkantinfrastuctuur voor v2i/i2v communicatie;
- De schaalbaarheid van de communicatie die immers moet functioneren bij hoge update rates en hoge voertuigdichtheid; hieraan wordt binnen ETSI gewerkt in de vorm van Decentralized Congestion Control (DCC);
- Security en privacy; de belangrijkste gevaren hierin zijn het verzenden van incorrecte (safety-critical) gegevens en het tot in detail kunnen volgen van voertuigen;
- De variabele penetratiegraad, ofwel: hoe om te gaan met de situatie waarin slechts een deel van het wagenpark is uitgerust met coöperatieve systemen.

## 2.9 Ontwikkelingen in short-range wireless communicatie

De belangstelling voor de toepassing van draadloze communicatie over (zeer) korte afstanden (SRWC—Short Range Wireless Communication) is de afgelopen jaren sterk toegenomen. Door de combinatie van innovaties in draadloze technologie en geminiaturiseerde en ultra energiezuinige electronica ontstaan praktische en kosteneffectieve toepassingsmogelijkheden in een groot aantal applicatiegebieden zoals entertainment, procesindustrie, retail, zorg, energie, etcetera. Deze ontwikkeling wordt verder versterkt door de trend richting een Internet of Things waarbij zo ongeveer alles (alle dingen) aan Internet kan worden gekoppeld. Het succes van de smartphone als *het* personal device is ook een belangrijke driver. Machina Research voorspelt een groei van wereldwijd ca. 9 miljard devices eind 2011 naar ca. 24 miljard in 2020<sup>26</sup>, een groei die vooral toe te schrijven zal zijn aan Machine-to-Machine (M2M) communicatie. Voorspeld wordt dat Europa rond die tijd de tweede afnemer zal zijn na Azië. Vanwege enerzijds de economische potentie van SRWC voor de BV Nederland (in casu Zuid-Nederland) en anderzijds de specifieke complicaties in dit segment is dit voorjaar door Berenschot, in opdracht van NV Brabantse Ontwikkelingsmaatschappij, NV Economische Impuls Zeeland, NV Industrieband LIOF en Syntens een roadmap<sup>27</sup> opgesteld. Daaraan heeft een groot aantal bedrijven en instellingen (waaronder TNO) meegewerkt. Een belangrijke conclusie van de roadmap studie is dat het inmiddels indrukwekkende palet van technologische oplossingen (meer dan 30 standaarden en vele duizenden *proprietary* oplossingen) zowel een zegen als een bedreiging vormt. De bedreiging zit in het feit dat een dergelijke versplintering het bereiken van schaalgrootte in productie sterk bemoeilijkt (waardoor belangrijke kostenvoordelen door schaalgrootte niet worden gehaald) en tevens interoperabiliteit een zorgpunt blijft. Standaardisatie is daarom één van de zeven thema's van de voorgestelde roadmap. Tegelijkertijd wordt ook opgeroepen om te blijven investeren in nieuwe doorbraaktechnologieën.



Figuur 2-13: Mobiel betalen is één van de toepassingen van short-range wireless communicatie.

<sup>26</sup> Machina Research, "Global connected devices to exceed 24 billion in 2020, generating EUR1.3 trillion in data revenue according to new research from Machina Research", oktober 2011.

<sup>27</sup> Roadmap Short-range Wireless Communications, Berenschot, mei 2012.

### 2.9.1 Definities

Short-range wireless is de kleinste van de schalen waarop draadloze informatieoverdracht in praktische situaties wordt toegepast, en waarbij afstanden vanaf enkele tientallen meters tot zelfs millimeters aan de orde zijn. De bijbehorende categorie van systemen wordt aangeduid met Short-Range Devices (SRD's). SRD's opereren normaliter in frequentiebanden die vergunningvrij zijn. De bekendste frequentieband is de 2,4 GHz band, maar SRD's komen ook in diverse andere banden voor. SRD's zijn qua uitgestraald vermogen en in bepaalde gevallen ook wat betreft andere signaalparameters aan strenge regels gebonden<sup>28</sup>. SRD's kunnen verscheidene toepassingsmogelijkheden hebben. De bekendste zijn aansturing/activering, uitlezing (tracking & tracing) en communicatie. Het short-range wireless segment is één van de meest gediversificeerde gebieden van draadloze communicatie.

### 2.9.2 Historische context

Men zou de TV afstandsbediening als de allereerste praktische short range toepassing kunnen beschouwen, gericht op aansturing/activering. Nadat de consument in de jaren vijftig snel uitgekeken was op de Lazy Bones afstandsbediening voor de TV die met een kabel met de TV verbonden was, kwam dezelfde firma Zenith Radio Corporation met een draadloze bediening Flashmatic die werkte op basis van lichtflitsen. Kort daarop kwam het bedrijf met oplossingen op basis van hoorbare tonen. Dit werd in de zestiger jaren verder verbeterd door toepassing van ultrasoon geluid. Men wees ontwerpen op basis van radiogolven destijds af omdat die signalen door de muren konden dringen en zo op het TV-toestel van de burens konden aangrijpen. In de jaren tachtig is de infrarood oplossing gekomen die we vandaag de dag nog kennen.

Voor tracking & tracing toepassingen is de opkomst van de RFID-technologie belangrijk geweest. De oorsprong van RFID ligt in de militaire wereld namelijk sinds WO II het gebruik van radar waaraan technieken werd toegevoegd om vriendelijke van vijandelijke vliegtuigen te onderscheiden (Identification Friend or Foe). In de jaren zeventig komen eenvoudige short-range RFID systemen op de markt, bijvoorbeeld voor het activeren van deursloten. Met hedendaagse verfijnde RFID-technologie is het mogelijk de aanwezigheid van tags die op objecten zijn aangebracht op korte afstanden (tot enkele decimeters) te detecteren en te identificeren. Daarbij is de ontwikkeling van uiterst kleine en energiezuinige tags uitdagend en veelbelovend, net als de ontwikkeling van snelle maar tegelijk betrouwbare reader systemen.

Enkele belangrijke ontwikkelingen rond short-range wireless ontstonden begin negentiger jaren gericht op communicatiedoelinden. Nuttig onderscheid daarbij is *peer-to-peer* communicatie tussen apparaten en *wireless access*, d.w.z. het gebruik als (ultra) korte draadloze uitloper van een communicatienetwerk. Bluetooth werd vanaf 1994 ontwikkeld bij Ericsson en was bedoeld als draadloze seriële verbinding tussen (persoonlijke) apparaten. Tegenwoordig is Bluetooth een onder IEEE 802.15 gestandaardiseerd Wireless Personal Area netwerk dat diverse service profielen ondersteunt. DECT is ook een Short-range wireless ontwikkeling die al in 1992 doorbrak, oorspronkelijk was ontwikkeld ten behoeve van draadloze huistelefonie

---

<sup>28</sup> E.e.a. is vastgelegd in richtlijn 1999/05/EC van het Radio and Telecommunications Terminal Equipment Directive

maar nu breder inzetbaar is (bijv DECT CAT-iq, DECT ULE). WiFi heeft zich sinds 1990 ontwikkeld tot de inmiddels wereldwijd meest verspreide, onder IEEE 802.11 gestandaardiseerde oplossing voor draadloze breedbandige datacommunicatie over korte afstanden. Het is vooral succesvol als goedkope en eenvoudige wireless access mogelijkheid waarmee gebruikers van laptops en daarmee vergelijkbare devices flexibel kunnen koppelen aan een internet/intranet domein.

Na 2000 kwam de ontwikkeling van Ultra Wide Band (UWB) technologie van de grond, bedoeld voor breedbandige informatieoverdracht op zeer korte afstanden. UWB-technologie was revolutionair in de zin dat het beslag legde op een groot frequentiegebied maar door een voorgeschreven spectrale uitsmering geen interferentierisico's met zich mee bracht voor allerlei reeds bestaande systemen. UWB is heden bij de industrie uit de gratie geraakt omdat performance verwachtingen niet konden worden waargemaakt. Intussen hebben andere technieken UWB verdrongen (o.a WiMedia).

### 2.9.3 *Drivers voor de groei van short-range wireless*

De volgende trends faciliteren of versterken de groei van oplossingen en toepassingen in het short-range wireless segment:

- Ontwikkeling van uiterst kleine en energiezuinige electronica (met name chips, RF transceivers en sensoren).
- Ontwikkeling van breedbandige draadloze technologie waarmee het mogelijk wordt om op spectrumefficiënte wijze probleemloos vele honderden Mbit/s over een draadloze interface te halen;
- Ontwikkeling van kosteneffectieve lokaliseringstechnieken (GPS en andere mogelijkheden);
- Introductie van IPv6, waarmee het mogelijk wordt om feitelijk ieder object van een eigen IP-adres te voorzien waarmee het aan het internet (aan de cloud) kan worden gehangen;
- Sterk gegroeide populariteit van personal devices en dan met name de smartphone die zich dankzij een palet aan technische mogelijkheden (GPS, camera, bewegingssensor, diverse short range wireless interfaces) en een alsmaar groeiende bibliotheek van software applicaties (apps) tot een uiterst veelzijdig apparaat ontwikkelt.

### 2.9.4 *Toepassingsgebieden*

In het kader van de door Berenschot uitgevoerde roadmap studie is via workshops in kaart gebracht hoe men voor Nederland de verspreiding van short-range wireless technologie over verschillende toepassingsgebieden inschat. Daarbij zijn de volgende toepassingsgebieden beschouwd: gezondheidszorg, mobiliteit, data systemen, logistiek, beveiliging, domotica, industrie, agro-food, nutsvoorzieningen, ontspanning. Bij de inventarisatie werd gescoord op prioriteit en verwachte omzetgroei en werd tevens gekeken naar de huidige feitelijke bedrijvigheid in Nederland (relatieve omvang van de sectoren, "presence"). Uit de inventarisatie blijkt dat gezondheidszorg qua prioriteit, verwachte omzetgroei en presence het hoogst scoort als toepassingsgebied. Mobiele zorg en zorg in de thuissituatie zijn in deze sector trends die zorgen voor positieve perspectieven voor short-range wireless technologie.

Afhankelijk van het toepassingsgebied worden verschillende eisen gesteld aan de betrouwbaarheid, robuustheid en beveiliging van short-range wireless technologie. Mede hierdoor kan het belang van karakteristieke radiotechnische aspecten als afstandsbereik, bandbreedte en vertraging nogal uiteenlopen. Dit verklaart mogelijk ook (mede) de diversiteit aan technologieën. In de roadmap van Berenschot wordt een overzicht gegeven van maar liefst 27 technologieën, waaronder Bluetooth (zie Sectie 1.1), WiFi (zie Sectie 0), DECT, UWB, Zigbee en nog vele andere. De veelheid aan technologieën kan een belemmering vormen voor de groei van short-range wireless toepassingen, vanwege mogelijke interoperabiliteitsproblemen en omdat het behalen van voldoende schaalgrootte in productie er door bemoeilijkt kan worden.



## 3 Ontwikkelingen per technologie

Dit hoofdstuk bevat per technologie een samenvatting van de belangrijkste ontwikkelingen in het afgelopen jaar. De volledige beschrijving per technologie is opgenomen in de bijlage. Een overzicht van het te verwachten gebruik van frequentiebanden voor mobiele communicatie is terug te vinden in Sectie 2.3.

### 3.1 GSM

De GSM standaard is wereldwijd nog steeds de meest gebruikte techniek voor mobiele communicatie.

UMTS netwerken (3G) worden meestal gebouwd als *uitbreiding* van GSM netwerken (2G). Daarnaast zijn UMTS toestellen nagenoeg altijd in staat naadloos over te gaan op een GSM netwerk. Bovendien wordt GSM op dit moment over het algemeen bedreven in een lagere frequentieband dan zijn derde-generatie opvolger waardoor de bedekking van GSM beter is. Dit alles maakt dat GSM en andere 2G systemen wereldwijd nog veruit de grootste omzetgenerator in de mobiele telecomsector zijn. Waar in Europa een daling van GSM-only toestellen ten gunste van UMTS/GSM toestellen zichtbaar is, groeit GSM only elders nog fors. Dat geldt zeker in Afrika, maar ook in landen als India. Het feit dat GSM op dit moment (door de gebruikte frequentieband) een betere bedekking levert, zorgt ervoor dat operators vaak afhankelijk zijn van GSM als het gaat om het leveren van spraakdiensten op moeilijke locaties. Daarnaast is er nog een omvangrijke "installed base" van GSM-only gebruikers – in Nederland zijn dit er nog miljoenen. Van een volledig uifaseren van de GSM techniek is dan ook op dit moment geen sprake.

Omdat de GSM netwerkkapparatuur in veel gevallen al geruime tijd wordt ingezet (vanaf begin jaren '90) vinden er wel grootscheepse vervangingen plaats. Meer en meer doet hier de 'multi-standard' zijn intrede: netwerkkapparatuur die naar believen GSM, UMTS en ook LTE kan verzorgen. Het wordt dan, net als bij de toestellen, moeilijker te spreken van een GSM, UMTS of LTE netwerk. Voor de gebruiker is dat ook niet relevant; voor hem gaat het om de kwaliteit van de geleverde dienst. Bij de komende spectrumveilingen wordt het spectrum 'systeemonafhankelijk' herverdeeld. Dan zal er een verschuiving van derde-generatie systemen naar lagere frequentiebanden mogelijk worden en breekt een volgende fase aan van de migratie van GSM naar zijn opvolgers.

Op dit moment vindt in Nederland en andere Europese landen een gedeeltelijke vervanging plaats van het traditionele GSM circuit-switched verkeer door dataverkeer. Dit dataverkeer wordt veelal afgehandeld op het UMTS netwerk via "flat-fee" abonnementsvormen en is daarom voor de gebruiker aantrekkelijk. Zo is Voice-over-IP via de applicatie Skype een populair alternatief voor het traditionele spraakverkeer en komen diensten als WhatsApp en Ping op de smartphone in de plaats van het traditionele SMS-en. Deze veranderingen stellen mobiele operators voor de uitdaging om nieuwe verdienmodellen te ontwikkelen waarmee de investeringen in het mobiele netwerk kunnen worden terugverdiend.

### 3.2 UMTS/HSPA

UMTS/HSPA is een uitontwikkelde technologie die wereldwijd commercieel wordt toegepast. Uitrol vindt thans in een versneld tempo plaats, dankzij een stabiele netwerkinfrastructuur en een groot aantal gebruikersvriendelijke terminals met vele mogelijkheden zoals smartphones en tablet-PCs. Het wereldwijde aantal UMTS abonnees is toegenomen van 709 miljoen in 2010 tot 908 miljoen in 2011, waarmee de mondiale penetratie ca. 13% bedraagt. In Europa is de penetratie ca. 45% met een totaal aantal abonnees van rond 330 miljoen.

Door de groei van het mobiele datagebruik is er ook een noodzaak om datasnelheden en capaciteit te verhogen. De snelle uitbouw van netwerken met 42 Mbps dual-cell HSPA+ technologie is een duidelijke trend om in deze groei te kunnen voorzien. Eind 2011 waren er wereldwijd 62 dual-cell HSPA+ commerciële netwerken uitgerold, 49 meer dan vorig jaar. Voor nog eens 26 dual-cell HSPA+ netwerken bestaan plannen voor uitrol in het komende jaar.

### 3.3 CDMA2000

Het wereldwijde aantal CDMA2000 gebruikers blijft groeien, het afgelopen jaar met ca. 14%. De groei vindt met name plaats buiten de westerse wereld, bijvoorbeeld in China en India waar de operators China Mobile (China) en Reliance Telecom en Tata Teleservices (India) tientallen miljoenen gebruikers bedienen. De datavariant EV-DO is hier nu operationeel. Een interessante ontwikkeling in de VS is de uitrol van LTE bovenop het bestaande CDMA2000/EV-DO netwerk van Verizon Wireless, waarbij interworking tussen CDMA2000/EV-DO en LTE wordt ondersteund.

Een belangrijke ontwikkeling op het gebied van standaardisatie is het verschijnen van twee nieuwe releases. *CDMA 1X Advanced* is primair bedoeld voor spraak en richt zich op een efficiënter gebruik van spectrum en opstelpunten. Het betreft hier hoofdzakelijk een software upgrade. *CDMA DO Advanced* is een geavanceerde netwerktechnologie voor efficiënter spectrumgebruik en hogere datasnelheden, vergelijkbaar met de HSPA uitbreiding van UMTS. De verwachte commerciële introductie hiervan is in 2013. Ook hier betreft het hoofdzakelijk een software upgrade.

### 3.4 LTE/LTE-A

Op het gebied van LTE spelen vele ontwikkelingen. Hieronder volgt een kort overzicht van de stand van zaken.

Binnen 3GPP wordt hard gewerkt aan de specificatie van LTE Release 11, waarvan de belangrijkste onderdelen klaar moeten zijn in Q3 2012. Naast een aantal verbeteringen aan bestaande features, zal in Release 11 de nieuwe feature Coordinated Multipoint Transmission/Reception worden geïntroduceerd. Met deze feature wordt het mogelijk om zenden/ontvangen tussen basisstations op verschillende locaties te coördineren, waardoor de netwerkprestaties met name nabij de celranden sterk verbeterd kunnen worden.

In april 2012 waren er inmiddels 64 commerciële LTE netwerken in de wereld, tegen 17 een jaar eerder. Verwacht wordt dat de uitrol in 2012 verder zal versnellen, wat blijkt uit het grote aantal netwerkcontracten van operators: 253 in 84 landen. Naast de netwerken in Europa, Azië en de VS zijn er inmiddels ook

netwerken in Zuid-Amerika, Canada en Australië. In Zuid-Korea (SK Telecom), Singapore (M1) en Japan (eMobile) wordt inmiddels landelijke dekking geleverd. Het aantal LTE abonnees bedroeg per Q4 2011 6,4 miljoen, ca. 0,1% van het totaal aantal mobiele abonnees. Verizon Wireless (VS) en NTT DoCoMo (Japan) gaan aan de leiding in de LTE markt met marktaandeelen van respectievelijk 63% en 22%. Beide zijn “early adopters” van LTE technologie. Zie ook Sectie 2.2 voor meer informatie over de uitrol van LTE.

In Nederland is KPN een samenwerking aangegaan met SURFnet om te onderzoeken hoe een LTE network onderdeel kan zijn van een universiteitsnetwerk. Verder heeft TNO een LTE pilot uitgevoerd i.s.m. Huawei om de prestaties van LTE te onderzoeken in de 800 MHz en 1800 MHz frequentiebanden. Voor de tweede helft van 2012 staat een grote veiling van spectrum plaats, dat naar verwachting deels ook ingezet zal gaan worden voor LTE. Voor meer informatie over deze veiling zie Sectie 2.3.

Ook op het gebied van handsets vinden vele ontwikkelingen plaats. Een belangrijk voorbeeld is de LTE ondersteuning door de iPad van Apple, die voorlopig overigens alleen nog werkt in de VS en Canada.

### **3.5 WiFi**

Voor WiFi speelden er in het afgelopen jaar twee belangrijke ontwikkelingen die vermeld dienen te worden.

De eerste is het werk aan de standaard 802.11ac, waarmee de datasnelheid omhooggetrokken wordt door het gebruik van meerdere antennes (Multiple Input Multiple Output, MIMO) en door het gebruik van grotere bandbreedtes (tot 160 MHz). Met 802.11ac zijn datasnelheden mogelijk tot 1Gbit/s voor access points en tot 500 Mbit/s voor apparaten (computers).

De tweede ontwikkeling is de verdere groei van standaard 802.11p, die de basis vormt voor het uitwisselen van boodschappen tussen auto's (car-to-car communicatie) en tussen auto en infrastructuur (RSU – RoadSide Units) in Intelligent Transport Systems (ITSs). Door de snelle beweging van auto's en het beperkte bereik van zo'n RSU, is er slechts weinig tijd beschikbaar voor data-uitwisseling tussen auto en RSU. Daarom is 802.11p ontdaan van een aantal authenticatie- en autorisatiemechanismes. 802.11p werkt in de frequentieband van 5,85–5,925 GHz.

### **3.6 Digitale Broadcast**

DVB-T (Digital Video Broadcasting – Terrestrial) is een omroeptechnologie-standaard gebruikt voor het uitzenden van TV diensten naar 'vaste' TV toestellen. De andere standaarden DVB-H, T-DMB en DAB+ zijn voornamelijk gericht op ontvangst door mobiele ontvangers, zoals mobiele terminals of auto's. Samenvattend kunnen we concluderen dat de ontwikkeling van DVB-T in Europa in de lift zit, doordat meer landen analoge transmissie afschakelen en overstappen op digitale terrestrische uitzendingen. De ontwikkeling van de toepassing van broadcast standaarden gericht op mobiele ontvangers verloopt problematisch. Het aanbieden van Mobiele TV diensten via 3G en LTE netwerken is een succesvoller alternatief, dat vanwege het interactieve karakter beter aansluit bij de consumentenbehoeften. Er wordt niet meer geïnvesteerd in DVB-H in Europa, en

de dienst is in ieder land in Europa afgeschakeld. T-DMB en DAB+ zien voornamelijk positieve maar trage ontwikkelingen als multimediale dienst voor radio en navigatie/verkeerstoepassingen gericht op auto's en als mogelijke vervanger van FM radio. De grote hoeveelheid FM ontvangers (o.a. in auto's) zorgt er echter voor dat nog geen enkele regering een harde switch-off datum heeft aangekondigd voor FM spectrum, maar deze altijd aan een grote set voorwaarden heeft verbonden.

De belangrijkste ontwikkelingen voor de vier technologieën zijn als volgt:

- In Nederland ziet KPN sinds Q3 2010 een lichte terugloop van het aantal Digitenne klanten. Het afschakelen van DVB-H in juni 2011 door KPN heeft ervoor gezorgd dat er extra frequentieruimte komt die weer ingezet wordt voor Digitenne om het aantal zenders uit te breiden (onder andere met BBC1 en BBC2). Het totaal aanbod bestaat nu uit 30 TV zenders en 22 radio zenders.
- De overschakeling op digitale terrestrische transmissie in Europa en daarbuiten gaat onverminderd door. Meer landen gaan tevens HDTV kanalen via DVB-T verzorgen en veel landen die starten met de uitrol gebruiken meteen de opvolger DVB-T2, die 30%-50% meer capaciteit biedt. Er zijn nu al 11 landen die commerciële diensten op basis van DVB-T2 aanbieden en nog eens 33 landen die de standaard geadopteerd hebben. De toename van verkopen van TV's met ingebouwde ontvangers stimuleert deze ontwikkeling. In Nederland zijn vooralsnog geen plannen voor een overschakeling op DVB-T2. Er is geen vrije frequentieruimte voor DVB-T2, waardoor een overstap op DVB-T2 zou inhouden dat bestaande abonnees hun ontvanger zouden moeten inruilen of upgraden.
- De beschikbaarheid van de DVB-H technologie in Europa is volledig gestaakt. In juni 2011 is KPN in Nederland gestopt, in september 2011 heeft de Finse overheid toestemming gegeven aan Digita om de DVB-H uitzendingen om te zetten naar DVB-T2 en in januari 2012 heeft Vimpelcom in Rusland haar plannen voor DVB-H gestaakt. Daarmee is een einde gekomen aan commerciële diensten op basis van DVB-H in Europa. Het ontbreken van een sluitende business case, het afwijkende consumentengedrag bij Mobiele TV ten opzichte van vaste TV, het gebrek aan terminals en de instapbarrières voor content partijen zijn verantwoordelijk voor het mislukken van deze technologie in Europa.
- De ontwikkelingen op T-DMB gebied gaan erg traag. In Nederland heeft de licentiehouders Callmax in Nederland geen nieuwe ontwikkelingen naar buiten gebracht voor wat betreft diensten. MTVNL bereidt een launch voor op basis van een Samsung toestel en een dongle voor iPhone en iPad. MTVNL heeft op dit moment drie zendlocaties actief waarmee mobiele televisie op demo-basis wordt uitgezonden. Wel heeft Samsung voor 2012 een mobiel Internet toestel (geen telefoon) aangekondigd voor T-DMB diensten, maar de gelanceerde versie in Zwitserland ondersteunt geen T-DMB. In Italië en Frankrijk hebben overheden besloten om het ondersteunen van T-DMB verplicht te stellen voor bepaalde ontvangstapparatuur voor radiozenders.
- De ontwikkeling van DAB en DAB+ hangt ook samen met de vervanging van FM-radio. In Nederland heeft de overheid in 2009 de FM licenties verlengd<sup>29</sup>. Om digitalisering van frequenties mogelijk te maken, wordt aan de verlenging de

<sup>29</sup> <http://www.rijksoverheid.nl/onderwerpen/frequentiebeleid/nieuws/2011/03/18/radiostations-kunnen-blijven-uitzenden-via-fm-en-middengolf.html>

voorwaarde gekoppeld dat per 1 september 2015 minstens 80 procent van de zenders digitaal is te ontvangen. In juni 2012 hebben KPN en de Nederlandse Publieke Omroep een overeenkomst gesloten voor de landelijke uitrol van digitale radio volgens de T-DAB-standaard<sup>30</sup>. Het KPN nieuwsbericht vermeldt dat het nieuwe T-DAB(+) netwerk in drie fasen zal worden gebouwd. De eerste fase is per 1 december 2012 a.s. operationeel en vervangt voornamelijk het huidige zendernetwerk, om de ontvangst verder te verbeteren. Afhankelijk van het succes van T-DAB zal NPO besluiten om per 1 september 2015 het netwerk met 14 zendlocaties uit te breiden. Hierdoor wordt een volledige landelijke dekking mogelijk. Per september 2017 zal het netwerk nogmaals worden uitgebreid met 24 extra zendlocaties waardoor het mogelijk wordt om het radiosignaal moeiteloos binnenshuis te ontvangen. Op termijn zal de huidige T-DAB standaard worden vervangen door een nieuwe techniek, T-DAB+. Deze nieuwe techniek geeft de mogelijkheid meer digitale programma's uit te zenden dan met de T-DAB standaard. In augustus 2011 is in Duitsland digitale radio gelanceerd op basis van DAB+. Tot 2014 wordt de dienst uitgebouwd tot een landelijk dekkend netwerk. In navolging van Frankrijk en Verenigd Koninkrijk, geldt ook in Noorwegen dat het voorgenomen besluit van de overheid zorgt voor een stimulans van digitale radio. Daarmee is de overheid een belangrijke partij bij de adoptie en het succes van diensten.

### 3.7 TETRA

Voor de oorspronkelijke versie van TETRA (Release 1) heeft verbetering op het gebied van randapparatuur afgelopen jaar alleen plaatsgevonden op radiofrequentiegebied en uitvoeringsvorm. De aanvankelijk sterke voortzetting van de realisatie van de vervolgversie van TETRA (Release 2) lijkt tegen het einde van 2011 gestagneerd. TETRA Release 2 richtte zich via de OOV-specifieke, zogenaamde TEDS (TETRA Enhanced Data Services) technologie op geavanceerde datacommunicatiediensten met goede beschikbaarheid. Dit vond vooral opgeld in 2010 en het begin van 2011. Door de recente ontwikkeling van LTE (Long Term Evolution) en de toegenomen perspectieven voor de realisatie van steeds meer specifieke OOV-functies met deze geavanceerde, ten opzichte van TETRA goedkopere commerciële technologie, is TETRA Release 2 met TEDS onder grote druk komen te staan. Werd in 2010 LTE nog als *aanvullend* op TETRA gezien, nu dringt LTE zich steeds meer op als *op termijn* (over ca. 10 jaar) *vervangende* technologie in plaats van TEDS<sup>31</sup>. Daarbij is wel de vraag in hoe verre features benodigd voor missiekritische diensten onderdeel zullen gaan uitmaken van de standaard. Een initiatief zoals ODINI (On-Demand Intelligent Network Interface) werkt op het niveau van signalering en vereist gebruik van een uniforme IP-backbone evenals LTE. De signaleringstechnologie van ODINI is echter verschillend met die van LTE, die SIP (Session Initiation Protocol) gebruikt, waardoor OOV-typische features zoals snelle push-to-talk, groepsgesprekken, noodoproepen en meldkamerfunctie mogelijk worden.

Er zijn niettemin sinds 2010 diverse projecten waar bestaande TETRA-netwerken een upgrade krijgen naar Release 2 (bijvoorbeeld het *Virve* netwerk in Finland) of

<sup>30</sup><http://forum.kpn.com/t5/News-stream/KPN-en-NPO-zetten-samenwerking-digitalisering-publieke/ba-p/34655>

<sup>31</sup> Zie bijvoorbeeld TETRA Association White Paper, "Mobiel breedband in een bedrijfskritische omgeving", februari 2011

waar Release 2 wordt geïmplementeerd zoals in Aziatische landen. In Duitsland bouwt men het grootste TETRA-netwerk ter wereld en wel voor 500.000 gebruikers. Dit netwerk is op Release 1 gebaseerd maar heeft naar verluidt al wel wat karakteristieken uit Release 2 zoals het doorgeven van GPS-coördinaten en de vergrote cel-reikwijdte. Het Russische systeem voor de Olympische Winterspelen is voorbereid op Release 2 en moet in 2012 klaar zijn. Het is onduidelijk in hoeverre deze projecten in geplande vorm nog doorgang vinden. Mede bepalend zal zijn of een geharmoniseerde frequentieband voor Release 2 op Europese schaal kan worden vrijgemaakt. Dit spectrum issue speelt ook als LTE wordt gekozen als technologie voor missie-kritieke diensten. Dit is vooral van belang voor het verkrijgen van internationale interoperabiliteit van TETRA, bijvoorbeeld bij grensoverschrijdende criminaliteit en -hulpverlening. Hiervoor is het ook nodig dat een beter beeld ontstaat van de exacte gebruikersbehoefte aan meer geavanceerde datadiensten. Anderzijds speelt nationaal de discussie of extra frequentieruimte niet eerder moet worden bedongen voor vergroting van de transmissiecapaciteit uitsluitend ten behoeve van spraak en de huidige C2000 datadiensten dan voor breedbandige datadiensten.

Verwacht wordt dat de markt voor industriële TETRA netwerken en –terminals voorlopig zal groeien vanwege de vervanging van verouderde analoge apparatuur die in deze sector nog veelal operationeel is. Dit zal wellicht met ca. 10% per jaar groeien, uitgaande van een zich doorzettende economische verbetering en -groei van China. Ook in andere Aziatische landen wordt TETRA steeds populairder: Azië is al goed voor 25% van de mondiale TETRA-markt. De Aziatische markt groeit sneller dan markten in andere werelddelen. Voor veel industriële toepassingen biedt Release 1 voldoende functionaliteiten.

### 3.8 Bluetooth

Bluetooth is een PAN (Personal Area Network) standaard die grootschalig wordt toegepast voor het draadloos koppelen van apparaten over relatief korte afstanden. Te denken valt aan de koppeling van een headset aan een telefoon, of een telefoon aan een PC. Bluetooth maakt gebruik van de ongelicenseerde ISM frequentieband rond 2,4 GHz.

Het afgelopen jaar heeft de Bluetooth Special Interest Group (SIG) zich vooral gericht op de doorgroei van Bluetooth 4.0, na de introductie van deze nieuwe standaard in 2010. Uit het jaarverslag van 2011 valt op te maken dat het marktaandeel van Bluetooth 4.0 naar tevredenheid verloopt. Een van de hoogtepunten in 2011 was de introductie van twee nieuwe logo's, te weten Bluetooth Smart en Bluetooth Smart Ready. Bluetooth Smart is een ontwikkeling die voortbouwt op Bluetooth 4.0 en richt zich op sensor devices zoals hartslagritmemeters. Belangrijke feature in Bluetooth Smart en Bluetooth Smart Ready is een reductie van het energieverbruik. In 2011 heeft verder een recordaantal nieuwe Bluetooth profielen het licht gezien. Dit wijst op een sterke toename van het aantal mogelijke toepassingen van Bluetooth technologie.

In het jaar 2011 hebben vijf Bluetooth Ecosystem Teams (BET) gestalte gekregen. Een team heeft tot doel om binnen een marktsegment nieuwe mogelijkheden te definiëren of bestaande mogelijkheden verder uit te breiden. De teams zijn opgericht voor de markten Automotive, Consumer Electronics/PC, Health & Fitness, Mobile Phones, en Smart Home. Ook is er een Bluetooth Developer portal

opgericht. Dit portal dat voor iedereen toegankelijk is, heeft tot doel om nieuwe devices en applicaties te ontwikkelen. Van dit portal wordt veel verwacht.





## 4 Beschrijvingen per technologie

Dit hoofdstuk bevat de beschrijvingen per technologie, aan de hand van een aantal in hoofdstuk 1 gedefinieerde indicatoren. De volgende technologieën worden achtereenvolgens beschreven:

1. GSM
2. UMTS/HSPA
3. CDMA2000
4. LTE/LTE-A
5. WiFi
6. DVB-T
7. T-DMB
8. DAB(+)
9. TETRA
10. Bluetooth



## 4.1 GSM

### 4.1.1 Algemeen

#### Technologietype

GSM is een publieke, cellulaire digitale landmobiele technologie voor spraak- en datadiensten.

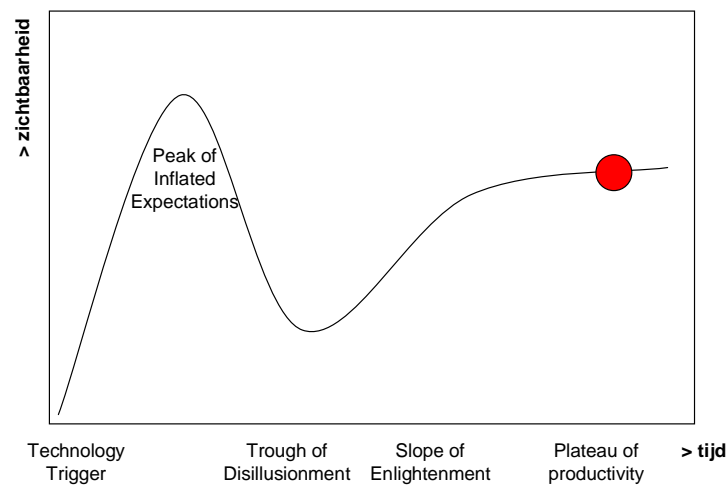
#### Achtergrond

1994 was het jaar waarin GSM commercieel in Nederland werd geïntroduceerd; twee jaar na Finland, dat de primeur had. De betreffende operator in Finland was Radiolinja. Ongeveer 10 jaar eerder was de standaardisatie van GSM gestart in de daarvoor opgerichte groep 'Groupe Speciale Mobile' (GSM). Later is de afkorting GSM toegekend aan 'Global System for Mobile communications'. Een treffende benaming gezien het succes dat de standaard over de hele wereld heeft. In het pre-GSM tijdperk was het nauwelijks mogelijk om met je mobiel in het buitenland te bellen; met de introductie van GSM is mobiele bereikbaarheid in het buitenland gemeengoed geworden.

GSM wordt wel de tweede generatie (2G) genoemd omdat GSM in tegenstelling tot zijn analoge voorgangers een digitaal systeem is. Met GSM is mobiel bellen een massaproduct geworden. Met de introductie van een SIM kaart (dat de houder in staat stelt in principe van iedere mobiele telefoon gebruik te maken) en de hoge mate van internationale standaardisatie heeft de markt van mobiele GSM telefoons een grote vlucht genomen. Naast spraakdiensten voorziet GSM in het nog altijd populaire sms'en. Ook datadiensten zijn onderdeel van GSM. Voor dit doel is onder andere GPRS (General Packet Radio Service) ontwikkeld.

#### Beschikbaarheid

GSM is inmiddels 'proven technology' en de belangrijkste bron van inkomsten voor de meeste operators als het gaat om spraakverkeer. In de Gartner hype cycle zit GSM dan ook in het 'plateau of productivity' (zie onderstaande figuur).



Figuur 4-1: Positie van GSM op de Gartner hype cycle.

GSM is nagenoeg uitontwikkeld en wordt op dit moment in veel landen aangevuld met de volgende generatie (3G) technieken met als doel om snelle datadiensten te kunnen leveren. GSM levert weliswaar datadiensten via de standaarden HSCSD, GPRS en EDGE, maar de snelheden van deze technieken zijn bescheiden vergeleken met de datasnelheden van 3G.

### **Diensten en toepassingen**

GSM voorziet zowel in mobiele spraak- als datadiensten, waarbij de spraakdienst sterk dominant is. SMS is een van de belangrijkste datadiensten. De datadiensten zijn vooral geschikt voor e-mail applicaties en bescheiden webbrowsing. Ook voor M2M-toepassingen wordt GSM ingezet. GSM is niet of nauwelijks geschikt voor hoge snelheidsdiensten als video. Een speciale variant op GSM, GSM-R(ail) genaamd is bedoeld voor gebruik door de Europese spoorwegen.

GSM kent de dienst 'Cell broadcast'. Hierbij kunnen alle gebruikers in een bepaald gebied tegelijkertijd een SMS ontvangen. Toepassingen hiervoor zijn bijvoorbeeld lokale waarschuwingen bij noodsituaties of een indicatie dat een laag tarief actief is. Het noodnummer kan altijd worden gebeld. In Nederland zelfs zonder dat het mobiel een SIM kaart bevat.

GSM-R(ail) kent enkele extra diensten. Deze zijn speciaal ontwikkeld voor de spoorwegen en bestaan uit onder andere groepsgesprekken en push-to-talk.

### **Terminals**

Met GSM heeft de ontwikkeling en diversificatie van mobiele terminals een grote vlucht genomen. Dat is voornamelijk te danken aan de wijd geaccepteerde standaardisatie. Verder speelt het gebruik van de SIM kaart (Subscriber Identity Module) een belangrijke rol. Het gebruik van een SIM module is nu standaard, maar was bij de komst van GSM een novum. Een willekeurig GSM toestel kan in principe geschikt worden gemaakt voor persoonlijk gebruik door je eigen SIM erin te plaatsen.

Waar aanvankelijk GSM terminals door (dure) gespecialiseerde instituten goedgekeurd moesten worden, wordt dat nu overgelaten aan de producenten zelf (zelfcertificering). De GSM terminal markt is daardoor voor veel meer (kleinere) producenten aantrekkelijk geworden. Mede daardoor is een enorme diversificatie van toestellen ontstaan die overigens niet altijd ten goede komt aan de kwaliteit.

GSM toestellen waren aanvankelijk alleen beschikbaar voor de 900 MHz band (zie ook aspect Frequentiebanden). Daarna kwamen dual band toestellen ter beschikking: ook geschikt voor GSM1800. Hieruit bestaat de bulk van de huidige GSM-only toestellen. Wat zeldzamer zijn toestellen die ook werken op 850 of 1900 MHz (Tri-band) en die daarmee ook bruikbaar zijn in de VS.

Tegenwoordig zijn multi-band dual-system modellen standaard. GSM wordt daarin vaak gecombineerd met UMTS. De vraag is dan wel of het gaat om een GSM toestel met UMTS mogelijkheden of een UMTS toestel geschikt voor GSM. Het begrip 'mijn GSM', waarmee het mobiele toestel wordt bedoeld, is echter hardnekkig.

Sinds de introductie van data over GSM (CSD/HSCSD/GPRS/EDGE) zijn insteekkaarten voor laptops beschikbaar. De huidige insteekkaarten zijn echter primair bedoeld voor UMTS, waarbij GSM als backup wordt gezien.

Belangrijk is te realiseren dat hoewel GSM only toestellen aan het verdwijnen zijn, nagenoeg alle nieuwe toestellen (inclusief de smartphones) voor GSM geschikt blijven.

#### **Relatie met andere technologieën**

Een belangrijke relatie heeft GSM als 2G technologie met zijn 3G opvolger UMTS/HSPA. 3G is in eerste instantie vooral geïntroduceerd om hoge datasnelheden mogelijk te maken. In die hoedanigheid werkt UMTS nauw samen met GSM: gedurende de uitbouw van UMTS dient GSM als fall back om de bedekkingsgaten op te vullen. Vooralsnog wordt het meeste spraakverkeer via GSM afgewikkeld, maar geleidelijk zal ook spraak door 3G worden overgenomen omdat 3G eenvoudigweg de opvolgende technologie is.

Technologieën die met GSM concurreren zijn in Europa schaars. CDMAOne is vooral te vinden in Noord- en Zuid-Amerika en Azië. In deze gebieden is CDMAOne (IS-95) de grootste concurrent van GSM.

De grootste concurrent van GSM zal de 3G opvolger zijn.

#### **4.1.2 Techniek**

##### **Onderliggende techniek**

De radiotechniek van GSM is gebaseerd op smalband TDMA (Time Division Multiple Access). Hierbij wordt het spectrum in kanalen van 200 kHz verdeeld (smalband). Iedere gebruiker krijgt een tijdslot in een bepaald kanaal toebedeeld (TDMA). Met spraakcodering wordt de spraak gecomprimeerd om de capaciteit van de radioverbinding in termen van gelijktijdige gesprekken zo groot mogelijk te maken. 'Frequency hopping', een techniek waarin gedurende de verbinding snel gewisseld wordt van kanaal, wordt ingezet om de kwaliteit van de verbinding te optimaliseren.

##### **Standaardisatie**

De standaardisatie van GSM is gestart in 1982 in de 'Groupe Speciale Mobile'. Deze groep werd oorspronkelijk ondergebracht binnen de CEPT (European Conference of Postal and Telecommunications Administrations). Nadat de keuze was gevallen op een digitaal systeem (digitale transmissie op de radioweg) werd besloten dat smalband TDMA zou worden gebruikt.

In 1989 werd de verantwoordelijkheid voor standaardisatie overgenomen door ETSI (European Telecommunications Standards Institute) en in 1990 was de eerste standaard van 6000 bladzijden een feit.

In 1998 werd het 3rd Generation Partnership Project (3GPP<sup>32</sup>) opgericht, met de bedoeling specificaties voor een derde generatie van mobiele netwerken vast te leggen. 3GPP nam uiteindelijk ook het onderhoud en de ontwikkeling van de GSM-specificatie over. ETSI is een partner van 3GPP.

##### **Frequentiebanden**

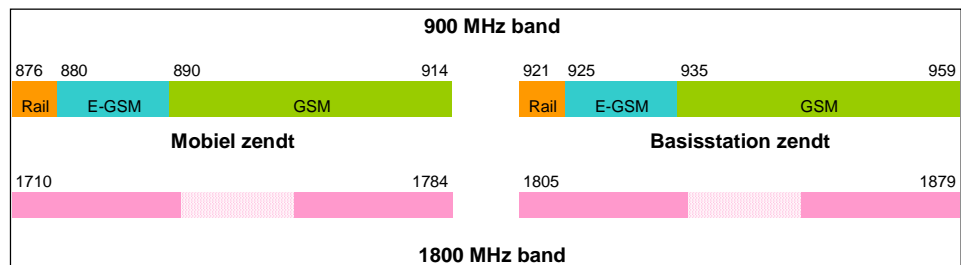
Het spectrum waarin GSM actief is, verschilt per regio. In Europa zijn er in hoofdzaak twee banden voor GSM bestemd: rond 900 MHz en rond 1800 MHz (Figuur 2-2). Licenties hiervoor zijn in Nederland geldig tot 2013. GSM in de 1800

---

<sup>32</sup> <http://www.3gpp.org>

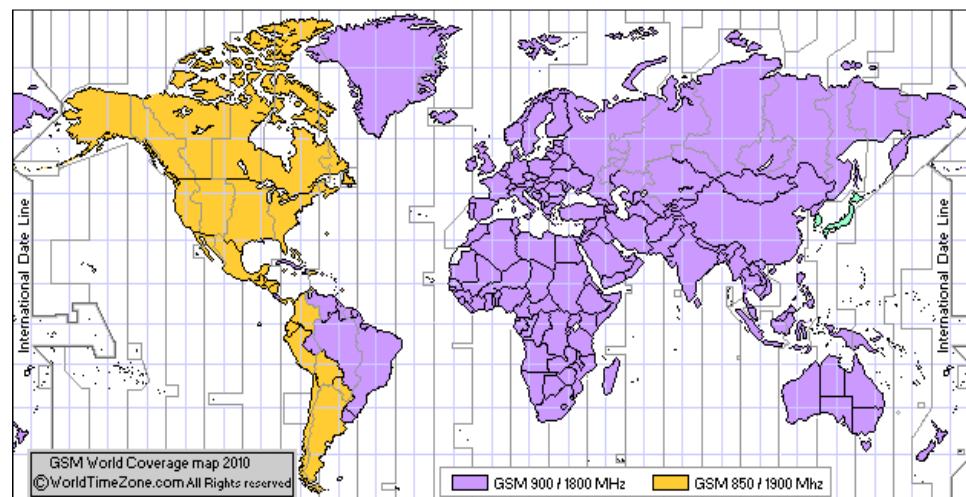
MHz band werd aanvankelijk DCS1800 (Digital Communication System) genoemd, maar tegenwoordig worden meestal de termen GSM900 en GSM1800 gehanteerd. In alle gevallen is er sprake van gepaard spectrum: de banden voor zenden door het mobiel en zenden door het basisstation zijn gescheiden. In de loop der tijd is 10MHz aan de onderkant van de 900 MHz band toegevoegd: de 'extended' GSM band (E-GSM). Deze band wordt minder gebruikt omdat niet alle mobiele hiervan gebruik kunnen maken en omdat het niet overal in Europa beschikbaar is. In Nederland wordt het op dit moment ingezet door T-Mobile.

Onder de Extended GSM band bevindt zich nog een stukje van 4 MHz dat uitsluitend bedoeld is voor de spoorwegen om GSM-R te voeren. Figuur 4-2 geeft een overzicht.



Figuur 4-2: Europese GSM banden. Merk op dat (in tegenstelling tot wat de figuur suggereert) de GSM1800 band aanzienlijk groter is dan de GSM900 band; dit wordt in de figuur aangegeven door een stuk van de GSM1800 band te arceren.

Vooraf in landen van Noord- en Zuid Amerika worden de 850 band en de 1900 MHz band voor GSM ingezet, zie Figuur 4-3. Dit beperkt de roaming mogelijkheden naar die landen omdat niet alle toestellen standaard geschikt zijn voor drie banden (tri-band toestellen).



Figuur 4-3: Verdeling van de twee hoofdgroepen van GSM frequenties (900/1800 en 850/1900) in de wereld<sup>33</sup>.

<sup>33</sup> <http://www.worldtimezone.com>

In Nederland vindt eind 2012 een herverdeling van spectrum plaats door middel van een spectrumveiling. De systeemonafhankelijke uitgifte van spectrum voor een periode van 17 jaar zal een verschuiving van 3G systemen naar lagere frequentiebanden mogelijk maken en het GSM voordeel van bedekking zal verdwijnen. GSM heeft dan alleen nog niet afgeschreven apparatuur en het bieden van diensten aan GSM only gebruikersgroepen als bestaansrecht.

De veiling in Nederland betreft frequenties in de 800, 900, 1800 en 2600 MHz band. Het aantal marktpartijen dat toegang krijgt tot spectrum voor mobiele communicatie zal hierdoor gaan groeien.

#### Datasnelheid

Technologie	<10 kbit/s	10-50 kbit/s	50 - 100 kbit/s
CSD	x		
HSCSD		x	
GPRS		x	
EDGE			x

Verschillende technieken hebben zich in de loop van de tijd ontwikkeld om data via GSM te versturen. Aanvankelijk werden circuitgeschakelde technieken gebruikt: Circuit Switched Data (CSD). Daarmee kan een maximale snelheid van 9.6 kbit/s worden gehaald. Een upgrade op CSD is High-Speed Circuit-Switched Data (HSCSD). Hierbij worden 14.4 kbit/s kanalen gecombineerd om tot hogere snelheden te komen. Enkele tientallen kbit/s is hiermee in de praktijk mogelijk. HSCSD is niet wijd verspreid omdat het aantal HSCSD mobieleën beperkt is.

Een pakketgeschakelde methode werd geïntroduceerd met het nu veelgebruikte GPRS (General Packet Radio Service). Hiermee worden in de praktijk snelheden van ca. 40 kbit/s gehaald over een gedeeld medium.

De eveneens pakketgeschakelde opvolger van GPRS, Enhanced Data Rates for GSM Evolution (EDGE) biedt theoretisch snelheden van meer dan 300 kbit/s. De techniek is duidelijk minder snel dan 3G, maar wordt toch hier en daar ingezet. De reden is dat er doorgaans niet veel voor nodig is: een software update. Omdat GSM daarnaast vaak in (lagere) frequentiebanden actief is waarmee met minder middelen een betere bedekking kan worden gerealiseerd, is EDGE aantrekkelijk voor niet al te snelle data-applicaties. Zo is Vodafone Nederland begin 2011 nog begonnen met de introductie van EDGE.

#### Bereik

Technologie	indoor	< 1 km	1-3 km	>3 km	>10km
GSM	x	x	x	x	x

Het maximale bereik van een GSM zender is ca. 35 km. Met de 'extended cell' feature kan dit nog worden opgerekt tot het dubbele. In de praktijk zijn de celgroottes echter aanzienlijk kleiner. In de steden hebben GSM cellen een straal van ca 2-3 km waar die buiten de steden ca. 3-10 km is. Voor GSM1800 is het bereik wat kleiner omdat een hogere frequentie een hoger transmissieverlies met zich meebrengt: in de steden 0.5-1.5 km. Vaak wordt de grootte van een cel niet

bepaald door het bereik maar door de gewenste capaciteit. De capaciteit kan immers worden vergroot door het aantal cellen te vergroten. Microcellen (enkele honderden meters) zijn hiervan een voorbeeld. Het celbereik wordt ook aanzienlijk kleiner indien goede indoor bedekking wordt gewenst. Zeer kleine cellen (femtocellen) worden ingezet voor speciale indoor toepassingen, waarbij de zendstations binnenshuis worden geplaatst.

### Quality of service

GSM kent nauwelijks methoden om onderscheid in geboden kwaliteit te bieden aan verschillende gebruikers of diensten. Een weinig gebruikte mogelijkheid is het definiëren van bepaalde gebruikersklassen en deze al of geen (beperkte, op kansen gebaseerde) voorrang te verlenen bij het opzetten van een gesprek.

Het effect op de overall dienstverlening is volstrekt onvoldoende om op basis hiervan tariefdifferentiatie toe te passen; een reden waarom de techniek zelden wordt toegepast. Verder is het intrinsiek onmogelijk om voorrang aan iedereen te bieden. Een partij absolute voorrang te verlenen is te duur omdat het permanent landelijke netwerkresources vergt.

### Informatiebeveiliging

Aspect	Slecht	Matig	Goed	Zeer goed
Vertrouwelijkheid			x	
Beschikbaarheid			x	
Integriteit			x	

Met de komst van GSM maakte de veiligheid van mobiel telefoneren een enorme sprong<sup>34</sup>. Het afluisteren van mobiele gesprekken met behulp van een eenvoudige scanner behoorde tot het verleden door de versleuteling die wordt toegepast op de radioweg (A5 algoritme). Het is wel belangrijk te constateren dat alleen de radioweg is versleuteld; in het hele vaste netwerk vanaf het basisstation vindt geen versleuteling meer plaats. Ieder toestel is voorzien van een uniek nummer (IMEI, International Mobile Equipment Identity) zodat bij diefstal het toestel geblokkeerd kan worden en het niet mogelijk is het toestel opnieuw te activeren met een andere SIM kaart.

De 'authentication' procedure stelt vast of de handset gerechtigd is om van het netwerk gebruik te maken. Hierbij speelt de IMSI (International Mobile Subscriber Identity) op de SIM een belangrijke rol. Echter, in tegenstelling tot UMTS wordt de authenticiteit van het *netwerk* niet gecontroleerd door de handset. Deze onvolkomenheid laat een (technisch bijzonder complexe) manier van afluisteren toe volgens het principe van 'the man in the middle'. De betreffende afluisterapparatuur doet zich daarbij voor als een basisstation van het netwerk. Een handset die verbinding zoekt en krijgt via dit ongeautoriseerde basisstation kan op die wijze worden afgeluisterd. De apparatuur staat bekend onder de naam: 'IMSI catcher'. Integriteit en vertrouwelijkheid scoren daarom niet maximaal in onderstaande tabel.

Zoals bij veel draadloze technieken is het GSM signaal relatief eenvoudig te storen met een 'jammer'. Deze mogelijkheid wordt bijvoorbeeld door de overheid gebruikt

<sup>34</sup> <http://www.gsm-security.net>



om GSM afstandsbedieningen te blokkeren bij bommeldingen, of (illegaal) door horeca-eigenaren om GSM gesprekken in een restaurant te verhinderen. Gezien de intrinsieke mogelijkheid van signaalverstoring wordt de beschikbaarheid met een 'goed' (en niet een 'zeer goed') beoordeeld.

#### 4.1.3 Markt

##### Marktpenetratie

Technologie	Nederland	Europa	Wereld
2G + 3G	~20 miljoen <sup>35</sup>	~1 miljard <sup>36</sup>	~ 6 miljard <sup>37</sup>

De marktpenetratie van GSM mag groot genoemd worden. Zoals eerder aangegeven is het niet zinvol om een onderscheid tussen UMTS en GSM te maken; 'UMTS' terminals maken immers ook gebruik van GSM netwerken. In bovenstaande tabel wordt de som van 2G en 3G aansluitingen weergegeven.

##### Belangrijke spelers

Grote leveranciers van GSM netwerkkapparatuur zijn Ericsson, Nokia Siemens Networks, Alcatel-Lucent, ZTE en Huawei. Voor de productie en verkoop van mobiele terminals zijn vele partijen actief als Nokia, Sony-Ericsson, Samsung, HTC, LG en Apple. Grote wereldwijde operators zijn China Mobile, Vodafone, T-Mobile, NTT DoCoMo, AT&T Mobility.

In Nederland zijn er (op dit moment) drie GSM operators met een eigen netwerk: KPN, T-Mobile en Vodafone. Na de spectrumveiling eind 2012 wordt het aantal partijen dat de beschikking heeft over spectrum voor mobiele communicatie waarschijnlijk groter.

<sup>35</sup> OPTA: Marktmonitor 2011.

<sup>36</sup> <http://www.arcchart.com>

<sup>37</sup> <http://www.arcchart.com>



## 4.2 UMTS/HSPA

### 4.2.1 Algemeen

#### Technologietype

UMTS/HSPA is een publieke, cellulaire digitale landmobiele technologie voor spraak, data en multimedia diensten.

#### Achtergrond

Universal Mobile Telecommunications System (UMTS) wordt gestandaardiseerd door het 3rd Generation Partnership Project (3GPP) en is één van de internationale derde-generatie (3G) technologieën voor mobiele telecommunicatie. High Speed Packet Access (HSPA) vormt een combinatie van twee protocollen: High Speed Downlink Packet Access (HSDPA) en High Speed Uplink Packet Access (HSUPA). Deze protocollen zijn een evolutie van UMTS met verbeterde prestaties. Het eerste commerciële UMTS netwerk werd gelanceerd in 2001<sup>38</sup> (Noorwegen), gebaseerd op de eerste release van 3GPP (Release 99, genoemd naar het jaar van standaardisatie 1999).

HSDPA werd voor het eerst gestandaardiseerd in Release 5, HSUPA voor het eerst in Release 6. Recentere versies van de standaard bevatten diverse verbeteringen zoals HSPA+ (Release 7), Dual-cell HSDPA (Release 8) en Dual-cell HSUPA (Release 9). Vanaf Release 10 wordt het gelijktijdig gebruik van meerdere carriers (multi-carrier operation) ondersteund, tot vier carriers in de downlink en twee carriers in de uplink. Als onderdeel van Release 11 zal ook 8-carrier operation worden gestandaardiseerd.

UMTS/HSPA is de meest wijdverbreide 3G technologie. UMTS/HSPA wordt gebruikt door 451 operators in 174 landen en HSPA+ door 187 operators in 96 landen<sup>39</sup>.

#### Beschikbaarheid

UMTS, HSPA en HSPA+ zijn wereldwijd in gebruik. Van de 187 HSPA+ operators ondersteunen er 117 HSPA+ (64QAM) met een downlink pieksnelheid van 21 Mbps, 8 operators ondersteunen HSPA+ (MIMO) met een downlink pieksnelheid van 28 Mbps en 62 operators ondersteunen dual-cell HSPA+ met een downlink pieksnelheid van 42 Mbps. In 2011 waren er 245 verschillende HSPA+ devices (dongles, smartphones en tablets) beschikbaar met een maximale downloadsnelheid tussen 21 en 42 Mbps. Het aantal HSPA-enabled tablets is in het afgelopen jaar toegenomen van 13 naar 43<sup>2</sup>.

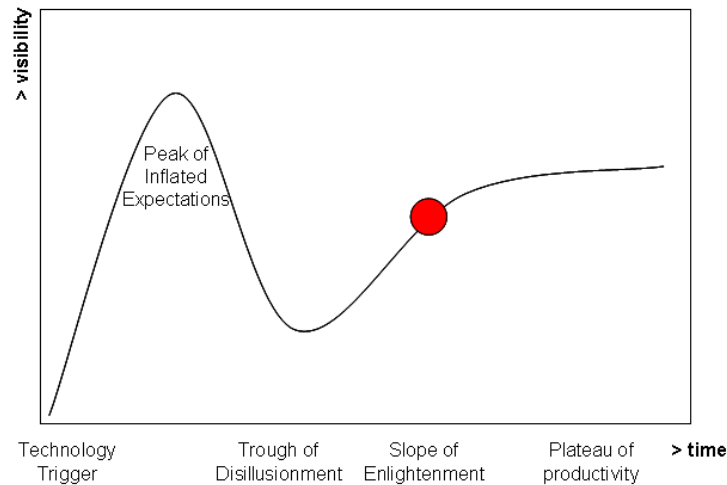
In de 900 MHz band zijn inmiddels 40 UMTS/HSPA netwerken commercieel uitgerold. Deze lagere frequentieband stelt operators in staat hun bedekking te verbeteren, meestal door inzet van spectrum dat voorheen in gebruik was voor GSM. Er zijn ruim 700 UMTS900 terminal types beschikbaar.

Figuur 4-4 toont de positie van UMTS/HSPA op de Gartner hype cycle.

---

<sup>38</sup> <http://www.umtsworld.com>

<sup>39</sup> <http://www.gsacom.com>



Figuur 4-4: Positie van UMTS/HSPA op de Gartner hype cycle.

### Diensten en toepassingen

UMTS/HSPA ondersteunt een breed scala aan diensten, zoals spraak, SMS, mobiele TV, videotelefonie, webbrowsing, download, e-mail, push-to-talk, netwerk gaming, lokatiebepaling en machine-to-machine (M2M) communicatie.

### Terminals

UMTS/HSPA terminals zijn beschikbaar in de volgende vormen:

- handset: voor een lijst zie de website op [www.umtsworld.com](http://www.umtsworld.com)<sup>40</sup>
- smartphone: bijvoorbeeld Apple's iPhone, RIM BlackBerry, HTC Galaxy.
- modem: meestal een PCMCIA of USB card ("dongle") in PC of PDA. Voorbeelden zijn de Huawei E169 and Nokia CS-15. In toenemende mate worden HSPA modems *embedded* verwerkt in laptops.
- router: deze biedt meerdere WLAN gebruikers toegang tot het UMTS/HSPA network. Voorbeelden zijn D-Link's DIR-451 and Proxicast's LAN-Cell 2.
- tablet: een terminal die zich laat omschrijven als een smartphone met extra groot touchscreen (tot zo'n 25 cm doorsnee), dat erop gericht is om datadiensten gebruiksvriendelijker te maken.
- module met HSPA SIM-kaart die in allerlei apparaten verwerkt kan worden, bijvoorbeeld voor M2M communicatie.

Twee trends in de ontwikkeling van terminals:

1. Veel terminals bieden meer dan één frequentieband, en/of meer dan één technologie. Technologieën waarnaar roaming vaak wordt ondersteund zijn WiFi en GSM.
2. Steeds meer smartphones met steeds meer (PC-achtige) functionaliteiten.

### Relatie met andere technologieën

UMTS werd ontwikkeld als opvolger van GSM en is de voorloper van LTE. Roaming tussen deze technologieën wordt ondersteund. Daarnaast wordt ook roaming naar

<sup>40</sup> <http://www.umtsworld.com>

andere (niet-3GPP) technologieën ondersteund, zoals CDMA2000, WiFi en WiMAX.

De belangrijkste tegenstrevers van UMTS/HSPA zijn andere 3G-standaarden, met name CDMA2000, TD-SCDMA en WiMAX. UMTS/HSPA kan gebruikt worden in combinatie met WiFi, door middel van een dual-mode terminal die overgaat naar WiFi in de buurt van een WiFi access point. WiFi kan ook gezien worden als een concurrent voor in-huis oplossingen van UMTS/HSPA, zoals femtocellen.

#### 4.2.2 *Techniek*

##### **Onderliggende technieken**

CDMA (Code Division Multiple Access) is een belangrijke onderliggende techniek voor UMTS/HSPA. CDMA is een radio toegangstechniek die gebruik maakt van codes, waardoor meerdere zenders simultaan kunnen zenden en ontvangen op hetzelfde fysieke kanaal (frequentieband).

Soft handover is een andere belangrijke onderliggende techniek voor UMTS en HSUPA (niet voor HSDPA). Een mobiele telefoon die in soft handover is, is verbonden met twee of meer cellen tegelijkertijd in het netwerk. Dit resulteert in de zogeheten "diversity gain", omdat bij wegvallen van een cel de verbinding kan blijven staan.

HSPA+ maakt gebruik van Multiple-Input Multiple-Output (MIMO) antennetechnologie, waarbij data wordt verzonden via een aantal parallelle kanalen over meerdere antennes bij zowel zender als ontvanger. Dit leidt tot een verhoging van de datasnelheid.

##### **Standaardisatie**

UMTS/HSPA wordt gestandaardiseerd door 3GPP, een samenwerking tussen telecommunicatie-associaties zoals ETSI (Europa), ATIS (Noord-Amerika), ARIB en TTC (Japan), CCSA (China) en TTA (Zuid-Korea)<sup>41</sup>.

De UMTS/HSPA standaard omvat het radio toegangsnetwerk (RAN), het core netwerk (CN) en de service architectuur (SA). In de verschillende releases zijn stap voor stap nieuwe functionaliteiten geïntroduceerd, zoals aangegeven in Tabel 4-1.

Tabel 4-1: Verschillende releases van de 3GPP UMTS/HSPA standaard.

Release	Jaar	Features
99	2000	eerste UMTS release, met de definitie van de op CDMA gebaseerde air interface;
4	2001	all-IP core network
5	2002	IMS en HSDPA
6	2004	HSUPA, MBMS, roaming naar WiFi
7	2007	HSPA+, verbeteringen in QoS en real-time toepassingen (zoals Voice-over-IP – VoIP)
8	2008	Dual-cell HSDPA

<sup>41</sup> <http://www.3gpp.org>

Release	Jaar	Features
9	2009	Dual-cell HSUPA, roaming naar WiMAX
10	2011	4-carrier HSDPA en 2-carrier HSUPA
11	2012/2013	8-carrier HSDPA

### Frequentiebanden

UMTS/HSPA wordt gebruikt in gelicenseerde frequentiebanden, die verschillen per regio. In Europa wordt UMTS/HSPA van origine gebruikt in de 2100 MHz band (uplink: 1920-1980 MHz; downlink: 2110-2170 MHz). Daarnaast wordt het nu in sommige Europese landen (Finland, België, IJsland<sup>42</sup>) ook toegepast in de 900 MHz band (uplink: 880-915 MHz; downlink: 925-960 MHz). In Nederland wordt UMTS/HSPA tot op heden alleen gebruikt in de 2100 MHz band, waarvoor de licenties eind 2016 zullen verlopen. De bandbreedte van een UMTS kanaal is 5 MHz in zowel uplink als downlink.

### Datasnelheid

Technologie	<100 kbit/s	0.1-1 Mbit/s	1-10 Mbit/s	10-100 Mbit/s	>100Mbit/s
UMTS/HSPA		x	x	x	

De theoretische pieksnelheden van de verschillende UMTS/HSPA versies zijn als volgt (per 5 MHz carrier):

- Oorspronkelijk UMTS: 2 Mbit/s in de downlink, 128 kbit/s in de uplink
- HSPA: 14 Mbit/s in de downlink, 5.8 Mbit/s in de uplink
- HSPA+: 42 Mbit/s in de downlink (MIMO + 64QAM), 11 Mbit/s in de uplink

In HSPA+ is het mogelijk meerdere carriers te bundelen (bijv. dual-cell HSPA), waardoor de theoretische pieksnelheid verder wordt vergroot. De daadwerkelijke gebruikerssnelheid is doorgaans aanzienlijk lager en hangt af van de ontvangen signaalsterkte, beweegsnelheid en het aantal gebruikers in de cel. Zo ligt in een gewone macrocel omgeving met hoge gebruikerssnelheid de downlink datasnelheid voor het oorspronkelijke UMTS tussen de 1 en enkele honderden kbit/s. Voor de veel kleinere picocellen, lage gebruikerssnelheid en een verder lege cel kan deze oplopen tot 2 Mbit/s. In de huidige HSPA(+) netwerken worden veelal snelheden bepaald van enkele Mbit/s.

### Bereik

Technologie	indoor	< 1 km	1-10 km	>10 km	>100km
UMTS/HSPA	x	x	x	x	

Het bereik van een UMTS antenne hangt af van zendvermogen, type antenne, antennehoogte, frequentie (2100 MHz band of 900 MHz band) en het type omgeving (bijvoorbeeld stedelijk of open). Meestal ligt het bereik voor een UMTS 2100 MHz cel tussen de enkele honderden meters en enkele kilometer. Het bereik van UMTS 900 MHz kan oplopen tot enkele tientallen kilometer in open gebied. Ook is het met UMTS 900 MHz eenvoudiger om binnenshuis bedekking te leveren.

<sup>42</sup> <http://www.gsacom.com>

UMTS/HSPA femtocellen (binnen 3GPP ook vaak aangeduid als “Home NodeBs”) zijn bestemd voor het leveren van indoor bedekking in huizen en kantoren. UMTS/HSPA ondersteunt mobiliteit tot 250 km/h.

### Quality of service

Binnen UMTS zijn vier QoS-klassen gedefinieerd, elk gericht op zijn eigen type diensten<sup>43</sup>:

- Conversational class: spraak, videotelefonie, video games, etc.
- Streaming class: streaming multimedia, etc.
- Interactive class: webbrowsing, netwerk games, etc.
- Background class: downloads, emails, etc.

Het belangrijkste verschil tussen deze QoS-klassen is de gevoeligheid van de diensten voor vertraging. Conversational class is bedoeld voor diensten die zeer vertraginggevoelig zijn (bijv. spraak). De Background class daarentegen wordt gebruikt voor diensten die niet erg gevoelig zijn voor vertraging.

### Informatiebeveiliging

Aspect	Slecht	Matig	Goed	Zeer goed
Vertrouwelijkheid				x
Beschikbaarheid			x	
Integriteit				x

De beveiliging van UMTS is sterk verbeterd ten opzichte van GSM en GPRS. Een van de belangrijkste verbeteringen is het gebruik van een wederzijds authenticatiemechanisme, aangeduid als Authentication and Key Agreement (AKA). Dit houdt in dat de gebruiker niet alleen door het netwerk wordt geauthenticeerd, maar dat de gebruiker ook zelf vaststelt of hij is verbonden met een echt netwerk. Dit voorkomt de zogeheten “false base station attacks”. Daarnaast biedt UMTS vertrouwelijkheids- en integriteitsbescherming van de communicatie over de radio link. Deze beveiligingsmechanismen zijn gebaseerd op het gebruik van een UMTS SIM kaart (USIM) en op het gebruik van zware en algemeen bekende cryptografische algoritmes (zoals Advanced Encryption Standard – AES).

De UMTS standaard biedt ook IPSec-gebaseerde bescherming van de communicatie in het core netwerk en op de link tussen operators. Dit biedt bescherming voor o.a. legitimatiegegevens. Het gebruik van beveiliging in het core netwerk is echter optioneel en ter beoordeling aan de operator.

Dankzij de hierboven beschreven eigenschappen, kan de integriteits- en vertrouwelijkheidsbescherming van UMTS worden aangemerkt als zeer goed. De mogelijkheid tot verstoring is een inherente zwakte van veel radiocommunicatietechnologieën voor wat betreft de beschikbaarheid.

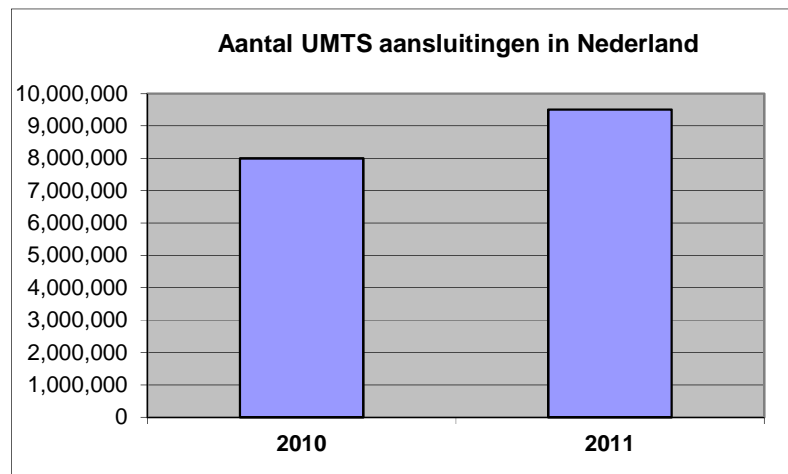
<sup>43</sup> 3GPP Specificatie TS 23.107, <http://www.3gpp.org>

## 4.2.3 Markt

**Marktpenetratie**

Technologie	Nederland	Europa	Wereld
UMTS/HSPA	9.5 miljoen / 56.8%	333.6 miljoen / 44.4%	907.5 miljoen / 12.9%

De tabel geeft de marktpenetratie van UMTS/HSPA in 2011. In Nederland en de rest van Europa ligt de penetratie rond 50%, waarbij Nederland boven het Europese gemiddelde ligt. De penetratie groeit: met 18.8%, 20.8% en 28% op jaarbasis in respectievelijk Nederland, Europa (excl. Rusland) en de wereld. Figuur 4-5 toont het aantal aansluitingen in Nederland (marktpenetratie gegevens afkomstig van ARCchart<sup>44</sup>).



Figuur 4-5: Aantal UMTS aansluitingen in Nederland (t/m 2011).

**Belangrijke spelers**

Grote leveranciers van netwerkapparatuur zijn o.a. Ericsson, Nokia Siemens Networks, Huawei en Alcatel-Lucent. Grote leveranciers van UMTS/HSPA terminals zijn o.a. Nokia, Motorola, Samsung, Sony-Ericsson, LG, NEC. Grote UMTS/HSPA netwerk operators in de wereld zijn o.a. China Unicom, Vodafone, T-Mobile, NTT DoCoMo, AT&T Mobility. In Nederland zijn er op dit moment drie netwerkoperators: KPN, T-Mobile en Vodafone.

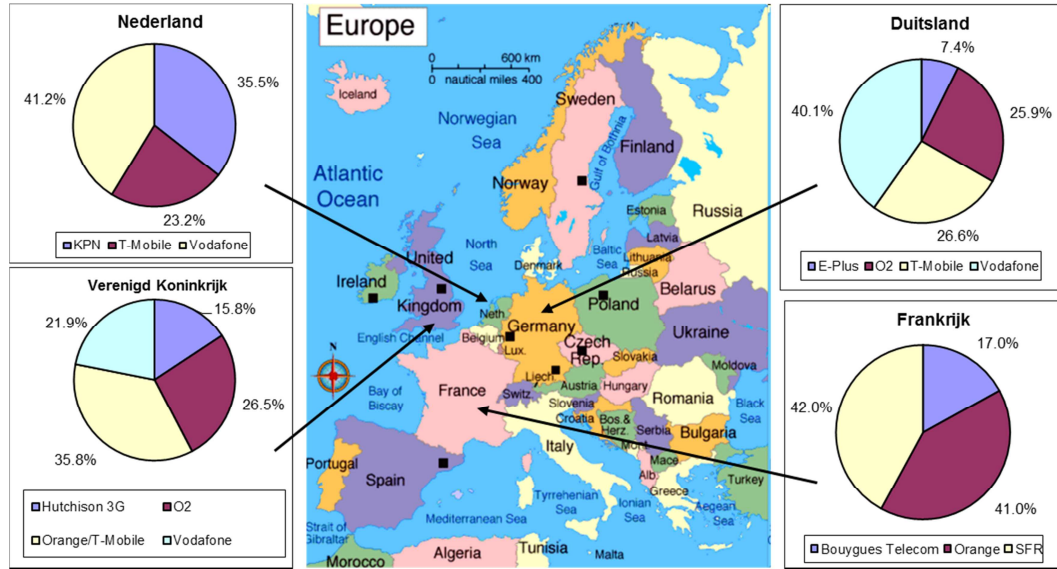
**Operators en hun marktaandeel**

Figuur 4-6 toont het marktaandeel per operator in Nederland en drie grote Europese landen (cijfers 2011):

- Nederland: Vodafone (41.2%), KPN (35.5%), T-Mobile (23.2%)
- Duitsland: Vodafone (40.1%), T-Mobile (26.6%), O2 (25.9%), E-Plus (7.4%)
- Frankrijk: SFR (42%), Orange (41%), Bouygues Telecom (17%)
- Verenigd Koninkrijk: Orange/T-Mobile (35.8%), O2 (26.5%), Vodafone (21.9%), Hutchison 3G (15.8%),

<sup>44</sup> <http://www.arcchart.com>





Figuur 4-6: Marktaandeelen mobiele operators in vier Europese landen (2011).



## 4.3 CDMA2000

### 4.3.1 Algemeen

#### Technologietype

CDMA2000 is een cellulaire digitale landmobiele technologie voor spraak, data en multimedia diensten.

#### Achtergrond

CDMA2000 is het derde-generatie (3G) lid uit de familie van CDMA standaarden, die worden onderhouden in 3GPP2<sup>45,46</sup>. Het wordt ook wel 'Small Band CDMA' genoemd om het onderscheid met de "Wide Band" CDMA (WCDMA) of UMTS standaard aan te geven. Een ander belangrijk lid uit deze familie is cdmaOne of IS-95, een 2G alternatief voor GSM. CDMA2000 is uitgebreid met de technieken voor hogere datasnelheden Evolution – Data Optimised (EV-DO) en Evolution – Data and Voice (EV-DV), die in technologisch opzicht vergelijkbaar zijn met de UMTS technieken voor hogere data snelheden, HSDPA en HSUPA. Onder CDMA2000 valt ook een versie aangeduid als CDMA450 speciaal voor toepassing in de 450 MHz band. CDMA2000 EV-DV is commercieel geen succes. Qualcomm heeft de ontwikkeling tot nader bericht zelfs stopgezet.

CDMA staat voor Code Division Multiple Access en is de aanduiding voor een gestandaardiseerde radio toegangstechniek waarbij gebruikers van elkaar worden onderscheiden d.m.v. "unieke" codes. De eerste toepassingen van CDMA op radioverbindingen zijn te vinden in de militaire sector vanwege de goede informatiebeveiliging en robuustheid van het radiokanaal voor storingen. Hoewel het principe al eerder bekend was, was chipleverancier Qualcomm de eerste die CDMA voorstelde als toegangstechniek voor cellulaire netwerken.

Op dit moment (cijfers voor april 2012) wordt CDMA2000 wereldwijd door ruim 364 netwerkoperators commercieel geëxploiteerd in meer dan 124 landen. Er zijn ruim 620 miljoen abonnees aangesloten op een CDMA2000 netwerk. CDMA2000 heeft een sterke positie in Noord- en Zuid-Amerika en in mindere mate ook in Azië. In West-Europa wordt het nauwelijks gebruikt.

#### Beschikbaarheid

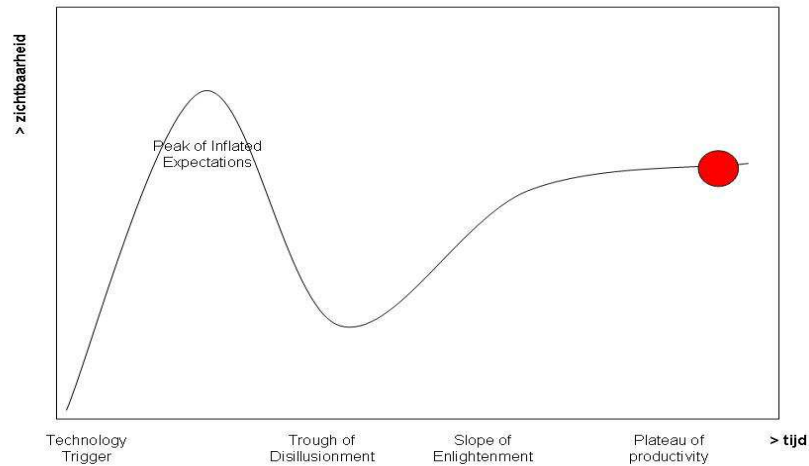
De technologie is operationeel in ca. 120 landen. Voor een overzicht van de belangrijkste statistische informatie wordt verwezen naar de website van de "CDMA Development Group (CDG)"<sup>47</sup>. CDMA2000 is hoofdzakelijk operationeel in Noord-Amerika, Latijns Amerika en Azië. Er wordt voortdurend gewerkt aan nieuwe uitbreidingen van de standaard met name op het gebied van breedband data. De meeste fabrikanten in de telecommunicatie-industrie bieden systemen aan voor deze cellulaire technologie o.a.: Motorola, Huawei, ZTE, Ericsson, Alcatel-Lucent, Samsung. Het CDMA ecosysteem omvat 20 leveranciers van netwerkinfrastructuren en meetapparatuur, en 165 terminal leveranciers die zo'n 3100 handset types en PC-interfaces leveren.

Figuur 4-7 toont de positie van CDMA2000 op de Gartner hype cycle.

<sup>45</sup> [www.3gpp2.org](http://www.3gpp2.org)

<sup>46</sup> [www.cdg.org](http://www.cdg.org)

<sup>47</sup> [www.cdg.org](http://www.cdg.org)



Figuur 4-7: Positie van CDMA2000 op de Gartner hype cycle.

### Diensten en toepassingen

De technologie wordt gebruikt voor elke vorm van mobiele netwerkdiensten, zoals spraak, SMS, MMS, multimedia diensten, real-time video streaming en Internet diensten.

Een belangrijk voordeel van CDMA2000 is de relatief kleine breedte van het radiokanaal (1.25 MHz) en de mogelijkheid om kanalen te bundelen. Anders dan bij UMTS is gebruik dus niet afhankelijk van de beschikbaarheid van gehele blokken van 5 MHz breed spectrum. Daardoor is het een aantrekkelijke technologie om bijvoorbeeld analoge mobiele systemen in de 450 MHz band te vervangen binnen de reeds gereserveerde frequentiebanden (digitalisering) en in de digital dividend band (790-862 MHz).

### Terminals

Er zijn 165 producenten actief in de markt voor CDMA2000 apparatuur<sup>48</sup>.

- Diverse typen terminals zijn op de markt beschikbaar voor CDMA2000: handsets, smart phones, PDA's en insteek datakaarten. Fabrikanten zijn o.a. HTC, Casio en LG.
- Er zijn ongeveer 250 multi-standaard terminals op de markt. Zo is er een versie van de BlackBerry, die geschikt is voor zowel CDMA2000 als GSM/UMTS. In 2010 zijn er terminals op de markt gekomen die CDMA2000 en LTE of WiMAX combineren. Fabrikanten zijn o.a. HTC, LG, Samsung.

De markt biedt terminals voor alle frequentiebanden, waarin CDMA2000 opereert. Voor de 800 MHz band is de keuze aan terminals echter het grootst.

### Relatie met andere technologieën

De CDMA2000 standaard lijkt in veel opzichten op de UMTS standaard. De oorsprong van CDMA2000 technologie gaat verder terug in de tijd dan van UMTS. Toen GSM in Europa nog de enige digitale mobiele standaard was, werd er in de VS al gewerkt met de cdmaOne standaard van Qualcomm (interim standaard IS95).

<sup>48</sup> www.cdg.org

Als opvolger van GSM heeft men in Europa gekozen voor het ook op CDMA gebaseerde UMTS, met alle octrooi-perikelen tussen Qualcomm en andere fabrikanten tot gevolg. Belangrijke verschillen tussen CDMA2000 en UMTS zijn de kanaal breedtes (1.25 versus 5 MHz) en de architectuur van het core netwerk, dat bij UMTS deels voortborduurde op de GSM netwerkarchitectuur.

CDMA2000 is de opvolger van de 2G technologie cdmaOne, ook aangeduid als IS95. EV-DO en EV-DV zijn verbeteringen op CDMA2000, net zoals HSPA een verbetering is op UMTS. Er is ook een toenemende belangstelling om CDMA netwerken te koppelen aan OFDMA netwerken (LTE of WiFi) voor aanbieden van breedband data diensten, zoals in de Verenigde Staten waar Verizon het CDMA gekoppeld heeft aan LTE netwerken in gebieden waar veel behoefte is aan snel data verkeer.

#### 4.3.2 *Techniek*

##### **Onderliggende techniek**

CDMA staat voor Code Division Multiple Access en is de aanduiding voor een gestandaardiseerde toegangstechniek voor cellulaire netwerken. Bij CDMA worden individuele radioverbindingen in een radiokanaal van elkaar onderscheiden door middel van "unieke" codes (de zogenaamde "pseudo-random code sequences"). Dit in tegenstelling tot scheiding in radiokanalen ("Frequency Division Multiple Access" – FDMA) of scheiding in tijdsleuven ("Time Domain Multiple Access" – TDMA). Met CDMA wordt met de codering de informatie uitgesmeerd over het beschikbare frequentiespectrum. Deze is alleen te ontcijferen als men beschikt over dezelfde code; de medegebruikers in het radiokanaal worden ervaren als ruis.

Soft handover is een andere belangrijke onderliggende techniek voor CDMA2000 and EV-DO. Een mobiele telefoon die in soft handover is, is verbonden met twee of meer cellen tegelijkertijd in het netwerk. Dit resulteert in de zogeheten "diversity gain", omdat bij wegvallen van een cel de verbinding kan blijven staan.

##### **Standaardisatie**

De standaardisatie van CDMA2000 wordt onderhouden door 3GPP2. 3GPP2 heeft 52 leden. Het werk is onderverdeeld in vier groepen. Elke groep onderhoudt een deel van de standaard:

1. TSG-A: Access Network Interfaces;
2. TSG-C: Radio Access;
3. TSG-S: Service and System Aspects;
4. TSG-X: Core Networks;

De meest courante releases zijn:

- CDMA2000 1X en 3X (3X betekent dat er drie kanalen gebundeld worden om de data snelheid of capaciteit te vergroten)
- CDMA2000 EV-DO Rev. A en B ("Evolution – Data Optimised", pakket geschakelde technologie voor nog hogere data snelheden)

Merk op dat bij 3GPP2 de nieuwe versies niet worden aangeduid met nummers, maar met het aantal kanalen (voor CDMA2000) of een revisie index: Revision A, Revision B (voor EV-DO).

De laatste releases zijn:

1. CDMA 1X Advanced: resultaat is een efficiënter gebruik van spectrum en opstelpunten. 4 keer toename in spraak capaciteit of 70% toename in

bedekking. Het betreft hier hoofdzakelijk een software upgrade en in 2010 beschikbaar.

2. CDMA DO Advanced: geavanceerde netwerktechnologie voor efficiënter spectrumgebruik en hogere data snelheden. De verwachte introductie is in 2013. Ook hier betreft het hoofdzakelijk een software upgrade.

### Frequentiebanden

Wereldwijd wordt CDMA2000 hoofdzakelijk toegepast in de 450 en 800 MHz banden, maar er zijn ook netwerken die in de hogere frequentiebanden opereren (1700, 1900, 2100 MHz). Het gaat hier om gelicenseerde frequentiebanden. In West-Europa wordt CDMA2000 nauwelijks toegepast voor publieke mobiele netwerken; UMTS domineert hier de markt. CDMA2000 wordt soms wel toegepast in zogenaamde gesloten mobiele netwerken (Private Mobile Radio: PMR en Public Access Mobile Radio: PAMR)<sup>49</sup>. Voor gesloten netwerken in een beperkt gebied is wel een licentie nodig, maar deze wordt meestal zonder problemen verleend en verlengd. In Europa is de TETRA standaard de techniek voor gesloten mobiele netwerken. Om CDMA te kunnen toepassen is minstens 2 x 1.25 MHz nodig.

### Datasnelheid

Technologie	<100 kbit/s	0.1-1 Mbit/s	1-10 Mbit/s	10-100 Mbit/s	>100Mbit/s
CDMA2000		x			
EV-DO		x	x		
DO Advanced			x	x	

De peiksnelheden voor CDMA2000 zijn als volgt:

- CDMA2000 1X: 153 kbit/s in zowel uplink als downlink
- EV-DO Rev.B: 9.3 Mbit/s downlink, 5.4 Mbit/s uplink
- DO Advanced: 19.8 Mbit/s downlink, 7.2 Mbit/s uplink

Merk op dat de peiksnelheid dus een sterke evolutie heeft ondergaan. Bij EV-DO Rev. B worden kanalen gebundeld om de hoge data snelheden te bereiken. De bandbreedte van het radiokanaal komt dan overeen met die van UMTS (5 MHz). Met de EV-DO technieken gaat CDMA2000 sterke overeenkomsten vertonen met UMTS. De CDMA2000 DO Advanced technologie lijkt sterk op de HSPA techniek.

De daadwerkelijke gebruikerssnelheid ligt over het algemeen (aanzienlijk) lager dan de peiksnelheid en hangt onder meer af van de afstand tot de antenne, beweegsnelheid en het aantal gebruikers in de cel.

### Bereik

Technologie	indoor	< 1 km	1-10 km	>10 km	>100km
CDMA450				x	
CDMA2000			x		

Het bereik van een CDMA2000 basisstations strekt zich typisch uit van enkele honderden meters in stedelijk gebied tot een aantal kilometer in open gebied. Door

<sup>49</sup> Zie ook de beschrijving over TETRA.

de lagere frequentie heeft CDMA450 grote voordelen als het gaat om dekking van grote gebieden. Bovendien is de binnenuitdekking beter.

#### Quality of service

Technologie	Data snelheden Up/ Downlink	Latency	Quality of Service	Services
CDMA2000 1X, 3X	9,2/153.6 kbit/s	250 ms	Nee	Spraak, SMS, MMS, data transfer
CDMA2000 EV-DO Rev. A	1.8/3.1 Mbit/s	50 ms	Ja: prioriteit op basis van gebruikersprofiel of applicatietype	Internet diensten en data transfer. Multimedia streaming
CDMA2000 EV-DO Rev. B phase 2	5.4/14 Mbit/s	35 ms	Ja: prioriteit op basis van gebruikersprofiel of applicatietype	Internet diensten en data transfer. Multimedia streaming, video conferencing en andere real-time applicaties (gaming)
CDMA DO Advanced	7.2/19.8 Mbit/s	< 20 ms	Ja: prioriteit op basis van gebruikersprofiel of applicatietype  Naadloze interoperabiliteit met LTE	Internet diensten en data transfer. Multimedia streaming, video conferencing en andere real-time applicaties (gaming)

#### Informatiebeveiliging

Aspect	Slecht	Matig	Goed	Zeer goed
Vertrouwelijkheid				x
Beschikbaarheid			x	
Integriteit				x

In grote lijnen is de informatiebeveiliging in CDMA2000 EV-DO vergelijkbaar met die in UMTS. In ieder geval hebben de beveiligingsmaatregelen op de fysieke laag veel gemeen met die van UMTS. Vercijfering van data geschiedt d.m.v. het Advanced Encryption Standard (AES) algoritme (128 bits). Signaleringsgegevens zijn net als in UMTS niet vercijferd maar wel beschermd t.a.v. integriteit. Evenals bij

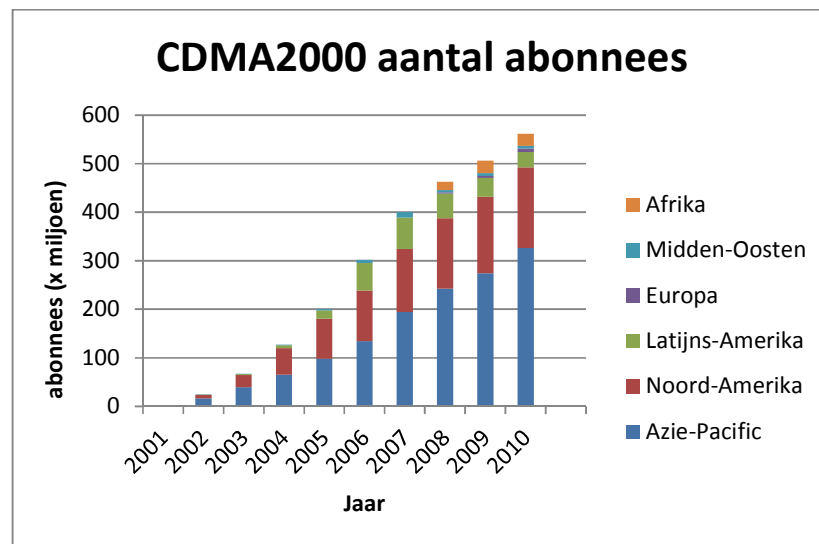
UMTS wordt in EV-DO wederzijds Authentication and Key Agreement (AKA) toegepast, zij het dat de implementaties onderling wat verschillen.

Belangrijk punt te vermelden is dat voor CDMA2000 systemen die worden geëxporteerd, de sleutels voor versleuteling worden ingekort, wat neerkomt op een afzwakking van het oorspronkelijke beveiligingsniveau. Met deze opmerking is de beoordeling van nieuwe CDMA2000 technologie (EV-DO Rev A en B) vanuit beveiligingsoptiek gelijk gekozen aan die voor UMTS.

#### 4.3.3 Markt

##### Marktpenetratie

Technologie	Nederland	Europa	Wereld
CDMA2000	0	8,5 miljoen (2011)	603 miljoen (2011)



Figuur 4-8: Groei van het aantal abonnees<sup>50</sup>.

In Figuur 4-8 is de groei van het aantal abonnees weergegeven. Te zien is dat Europa geen rol van betekenis speelt in de CDMA markt.

De verwachting is dat in 2014 het aantal abonnees is gegroeid tot 750 miljoen voor CDMA2000 1X en 580 miljoen voor CDMA2000 EV-DO. Een opvallende groeiemarkt is al een aantal jaren Afrika.

##### Belangrijke spelers

De belangrijkste netwerkleveranciers zijn Qualcomm, Motorola, Huawei, Ericsson, ZTE, Alcatel-Lucent, Nokia, Samsung. Fabrikanten van terminals zijn o.a. HTC, Casio en LG. In totaal zijn er zijn er meer dan 165 fabrikanten actief in de CDMA2000 markt.

##### Operators en hun marktaandeel

<sup>50</sup> <http://www.cdg.org>



CDMA2000 is een belangrijke technologie in een aantal landen buiten Europa, voornamelijk in Noord- en Zuid-Amerika en in mindere mate ook in Azië. Gegevens over marktpenetratie zijn verkregen uit data van ArcChart<sup>51</sup>.

In de *Verenigde Staten* zijn er in totaal ca. 179 miljoen gebruikers (34 miljoen CDMA2000, 145 miljoen EV-DO) op een bevolking van ca. 311 miljoen inwoners. Dat komt overeen met een penetratie van ruim 50%, groter dan die van GSM en UMTS. De belangrijkste netwerkkoperators in de VS zijn Verizon Wireless (7,8 miljoen CDMA2000, 98 miljoen EV-DO) en Sprint (5,8 miljoen CDMA2000, 41 miljoen EV-DO). Verizon biedt inmiddels ook LTE aan in de VS, via interworking met CDMA2000/EV-DO.

In *China* worden ca. 128 miljoen klanten bediend door het netwerk van China Telecom. In *India* wordt CDMA2000 geleverd door Tata Teleservices (33 miljoen) en Reliance Telecom (65 miljoen). In beide landen is GSM sterker vertegenwoordigd. Slechts een kleine minderheid van de CDMA2000 abonnees in China en India beschikt over EV-DO.

In Nederland is op dit moment geen CDMA2000 netwerkkoperator actief.

---

<sup>51</sup> <http://www.arcchart.com>



## 4.4 LTE/LTE-A

### 4.4.1 Algemeen

#### Technologietype

LTE is een publieke, cellulaire digitale landmobiele technologie voor spraak, data en multimedia diensten.

#### Achtergrond

Begonnen in 2004 binnen het 3rd Generation Partnership Project (3GPP), richt het Long Term Evolution (LTE) project zich op het verbeteren van de Universal Terrestrial Radio Access (UTRA) en het optimaliseren van de architectuur van het radio aansluitnet. Doel is een verdere verhoging van de datasnelheid per gebruiker en, vooral, een verhoging van de beschikbare capaciteit per cel. De eerste LTE standaard (Release 8) is bevroren in december 2008 en vormt de basis voor de eerste generatie LTE apparatuur. Inmiddels zijn er ook al een Release 9 en 10 en wordt gewerkt aan de standaardisatie van Release 11. Het eerste openbare LTE netwerk werd geopend door TeliaSonera in december 2009, in Stockholm en Oslo. In april dit jaar waren er al 64 commerciële LTE netwerken in 34 landen, en 253 LTE netwerk toezeggingen in 84 landen<sup>52</sup>. De eerste releases van LTE, Releases 8 and 9, zijn strikt genomen pre-4G technologie, omdat ze niet volledig beantwoorden aan de ITU voorwaarden voor IMT-Advanced. LTE-Advanced, d.w.z. LTE Release 10 en verder, is hiervoor wel een kandidaat.

#### Beschikbaarheid

LTE is technisch gereed voor commerciële roll-out, zoals blijkt uit de 64 commerciële LTE netwerken. De meeste van die commerciële LTE netwerken zijn in Europa (27) en Azië (20), de overige in de VS (9), Canada (3), Zuid-Amerika (4) en Australië (1). De meeste grote mobiele operators hebben al een eigen LTE netwerk (bijv. Vodafone, T-Mobile, Verizon Wireless en NTT DoCoMo) of doen testen met LTE (bijv. China Mobile). Verwacht wordt dat eind 2012 tenminste 129 LTE netwerken operationeel zullen zijn<sup>52</sup>. Nederland heeft nog geen operationeel LTE netwerk, maar op de 2.6 GHz spectrum veiling in april 2010 is door 5 partijen spectrum aangekocht dat in een aantal gevallen (zeker de nieuwe partijen Tele2 en Ziggo 4) gebruikt zal gaan worden voor LTE. Volgens de licentievoorwaarden van het spectrum moet binnen 2 jaar een beperkt netwerk worden uitgerold. Betrokken operators hebben in voorbereiding op deze uitrol testen uitgevoerd met LTE. KPN bijvoorbeeld, als één van de 5 partijen, is al in februari 2011 een LTE proef gestart in Den Haag<sup>53</sup>. Daarnaast heeft KPN in het campus gebied van de Universiteit Utrecht samen met SURFnet een proef gedaan om te onderzoeken hoe een LTE netwerk kan worden geïntegreerd met het SURFnet<sup>54</sup>. Inmiddels lijken de mobiele operators te voldoen aan de uitrolverplichting van de 2.6 GHz veiling, al is het bedekkingsgebied en het aanbod van terminals nog beperkt (zie ook Sectie 2.2 over de uitrol van LTE). Verwacht wordt dat, behalve de 2.6 GHz band, ook ander spectrum zoals de 800 MHz band (veiling gepland in oktober 2012) ingezet gaat worden voor LTE netwerken. In de tweede helft van 2011 heeft TNO samen met Huawei een LTE pilot gedaan op 800 MHz en 1800 MHz, om de prestaties van LTE

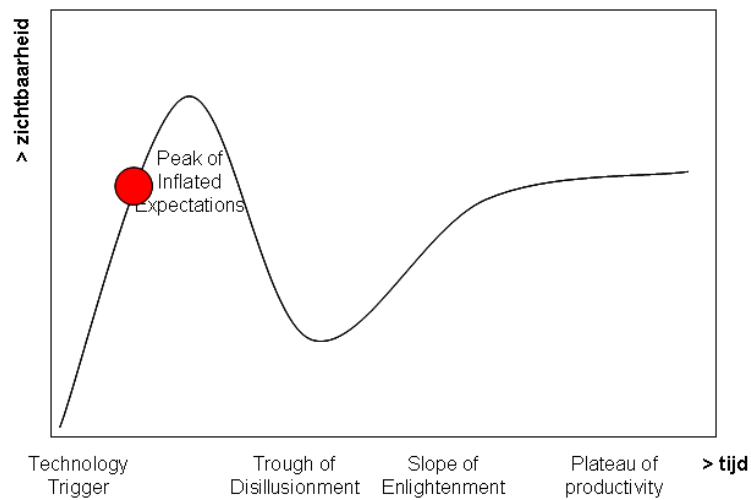
---

<sup>52</sup> <http://www.gsacom.com>

<sup>53</sup> <http://www.kpn.com>

<sup>54</sup> <http://www.surfnet.nl>

te testen onder dagelijkse omstandigheden voor die twee frequentiebanden<sup>55</sup>. De positie van LTE op de Gartner hype cycle wordt weergegeven in Figuur 4-9.



Figuur 4-9: Positie van LTE op de Gartner hype cycle.

### Diensten en toepassingen

Met LTE kan een veelheid aan diensten geleverd worden zoals spraak, SMS, mobiele (HD)TV, videotelefonie, webbrowsing, download, delen van informatie (zoals video, muziek en multimedia content), e-mail, push-to-talk, netwerk gaming, location-based services, grootschalige streaming, broadcasting en machine to machine (M2M) communicatie. LTE ondersteunt alleen pakketgeschakelde en geen circuitgeschakelde diensten.

LTE is het meest geschikt voor diensten met hoge datasnelheden en niet echt ontworpen voor spraak en SMS. Niettemin heeft 3GPP twee manieren ontwikkeld om hier in te voorzien: Circuit-Switched Fallback naar GSM/UMTS en IMS-gebaseerde Voice-over-IP<sup>56</sup>. Een derde mogelijkheid voor spraak via LTE is Generic Access, zoals gedefinieerd door het VoLGA forum<sup>57</sup>.

### Terminals

De eerste LTE terminals zijn in de vorm van:

- modems/dongels voor PC's of PDA's, zoals de GT-B3710 van Samsung en de RD-3 van Nokia.
- routers die meerdere WLAN gebruikers toegang tot het LTE netwerk bieden. Voorbeeld is de ZLR-2070S van Zyxel.
- handsets: in maart 2010 kondigde Samsung de eerste LTE handset aan, de SCH-r900, als eerste gebruikt door de Amerikaanse operator MetroPCS. In maart 2011 werd HTC's LTE handset ThunderBolt gekozen door Verizon Wireless voor zijn LTE klanten. HTC's smartphone Velocity

<sup>55</sup> <http://www.tno.nl>

<sup>56</sup> A. K. Salkintzis, M. Hammer, I. Tanaka, en C. Wong, "Voice Call Handover Mechanisms in Next-Generation 3GPP Systems," IEEE Communications Magazine, vol. 47, nr. 2, pp. 46-56, februari 2009.

<sup>57</sup> <http://www.volga-forum.com/>

4G is de eerste LTE handset van Vodafone Duitsland in februari 2012. In april 2012 heeft Sprint LG's Viper gekozen als eerste LTE handset.

Drie trends in de ontwikkeling van terminals:

- meer handsets
- terminals met roaming naar andere technologieën, met name GSM en UMTS/HSPA.
- Tablets/smartphones met PC-achtige functionaliteiten, zoals de nieuwe iPad in de VS en Canada<sup>58</sup>. Ook is gemeld dat de iPhone LTE gaat ondersteunen in 2012<sup>59</sup>.

### Relatie met andere technologieën

LTE wordt vaak gezien als een verzameling van verbeteringen op UMTS/HSPA. Het ondersteunt roaming naar andere 3GPP technologieën (GSM, UMTS/HSPA) en naar een aantal niet-3GPP technologieën (CDMA2000, Wi-Fi en WiMAX). De belangrijkste tegenstrever van LTE is de andere 4G/pre-4G standaard, de IEEE 802.16m versie van WiMAX. Binnen de 3GPP familie kan HSPA+ tot op zekere hoogte gezien worden als een concurrent van LTE: sommige (vele?) operators zullen eerst hun UMTS/HSPA netwerken gaan uitbreiden met HSPA+ alvorens over te gaan op LTE. LTE is complementair aan Wi-Fi, via een LTE/Wi-Fi dual-mode handset die gebruik maakt van het Wi-Fi netwerk in de buurt van een Wi-Fi access punt en van LTE daarbuiten. Met de opkomst van LTE femtocellen kan Wi-Fi ook gezien worden als een concurrent van LTE voor gebruik binnenshuis. LTE is een concurrent van DVB-H voor het leveren van mobiele videodiensten.

#### 4.4.2 Techniek

##### Onderliggende technieken

Orthogonal Frequency Multiplexing Access (OFDMA) wordt in de downlink gebruikt voor het scheiden van gebruikers in dezelfde frequentieband. De frequentieband is opgesplitst in verschillende frequentiekanalen (subcarriers) en data voor verschillende gebruikers wordt verzonden via verschillende combinaties van deze kanalen. Dit maakt het mogelijk tegelijkertijd data te verzenden van en naar verschillende gebruikers met verschillende datasnelheden.

Multiple-Input Multiple-Output (MIMO) is een andere techniek die gebruikt wordt door LTE, waarbij verschillende datastromen worden verzonden via verschillende antennes. Dit leidt tot een verhoging van de capaciteit en de te behalen maximale datasnelheid.

LTE heeft een all-IP platte architectuur (flat architecture), waarbij de eNodeB (het LTE basisstation) de enige component is in het radionetwerk en direct verbinding wordt gemaakt tussen eNodeBs. Er is dus geen LTE equivalent van de BSC (GSM) of RNC (UMTS). De platte architectuur zorgt voor minder vertraging in de communicatie, en tot lagere investeringen en operationele kosten.

Zelf-optimalisatie is ook een belangrijke mogelijkheid bij LTE. Dit zorgt voor automatische configuratie en optimalisatie van het LTE radionetwerk, en leidt zo tot lagere operationele kosten voor de operator.

<sup>58</sup> [http://support.apple.com/kb/HT5205?viewlocale=nl\\_NL&locale=nl\\_NL](http://support.apple.com/kb/HT5205?viewlocale=nl_NL&locale=nl_NL)

<sup>59</sup> [http://www.washingtonpost.com/business/technology/lte-iphone-coming-in-2012-report-says/2012/03/13/gIQAYLrg9R\\_story.html](http://www.washingtonpost.com/business/technology/lte-iphone-coming-in-2012-report-says/2012/03/13/gIQAYLrg9R_story.html)

In LTE Release 10 zullen de volgende technieken worden geïntroduceerd<sup>60</sup>:

- Carrier aggregatie: het samenvoegen van frequentiebanden om bandbreedtes groter dan 20 MHz mogelijk te maken.
- Relaying: het doorzenden van het signaal via Relaying Nodes (RNs). Dit wordt gezien als een goedkope manier om de bedekking en/of capaciteit te verbeteren.

In LTE Release 11 zullen o.a. de volgende technieken worden geïntroduceerd:

- Coordinated Multi-Point transmission/reception (COMP): dit zorgt voor dynamische coordinatie van zenden en ontvangen bij basisstations op verschillende locaties, om zo de datasnelheid te verhogen voor bijvoorbeeld gebruikers op de celrand.

### Standaardisatie

LTE wordt gestandaardiseerd door 3GPP, een samenwerking tussen telecommunicatie-associaties zoals ETSI (Europa), ATIS (Noord-Amerika), ARIB en TTC(Japan), CCSA (China) en TTA (Zuid-Korea)<sup>61</sup>.

De standaardisatie van LTE omvat het radio toegangsnetwerk (RAN), het core netwerk (CN) en de service architectuur (SA). In de verschillende releases zijn/worden stap voor stap nieuwe functionaliteiten geïntroduceerd:

Tabel 4-2: LTE Releases en bijbehorende functionaliteiten.

Release (jaar)	Functionaliteiten
8 (2008)	De eerste LTE release
9 (2009)	Verbeteringen in zelf-optimalisatie, Multimedia Broadcast and Multicast Services (MBMS), lokalisatietechnieken, energiebesparing, home eNodeB (de 3GPP term voor femtocellen), etc.
10 (2011)	LTE-Advanced, verbeteringen in machine to machine (M2M) communicatie, carrier aggregatie, relaying, etc.
11 (Q3 2012)	Coordinated Multi-Point transmission/reception, verdere verbeteringen van Release 10 features

### Frequentiebanden

LTE werkt in gelicenseerde frequentiebanden, die verschillen per regio. In Europa kan de FDD mode van LTE in principe gebruikt worden in de volgende banden:

- 800 MHz (Digital Dividend) (uplink: 832-862 MHz; downlink: 791-821 MHz);
- 900 MHz (uplink: 880-915 MHz; downlink: 925-960 MHz);
- 1800 MHz (uplink: 1850-1910 MHz; downlink: 1930-1990 MHz);
- 2100 MHz (uplink: 1920-1980 MHz; downlink: 2110-2170 MHz);
- 2,6 GHz (uplink: 2500-2570 MHz; downlink: 2620-2690 MHz).

Lage frequenties (i.e. 800 MHz of 900 MHz) zijn goed voor landelijke dekking, terwijl hoge frequenties geschikter zijn voor het leveren van extra capaciteit in

<sup>60</sup> 3GPP Technical Report TR 36.192

<sup>61</sup> <http://www.3gpp.org/partners>

stedelijk gebied. Het eerste commerciële netwerk van TeliaSonera gebruikt spectrum in de 2.6 GHz band. In Nederland zullen de eerste LTE netwerken de 2.6 GHz band gebruiken. LTE ondersteunt schaalbare bandbreedtes van 1.4, 3, 5, 10, 15 of 20 MHz, zowel in downlink als uplink en deels afhankelijk van de frequentieband<sup>62</sup>. LTE-Advanced ondersteunt bandbreedtes tot 100 MHz.

De volgende TDD frequentiebanden kunnen ook gebruikt worden voor LTE-TDD mode: 1850-1910 MHz, 1900-1920 MHz, 1930-1990 MHz, 2010-2025 MHz en 2570-2620 MHz. Hi3G Sweden is van plan een LTE FDD/TDD dual-mode netwerk te bouwen<sup>63</sup>.

### Datasnelheid

Technologie	<100 kbit/s	0.1-1 Mbit/s	1-10 Mbit/s	10-100 Mbit/s	>100Mbit/s
LTE		xx	xx	xx	xx

De theoretische maximale datasnelheden van LTE/LTE-Advanced zijn als volgt:

- LTE:300 Mbit/s in de downlink (MIMO met 4x4 antennes en 20 MHz bandbreedte) en 75 Mbit/s in de uplink (enkele zendantenne, 20 MHz bandbreedte)
- LTE-Advanced: 1 Gbit/s in de downlink en 500 Mbit/s in de uplink (vereist)

De werkelijke gebruikerssnelheid zal variëren en afhangen van o.a. ontvangen signaalsterkte, bandbreedte, beweegsnelheid en aantal MIMO antennes. Dit kan leiden tot zeer uiteenlopende datasnelheden, zoals weergegeven in de tabel.

### Bereik

Technologie	indoor	< 1 km	1-10 km	>10 km	>100km
LTE	x	x	x	x	

Het bereik van een LTE basisstation hangt af van zendvermogen, antennetype, hoogte, frequentie en de omgeving (bijvoorbeeld stedelijk of open gebied). Voor een 2.6 GHz cel zal het bereik meestal liggen tussen enkele honderden meters en een kilometer. Met LTE 900 MHz of 800 MHz kan het bereik aanzienlijk vergroot worden tot enkele tientallen kilometers in open gebied, en is het eenvoudiger om binnenshuis dekking te leveren. LTE femtocellen zijn bestemd voor gebruik binnenshuis in woning of kantoor.

LTE is geschikt voor snelheden tot 350 km/h voor eenvoudige (gewone) diensten, en tot 120 km/h voor hoge-datasnelheid toepassingen.

### Quality of service

Het concept bearer wordt in LTE gebruikt om een IP pakketstroom met een vaste Quality of Service (QoS) aan te duiden. Voor één gebruiker kunnen meerdere bearers worden opgezet, elk met zijn eigen QoS profiel. Een bearer bevat een

<sup>62</sup> 3GPP Specification TS 36.101, <http://www.3gpp.org/ftp/specs/html-INFO/36101.htm>

<sup>63</sup> <http://4g-portal.com>

bijbehorende QoS Class Identifier (QCI) en een Allocation and Retention Priority (ARP)<sup>64</sup>.

Een volledig overzicht van gestandaardiseerde QCIs en bijbehorende eigenschappen (scheduling prioriteit, maximale vertraging en toegestaan pakketeverlies) wordt beschreven in de 3GPP specificatie, inclusief voorbeelden van diensten bij iedere QCI. De ARP wordt o.a. gebruikt tijdens de Call Admission Control – het toelaten van nieuwe verbindingen in het netwerk – om te bepalen of een draaggolf mag worden opgezet in geval van congestie op het radiokanaal.

#### Informatiebeveiliging

Aspect	Slecht	Matig	Goed	Zeer goed
Vertrouwelijkheid				x
Beschikbaarheid			x	
Integriteit				x

De beveiliging van LTE is gebaseerd op die van UMTS. De Authentication and Key Agreement (AKA) is hieruit overgenomen. Dit houdt in dat de gebruiker niet alleen door het netwerk wordt geauthenticeerd, maar dat de gebruiker ook zelf vaststelt of hij is verbonden met een echt netwerk, ter voorkoming van zogeheten “false base station attacks”. De vertrouwelijkheids- en integriteitsbescherming for gebruikersdata- en signaleringsverkeer is gewijzigd t.o.v. UMTS. In LTE worden verschillende versleutelingen gebruikt tussen de terminal (UE) en het radionetwerk (RAN), en tussen de terminal (UE) en het core netwerk. Hiervoor wordt een nieuwe versleutelings-methode gebruikt gebaseerd op de sleutel op de SIM-kaart. Tussen de UE en het basisstation wordt gebruikersdata versleuteld, signaleringskanaal wordt versleuteld en voorzien van een integriteitsbescherming. Ook tussen UE en het core netwerk wordt het signaleringsverkeer versleuteld en voorzien van integriteitsbescherming. De beveiligingsmechanismen zijn gebaseerd op het gebruik van zware en algemeen bekende cryptografische algoritmes (zoals Advanced Encryption Standard – AES).

De LTE standaard biedt verplichte IPSec-gebaseerde bescherming tussen basisstations onderling en tussen basisstations en het core netwerk. Het gebruik van beveiliging in het core netwerk is echter optioneel en ter beoordeling aan de operator.

Gezien de hierboven beschreven beveiligingseigenschappen, kan de integriteits- en vertrouwelijkheidsbescherming als zeer goed worden aangemerkt. Omdat LTE radiocommunicatie verstoord kan worden is het lastig om de beschikbaarheid te beoordelen. Vergeleken met andere radiotechnologieën kan de beschikbaarheid als “goed” worden aangemerkt.

#### 4.4.3 Markt

##### Marktpenetratie

LTE staat aan het begin van commerciële roll-out. Er ontstaan steeds meer commerciële LTE netwerken, die vaak eerst service bieden in grote steden en dan

<sup>64</sup> 3GPP Specification TS 23. 203



uitbreiden naar nationale dekking. Er zijn enkele LTE netwerken met al (bijna) nationale dekking, b.v. die van SK Telecom (Korea), M1 (Singapore) en eMobile (Japan). Verizon Wireless in de Verenigde Staten verwacht gelijke dekking van zijn LTE en 3G netwerken in 2013. Volgens Research & Markets<sup>65</sup> and Arcchart<sup>66</sup> waren er in Q4 2011 mondiaal ongeveer 6,4 miljoen LTE gebruikers, dat is ongeveer 0,1% van het totale aantal mobiele gebruikers (ongeveer 6,1 miljard).

### **Belangrijke spelers**

Grote leveranciers van netwerkapparatuur zijn o.a. Ericsson, Huawei, Nokia Siemens Networks, Alcatel-Lucent en ZTE. Grote leveranciers van terminals zijn o.a. Nokia, HTC, Samsung, Sony-Ericsson, LG, NEC.

### **Operators en hun marktaandeel**

LTE staat nog aan het begin van commerciële roll-out. Volgens Research & Markets<sup>65</sup> hebben Verizon Wireless (VS) en NTT DoCoMo (Japan) de meeste LTE gebruikers met een globaal LTE marktaandeel van 63% respectievelijk 22%. Als eerste operator van LTE, heeft TeliaSonera een operationeel LTE-netwerk met dekking in Zweden, Noorwegen, Finland, Denemarken en Estland. In de VS werd op 21 september 2010 de regionale operator MetroPCS de eerste LTE operator in het land, maar deze biedt alleen service in bepaalde steden/gebieden. Verizon Wireless en AT&T Mobility hebben hun LTE netwerken op 5 december 2010 respectievelijk 18 september 2011 op grotere schaal geopend. In delen van Duitsland heeft Vodafone zijn eerste commerciële LTE netwerk in de 800 MHz band operationeel<sup>67</sup>. In Zweden hebben Tele2 en Telenor samen een operationeel LTE-netwerk gebouwd, via de joint venture Net4Mobility<sup>68</sup>.

De vijf partijen die in Nederland 2.6 GHz spectrum hebben gekocht zijn KPN, T-Mobile, Vodafone, Tele2 en Ziggo 4<sup>69</sup> (een joint venture van Ziggo en UPC). Voor deze partijen geldt een uitrolverplichting, die voorschrijft dat 2 jaar na de veiling een gebied ter grootte van 20 km<sup>2</sup> per 5 MHz spectrum is bedekt. Inmiddels is deze termijn verstreken en hebben de vijf partijen een eerste, beperkt LTE aanbod. Na de multibandveiling in oktober (zie Sectie 2.3) zullen mogelijk nieuwe partijen hun intrede doen.

---

<sup>65</sup> <http://www.researchandmarkets.com>

<sup>66</sup> <http://www.arcchart.com>

<sup>67</sup> <http://www.mobilenewscwp.co.uk/2010/12/vodafone-germany-intros-lte-service-and-pricing>

<sup>68</sup> <http://wirelessfederation.com/news/30068-tele2-and-telenor-sweden-launch-lte>

<sup>69</sup> <http://www.agentschap-telecom.nl>



## 4.5 WiFi

### 4.5.1 Algemeen

#### Technologietype

Draadloze communicatie netwerktechnologie voor breedbandig transport van data over korte afstanden.

#### Achtergrond

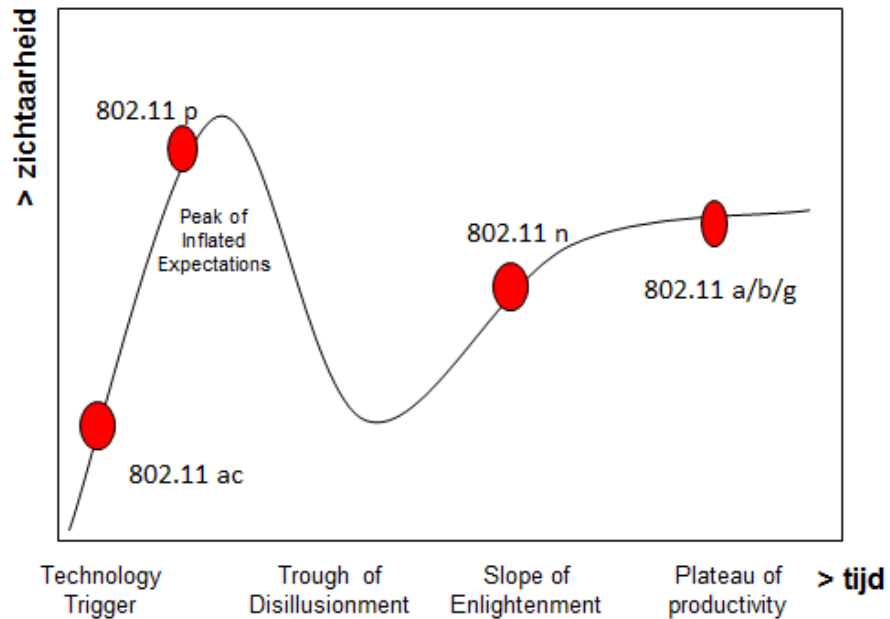
WiFi is de populaire naam voor de suite van draadloze communicatie standaarden gedefinieerd door IEEE (Institute of Electric and Electronic Engineers) en bekend onder de naam IEEE 802.11. De term WiFi is geïntroduceerd door WiFi Alliance, met het doel om de compatibiliteit van apparaten die kunnen communiceren met IEEE 802.11 standaarden te bevestigen.

WiFi kan in één van twee modes werken. De eerste mode is de **ad-hoc** mode die een directe verbinding tussen twee apparaten faciliteert. Dit is nuttig in situaties waarbij twee PCs direct moeten koppelen en dit vereist geen toegang tot een LAN of tot Internet. De tweede manier van koppelen is de **infrastructuur** mode. In deze mode wordt er gecommuniceerd via een basisstation (ook Access Point (AP) genoemd), dat is gekoppeld aan een Local Area Network (LAN).

De meest gebruikte mode van WiFi is de infrastructuur mode waarbij elk van de apparaten is verbonden met een LAN via een AP, en waarbij ook elke communicatie tussen twee 'clients' onderling via het AP loopt. Een duidelijk voordeel van de infrastructuur mode is dat de administrator (beheerder) controle heeft over de Access Points die aan het LAN zijn gekoppeld. Elke AP heeft een unieke identificatiecode die aan een AP wordt toegewezen, welke wordt aangeduid als de Basis Service Set Identifier (BSSID). Deze code is het adres van het AP op de Medium Access Control (MAC) laag. Het toegangspunt heeft ook een Service Set Identifier (SSID), die de identiteit van een draadloos netwerk definieert. Deze naam is niet noodzakelijk uniek. In feite kennen de meeste fabrikanten zelf een SSID aan APs toe zodat ze direct bruikbaar zijn vanuit de doos. De SSID van het toegangspunt is nodig om met het netwerk te kunnen verbinden. Sommige basisstations hebben extra functionaliteit, met inbegrip van routers en ingebouwde DHCP servers. Er zijn zelfs sommige geïntegreerde eenheden die specifieke rollen hebben - zoals draadloos toegangspunt, firewall en router voor het huis.

#### Beschikbaarheid

WiFi is gebaseerd op een standaard en de apparatuur van diverse fabrikanten is commercieel goed verkrijgbaar. Voorbeelden zijn draadloze netwerken van commerciële partijen (zogenoemde hotspots zoals - KPN HotSpots en T-Mobile HotSpots), draadloze bedrijf netwerken en draadloze in-huis netwerken bij particulieren. Aldus moet WiFi als een volwassen technologie worden gezien. Figuur 4-10 geeft de positie weer van WiFi op de Gartner hype cycle.



Figuur 4-10: Positie van WiFi technologieën op de Gartner hype cycle.

### Diensten en toepassingen

802.11 standaarden ondersteunen het transport van IP datapakketten tussen twee apparaten of tussen een apparaat en een AP. Verschillende applicaties kunnen deze verbinding gebruiken - email, video telefonie, Web browser, downloaden, gaming, etc. WiFi wordt grootschalig gebruikt voor het verkrijgen van draadloos internettoegang in kantoren en woningen, maar ook op bijvoorbeeld vliegvelden en stations. WiFi is van oorspong bedoeld voor 'best effort' diensten, waar vertragingen en pakketverliezen niet van wezenlijk belang zijn omdat ze kunnen worden ondervangen door hertransmissie van verloren pakketten. Bij sommige tijdkritische en delay-gevoelige toepassingen zoals spraak, gaming en video conference is dat niet genoeg, en zijn dus andere oplossingen nodig dan die beschreven in de standaard. Die oplossingen zijn gebaseerd op een centrale controller die bepaalt welke pakketten worden verstuurd – die kan dus garanties geven voor toegang van het apparaat tot het communicatie medium en voorkomt op die manier verlies van datapakketten. De centrale controller omzeilt bestaande protocollen voor toegang tot het radiokanaal, en vormt in dat opzicht een eigen 'ecosysteem' waar dit kan werken. Als andere (volgens de standaard werkende) 'best-effort-werkende' apparaten in de buurt komen van een dergelijk systeem, kan dit problemen in de communicatie veroorzaken en dus leiden tot pakketverliezen, enz.

WiFi standaarden ondersteunen géén handover mechanisme waarmee van de ene naar de andere AP kan worden overgeschakeld tijdens de verplaatsing van de gebruiker, zonder interruptie van de toepassing. Wel wordt nomadisch gedrag van gebruikers ondersteund, waarbij de gebruiker na een verplaatsing de actieve toepassing even moet beëindigen of een onderbreking moet accepteren. Dit is een beperkende factor voor een bredere toepassing van WiFi voor tijdkritische diensten.

## Terminals

WiFi wordt op dit moment breed gebruikt. WiFi is zeer populair zowel in de consumentensector als ook in de zakelijke sector voor in pandige draadloze breedbandige connectiviteit. De bloei van de zogenaamde WiFi hotspots illustreert het belang van WiFi technologie in het publieke domein om nomadische gebruikers te bedienen. Veel van nieuw verkochte laptops, netbooks, tablets, PDA's en smartphones zijn tegenwoordig standaard uitgerust met een WiFi interface.

## Relatie met andere technologieën

De 802.11 standaarden zijn deel van de familie van de WAN/MAN (Wide Area Network / Metropolitan Area Network) communicatiestandaarden die door IEEE zijn gedefinieerd. Andere bekende standaarden uit die familie zijn Ethernet (802.3), Wireless PAN (Personal Area Network) zoals ZigBee (802.15.4) en Bluetooth (802.15.1), en WiMAX (802.16).

WiFi levert draadloze internetconnectiviteit en is daarmee aanvullend op, of concurrerend met, technologieën als UMTS/HSPA, WiMAX en LTE. Waar voor laatstgenoemde technologieën een abonnement bij een operator (dus kosten) nodig is, kan WiFi zonder abonnement worden gebruikt. Daar staat tegenover dat WiFi geen mobiliteit ondersteunt: de gebruiker dient in de omgeving van het access point te blijven. Voor mobiele operators kan het interessant zijn om verkeer via WiFi af te handelen en zo het mobiele netwerk te ontlasten – het zogenaamde “offloading”. Daarbij dient wel rekening gehouden te worden met de beperktere Quality-of-Service van WiFi die het minder geschikt maakt voor bepaalde tijd-kritische diensten zoals spraak en gaming.

### 4.5.2 Techniek

#### Onderliggende techniek

De techniek die door 802.11 wordt gebruikt kan in grote lijnen ingedeeld worden in technieken voor de fysieke laag en technieken voor de MAC laag.

Op de fysieke laag kunnen 802.11 standaarden verschillende transmissietechnieken gebruiken, te weten DSSS (Direct Sequence Spread Spectrum) in 802.11, 802.11b en 802.11g, OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing) in 802.11g, 802.11a, 802.11p, 802.11n en 802.11ac en MIMO (Multiple Input Multiple Output) in 802.11n en 802.11ac. Ook op de MAC laag, waarop de capaciteit van het beschikbare medium wordt toegekend voor verzending van pakketten, biedt de standaard twee mogelijke technieken (functies) namelijk DCF (Distributed Coordination Function, die gebruikt wordt in ‘best-effort’ systemen) en PCF (Point Coordination Function). Het PCF-mechanisme leent zich beter voor QoS-gevoelig verkeer, maar DCF is de courante optie in de meeste systemen.

De standaard 802.11 definieert *adaptieve modulatie* voor de verzonden signalen. Dit houdt in dat de modulatie en codering vrijwel continu wordt aangepast aan de condities van het radiokanaal, wat concreet kan worden vertaald naar de sterkte van het ontvangen signaal. Op deze manier wordt getracht onder verschillende condities steeds de optimale datasnelheid te bereiken.

#### Standaardisatie

De 802.11 standaard beschrijft de fysieke laag (hoe de radiosignalen worden verzonden) en de MAC laag (Medium Access Control laag – hoe de apparaten

toegang tot het communicatiekanaal krijgen en hoe de data is 'ingepakt' in pakketten). De WiFi standaarden zijn oorspronkelijk ontwikkeld voor gebruik in kantoren als draadvervangend communicatiemiddel om extra kabels in kantooromgevingen (voor muizen, toetsenborden, printers, etc.) te voorkomen.

In de loop der jaren is de oorspronkelijke standaard aangepast om hogere snelheden mogelijk te maken. De oorspronkelijke versie was bekend als 802.11 - deze had een maximale snelheid van 1Mbit/s (1 Megabit per seconde). De volgende versie 802.11b had een maximale snelheid van 11Mbit/s, 802.11g en 802.11a hadden een maximale snelheid van 54 Mbit/s, en 802.11n kan snelheden bereiken tot 400 Mbit/s.<sup>70</sup> De nieuwe (nog in ontwikkeling zijnde) standaard 802.11ac gaat zelfs tot snelheden van 1Gbit/s (AP) en 500Mbit/s (apparaat). Voor communicatie in ITS (Intelligent Transport Systems heeft 802.11p een bereik van 300 m en een datasnelheid van 6 Mbit/s.

### Frequentiebanden

WiFi kan in verschillende frequentiebanden werken, maar de meest gebruikelijke band is 2.4 GHz, ook wel bekend als de ISM (Industrial, Scientific and Measurement) band, die licentievrij is te gebruiken als aan bepaalde eisen is voldaan, zoals ten aanzien van het maximaal uitgestraalde vermogen. Wegens deze keuze van frequentieband kunnen apparaten die 802.11b en 802.11g gebruiken interferentie krijgen van magnetrons, draadloze telefoons en ook Bluetooth.

802.11a gebruikt de 5GHz band, welke nog relatief weinig voor WLAN wordt gebruikt, dus de kans op interferentie door andere WLANs is kleiner. Er worden in deze band wel radarsystemen gebruikt maar het 802.11a protocol is speciaal ontwikkeld om daarmee om te gaan.

802.11n en 802.11ac werken in zowel de 2.4GHz als de 5 GHz band. Wat 802.11ac interessant maakt is de zogenoemde 'channel bonding' techniek waarbij twee of meer computer interfaces worden gebruikt als een virtuele interface. Dit betekent dat het apparaat dat 'channel bonding' gebruikt tegelijkertijd kan communiceren op twee of meer frequenties (kanalen), maar dat applicaties dit zien als één 'groot' communicatiekanaal.

De nieuwe standaard 802.11p werkt in de frequentieband van 5.85 tot 5.925GHz.

De standaard schrijft ook een versie van 802.11 voor die kan werken in de IR (Infra Rood, frequenties in de THz band), maar er zijn weinig fabrikanten die apparaten maken (de meest prominente fabrikant is Spectrix). De IR versie van 802.11 wordt niet verder ontwikkeld, en dus zijn de 2.4 en 5GHz banden de enige reële opties om WiFi te gebruiken.

### Datasnelheid

Onderstaande tabel geeft een globaal overzicht van datasnelheden in WiFi. Met de toepassing van steeds weer nieuwe technieken, is de datasnelheid van WiFi ook significant gegroeid. Benadrukt wordt dat ook bij WiFi de datasnelheid sterk afhangt van de kwaliteit van de radioverbinding.

---

<sup>70</sup> Let op: dit is maximale brutto data rate, en maximale netto (dus nuttige) data throughput is lager dan dit waarde Voor niet zwaar belaste netwerken (dus met niet veel WiFi gebruikers op dezelfde kanaal) is netto datarate ongeveer 2/3 van brutto datarate.

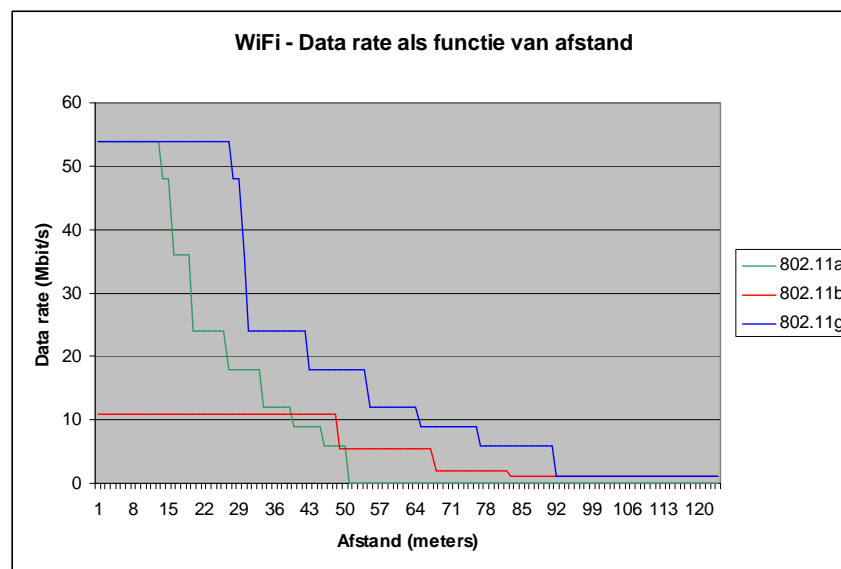
Technologie	<100 kbps	0.1-1 Mbps	1-10 Mbps	10-100 Mbps	>100Mbps
802.11	x	x			
802.11b		x	x		
802.11g		x	x	x	
802.11a		x	x	x	
802.11n			x	x	x
802.11p		x	x	x	
802.11ac			x	x	x

### Bereik

Onderstaande tabel geeft het bereik van WiFi weer. WiFi is primair bedoeld voor in-huis toepassingen en kortere afstanden. Het bereik van 802.11p is maximaal 1000 meters, met een verwacht bereik van ca. 300 m.

Technologie	indoor	< 1 km	1-10 km	>10 km	>100km
WiFi	x	x			

In Figuur 4-11 is het resulterende verloop weergegeven van de datasnelheid als functie van de afstand tussen zender en ontvanger. De afhankelijkheid van datasnelheid van afstand is het gevolg van de adaptieve modulatie, waarbij de bitsnelheid wordt aangepast aan de ontvangen signaalsterkte bij de ontvanger.



Figuur 4-11: Gedrag datasnelheid als functie van de afstand tussen AP en terminal voor 802.11 a/b/g<sup>71</sup>.

<sup>71</sup> Bron: TNO, op basis van cijfers van Cisco.

### Quality of service

In de oorspronkelijke versie van de standaard 802.11 was er geen sprake van een apart gedefinieerd QoS (Quality of Service) mechanisme – waarbij sommige data meer prioriteit in communicatie wordt gegeven. In standaard 802.11, zonder QoS, werd alle data op dezelfde wijze behandeld. Toegang tot het radiokanaal werd geregeld via het zogenaamde “contention window” mechanisme, wat eenvoudig gezegd neerkomt op een trekking van een random getal waarbij de uitkomst bepaalt of een terminal al dan niet toegang kan krijgen. Voor best-effort verkeer is dit een acceptabele werkwijze, maar niet voor tijd-kritisch verkeer dat om garanties vraagt bij de afhandeling.

De situatie is gedeeltelijk verbeterd met de introductie van 802.11e, een toevoeging aan de standaard waarin een aantal QoS mechanismes wordt gedefinieerd. Verschillende data types krijgen onderling verschillende toegangskansen door hun contention window kleiner of groter te maken: de statistische kans dat een pakket vóór gaat is gekoppeld aan zijn kleinere contention window, dus is er een grotere kans dat het kleinere nummer gekozen zal worden. Het contention window voor spraak is bijvoorbeeld kleiner dan voor gewone (browsing) data. Dat vertaalt zich in een grotere kans dat een spraakpakket wordt gezonden t.o.v. andere typen data.

Een andere aanpak voor QoS is om niet te vertrouwen op het statistisch gedrag van de gegenereerde pakketten, maar een aparte controller te gebruiken die data van tijdkritische applicaties hogere prioriteit geeft t.o.v. andere typen applicaties. Dit type oplossingen is beschikbaar (bij voorbeeld bij Aruba Networks) maar blijft fabrikant-specifiek en dus niet gestandaardiseerd.

### Informatiebeveiliging

Aspect	Slecht	Matig	Goed	Zeer goed
Confidentialiteit			x	
Beschikbaarheid			x	
Integriteit			x	

WiFi kent een paar mechanismes voor de bescherming van data - allemaal gebaseerd op encryptie van data verzonden over radio.

De eerste versie van WiFi gebruikte WEP (Wireless Equivalent Privacy) als de basis voor encryptie. WEP bood vrij zwakke bescherming van verzonden data, en was open voor aanvallen. Tegenwoordig is het vrij makkelijk om tools te downloaden van Internet om WEP encryptie te kraken.

Na de vaststelling dat er problemen waren met WEP heeft IEEE een nieuwe encryptiestandaard 802.11i gedefinieerd, ook bekend als WPA en WPA2 (WiFi Protected Access). WPA is gebaseerd op een Advanced Encryption Standard (AES) encryptie mechanisme. Sinds maart 2006 moeten alle apparaten met een WiFi logo aan WPA2 voldoen.

Voor zakelijk gebruik wordt EAP (Extensible Authentication Protocol) gebruikt, maar die vereist het gebruik van een 802.1x authenticatie server.



### 4.5.3 Markt

#### **Marktpenetratie**

WiFi wordt breed gebruikt door zakelijke gebruikers en particulieren. Dit geldt nog niet voor de nieuwe standaard 802.11p, omdat die specifiek voor ITS infrastructuur bedoeld is. Op dit moment zijn er nog geen commercieel beschikbare auto's die de 802.11p standaard ondersteunen, waardoor er een soort "kip-of-ei" situatie ontstaat.

Naast particulier gebruik, zijn er ook tientallen commerciële WiFi exploitanten. Grote partijen als KPN en T-Mobile beschikken over honderden hotspots. Daarnaast zijn er tientallen kleinere WiFi providers (met gemiddeld 5 tot 30 hotspots).

KPN en T-Mobile bieden via hun hotspots ook aan derden toegang tot internet, zoals hotels, congrescentra, maar ook bij voorbeeld aan klanten van Vodafone. De laatste is een goed voorbeeld waar een partij (Vodafone) geen eigen infrastructuur heeft, en toch zijn klanten (via een commerciële afspraak) toegang aanbiedt tot hotspots.

#### **Belangrijke spelers**

Belangrijke spelers voor WiFi infrastructuur (Access Points en routers) zijn de fabrikanten zoals Linksys (deel van Cisco), Asus, Belkin, Apple en Alcatel-Lucent. Wat betreft WiFi terminals zijn er geen dominante spelers, aangezien WiFi echt als 'commodity' technologie moet worden beschouwd, vrij goedkoop en breed toegankelijk. Broadcom is een belangrijke chipset fabrikant.

#### **Operators en hun marktaandeel**

De voor een breed publiek beschikbare netwerken kunnen verdeeld worden in twee categorieën: commercieel en niet commercieel. Commercieel wordt WiFi als dienst aangeboden door mobiele operators KPN (1000 hotspots) en T-Mobile (500 hotspots), maar ook door verschillende hotels (Bastion Hotels, ...) en horecabedrijven (McDonalds, Bagels&Beans,...)<sup>72</sup>. Ook is er WiFi in treinen (intercity) – één van de WiFi diensten van T-Mobile. Voorbeelden van een publiek niet-commercieel netwerk zijn Stichting Wireless Leiden en het stadsnetwerk in Groningen. Hier komt het er op neer dat bezitters van een WiFi AP deze openstellen voor andere leden. Op deze manier worden semi-publieke WiFi netwerken gevormd.

---

<sup>72</sup> Een overzicht van beschikbare WiFi hotspots (gratis en betaald) is te vinden op <http://www.hotspotsvinden.nl>



## 4.6 DVB-T

### 4.6.1 Algemeen

#### Technologietype

Terrestrisch omroepnetwerk voor TV- en radiotoepassingen.

#### Achtergrond

DVB-T (Digital Video Broadcasting – Terrestrial) is een standaard uit 1997 voor “terrestrial broadcast” van digitale TV, ofwel uitzendingen via aardse zendmasten. Het Digital Video Broadcasting (DVB) project<sup>73</sup> is een industrie-gebaseerd consortium bestaand uit meer dan 250 broadcasters, fabrikanten, netwerkoperators, softwareontwikkelaars en anderen in meer dan 35 landen. Het consortium produceert tevens standaarden voor kabel- en satelliettelevisie en IPTV.

Sinds 2004 wordt de TV dienst via DVB-T geleverd in Nederland onder de naam Digitenne<sup>74</sup>. De zenders van de publieke omroepen (Nederland 1,2 en 3 plus een regionale zender) kunnen gratis (free-to-air) worden ontvangen, de overige zenders worden via KPN als betaald pakket verkocht. In omliggende landen als Engeland en Duitsland worden DVB-T diensten voornamelijk geleverd als ‘free-to-air’ ofwel gratis diensten.

In december 2006 zijn analoge televisie uitzendingen via de ether in Nederland volledig vervangen door digitale televisie via DVB-T<sup>75</sup>. Deze operatie staat beter bekend als “analoge switch-off”, wat momenteel in een groot aantal landen plaatsvindt.

Sinds 2008 is ook opvolger DVB-T2 beschikbaar als standaard<sup>76</sup>. DVB-T2 maakt gebruik van dezelfde infrastructuur, maar biedt wel 30 tot 50% meer capaciteit.

#### Beschikbaarheid

Er zijn verschillende alternatieve terrestrische standaarden in de wereld, maar de DVB-T standaard is wijdverspreid, zie Figuur 4-12. DVB-T is de leidende standaard in Nederland en Europa, maar wordt ook gebruikt in Rusland, Australië, delen van Azië, Afrika en het Midden Oosten.

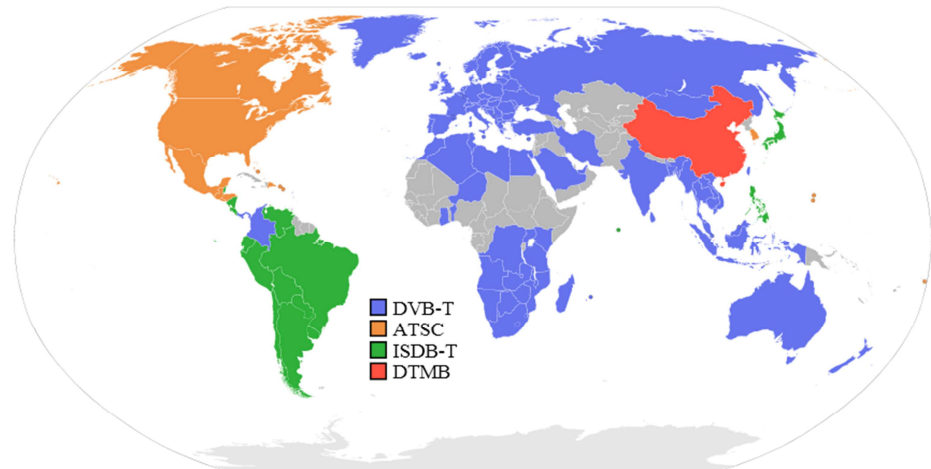
---

<sup>73</sup> <http://dvb.org>

<sup>74</sup> <http://digitenne.nl>

<sup>75</sup> <http://www.radio-tv-nederland.nl>

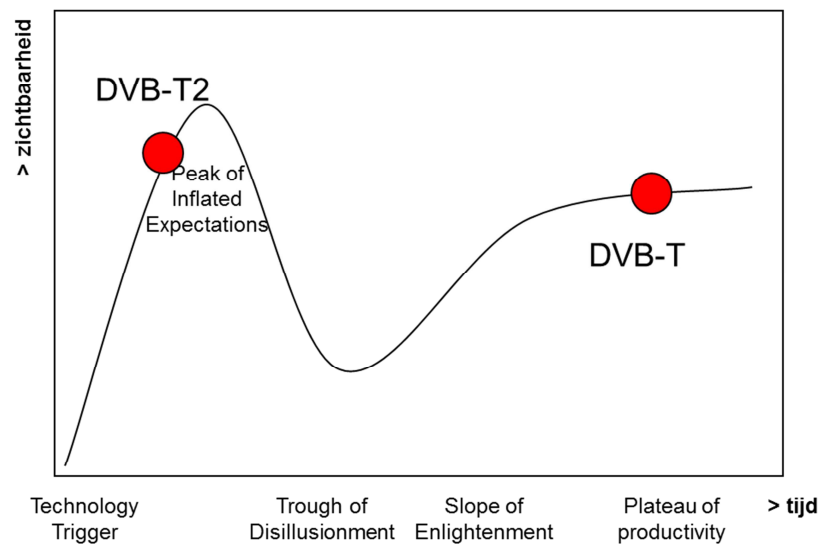
<sup>76</sup> <http://www.dvb.org>



Figuur 4-12: Gebruik van DVB-T, DVB-T2 en andere terrestrische broadcast technieken<sup>77</sup>.

DVB-T wordt op grote schaal commercieel uitgenut, en zit ver in het “plateau of productivity” van de Gartner hype cycle (zie Figuur 4-13).

DVB-T2 ontstijgt de technology-trigger fase en klimt naar de “peak of inflated expectations”. In Nederland wordt nog geen gebruik gemaakt van deze technologie. In een aantal landen is de dienst live en in veel landen zijn of worden trials uitgevoerd met DVB-T2. In Engeland werd in december 2009 als eerste onder de naam ‘Freeview HD’<sup>78</sup> op basis van DVB-T2 een commerciële dienst geleverd voor HDTV kanalen.



Figuur 4-13: Positie van DVB-T op de Gartner hype cycle.

<sup>77</sup> <http://en.wikipedia.org>

<sup>78</sup> <http://freeview.co.uk>

## Diensten en toepassingen

DVB-T wordt gebruikt voor het uitzenden van digitale TV en radioprogramma's. De technologie is geschikt voor deze diensten vanwege het omroepkarakter, waardoor een groot aantal mensen de programma's kan ontvangen met slechts een beperkt aantal strategisch geplaatste zendmasten. In Nederland bijvoorbeeld, is er een ontvangstbereik van 98% met dakantenne, verzorgd door zenders, die op 53 locaties in Nederland staan opgesteld. De publieke omroepen zijn gratis te ontvangen via DVB-T. KPN<sup>79</sup> biedt tegen betaling een pakket van 30 televisie- en 22 radiozenders (inclusief de publieke omroepen). Ook is er per regio één regionale zender (die dus niet landelijk dekkend is).

In landen als België, het Verenigd Koninkrijk en Duitsland is het zenderpakket voornamelijk gratis te ontvangen. Dit wordt 'free-to-air' genoemd.

## Terminals

Tientallen fabrikanten produceren DVB-T ontvangers in de vorm van een losse settopbox, welke op een televisietoestel aangesloten kan worden. Onder andere Samsung en Topfield leveren DVB-T settopboxen die in Nederland gebruikt worden<sup>80</sup>. Daarnaast zijn meer dan 80% van de verkochte televisietoestellen van de huidige generatie uitgerust met een ingebouwde DVB-T ontvanger<sup>81</sup>. Ook zijn er draagbare TV's en USB-sticks met DVB-T ontvanger te koop voor gebruik in combinatie met een PC<sup>82</sup>.

Alle DVB-T apparatuur kan ontvangen in de UHF frequentieband: 430-858MHz. Daarnaast kan een aantal terminals ontvangen in VHF band III (175-230 MHz).

## Relatie met andere technologieën

Concurrerende technologieën voor DVB-T in Europa (maar ook in het algemeen) zijn digitale televisie via de satelliet en via vaste (kabel- en telefonie-) netwerken. Digitale televisie via de satelliet gebeurt op basis van DVB-S (Satellite) technologie, met als belangrijkste verschil de veel grotere capaciteit ten opzichte van DVB-T. Met DVB-S kan een zeer groot zenderpakket aangeboden worden, inclusief HDTV zenders.

Digitale televisie over kabelnetwerken via de DVB-C (Cable) technologie heeft in Nederland het grootste marktaandeel. Over ADSL, VDSL en glasvezelnetwerken wordt televisie op basis van IPTV technologie aangeboden. Naast de veel grotere capaciteit heeft digitale televisie via vaste netwerken de mogelijkheid tot interactiviteit, omdat het vaste netwerk ook een retourkanaal biedt. Overigens bestaat ook de combinatie van DVB-T of DVB-S met DSL of DOCSIS (kabel) voor het retourkanaal, waardoor het grote voordeel van omroep technologie (efficiënte distributie van TV-zenders) wordt gecombineerd met interactiviteit, maar hiervan wordt in Nederland geen gebruik gemaakt.

Mobiele TV gebaseerd op broadcast technologieën is in Nederland commercieel nagenoeg (nog) niet of niet meer aanwezig. Tevens hebben deze een focus op

---

<sup>79</sup> <http://www.digitenne.nl>

<sup>80</sup> <http://www.itu.int>

<sup>81</sup> <http://www.europa.eu>

<sup>82</sup> <http://www.etsi.org>

mobiele applicaties en kleinere ontvangsterminals. Zie elders in deze monitor voor meer informatie over T-DMB.

#### 4.6.2 *Techniek*

##### **Onderliggende techniek**

DVB-T is een transmissietechniek gebaseerd op COFDM (Coded Orthogonal Frequency-Division Multiplexing). COFDM is een modulatiemethode die een enkel radiosignaal verdeelt in 1000 of meer verschillende signaaldragers. Deze signalen worden orthogonaal (haaks op elkaar) verzonden zodat er geen interferentie (ongewenste wisselwerking) optreedt tussen de signaaldragers. DVB-T gebruikt COFDM omdat het zeer goed overweg kan met interferentie afkomstig van reflecties.

DVB-T biedt de keuze uit drie modulatietechnieken, die elk hun eigen afweging tussen capaciteit en betrouwbaarheid hebben:

- QPSK (Quadrature Phase-Shift Keying) – lage capaciteit en lage kans op fouten
- QAM-16 (Quadrature Amplitude Modulation-16) – hogere capaciteit en hogere kans op fouten
- QAM-64 (Quadrature Amplitude Modulation-64) – hoge capaciteit en hoge kans op fouten

Daarnaast biedt DVB-T FEC (Forward Error Correction) en guard intervals. Beide technieken zorgen voor een meer betrouwbare ontvangst van het televisie signaal, ten koste van capaciteit.

Gecomprimeerde video, gecomprimeerde audio en datastromen worden gemultiplexed in MPEG program streams (MPEG-PSs). Eén of meer MPEG-PSs worden samengevoegd in een MPEG transport stream (MPEG-TS); Dit is de digitale informatiestroom die uitgezonden wordt en ontvangen door een DVB-T ontvanger. Digitale compressie van het beeldsignaal vindt plaats door het televisiesignaal te coderen volgens de MPEG2 of H.264 standaard.

In de onderliggende techniek moet dus een afweging worden gemaakt tussen de betrouwbaarheid van het signaal en de videokwaliteit of het aantal TV zenders. In Nederland is het netwerk grotendeels gedimensioneerd op ontvangst met binnenantennes, omdat buitenantennes minder geaccepteerd zijn door de consument. In Duitsland en het Verenigd Koninkrijk is er voornamelijk gedimensioneerd op ontvangst met buitenantennes waardoor er netto meer capaciteit overblijft voor de kwaliteit van het videosignaal of meer TV zenders.

##### **Standaardisatie**

DVB-T is gepubliceerd als European Telecommunications Standards Institute (ETSI) Standard EN 300 744 V1.5.1 (2004-11)<sup>83</sup>.

De werkgroepen van het DVB-project maken technische specificaties, die vervolgens worden vastgelegd in standaarden van ETSI of CENELEC. De eerste DVB-T standaard werd in 1997 vastgelegd, en de eerste DVB-T-uitzendingen begonnen in 1998 in Zweden en het Verenigd Koninkrijk.

---

<sup>83</sup> <http://www.dvb.org>

Het DVB Project heeft in 2008 de opvolger van de DVB-T specificatie uitgebracht: DVB-T2<sup>84</sup>. DVB-T2 levert volgens de simulaties ten opzichte van DVB-T een 30-50% capaciteitsuitbreiding op bij dezelfde capaciteit/ruisverhouding, onder meer doordat ook QAM-256 als modulatie beschikbaar is.

De standaard is geratificeerd door ETSI. De DVB-T2 specificatie is ontworpen om aan de volgende eisen te voldoen:

- moet gebruikt kunnen worden met huidige ontvangstantennes en zender infrastructuur;
- is bedoeld voor ontvangst voor vaste en verplaatsbare ontvanger;
- identieke planning parameters als DVB-T;
- gericht op 'vaste dak- of buitenantennes'

### Frequentiebanden

In Nederland worden frequenties van 470 MHz tot 862 MHz gebruikt (in de UHF band IV en V) voor zowel DVB-T als DVB-T2. Dit komt overeen met TV kanaal 21 tot en met 69, welke in Europees verband zijn afgesproken. In verband met de digitaal dividend discussie (zie hieronder) wordt de bovenkant van de frequentieband teruggebracht tot 790 MHz.

De standaard laat in Europa ook DVB-T uitzendingen in UHF band III toe, (frequentie band 174 –230 MHz). De meeste landen - waaronder Nederland-reserveren deze frequentieband voor alternatieve digitale terrestrische diensten gebaseerd op T-DMB of DAB. De afstemming voor het gebruik van DVB-T frequenties in meer dan 120 landen (waaronder Nederland) is vastgelegd in de Regional Radio Conference 2006 (RRC-06)<sup>85</sup>.

Bij de analoge switch-off is frequentiespectrum vrijgekomen – het zogenaamde digitaal dividend. In eerste instantie wordt het digitaal dividend ingezet voor nieuwe TV-diensten. De Europese Commissie heeft aanbevolen om in 2012<sup>86</sup> de analoge switch-off voor geheel Europa af te ronden, waarmee er nog een stuk frequentieruimte in de UHF-band vrij komt. Op dit moment is het beleid van de Europese Commissie en de verschillende Europese landen om in de toekomst het digitale dividend niet alleen voor nieuwe omroepdiensten te bestemmen, maar ook een deel van het vrijgekomen spectrum toe te wijzen aan mobiele communicatiediensten (bijvoorbeeld UMTS).

Meer specifiek wordt frequentieband van 790- 862 MHz (kanaal 61-69) toegewezen aan Electronic Communications Services oftewel aan een nieuwe generatie mobiele diensten. Deze frequentieband is niet een volledig blok dat pas na de Europese analoge switch-off vrijkomt, maar betreft ook frequenties die momenteel in het DVB-T netwerk van KPN gebruikt worden. Digtente zal de kanalen 61-69 op termijn dan ook vrij moeten maken.

### Datasnelheid

Technologie	<100 kbit/s	0.1-1 Mbit/s	1-10 Mbit/s	10-100 Mbit/s	>100Mbit/s
DVB-T			x	x	
DVB-T2				x	

<sup>84</sup> <http://freeview.co.uk>

<sup>85</sup> <http://wireless.per.nl>

<sup>86</sup> <http://www.conax.no>

De datasnelheid voor DVB-T varieert tussen de 4976 en 31668 Mbit/s per 8 MHz kanaal. Zo'n 8 MHz kanaal wordt multiplex genoemd.

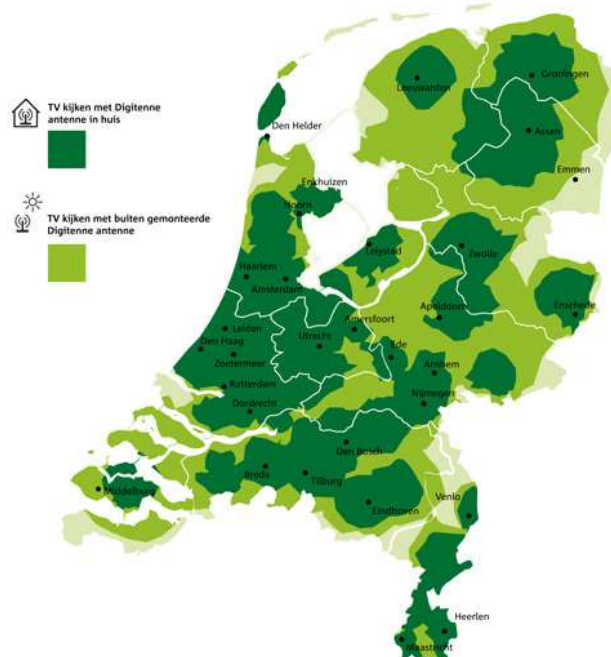
In Nederland zijn er vijf landelijk dekkende multiplexen geoperationaliseerd op basis van de DVB-T zendmasten. Dat wil zeggen dat op iedere locatie met Digitenne dekking er 5 UHF kanalen ontvangen kunnen worden, die in totaliteit de 30 TV en 22 radiozenders dragen. De NPO is houder van een licentie van één van deze multiplexen, KPN bezit de licentie voor de overige 4 multiplexen. Tot juni 2011 was één van deze multiplexen in gebruik voor de Mobiele TV dienst, maar sinds deze dienst is gestaakt is de frequentieruimte weer in gebruik genomen voor de Digitenne dienst. Dit heeft tot een toename in het aantal TV zenders geleid. KPN fungeert als netwerkoperator voor alle vijf multiplexen.

Zoals eerder aangegeven wordt de datasnelheid mede bepaald door de gebruikte FEC (Forward Error Correction) en guard intervals. DVB-T2 voegt 30 tot 50% capaciteit toe. Deze capaciteit kan dan ingezet worden voor betere dekking en/of meer TV zenders en/of TV zenders met betere beeldkwaliteit.

### Bereik

Technologie	Indoor	< 1 km	1-10 km	>10 km	>100km
DVB-T/T2				X	

Het ontvangstbereik van DVB-T is afhankelijk van de gebruikte apparatuur, met name van de ontvangstantenne. In Nederland is er een ontvangstbereik van 98% met dakantenne en 66% met binnenhuisantenne, verzorgd door zenders, die op 59 locaties in Nederland staan opgesteld. Zie Figuur 4-14 voor een dekkingsoverzicht per regio en Figuur 4-15 voor de opstelpunten van de masten.



Figuur 4-14: Digitenne dekking per regio<sup>87</sup>.

<sup>87</sup> <http://www.satellitecity.nl>





Figuur 4-15: Opstelpunten Digitenne.

DVB-T is niet ontworpen voor mobiliteit; bij een snelheid van boven de 10 kilometer per uur kan signaalverlies optreden. Dit is afhankelijk van de gebruikte apparatuur (met name de antenne), modulatie en andere instellingen<sup>88</sup>. In de praktijk is in Nederland de ontvangst nog redelijk bij een snelheid van ruwweg boven de 40 kilometer per uur.

#### Quality of service

DVB-T maakt geen onderscheid in prioriteit en latency voor de getransporteerde data. DVB-T kent geen traditionele QoS-klassen, maar de videokwaliteit (let op, dus niet de ontvangstkwaliteit) van een zender hangt af van de gebruikte bitsnelheid (bandbreedte). Deze wordt per zender door de netwerkoperator vastgesteld en is - vanwege het omroepkarakter van de technologie- voor alle gebruikers gelijk.

De ontvangstkwaliteit wordt bepaald door de modulatietechniek, de gebruikte FEC en het guard interval. Dit wordt door de netwerkoperator vastgesteld. De ontvangstkwaliteit hangt af van de situatie bij de gebruiker en is dus voor iedere gebruiker verschillend.

#### Informatiebeveiliging

DVB-T bevat geen beveiligingsmechanisme op de radiolaag, waardoor het signaal door alle geschikte apparatuur ontvangen kan worden. De beveiliging wordt op transportniveau geregeld met behulp van een CA (Conditional Access) systeem. Hiermee is het mogelijk om bepaalde zenders te blokkeren, tenzij de gebruiker een smart card van de DVB-T aanbieder koopt waarmee de beveiligde kanalen gedecodeerd kunnen worden. In Nederland worden de zenders die aangeboden worden door KPN beveiligd door het Conax<sup>89</sup> conditional access systeem. De publieke zenders (Ned 1, 2, 3 en de regionale zenders) worden zonder beveiliging

<sup>88</sup> <http://www.vergelijk.nl>

<sup>89</sup> <http://www.conax.nl>

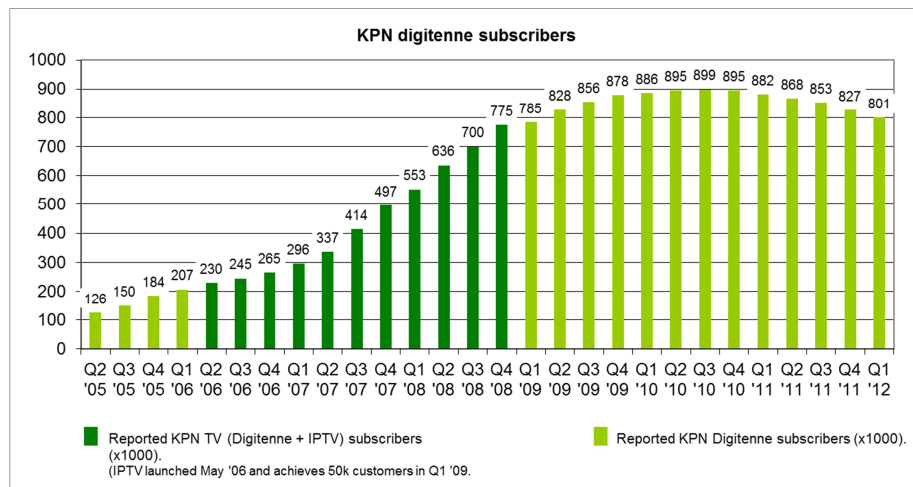
doorgegeven en zijn door iedereen te ontvangen met een DVB-T ontvanger (dus ook door bijvoorbeeld toeristen).

#### 4.6.3 Markt

##### Marktpenetratie

Technologie	Nederland	Europa (EU-27)	Wereld
DVB-T	800k (11% van huishoudens, 16% van digitale TV huishoudens)	35% van Digitale TV huishoudens  26% of totale TV huishoudens	Geen informatie beschikbaar

In Nederland worden de commerciële omroepen via DVB-T in een betaalde vorm aangeboden, in tegenstelling tot andere landen in Europa die vooral een Free-to-Air variant aanbieden. De marktpenetratie in Nederland is daarom ook (deels) te bepalen aan de hand van het aantal abonnees dat aanbieder Digitenne van KPN rapporteert<sup>90</sup>, alhoewel er dus ook een onbekend aantal huishoudens is dat alleen de publieke zenders van Digitenne ontvangt. Tegen het einde van Q3 van 2010 bereikte het aantal Digitenne abonnees een piek van bijna 900.000 klanten. Voor de duidelijkheid: klanten die naast Digitenne ook IPTV afnemen zijn hierin niet meegenomen. Ook zijn de huishoudens die alleen de publieke zenders van Digitenne afnemen hierin dus niet opgenomen. Sindsdien is het aantal Digitenne klanten licht gedaald tot 801.000 in Q1 2012. Zie Figuur 4-16.



Figuur 4-16: Ontwikkeling DVB-T abonnees in Nederland<sup>91</sup>. Voor de duidelijkheid: klanten die naast Digitenne ook IPTV afnemen zijn hierin niet meegenomen. Ook zijn de huishoudens die alleen de publieke zenders van Digitenne afnemen hierin niet opgenomen.

Er zijn vier relevante ontwikkelingen op het gebied van DVB-T:

1. De introductie van DVB-T2
2. De digitale switch-over

<sup>90</sup> <http://www.kpn.com>

<sup>91</sup> TNO, op basis van KPN kwartaalrapportages.

3. De introductie van TVs met ingebouwde digitale ontvanger
4. De positionering van Digitenne door KPN

#### Ad1) DVB-T2

Ontwikkelingen op het gebied van de uitrol van DVB-T2 zijn in Europa van start gegaan. Het Verenigd Koninkrijk heeft als eerste DVB-T2 uitgerold<sup>92</sup> maar ondertussen is de dienst beschikbaar in elf landen in de wereld (zie Tabel 4-3). Sinds het eerste kwartaal van 2010 zijn er diverse DVB-T2 settopboxen en geïntegreerde TV-ontvangers beschikbaar van verschillende fabrikanten. De komst van HDTV is een grote stimulans voor DVB-T2. HDTV kanalen hebben per saldo 2-3 keer zoveel capaciteit nodig als normale TV kanalen.

Duitsland schakelt in de loop van 2014 geheel op DVB-T2 over. Tegen die tijd moeten kijkers hun apparatuur vervangen. In 2010 en 2011 zijn ook DVB-T2 diensten gelanceerd in delen van Italië, Zweden en Finland, die de komende jaren verder landelijk uitgerold zullen worden. Frankrijk heeft de digital switch-over eind 2011 volbracht. Initieel overwoog de media-autoriteit CSA om de vrijgekomen frequenties (deels) toe te kennen aan DVB-T2 broadcast. Uiteindelijk hebben de Franse autoriteiten toch besloten om de zes nieuwe multiplexen aan te wenden voor gebruik van DVB-T in plaats van DVB-T2.

Op het moment van schrijven worden er wereldwijd in elf landen diensten aangeboden gebruikmakend van DVB-T2. In tien landen lopen trials en nog eens 33 andere landen hebben DVB-T2 als standaard geadopteerd.

In Nederland zijn vooralsnog geen plannen om diensten op basis van DVB-T2 te starten. Dit wordt enerzijds veroorzaakt doordat er geen nieuwe multiplexen meer te vergeven zijn. Een overschakeling op DVB-T2 zou betekenen dat de huidige gebruikers een nieuwe set top box zouden moeten kopen of een nieuwe televisie indien gebruik gemaakt wordt van een insteekkaart (zie ook Ad3). Om die reden wordt DVB-T2 nu ook veelal geïntroduceerd in landen waar men nog helemaal geen digitale dienstverlening heeft, omdat deze landen geen problemen hebben met legacy. In het Verenigd Koninkrijk, dat al wel dienstverlening op basis van DVB-T had, gaat de introductie van DVB-T2 ook gepaard met sterke invloed van de overheid. Anderzijds is Digitenne in Nederland gepositioneerd als een voordelig TV product en niet als een TV product met veel technische innovaties. Zie ook Ad4.

Tabel 4-3: Status van DVB-T2 in de wereld.

<b>Gelanceerd</b>	<b>Trial</b>	<b>Geadopteerd</b>		
UK	Belarus	Angola	India	Serbia
Italy	France	Austria	Indonesia	Seychelles
Sweden	Germany	Belgium	Lesotho	Singapore
Finland	Kazakhstan	Botswana	Madagascar	Slovakia
Zambia	Malaysia	Colombia	Malawi	South Africa
Nigeria	Myanmar	Croatia	Mauritius	Sri Lanka
Kenya	Slovenia	Czech Republic	Mongolia	Swaziland
Uganda	Spain	Denmark	Montenegro	Tanzania
Vietnam	Switzerland	DR Congo	Mozambique	Togo

<sup>92</sup> <http://www.dvb.org>

Gelanceerd	Trial	Geadopteerd		
Russia	Thailand	Ghana	Namibia	Ukraine
New Zealand		Haiti	Nepal	Zimbabwe

In de eerdere Figuur 4-12 is de huidige status van commerciële dienstverlening weergegeven.

#### Ad 2) Digitale switch-over

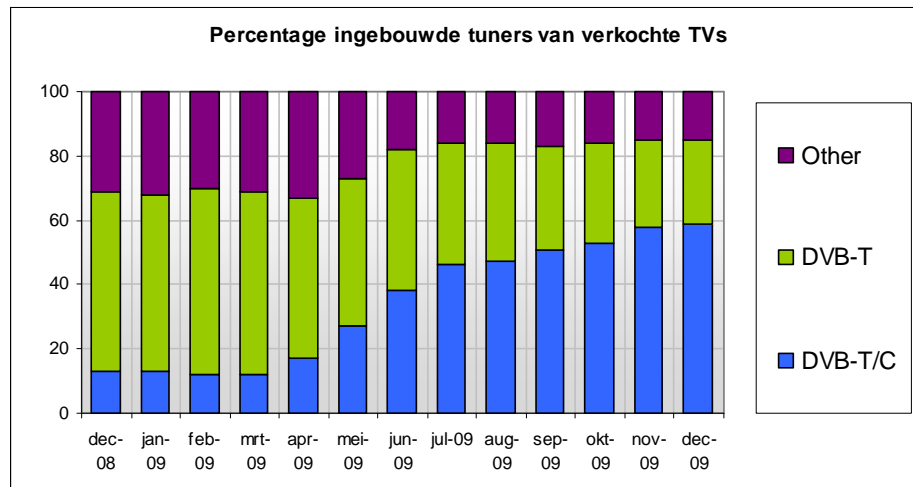
Door de overgang van analoge naar digitale transmissie komt er in veel landen spectrum vrij voor digitale terrestrische transmissie. De switch-over is in Europa in 2006 ingezet, waarbij Nederland één van de eerste landen was. Het komende decennium zullen nog vele andere landen volgen, waarna de overschakeling naar verwachting compleet zal zijn. In Figuur 4-17 zijn de jaartallen voor de switch-over voor een aantal belangrijke landen in Europa weergegeven.

Landen	Digital-Switchover status
Oostenrijk, België, Cyprus, Denemarken, Duitsland, Estland, Finland, Frankrijk, Letland, Litouwen, Luxemburg, Malta, Nederland, Slovenië, Spanje, Tsjechië, Zweden	Compleet
Ierland, Italië, Portugal	2012
Polen	2013

Figuur 4-17: Switch over jaartallen van een aantal landen in Europa.

#### Ad 3) Introductie TV's met digitale ontvangers.

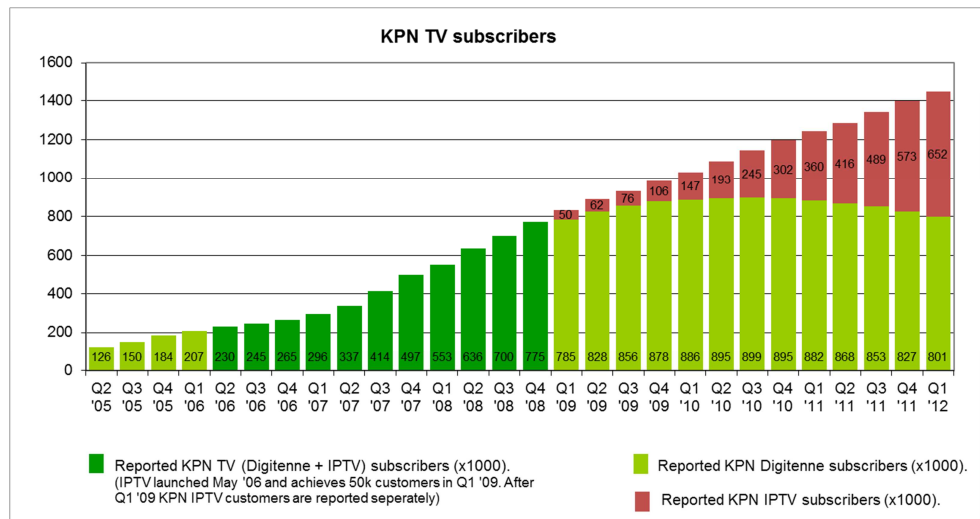
Een derde relevante ontwikkeling die de afname van de DVB-T dienst stimuleert is de introductie van TV's met ingebouwde digitale ontvanger. Hierdoor zijn er geen losse settopboxen, kabels en extra afstandsbedieningen meer nodig en kan de TV-dienst ontvangen worden door rechtstreeks de antennekabel in de TV te steken. Dit verhoogt de gebruikersvriendelijkheid en is bovendien energiebesparend. In slechts een kort tijdsbestek is deze ontwikkeling doorgevoerd bij vrijwel alle nieuwe televisies. In Figuur 4-18 is het percentage ingebouwde tuners van verkochte TV's weergegeven. Begin 2009 was 70% van de verkochte TV's al uitgerust met een DVB-T tuner. Te zien is dat in één jaar tijd het aandeel multimodale ontvangers is uitgebreid van 10% naar bijna 60%, waardoor TV's dus zowel Digitenne of kabel TV kunnen ontvangen met slechts enkel een insteekkaart voor de decryptie. Sinds 2011 biedt ook UPC insteekkaarten aan zodat men de televisiedienst kan ontvangen zonder tussenkomst van een settopbox. Ziggo rapporteerde dat in Q1 2012 het aantal verkochte insteekkaarten ongeveer 10% bedraagt van het aantal verkochte settopboxen.



Figuur 4-18: Percentage ingebouwde tuners van verkochte TV's<sup>93</sup>.

Ad 4) 4. De positionering van Digitenne door KPN.

KPN biedt in Nederland twee landelijke TV producten aan: Digitenne via DVB-T en interactieve TV via DSL en glasvezel (IPTV). In haar positionering wordt Digitenne vooral neergezet als een relatief voordelig TV product met een hoog installatiegemak. Interactieve TV is het product met meer uitgebreide diensten die op dienstmogelijkheden is neergezet als directe concurrent van de kabel. KPN streeft ernaar om vooral groei te realiseren met het interactieve TV product. Dit blijkt ook uit de gerapporteerde aantallen abonnees (zie Figuur 4-19). Waar Digitenne langzaam terugloopt vertoont interactieve TV een sterke stijging. Er zijn daarom de komende jaren weinig (technische) innovaties te verwachten voor de Digitenne dienst.



Figuur 4-19: Aantal abonnees van KPN van de Digitenne dienst en interactieve TV dienst.

<sup>93</sup> Bron:GfK.

### Belangrijke spelers

De grootste aanbieders van zenders of terminals in Nederland zijn: Samsung (Digitenne decoder), Conax (Digitenne insteekkaarten), Funke (antenne) en Rohde&Schwarz of Harris Corporation (zenders).

Na de overname van Digitenne is KPN in Nederland de enige netwerkoperator van DVB-T. Andere belangrijke operators van betaalde DVB-T diensten in Europa zijn<sup>94</sup>:

Frankrijk: Canal Plus Group, TV Numeric en Vestavision

Italië: Mediaset en Dahlia TV

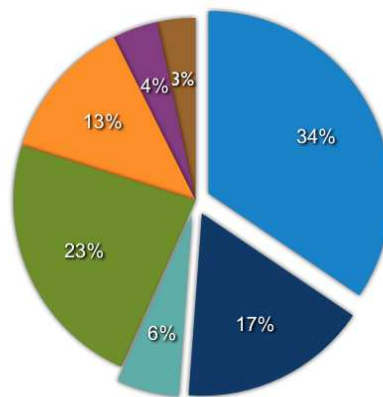
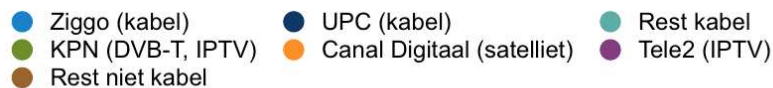
VK: Top Up TV

Spanje: La Sexta

In het Verenigd Koninkrijk wordt DVB-T2 aangeboden als DTV services (commerciële naam is: Freeview) door een samenwerking van BBC, ITV, Channel 4, Sky en transmitter operator Arqiva.

### Operators en hun marktaandeel

In Q4 2011 bedroeg het marktaandeel van Digitenne op de digitale TV markt in *Nederland* 13,6%. De marktaandelen van de aanbieders worden weergegeven in Figuur 4-20.



Bron: NLkabel, jaarverslagen bedrijven en 'monitor digitale TV in Nederland' (IMMovator).

Figuur 4-20: Digitale TV markt in Nederland in Q4 2011<sup>95</sup>.

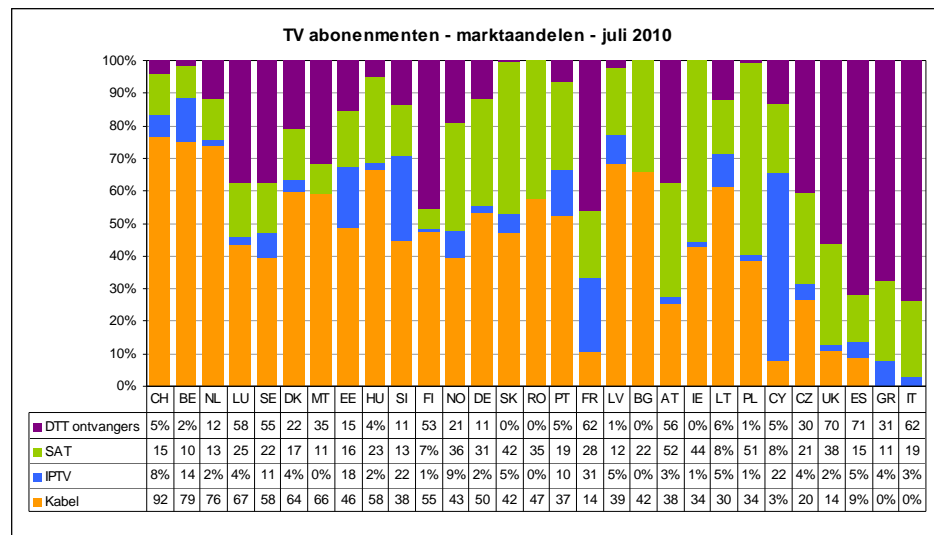
Het aantal abonnees laat na een sterke stijging de afgelopen jaren een afname zien sinds Q4 2010 en in 2011. Het zal moeten blijken of deze trend zich doorzet, of dat het aantal abonnees zich gaat stabiliseren of eventueel weer groeien. Wel moet worden opgemerkt dat er ook huishoudens zijn die zowel interactieve TV van KPN als Digitenne hebben. Deze huishoudens worden door KPN gerapporteerd als interactieve TV abonnees. KPN heeft in 2011 het aantal televisiekanalen uitgebreid

<sup>94</sup> <http://mavise.obs.coe.int>

<sup>95</sup> NLkabel.

voor Digitenne. Doordat KPN stopte met DVB-H is er landelijk één multiplex extra voor het zenderaanbod van Digitenne beschikbaar gekomen, die ruimte biedt aan 4-8 kanalen. KPN heeft aangegeven de televisiezenders 13Th Street en SLAM! TV toe te voegen aan Digitenne. Daarnaast vervangt KPN de erotische zender Private Spice door een andere erotische zender<sup>96</sup>. Tenslotte heeft KPN in januari 2011 een distributieovereenkomst met BBC Worldwide Channels gesloten voor de doorgifte van landelijke televisie- en radiokanalen van de Britse publieke omroep BBC. Hierdoor komen de televisiekanalen BBC One en BBC Two evenals de eerste vier landelijke radiokanalen van de BBC bij Digitenne beschikbaar<sup>97</sup>.

Om een indicatie te geven van de marktpenetratie in Europa zijn in Figuur 4-21 de marktaandelen van de belangrijkste netwerken voor televisie weergegeven, i.e. kabel (analoog en digitaal), IPTV, satelliet en DVB-T.



Figuur 4-21: Marktaandelen van technologieën voor TV ontvangst. Kabel omvat zowel analoge als digitale kabel. DTT heeft betrekking op DVB-T ontvanger. Huishoudens die gebruik maken van analoog terrestrisch zijn niet weergegeven in deze figuur. Deze cijfers zijn ook niet eenvoudig beschikbaar, omdat dit bijna altijd als FTA dienst wordt aangeboden, waarvoor geen registratie bij de aanbieder nodig is<sup>98</sup>.

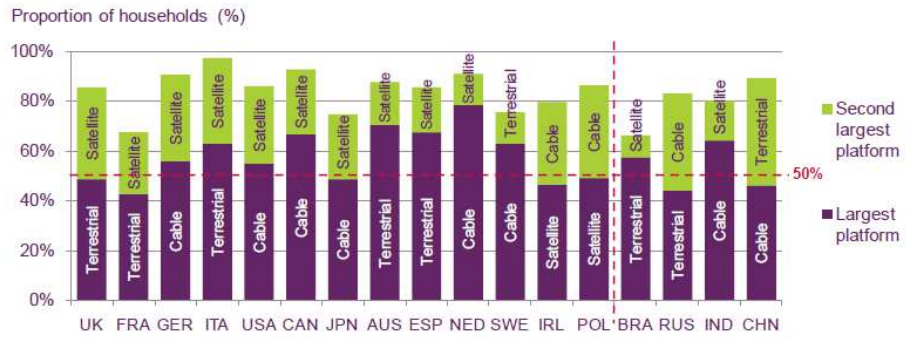
De markt voor betaalde televisie in Europa is uiterst divers en competitief. De profielen per land en regio zijn erg verschillend in Europa. Frankrijk, Italië en Spanje zijn typisch landen waarbij de penetratie van terrestrisch erg hoog is. In Nederland, België, Denemarken, Zweden en Zwitserland domineert kabel. In Midden- en Oost-Europa maken veel mensen gebruik van satelliet TV.

Ook *buiten Europa* is de markt zeer divers zoals in Figuur 4-22 te zien is.

<sup>96</sup> <http://www.kpn.com>

<sup>97</sup> <http://www.kpn.com>

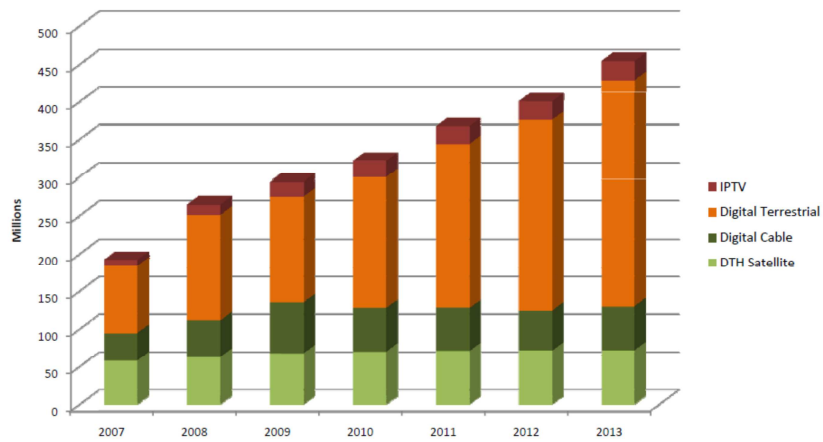
<sup>98</sup> Bron: European Audiovisual Observatory, <http://www.obs.coe.int>



Source: IDATE / industry data / Ofcom

Figuur 4-22: Overzicht van primaire en secundaire ontvangsttechniek voor de belangrijkste TV set in een huishouden.

Op dit moment hebben de kabeloperators het grootste aantal abonnees in Europa. Het marktaandeel van DVB-T zal naar verwachting in de komende jaren sterk toenemen door de landen in Azië en Afrika, die nog overschakelen van analoge naar digitale terrestrische ontvangst. Figuur 4-23 toont de verwachte groei in het aantal DTT ontvangers (oranje balk).



Figuur 4-23: Ontwikkeling DTT settopboxen verkoop, aantallen wereldwijd<sup>99</sup>.

<sup>99</sup> Bron: Digital Tech Consulting.



## 4.7 T-DMB

### 4.7.1 Algemeen

#### Technologietype

Terrestrisch omroepnetwerk voor mobiele TV en radio toepassingen.

#### Achtergrond

T-DMB (Terrestrial - Digital Multimedia Broadcasting) is een van DAB afgeleide techniek om multimedia (radio, TV and datacasting) naar mobiele apparaten, zoals mobiele telefoons te zenden. De techniek is in Zuid-Korea<sup>100</sup> ontwikkeld in het kader van een nationaal IT-project om multimediasdiensten voor mobiele apparaten te ontwikkelen, en oorspronkelijk bedoeld om FM radio te vervangen. De eerste officiële mobiele TV dienst op basis van T-DMB startte in mei 2005, maar testen werden al veel eerder uitgevoerd. Sindsdien is het onderliggende standaardisatieorgaan WorldDAB<sup>101</sup> bezig om de technologie ook buiten Zuid-Korea te promoten.

T-DMB vertoont gelijkenissen met DVB-H. T-DMB gebruikt – in tegenstelling tot S-DMB – uitzendingen via aardse zendmasten (en dus geen satellieten).

#### Beschikbaarheid

In Nederland zijn op 11 februari 2009 vergunningen verleend aan Mobiele TV Nederland en Callmax Global om als digitale omroep uit te zenden in respectievelijk de VHF band III en de UHF L-band. Callmax en MTVNL hebben voor de T-DMB technologie gekozen. In Nederland zijn er nog geen commerciële T-DMB gebaseerde diensten, hoewel Mobiele TV Nederland eerder via de website heeft aangekondigd op dat ze eind 2010 een dienst met landelijke dekking in bedrijf wilden hebben<sup>102</sup>. MTVNL bereidt thans een launch voor op basis van een Samsung toestel en een dongle voor iPhone en iPad. MTVNL heeft op dit moment drie zendlocaties actief waarmee mobiele televisie op demo basis wordt uitgezonden.

In Noorwegen is in 2009 de trial dienst MiniTV gelanceerd<sup>103</sup>. Mobiles Fernsehen Deutschland (MFD) is in 2008 gestopt met T-DMB uitzendingen. In veel landen doet men proeven met DMB. De T-DMB dienstverlening in Zuid Korea is het meest uitgebreid, en bestaat uit 7 TV kanalen, 12 radiokanalen en 8 datakanalen. Verder zijn er commerciële diensten beschikbaar in Ghana en China.

T-DMB zit in Nederland in de "Trough of Disillusionment" op de Gartner hype cycle (zie Figuur 4-24). In Zuid-Korea bijvoorbeeld zit het al op het "Plateau of Productivity". Het is onduidelijk of de technologie het "Plateau of Productivity" gaat bereiken in Nederland.

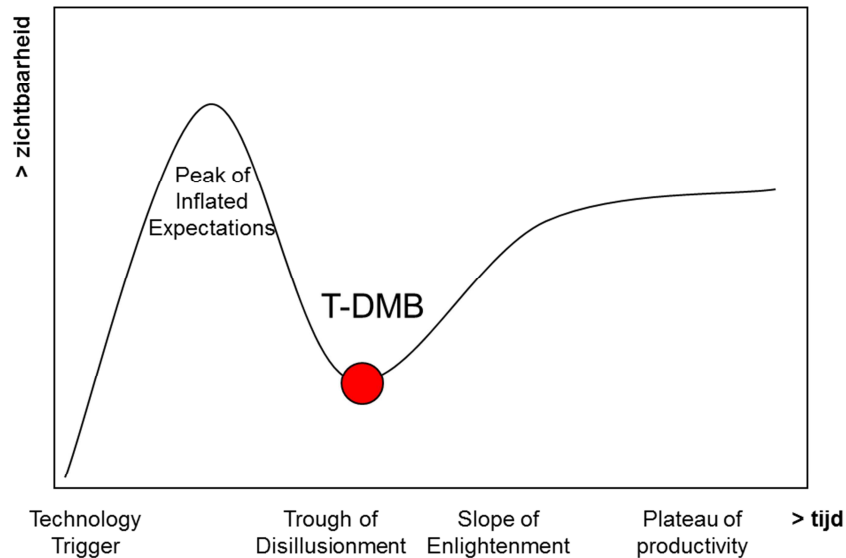
---

<sup>100</sup> <http://eng.t-dmb.org>

<sup>101</sup> <http://www.worlddab.org>

<sup>102</sup> <http://www.mtvnl.nl>

<sup>103</sup> <http://www.minitv.no>



Figuur 4-24: T-DMB in Nederland op de Gartner hype cycle.

### Diensten en toepassingen

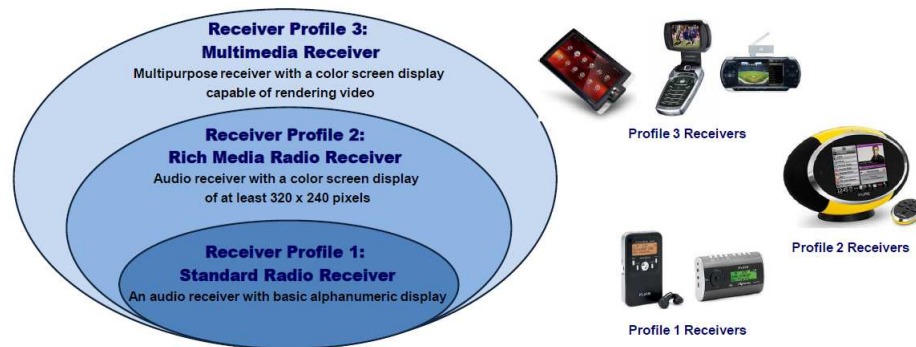
T-DMB wordt gebruikt voor het uitzenden van digitale TV en radio programma's en data op mobiele apparaten zoals telefoons. De technologie is geschikt voor deze diensten vanwege het omroepkarakter, waardoor een groot aantal mensen de programma's kan ontvangen met slechts een beperkt aantal strategisch geplaatste zendmasten. Daarnaast heeft de T-DMB dienst optimalisaties voor mobiele apparaten, die het stroomverbruik beperken en rekening houden met de beperkte schermgrootte. Tevens kan de technologie omgaan met mobiele terminals die zich met hoge snelheid verplaatsen.

### Terminals

Bij de WorldDAB organisatie zijn ruim 20 ontvangers geregistreerd die T-DMB uitzendingen kunnen ontvangen<sup>104</sup>. T-DMB-ontvangers zijn vrijwel altijd ook geschikt voor DAB ontvangst. Dit zijn voornamelijk mobiele mediaspelers en telefoons. De telefoons zijn echter niet geschikt voor 3G mobiele data communicatie in Europa (GSM, UMTS), en daardoor onbruikbaar in Europa.

De WorldDAB en WorldDMB organisatie hebben drie terminal profielen samengesteld om eenduidigheid te creëren in dienstenaanbod en afspeelcapaciteiten van ontvangers (zie Figuur 4-25). T-DMB toestellen bedoeld voor Mobiele TV vallen onder profiel 3.

<sup>104</sup> <http://www.worlddab.org>



Figuur 4-25: Terminalprofielen voor T-DMB.

In Zuid-Korea komen mobiele telefoons van onder andere fabrikant LG en Samsung op de markt die T-DMB ondersteunen. Deze toestellen zijn ongeschikt voor mobiele datacommunicatie in Europa, omdat ze de CDMA standaard ondersteunen in plaats van GSM.

In 2011 hebben het International DMB Advancement Group (IDAG) en tablet PC maker Enspert een samenwerkingsverband opgericht en de komst van een Android tablet aangekondigd met ingebouwde digitale radio en mobiele TV ontvangst op basis van DAB/DAB+ en T-DMB. Deze is nog niet verschenen. In maart 2012 hebben het IDAG en Samsung de aankondiging gedaan van de Samsung Galaxy S WiFi 5.0 internet device (geen telefoon) met T-DMB ondersteuning. Dit toestel komt beschikbaar in Duitsland, Nederland, Verenigd Koninkrijk, Zwitserland, Noorwegen en Zuid Afrika. In mei is de Samsung Galaxy S WiFi 5.0 in Zwitserland geïntroduceerd, maar ondersteuning van DMB is niet af te leiden van de gepubliceerde specificatie. Daarnaast zijn er ook dongles van Tivizen die aan te sluiten zijn op een iPhone of iPad.

### Relatie met andere technologieën

T-DMB is afgeleid van DAB en is op het gebied van audio dienstverlening concurrent hiervan.

Met de introductie van UMTS, HSDPA en andere 3G Mobiel Internet technologieën is het mogelijk geworden om via het mobiele datanetwerk televisiebeelden te ontvangen. Moderne high-end toestellen beschikken over deze technologie. Omdat de 3G dekking in Nederland (en vele andere West Europese landen) vrijwel 100% is, is ook de netwerkdekking van mobiele TV via 3G vrijwel 100%. Let wel, nog niet iedere operator biedt Mobile TV via 3G als commerciële dienst aan.

De concurrerende broadcast technologie is DVB-H, maar de commerciële dienstverlening is eind mei 2011 in Nederland gestaakt. Daarnaast heeft T-DMB concurrentie op het gebied van audio diensten van DVB-T, en van de kabel, waarmee ook analoge FM en digitale radio te ontvangen is.

Het is onduidelijk of mobiele TV via terrestrische omroepnetwerken zoals DVB-H en T-DMB het gaat winnen van mobiele TV gebaseerd op 3G en 4G mobiele datanetwerken. Onder meer een gebrek aan toestellen die geschikt zijn voor DVB-H en T-DMB voor de Europese markt vormt een barrière.

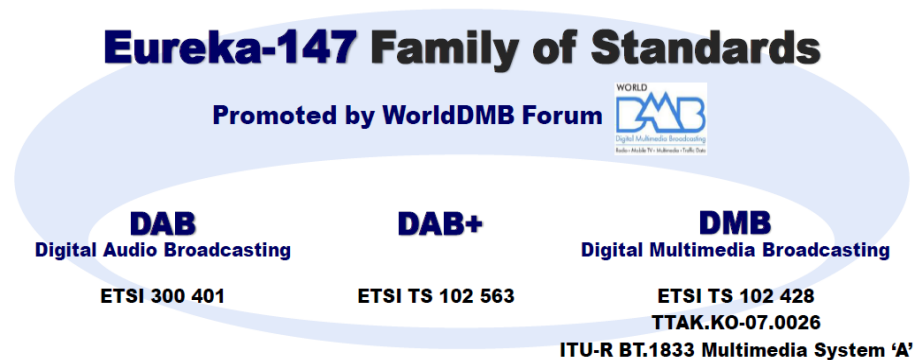
#### 4.7.2 Techniek

##### Onderliggende techniek

T-DMB is gebaseerd op COFDM, en maakt gebruik van DQPSK modulatie. De audio en video wordt getransporteerd in een MPEG transport stream (MPEG-TS) en wordt gebruik gemaakt van H.264 voor videocompressie en HE-AAC v2 voor audiocompressie. Ook wordt Forward Error Correction (FEC) op basis van Reed-Solomon toegepast, voor robuustheid van het ontvangstsignaal. Tevens wordt time-slicing toegepast, d.w.z. datatransmissie vindt plaats in bursts en niet continu om het batterijverbruik van de ontvanger te beperken.

##### Standaardisatie

T-DMB is, naast DAB en DAB+, onderdeel van de Eureka-147 familie van standaarden, uitgegeven door het WorldDMB<sup>105</sup> forum (zie Figuur 4-26). Dit forum is een internationale organisatie met als doel de promotie van Eureka 147 gebaseerde diensten in de wereld. De naam van de organisatie, WorldDMB, verwijst naar 'Digital Multimedia Broadcasting', dat radio, mobiele TV en datadiensten omvat. Het forum vertegenwoordigt meer dan 80 bedrijven en organisaties uit alle hoeken van de broadcasting industrie, afkomstig uit 25 landen.



Figuur 4-26: Overzicht van de Eureka-147 standaarden familie.

De courante standaard voor T-DMB is tevens gestandaardiseerd onder ETSI TS 102 428<sup>106</sup>. De DAB/DMB standaard heeft een aantal multimedia- en verkeersinformatie- en navigatie applicaties beschreven, i.e. Middleware / DAB Java, Digital Music Download (DMD), Voice Applications, Broadcast Web Site (BWS), SlideShow (SLS), TopNews, Dynamic Label, TPEG en TMC. Maar hoewel er veel dienstmodules *enabled* zijn is geen van de diensten volledig *end-to-end* gespecificeerd.

##### Frequentiebanden

T-DMB zendt uit in VHF band III (174-230 MHz), en in de UHF L band (1452-1479 MHz).

<sup>105</sup> <http://www.worlddab.org>

<sup>106</sup> <http://www.etsi.org>

### Datasnelheid

Technologie	<100 kbit/s	0.1-1 Mbit/s	1-10 Mbit/s	10-100 Mbit/s	>100Mbit/s
T-DMB		x	x		

De bitsnelheid voor een enkele T-DMB multiplex (een frequentieband van 7 of 8 MHz) ligt tussen de 1,1 en 1,6 Mbit/s, en is afhankelijk van verschillende instellingen in het netwerk<sup>107</sup>.

### Bereik

Technologie	indoor	< 1 km	1-10 km	>10 km	>100km
T-DMB				x	

Het ontvangstbereik van T-DMB is afhankelijk van de gebruikte apparatuur, met name de ontvangstantenne. In Nederland heeft T-DMB nog geen dekking.

T-DMB is ontworpen voor mobiliteit, en geschikt voor ontvangst bij hoge snelheden (tot 200 kilometer per uur).

### Quality of service

T-DMB kent geen traditionele QoS klassen, maar de beeldkwaliteit (let op, dus niet de ontvangstkwaliteit) van een zender hangt af van de gebruikte bitsnelheid. Dit wordt per zender door de netwerkoperator vastgesteld en is – vanwege het broadcast karakter van de technologie – voor alle gebruikers gelijk.

T-DMB maakt geen onderscheid in prioriteit en latency. De ontvangstkwaliteit wordt bepaald door de modulatietechniek, de gebruikte FEC en het guard interval.

### Informatiebeveiliging

T-DMB bevat geen beveiligingsmechanisme. Eventuele bescherming zal op content niveau moeten gebeuren via een DRM systeem of Conditional Access. In de praktijk wordt hier geen gebruik van gemaakt.

## 4.7.3 Markt

### Marktpenetratie

Technologie	Nederland	Europa	Wereld
T-DMB	n/a	n/a	1%

In Nederland zijn op 11 februari 2009 vergunningen verleend aan Mobiele TV Nederland en Callmax Global om T-DMB te zenden in respectievelijk band III en de L-band<sup>108</sup>. Beide partijen zijn bezig om (commerciële) diensten aan te bieden volgens de T-DMB standaard en hadden aangekondigd in de loop van 2010 het volledige netwerk uit te rollen. De uitrol van Callmax staat echter in de ijskast. Mobiele TV NL bereidt een launch voor voor eind 2012. Er is een testnetwerk operationeel met drie zendlocaties. Er zijn voor zover bekend nog geen commerciële diensten in Nederland beschikbaar op basis van T-DMB.

Ter vergelijking hebben de volgende landen T-DMB diensten gelanceerd: Zuid-Korea, Ghana en (delen van) China hebben een commerciële Mobiele TV dienst. In Frankrijk wordt DMB gebruikt voor radio (audio). In Noorwegen, Italië, Polen,

<sup>107</sup> <http://www.digitalradiotech.co.uk>

<sup>108</sup> <http://radio-tv-nederland.nl>

Maleisië, China, Australië, Singapore lopen of liepen trials<sup>109</sup>. De beperkte beschikbaarheid van informatie maakt het niet mogelijk om vergelijkende uitspraken te doen over de marktpenetratie van T-DMB. Een selectie van landen wordt hieronder toelicht.

De meest succesvolle uitrol van T-DMB is in **Zuid-Korea**<sup>110</sup> met een dekking van 75% bij een populatie van 59 miljoen. Medio 2009 zijn er een paar honderd T-DMB modellen beschikbaar op de Zuid-Koreaanse markt. Daarnaast laat het gebruik van mobiele TV een jaarlijkse groei zien, met een adoptie van 22 miljoen mobiele tv kijkers in 2009<sup>111</sup>.

**China**<sup>112</sup> is het tweede land in Azië met een T-DMB uitrol. Eind 2008 was er T-DMB dekking in de provincies Guangzhou, Beijing (dekking: 12 miljoen inwoners), Shanghai (dekking: 15 miljoen inwoners), Dalian (dekking: 5.4 miljoen inwoners), Henan, Hangzhou, Shengyang, Jiangsu, Shenzhen, Changsha and Kunming.

In *Europa*<sup>113</sup> zijn sinds 2009 T-DMB trial diensten beschikbaar in **Noorwegen** met een dekkingsgebied rondom Oslo. In **Frankrijk** is door de overheid besloten om DMB-A voor radio als standaard te gebruiken, vermarkt onder de naam Radio Numérique Terrestre (RNT) en die verschilt van DMB in Korea voor wat betreft de audio codecs. In 2011 zijn er een aantal trials gehouden. In **Polen** zijn er sinds 2009 trials op het gebied van DAB+ radio en T-DMB mobiele video diensten gestart in de omgeving van Warschau. In **Italië** worden de ontwikkelingen commerciëler na jaren van testen en trials. Er is nu een standaard die verplichte ondersteuning van ontvangers voorschrijft van FM RDS; DAB+ DMB band L & band III. Broadcasters kunnen kiezen om hun radiuitzendingen te verzorgen in DAB, DAB+ of T-DMB.

In *Afrika*<sup>114</sup> is **Ghana** het enige land met een commerciële T-DMB dienst. Deze is sinds 2008 actief en heeft een landelijke dekking. **Zuid-Afrika** voert testen uit met Mobiele TV op basis van T-DMB in de provincie Gauteng.

In Azië is er een trial gaande in **Maleisië**, waarbij 2 TV kanalen en 1 audio kanaal wordt uitgezonden. In **Vietnam** staan in Ho Chi Minh 3 T-DMB trial zendmasten met de planning dit op te schalen naar een dekking van 10 steden.

In Tsjechië, Indonesië, Australië, Canada, India en Monaco zijn in het verleden testen uitgevoerd met DMB. Figuur 4-27 laat de wereldwijde adoptie van T-DMB zien.

---

<sup>109</sup> <http://www.theidag.org>

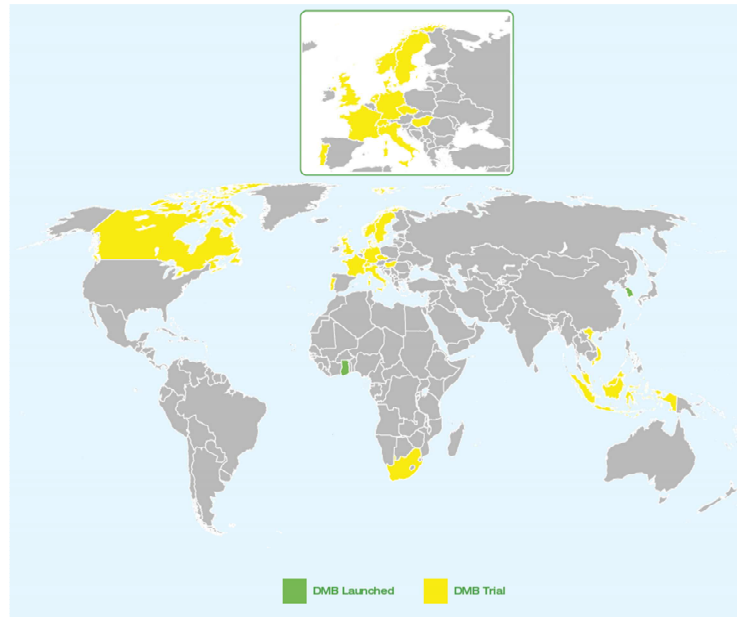
<sup>110</sup> <http://www.worlddab.org>

<sup>111</sup> <http://www.koreatimes.co.kr>

<sup>112</sup> <http://www.worlddab.org>

<sup>113</sup> <http://www.worlddab.org>; <http://www.broadbandtvnews.com>

<sup>114</sup> <http://www.worlddab.org>



Figuur 4-27: Overzicht van de uitrol van diensten gebaseerd op DMB<sup>115</sup>.

### Belangrijke spelers

In Nederland zijn twee partijen licentiehouders van T-DMB: Mobiele TV Nederland en Callmax Global. Mobiele TV Nederland is bezig met het voorbereiden van de uitrol in Nederland. Deze partijen kunnen ook de rol van service provider op zich nemen. Ook het aanbieden in Wholesale format behoort tot de mogelijkheden, bijvoorbeeld aan potentiële service providers zoals telecom operators (Vodafone, T-Mobile), kabelmaatschappijen (Ziggo) en andere commerciële partijen (o.a. Rabobank)<sup>116</sup>.

In Zuid-Korea wordt broadcasting gereguleerd door The Ministry of Information and Communication en The Korean Broadcasting Commission.

In Noorwegen is de trial T-DMB dienst gelanceerd door het Norwegian Mobile TV Corporation (NMTV) in samenwerking met de drie grote broadcasters van Noorwegen: NRK (de publieke omroep), TV2 en Modern Times Group (MTG)<sup>117</sup>.

De voornaamste aanbieders van mobiele terminals zijn Samsung en LG.

### Operators en hun marktaandeel

In Nederland zijn er nog geen (commerciële) diensten op T-DMB.

<sup>115</sup> World DMB, Global Broadcasting Update DAB/DAB+/DMB, januari 2012

<sup>116</sup> <http://www.mtvnl.nl>

<sup>117</sup> <http://www.broadbandtvnews.com>





## 4.8 DAB(+)

### 4.8.1 Algemeen

#### Technologietype

Terrestrisch omroepnetwerk voor audio-toepassingen.

#### Achtergrond

Digital Audio Broadcasting (DAB) is een digitale radiotechnologie voor het uitzenden van radiostations, welke voornamelijk in Europa gebruikt wordt. Het is ontwikkeld als alternatief voor analoge FM radio, met als voordelen een storingsvrije ontvangst en minder benodigde bandbreedte per zender. DAB is ontwikkeld in de jaren '80 en technisch beschikbaar sinds 1993. Er zijn inmiddels meer dan 1000 stations wereldwijd die uitzenden in DAB. DAB+ is de opvolger van DAB, waarmee ook MPEG surround audio ontvangen kan worden. Verschillende landen doen proeven met DAB+.

#### Beschikbaarheid

DAB+ is in Nederland als proef beschikbaar in Eindhoven via operator Callmax<sup>118</sup>. DAB (niet DAB+) uitzendingen worden verzorgd in Nederland door de publieke omroepen, bestaande uit een pakket van negen uitzendingen (Radio 1, Radio 2, 3FM, Radio 4, Radio 5, Radio 6, 24Nieuws, Radio Top 2000 en FunX).

In april 2011 is het besluit gevallen dat de vergunningen van de landelijke en de niet-landelijke commerciële omroepen voor analoge uitzendingen verlengd worden tot 2017<sup>119</sup>. Om digitalisering van ether radio mogelijk te maken, wordt aan de verlenging de voorwaarde gekoppeld dat per 1 september 2015 alle zenders uit de multiplex te ontvangen is in 80% van het geografische grondgebied van Nederland (outdoor-dekking). In juni 2012 hebben KPN en de Nederlandse Publieke Omroep een overeenkomst gesloten voor de landelijke uitrol van digitale radio volgens de T-DAB-standaard<sup>120</sup>. Het KPN nieuwsbericht vermeldt dat het nieuwe T-DAB(+) netwerk in drie fasen zal worden gebouwd. De eerste fase is per 1 december 2012 a.s. operationeel en vervangt voornamelijk het huidige zendernetwerk, om de ontvangst verder te verbeteren. Afhankelijk van het succes van T-DAB zal NPO besluiten om per 1 september 2015 het netwerk met 14 zendlocaties uit te breiden. Hierdoor wordt een volledige landelijke dekking mogelijk. Per september 2017 zal het netwerk nogmaals worden uitgebreid met 24 extra zendlocaties waardoor het mogelijk wordt om het radiosignaal moeiteloos binnenshuis te ontvangen. Op termijn zal de huidige T-DAB standaard worden vervangen door een nieuwe techniek, T-DAB+. Deze nieuwe techniek geeft de mogelijkheid meer digitale programma's uit te zenden dan met de T-DAB standaard.

Verder is de dienst commercieel beschikbaar in een aantal landen, loopt er in veel landen een proef met DAB+ en zijn er al meerdere landen met een (gedeeltelijk dekkend) DAB netwerk.

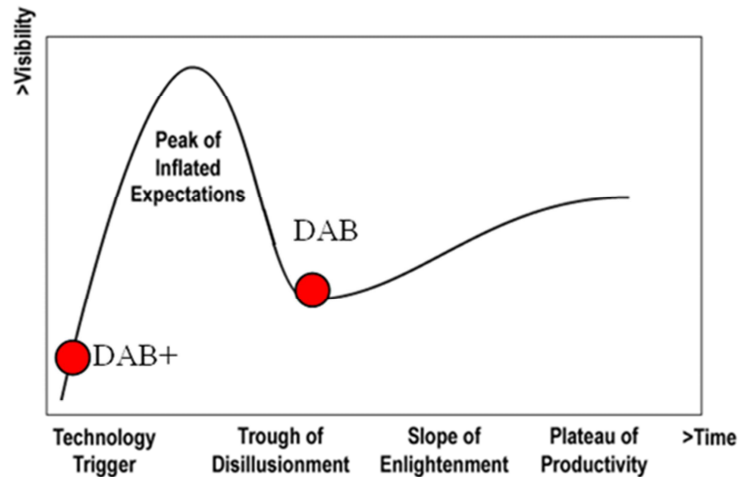
DAB+ zit in het begin van de 'technology trigger' op de Gartner hype cycle, zie Figuur 4-28. DAB zit in het dal van desillusie vanwege de tegenvallende

<sup>118</sup> <http://radio-tv-nederland.nl>

<sup>119</sup> <http://www.agentschaptelecom.nl>

<sup>120</sup> <http://forum.kpn.com/t5/News-stream/KPN-en-NPO-zetten-samenwerking-digitalisering-publieke/ba-p/34655>

geluidskwaliteit en het feit dat DAB er tot dusver niet in geslaagd is om FM te vervangen. Al met al verloopt de adoptie van DAB(+) in Europa en Nederland dus traag.



Figuur 4-28: Positie van DAB en DAB+ op de Gartner hype cycle.

### Diensten en toepassingen

DAB+ wordt gebruikt voor het uitzenden van digitale radioprogramma's. De technologie is geschikt voor deze diensten vanwege het omroepkarakter, waardoor een groot aantal mensen de programma's kan ontvangen met slechts een beperkt aantal strategisch geplaatste zendmasten.

### Terminals

Bij de WorldDAB organisatie zijn inmiddels meer dan 40 ontvangers geregistreerd die DAB+ uitzendingen kunnen ontvangen<sup>121</sup>. Dit zijn voornamelijk portable ontvangers voor thuisgebruik en een enkele high-end ontvanger. DAB is met meer dan 300 ontvangers veel wijder verspreid.

DAB+ ontvangers zijn vrijwel altijd ook geschikt voor DAB en FM radio ontvangst.

### Relatie met andere technologieën

De grote concurrent van DAB(+) is nog steeds analoge FM radio. FM radio heeft in Nederland 100% dekking (met uitzondering van de regionale omroepen), en alle vaste, draagbare en autoradio apparatuur kan FM radio ontvangen. Ook in landen waar een overschakeling op DAB(+) is aangekondigd ondervindt men veel oppositie van partijen die van mening zijn dat FM in alle behoeftes van de consumenten voorziet. De overschakeling op DAB zou grote kosten en ongemakken met zich meebrengen, gezien de grote verspreiding van draagbare FM ontvangers en FM autoradio's. Daarnaast betekent de inzet van DAB dat er veel meer radiostations uitgezonden kunnen worden. Voor de bestaande stations op FM is dit niet noodzakelijk gunstig, want het betekent dus een toename van concurrentie en een verdeling van de advertentiegelden over veel meer spelers. In veel landen zijn de bestaande stations dan ook kritisch over de ontwikkeling van DAB en DAB+.

<sup>121</sup> <http://www.worlddab.org>

Vervolgens is ook Internetradio een grote concurrent voor digitale ontvangst voor radio. Hoewel men kan twisten over de efficiëntie van radio via (mobiel) Internet, is de penetratie van Internet-enabled devices in kantooromgevingen en mobiel wel zeer groot.

Daarnaast zendt ook DVB-T radioprogramma's uit en is via de kabel ook analoge FM en digitale radio te ontvangen<sup>122</sup>. Tenslotte bestaat er nog een technologie genaamd Digital Radio Mondiale; een set van technologieën die gebruik maakt van de huidige AM radio band<sup>123</sup>.

#### 4.8.2 Techniek

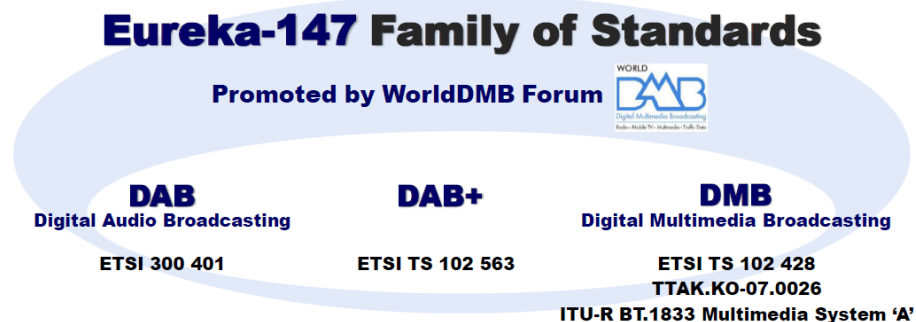
##### Onderliggende techniek

DAB+ is gebaseerd op COFDM (Coded Orthogonal Frequency-Division Multiplexing) en DQPSK modulatie. COFDM is een modulatie methode die een enkel radiosignaal verdeelt in 1000 of meer verschillende signaaldragers. Deze signalen worden orthogonaal (haaks op elkaar) verzonden zodat er geen interferentie (ongewenste wisselwerking) optreedt tussen de signaaldragers. COFDM kan zeer goed overweg met interferentie afkomstig van reflecties.

Audiocompressie is gebaseerd op AAC+, waarmee ook MPEG surround sound ontvangst mogelijk is. Daarnaast gebruikt DAB+ Reed–Solomon foutcorrectie, welke ook bij DVB-T wordt toegepast. Ten opzichte van DAB heeft DAB+ hierdoor een veel betere geluidskwaliteit.

##### Standaardisatie

DAB+ is, naast DAB en DMB, onderdeel van de Eureka-147 familie van standaarden (zie Figuur 4-29), uitgegeven door WorldDAB<sup>124</sup>. DAB+ is tevens gestandaardiseerd onder ETSI TS 102 563 v.1.1.1<sup>125</sup>.



Figuur 4-29: Overzicht van de Eureka-147 standaarden familie.

##### Frequentiebanden

In Europa zijn de TV-band III (174–240 MHz) (VHF) en de L-Band (1452–1492 MHz) (UHF) gedefinieerd voor DAB en DAB+. In Nederland en België wordt DAB momenteel alleen in band III uitgezonden, maar er zijn in Nederland tests geweest in de L-band.

<sup>122</sup> <http://www.ebu.ch>

<sup>123</sup> <http://www.drm.org>

<sup>124</sup> <http://www.worlddab.org>

<sup>125</sup> <http://www.etsi.org>

### Datasnelheid

Technologie	<100 kbit/s	0.1-1 Mbit/s	1-10 Mbit/s	10-100 Mbit/s	>100Mbit/s
DAB en DAB+			x		

De gebruikte bitsnelheid voor DAB is variabel in te stellen. Doorgaans is deze 128 kbit/s per audiostream, maar hogere bitsnelheden zijn mogelijk; incidenteel zijn er 160- en 192 kbit/s-uitzendingen. De in deze tabel aangegeven score geldt voor de capaciteit van een volledige multiplex.

### Bereik

Technologie	indoor	< 1 km	1-10 km	>10 km	>100km
DAB en DAB+				x	

Het ontvangstbereik van DAB is afhankelijk van de gebruikte apparatuur, met name de ontvangstantenne. DAB (en dus ook DAB+) heeft nog geen landelijke dekking; voornamelijk de Randstad en het midden van het land worden bediend<sup>126</sup>. Zie Figuur 4-30.



Figuur 4-30: DAB dekkingsgebied in Nederland.

DAB is ontworpen voor mobiliteit, en geschikt voor ontvangst bij hoge snelheden (boven de 200 km/h).

### Quality of service

DAB kent geen traditionele QoS-klassen, maar de audiokwaliteit (let op, dus niet de ontvangstkwaliteit) van een zender hangt af van de gebruikte bitsnelheid. Dit wordt per zender door de netwerkoperator vastgesteld en is – vanwege het omroepkarakter van de technologie – voor alle gebruikers gelijk.

<sup>126</sup> <http://www.frequentieland.nl>

DAB maakt geen onderscheid in prioriteit en latency. De ontvangstkwaliteit wordt bepaald door de modulatietechniek, de gebruikte FEC en het guard interval.

### Informatiebeveiliging

DAB bevat geen beveiligingsmechanisme.

#### 4.8.3 Markt

### Marktpenetratie

Technologie	Nederland	Europa	Wereld
DAB	70% dekking	50% dekking	3% dekking

In Nederland is momenteel alleen de publieke omroep via DAB te beluisteren. Ook in België zenden alleen de openbare omroepen VRT, RTBF en BRF uit. De DAB dekking in Nederland is 70% bij een populatie van 16 miljoen personen. Voor zover bekend is DAB+ in Nederland nog niet uitgerold en is er dus nog geen sprake van marktpenetratie. Duidelijk is wel dat Nederland internationaal gezien enigszins achterloopt met de ontwikkeling van DAB(+)<sup>127</sup>. DAB+ broadcast is sinds augustus 2011 beschikbaar in Duitsland. Verder is DAB+ beschikbaar in Malta, Zwitserland<sup>128</sup> en Australië. Polen, Spanje, Zweden, Nieuw Zeeland en Italië voeren proeven uit met DAB+. Andere landen volgen. In het Verenigd Koninkrijk, Zweden, Canada, België, Spanje en Denemarken is al enige tijd een DAB netwerk actief.

Het voornemen van de Nederlandse overheid uit 2009 om de verlenging van commerciële FM en AM licenties te koppelen aan een verplichte uitrol van een digitale infrastructuur voor radio-omroep is een direct gevolg van deze achterstandspositie. Een overzicht van landen met DAB en desbetreffende landelijke dekking wordt aangegeven in Tabel 4-4 en Tabel 4-5<sup>129</sup>.

Tabel 4-4: DAB-bedekking binnen Europa.

Landen binnen Europa	Populatie (x mln)	DAB dekking
België	10.5	100%
Denemarken	5.5	48%
Duitsland	83	70%
Hongarije	10.1	30%
Ierland	4	56%
Italië	59	75%
Malta	0.4	100%
Nederland	16	70%
Noorwegen	4.9	80%
Oostenrijk	8.3	19%
Polen	38.5	5%

<sup>127</sup> <http://www.radio.nl>; <http://www.digi-radio.nl>

<sup>128</sup> <http://digitalradio.ch>

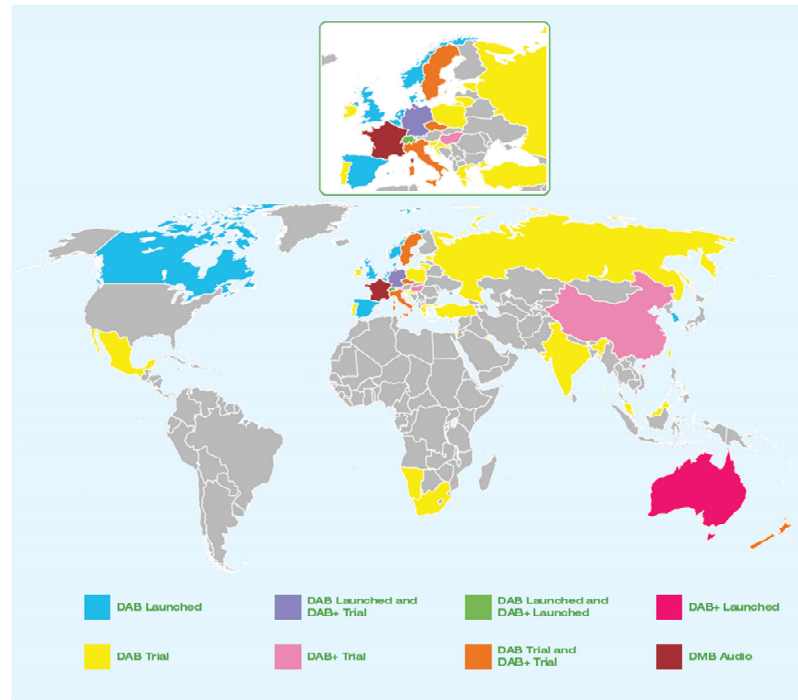
<sup>129</sup> Global Broadcasting Update – DAB/DAB+/DMB, 2010

Landen binnen Europa	Populatie (x mln)	DAB dekking
Spanje	45	52%
Tsjechië	10.3	15%
Verenigd Koninkrijk	60.6	85%
Zweden	9.1	35%
Zwitserland	7.5	93%

Tabel 4-5: DAB-bedekking buiten Europa.

Landen buiten Europa	Populatie (x mln)	DAB dekking
Australië	20.6	15%
Canada	33.2	30%
China	1320	8%
Israël	7.2	85%
Singapore	4.5	99%
Taiwan	24	90%
Zuid Afrika	47.9	18%
Zuid Korea	59	75%

Figuur 4-31 geeft de situatie weer ten aanzien van de uitrol van DAB en DAB+ netwerken wereldwijd (trials of operationeel).



Figuur 4-31: Status van beschikbaarheid van DAB en DAB+ wereldwijd<sup>130</sup>.

Een andere graadmeter om inzicht te geven in de adoptie van DAB, is door te kijken naar het aantal verkochte DAB radiotoestellen per 100 huishoudens in een desbetreffend land. Tabel 4-6 geeft een overzicht<sup>131</sup> van Nederland ten opzichte van een geselecteerd aantal Europese landen.

Tabel 4-6: Adoptie van DAB in een aantal Europese landen.

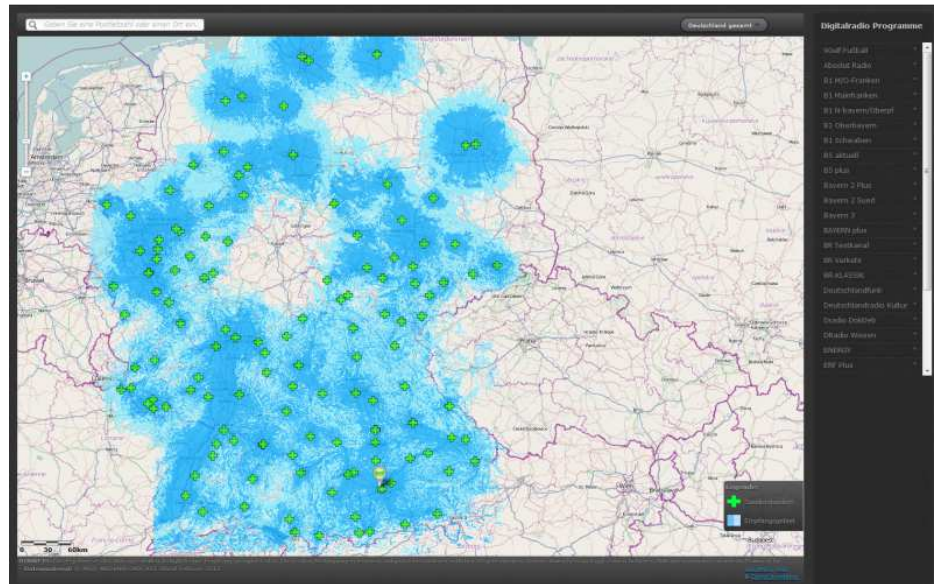
Land	Jaar start pilot	Jaar DAB intro	Aantal verkochte DAB-ontvangers per 100 huishoudens		
			2007-Q1	2008-Q4	2009-Q3
Belgie	1997	2000	1.2	onbekend	onbekend
Denemarken	1995	2001	13.6	45.5	onbekend
Duitsland	onbekend	1999	1.1	1.6	onbekend
Frankrijk	1998	nvt	onbekend	onbekend	onbekend
Ierland	2006	nvt	onbekend	onbekend	onbekend
Nederland	2004	nvt	0.1	onbekend	onbekend
Verenigd Koninkrijk	onbekend	1995	14.4	26.8	38.6

Overigens is er geen directe relatie tussen het zenderaanbod en de mate van adoptie. In Duitsland ligt het aantal unieke zenders hoog, maar blijft de adoptie achter. Het tegenovergestelde is te constateren in Denemarken, waar een relatief hoge adoptie is terwijl het aantal unieke zenders beperkt is. Over het algemeen blijft de adoptie achter bij de verwachtingen. Toch zijn er een paar relevante ontwikkelingen geweest in Duitsland, Frankrijk en Noorwegen met betrekking tot DAB(+).

<sup>130</sup> World DMB, Global Broadcasting Update DAB/DAB+/DMB, januari 2012.

<sup>131</sup> De impact van de digitalisering van de etherradio voor de luisteraar- Dialogic (2009)

In **Duitsland** is sinds augustus 2011 een DAB en DAB+ dienst live. Er is een overeenkomst gesloten tussen een aantal commerciële radiozenders en Media Broadcast GmbH die de taak van netwerkoperator op zich neemt. Veertien radiostations zijn te beluisteren in grote delen van Duitsland (zie Figuur 4-32). De netwerkoperator heeft 27 zendmasten on-air en zal het netwerk tot 2014 verder uitbreiden om een landelijke dekking te realiseren.



Figuur 4-32: DAB en DAB+ dekking in Duitsland<sup>132</sup>.

De dienst bestaat uit de onderstaande 15 nationale radio zenders en een groot aantal regionale zenders:

- Deutschlandradio (Deutschlandfunk, Deutschlandradio Kultur, Dradio Wissen)
- REGIOCAST DIGITAL (90elf-Das Fußballradio, Sunshine live, Radio BOB!)
- Die Neue Welle, (Absolut radio)
- ERF (ERF radio, ERF pop)
- Entspannungsradio (Lounge FM)
- NRJ (ENERGY)o Klassik Radio (Klassikradio)
- NWZ/FOM (kiss fm)o Radio Horeb (Radio Horeb)

In **Frankrijk** is in 2011 een proef gehouden met radio op basis van de DAB familie, i.e. DMB-A. In Frankrijk word de commerciële dienstverlening op basis van DAB jaar na jaar uitgesteld. Dit komt onder meer door protesten van radiostations vanwege vermeende kosten en, vaak onuitgesproken, de angst voor meer concurrentie omdat er veel meer radiozenders aangeboden kunnen worden met DAB(+) technologie ten opzichte van FM radio.

De drie trials vonden plaats in Lyon, Loire-regio en Marseille (zie Figuur 4-33). Er wordt verwacht dat in de loop van 2012 er nog 20 andere trials van start zullen gaan.

<sup>132</sup> [www.digitalradio.de](http://www.digitalradio.de)





Figuur 4-33: Overzicht van de DAB trials in Frankrijk.

In **Noorwegen** heeft men aangekondigd om FM af te schakelen in januari 2017. De afschakeling vindt pas plaats nadat aan een aantal stringente voorwaarden is voldaan<sup>133</sup>. Noorwegen volgt daarmee voorgenomen besluiten om digitale radio te stimuleren van het **Verenigd Koninkrijk** en **Frankrijk**. In het Verenigd Koninkrijk zijn er ook – heftig bekritiseerde<sup>133</sup> - voornemens om in 2015 FM radio af te schakelen. In Frankrijk is in 2009 een wet aangenomen omtrent de integratie van digitale ontvangers in radio's<sup>134</sup>.

#### Belangrijke spelers

Nationale overheden spelen een belangrijke rol in het succes van DAB. Daarnaast blijkt uit verschillende landen cases dat DAB goed van de grond komt bij een succesvolle samenwerking tussen lokale overheden, broadcast partners en commerciële omroepen<sup>134</sup>. Daarnaast spelen ook autofabrikanten een belangrijke rol bij de adoptie van DAB devices.

#### Operators en hun marktaandeel

Er is geen informatie beschikbaar over operators en hun marktaandelen. In Nederland wordt op dit moment vooral uitgezonden door publieke omroepen op basis van free-to-air, daarmee is sprake van een gelijkmatige verdeling van het marktaandeel.

<sup>133</sup> <http://grantgoddardradioblog.blogspot.com>

<sup>134</sup> <http://www.worlddab.org>



## 4.9 TETRA

### 4.9.1 Algemeen

#### Technologietype

TETRA is een open standaard voor gesloten cellulaire digitale mobiele radionetwerken ten behoeve van professionele gebruikers van *command and control* verbindingen, waarbij spraak de meest essentiële dienst is. TETRA wordt met name gebruikt in de OOV (Openbare Orde en Veiligheid) sector, zoals door politie, brandweer en ambulancediensten, voor defensie, in de transportsector en bij nutsbedrijven.

#### Achtergrond

TETRA is in 1990 als *Trans European Trunked Radio Access* begonnen als een Europees initiatief, ingegeven door het Schengen-akkoord waardoor landsgrenzen binnen Europa wegvielen. Hierdoor werd gebrek aan grensoverschrijdende OOV-communicatie onacceptabel.

De TETRA MoU (Memorandum of Understanding) Association, meestal kortweg aangeduid als TETRA Association, werd opgericht in december 1994 als forum dat optreedt namens alle belanghebbende partijen (gebruikers, fabrikanten, aanbieders van applicaties, exploitanten, etc.) om innovaties aan te dragen ter standaardisering door ETSI (European Telecommunication Standardisation Institute)<sup>135</sup>. Ook werd collectieve ondersteuning beoogd voor het verkrijgen van het benodigde spectrum. Rond 1995 werd het potentieel duidelijk voor een mondiale markt en veranderde de benaming voor TETRA in TERrestrial Trunked Radio (met het beschikbaar komen van toepassingen voor vliegende platformen is eigenlijk ook deze benaming discutabel). Na een initiële standaardisatie van de air interface eind 1995 werden eerste contracten gesloten en werd midden 1997 het eerste TETRA-systeem operationeel.

Wereldwijd telt de TETRA Association ca. 150 leden. TETRA wordt toegepast in diverse sectoren: naast OOV vindt TETRA zelfs een ongeveer even grote toepassing in de transportsector. Daarnaast is er toepassing voor Defensie en voor een diversiteit aan gebieden zoals nutsbedrijven, stedelijke overheden (stadstoezichten), penitentiaire inrichtingen, casino's, boorplatformen, bedrijfstreinen (procesindustrie, overslagsector), hotels, dierentuinen, Ferrari Formule-1, bloemenveilingen, en zelfs t.b.v. de ruimtevaart (Rusland).

Voor datacommunicatie waren de mogelijkheden aanvankelijk beperkt door de geringe kanaalbreedte en kwam uit een aantal opties ten slotte TEDS (TETRA Enhanced Data Services) als meest veelbelovend naar voren. Om nog meer geavanceerde datacommunicatiediensten met goede beschikbaarheid mogelijk te maken werd al in september 2000 een TETRA Release 2 Enhancement Programme voorgesteld aan ETSI, die deze ook zou goedkeuren. Pas in 2007 zou TETRA Release 2 zijn gestandaardiseerd maar komt het daadwerkelijk gebruik van geavanceerde datacommunicatiediensten moeizaam op gang. De TETRA Association is eind 2011 herdoopt in TCCA (TETRA & Critical Communications Association) om te benadrukken dat ook belangen van gebruikersgroepen buiten de OOV-sector en Defensie worden behartigd. TCCA overweegt serieus op termijn

---

<sup>135</sup> Doug Gray (chairman ETSI Project TETRA): *An overview of TETRA*, presentatie 2003.

TEDS los te laten omdat LTE zich opdringt als goedkoper systeem<sup>136</sup>, eerst aanvullend maar over circa 10 jaar mogelijk als relatief goedkopere vervanger van TETRA.

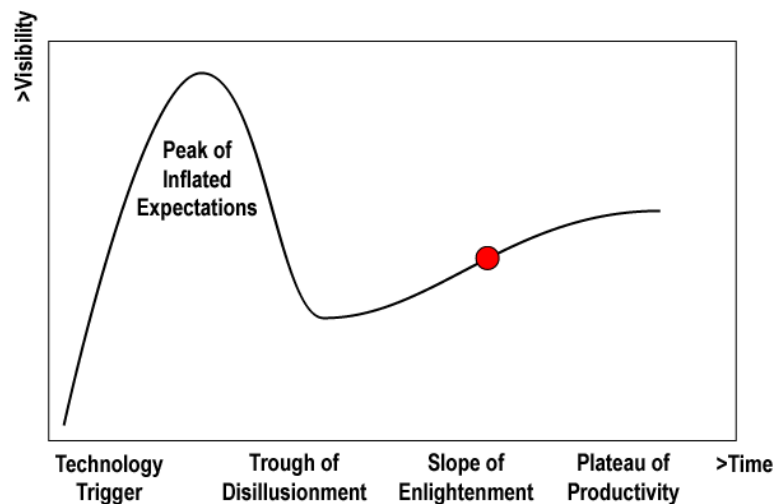
### Beschikbaarheid

TETRA Release 1 is mondiaal in ca. 110 landen in gebruik en is voor wat betreft de standaard uitontwikkeld. Verbetering op het gebied van Release 1 randapparatuur vindt plaats op radiofrequent-gebied en uitvoeringsvorm.

TETRA Release 2 netwerk- en terminalproducten zijn inmiddels op de markt verschenen. De specificatie voor interoperabiliteit van Release 2 netwerken is echter nog in ontwikkeling. Zo zijn Cassidian en APSI (Asia Pacific Satellite Communications Inc.) met pre-interoperability tests bezig tussen resp. TETRA netwerken en TEDS modems<sup>137</sup>. Er zijn wel al diverse projecten waar ook TEDS onderdeel is van het contract. Ook krijgen bestaande TETRA-netwerken een upgrade naar TEDS (bijvoorbeeld het Virve netwerk in Finland).

Duitsland bouwt momenteel het grootste TETRA-netwerk (500.000 gebruikers). Het Russische systeem voor de Olympische Winterspelen is voorbereid op TEDS.

Figuur 4-34 toont de positie van TETRA op de Gartner hype cycle.



Figuur 4-34: Gartner hype cycle voor TETRA Release 2.

### Diensten en toepassingen

TETRA Release 1 is primair ontworpen voor digitale spraak van goede kwaliteit, in principe in groeps gesprekken op basis van het "push-to-talk" principe waardoor nooit twee gebruikers tegelijkertijd kunnen praten. De standaard biedt ook de mogelijkheid voor full-duplex spraak. In trunking mode operation (TMO, zie onder Onderliggende Techniek) zijn spraak en data zwaar beveiligd door het specifieke TETRA Encryption Algorithm (TEA). Daarnaast beschrijft Release 1 als datadienst Packet Data Service (PDS) op basis van IP op gelijksoortige wijze als in GSM. Hiermee zijn datadiensten mogelijk tot zeer beperkte videokwaliteit (geen *streaming video*). Een dergelijke dienst kan theoretisch nog ondersteund worden door de zgn.

<sup>136</sup> Verbinding, December 2011, pp. 29-32.

<sup>137</sup> www.wireless-mag.com

Multi-slot Packet Data Service (MSPDS) maar dit wordt niet algemeen toegepast. Meer gangbaar is om via de in Release 1 beschreven SDS (Short Data Service, vergelijkbaar met SMS) tekstberichten uit te wisselen. Dit laatste is dan ook met alle TETRA Release 1 apparatuur mogelijk. Spraak- en datadiensten kunnen gelijktijdig afgeleverd worden bij de gebruiker.

TETRA Release 2 biedt mechanismen voor gebruik in helikopters en vliegtuigen maar bovenal *high speed data* in de vorm van TEDS (TETRA Enhanced Data Services). Er is nog geen duidelijke lijn onder de gebruikers ondanks TETRA Association workshops naar gewenste functionaliteiten, terwijl de TETRA Association zich al in 2008 en 2009 erg actief heeft opgesteld voor spectrum voor breedbanddata. Voorzichtige voorspellingen gaan uit van grootschalig datagebruik in ca. 3 jaar. Wel is behoefte aan een camera (in de *remote speaker mike*) om daarmee personen en situaties te kunnen fotograferen. Voorbeelden van diverse bestaande data-applicaties zijn<sup>138139</sup>: data versturen naar de 'front line', bevestigingen politiedatabestanden (gerealiseerd met de WAP (Wireless Application Protocol) *user interface* via het TETRA datakanaal), GIS (Geografisch Informatie Systeem) applicaties (inclusief data-informatie zoals risico-aspecten toevoegen aan plattegronden en adressen, de adressen tonen op kaarten, AVL (Automatische Voertuig Localisatie), statusmeldingen, etc.) en operationele informatie vanuit het 'veld' naar de meldkamer.

Tijdens het TETRA World Congres 2012 bleek de actualiteit van de discussie of TETRA Release 2 voldoende transmissiecapaciteit biedt voor missie-kritieke breedbanddiensten of dat een grotere transmissiecapaciteit zoals door LTE geboden, daadwerkelijk noodzakelijk is. *Telemedicine* is één van de weinige diensten waarvoor een dergelijke grote capaciteit echt benodigd is.

Ingegeven door de beperkte transmissiecapaciteit als één van de onderkende oorzaken voor beperkte TETRA-connectiviteit tijdens recente rampen in Nederland, speelt nationaal de discussie of extra spectrumruimte niet eerder moet worden bedongen voor vergroting van de transmissiecapaciteit uitsluitend ten behoeve van spraak en de huidige C2000 datadiensten dan voor breedbandige datadiensten. Momenteel kent C2000 als enige datacommunicatiemogelijkheden SDS en noodoproepen.

Lokalisatie is thans in TETRA mobiele terminals geïmplementeerd in de vorm van GPS (Global Positioning Service). Verder ondersteunt TETRA Release 2 locatie-afhankelijke diensten door het LIP (Location Information Protocol). Voor noodoproepen hebben alle terminals een noodknop. Met het systeem kan dan aan een noodoproep de hoogste prioriteit worden gegeven, zij het dat alleen de centralist van een meldkamer na beoordeling van de noodoproep in staat is gesprekken van mobiele gebruikers te onderbreken, bijvoorbeeld naar aanleiding van de acceptatie van een noodoproep. Omgekeerd kunnen vanuit een meldkamer of GMS (Gemeenschappelijk Meldkamer Systeem) alarmberichten verzonden worden, waarmee gelijktijdig gebruikersgroepen kunnen worden gealarmeerd.

Binnen TETRA systemen bestaat een divers aantal aanvullende diensten, zoals *late net entry*, *area selection* en de mogelijkheid tot *ambience listening*: het op afstand ongemerkt kunnen meeluisteren met een mobiele terminal.

---

<sup>138</sup> Hans Borgonjen: *TETRA World Congress 2009*, Verbinding 10 juni 2009

<sup>139</sup> Hans Borgonjen: *TETRA World Congress 2010*, Verbinding 8 juni 2010

## Terminals

De meest basale typen TETRA terminals zijn een portofoon (*handheld*) en mobilfoon (voertuigmobiele terminal). Daarnaast bestaan *gateways* om van *direct mode operation* (DMO, zie Onderliggende techniek) naar TMO en vice versa te schakelen en *repeaters*. Beide zijn vaak uitgevoerd als onderdeel van portofoons en mobilfoons. Verder zijn van diverse merken mobiele data terminals verkrijgbaar waarmee status- en tekstberichten over TETRA verstuurd kunnen worden. Voor Release 2 zijn reeds meerdere terminals beschikbaar.

In het algemeen neemt de vraag naar *covert* TETRA applicaties en -terminals toe voor onder-cover operaties e.d. De vraag is bijvoorbeeld extra en merkbaar gestimuleerd door de recente Olympische Spelen in Londen.

## Relatie met andere technologieën

Voorals concurrerend met TETRA<sup>140 141</sup> zijn:

- TETRAPOL, het Franse systeem dat gebaseerd is op FDMA (Frequency Division Multiple Access) in plaats van TDMA (Time Division Multiple Access). Hierbij is het 25 kHz radiofrequent-kanaal in vier *sub-carriers* verdeeld.
- DMR (Digital Mobile Radio; ETSI TS 102-361). Dit is een aanmerkelijk goedkoper alternatief voor kleinschaliger gebruik dan TETRA beoogt (TDMA met 2 tijdsloten) en waarbij automatisch zowel analoge als digitale mobiele radio wordt ondersteund<sup>142</sup>.
- NXDN is een *proprietary* Common Air Interface (CAI) protocol voor mobiele communicatie, ontwikkeld door *Icom Incorporated* en *Kenwood Corporation*.
- dPMR (Digital Private Mobile Radio; ETSI TS 102-490). Dit is een kosteneffectief *peer-to-peer* FDMA-radiosysteem voor digitale spraak van vergelijkbare kwaliteit als DMR biedt.
- LTE wordt steeds meer, zeker na verloop van tijd (ca. 10 jaar of eerder), gezien als concurrerend systeem vanwege de kosteneffectiviteit ten opzichte van TETRA en de technologische doorontwikkeling. Hierdoor wordt verwacht dat op termijn ook meer specifieke OOV-eisen zoals snelle verbindingsofbouw, push-to-talk, gespreksprioritering, groeps gesprekken en daarbij IP multicast encryptie en de dispatcherfunctie gerealiseerd kunnen gaan worden.

Aanvullend op TETRA zijn:

- De moderne publieke mobiele cellulaire netwerken zoals UMTS en LTE. Deze bieden nog minder beveiliging, een beduidend minder snelle verbindingsofbouw maar wel een op multimediale diensten ingestelde transmissiecapaciteit. Het relatief open karakter van publieke netwerken leent zich voor toegang tot internet. Naar verwachting zal LTE op termijn de standaardkeuze voor openbare operators zijn<sup>143</sup>. LTE is al in Noord-Amerika de gekozen standaard voor breedband dataservices voor openbare veiligheidsdiensten zodat verwacht wordt dat in ieder geval LTE als meest aanvullend op TETRA zal kunnen functioneren voor niet-kritische breedband-diensten.

<sup>140</sup> <http://www.app-tech.co.uk>

<sup>141</sup> Quick-scan onderzoek naar de technisch-functionele toekomstvastheid van C2000, TNO-rapport 33864, 15 maart 2006

<sup>142</sup> Radio Activity Solutions: DMR vs TETRA comparison, ENB26 v1.2, 9 juli 2009

<sup>143</sup> TETRA Association: *Mobiel breedband in een bedrijfskritische omgeving – gezien vanuit het TETRA-perspectief* (White paper), februari 2011

- Andere P(A)MR-netwerken, met name CDMA (Code Division Multiple Access)-PAMR<sup>144</sup>. De transmissiecapaciteiten van CDMA-PAMR zijn hoger dan die van TETRA Release 2. De gevolgen ten aanzien van afstands bereik en aantal gelijktijdige gebruikers per cel zijn echter niet duidelijk. Eveneens belangrijk punt van onzekerheid vormt de maximale voertuigsnelheid bij CDMA-PAMR. De diensten die via CDMA-PAMR kunnen worden ondersteund zijn vergelijkbaar met de diensten die via TETRA Release 2 mogelijk worden, maar zijn niet geoptimaliseerd voor OOV-toepassingen. Hierbij is CDMA-PAMR ontworpen op IP als convergentieprotocol van alle diensten. De verbindingsoopbouw tijd met minimum richtwaarden van 1-2 s ligt beduidend boven die van TETRA.

#### 4.9.2 Techniek

##### Onderliggende techniek

TETRA randapparatuur kan werken in twee modi:

- *De trunking mode operation (TMO):*

In deze modus vindt dynamische frequentietoewijzing plaats waarbij de radiofrequenties automatisch, geheel buiten de gebruiker om, door het TETRA-netwerk worden toegewezen volgens de behoeften 'van het ogenblik'. Met deze flexibele functie, kortweg trunking genoemd, kan de transmissiecapaciteit van een bepaalde frequentieband efficiënter worden benut. Daarnaast draagt de beperkte, zij het constante, kanaalbandbreedte van Release 1 (25 kHz) vanzelfsprekend ook bij aan het efficiënt gebruik van de totale transmissiecapaciteit.

Het TETRA-netwerk heeft een hoofdfunctie die vergelijkbaar is met een conventioneel (2G) publiek cellulair netwerk zoals GSM, namelijk zorg dragen voor connectiviteit tussen gebruikers in verschillende dekkings- of verzorgingsgebieden. Essentiële verschillen met een publiek cellulair netwerk zijn een zeer snelle verbindingsoopbouw, een sterke beveiliging, de primaire gerichtheid op groepsgesprekken (en dus gespreksgroepen) en de toepassing van *dispatchers* voor het doorschakelen van verkeer.

De toegang tot het radiospectrum is gebaseerd op TDMA en (t.b.v. full-duplex verkeer), FDD (Frequency Division Duplex). Gewoonlijk zijn 4 tijdkanalen (tijdsloten) verdeeld over een aantal radiofrequentiekanalen van elk 25 kHz. Per opstelpunt zijn doorgaans twee tot vijf radiofrequentiekanalen beschikbaar.

- *De direct mode operation (DMO):*

Deze modus is goed vergelijkbaar met walkie-talkie communicatie zoals gebruikelijk bij portofoniesystemen. In deze werkstand wordt rechtstreeks gecommuniceerd zonder gebruikmaking van het TETRA-netwerk. Hierbij dienen vaste DMO-radiofrequenties in de terminal te worden geprogrammeerd. Anders dan bij TMO het geval is, is de één-op-één relatie van radiofrequenties met gespreksgroepen hier wel aanwezig. Het bereik bij DMO-gebruik is evenwel beperkt. Radiogebruikers kunnen dan echter wel onderling buiten de radiodekking van het netwerk communiceren. Een beperkte koppeling van DMO met TMO is mogelijk om vergroting van het bereik te verkrijgen.

---

<sup>144</sup> Zie ook de beschrijving over CDMA2000 elders in deze monitor.

TETRA-systemen kunnen ook functioneren in *dual watch mode*. Dit houdt in dat wanneer twee terminals met elkaar communiceren in TMO een oproep van een andere terminal op het DMO-kanaal ontvangen kan worden. De opgeroepen terminal kan dan zijn verbinding beëindigen en direct met de oproeper communiceren over het DMO-kanaal. Omgekeerd kan dit ook over het TMO-kanaal als twee terminals in DMO met elkaar communiceren. Zo bestaat dus altijd de mogelijkheid tot *call queueing*.

TEDS is gebaseerd op het samenvoegen van 1-6 kanalen van 25 kHz. Door tegelijkertijd eventueel gebruik te maken van hogere orde, adaptieve modulatie (AMR: Adaptive Multiple Rate) zijn datasnelheden mogelijk van 30 - 400 kbit/s. Tevens is in TETRA Release 2 een efficiëntere *voice codec* (vocoder) gedefinieerd: de Mixed Excitation Linear Prediction, enhanced (MELPe) vocoder. Hierdoor kan het aantal spraakgebruikers binnen een cel toenemen.

Binnen TETRA zijn koppelingen beschreven met andere netwerken en zijn er mogelijkheden voor interoperabiliteit met het openbare telefonienetwerk. Voor koppeling naar andere specifieke gesloten netwerken is een gateway nodig. *Interworking* met publieke mobiele cellulaire netwerken is alleen mogelijk op netwerkniveau omdat de *air interfaces* niet interoperabel zijn.

### Standaardisatie

ETSI is de enige instantie die voor de TCCA, voorheen de TETRA Association, de TETRA-standaardisatie uitvoert (ETSI Standard EN 300-392). Release 1 (TETRA Voice plus Data- V+D) en Release 2 zijn afgerond. De specificatie voor interoperabiliteit van TETRA Release 2 netwerken is nog in ontwikkeling. Daarnaast speelt nog de discussie over de allocatie van meer spectrum voor Release 2 en LTE voor kritische overheidsdiensten. De TETRA-standaard beschrijft tevens Inter-System Interworking (ISI) en Peripheral Equipment Interfacing (PEI).

Opmerking: de toenemende aandacht voor de toepassing van LTE voor missie-kritische diensten impliceert een druk om de LTE-standaard aan te passen om te kunnen voorzien in de interoperabele levering van deze meer specifieke diensten. Dit zal ongetwijfeld leiden tot een interactie van de TCCA, die TETRA standaardiseert en 3GPP, de organisatie die de LTE-standaard ontwikkelt.

### Frequentiebanden

TETRA maakt voor Openbare Orde en Veiligheid (OOV) in een aantal landen in Europa waaronder België, Nederland en Duitsland gebruik van frequenties in de banden 380-385 en 390-395 MHz (gekoppeld ten behoeve van FDD). De band van 410-430 MHz is bedoeld voor commerciële TETRA-netten. Daarnaast is ook de band van 870-876 en 915-921 MHz toegewezen aan TETRA. Deze band is bedoeld voor lokale, in principe civiele private netten.

Buiten Europa zijn andere radiofrequenties toegewezen. Zo zijn in China TETRA-netwerken op 350 en 800 MHz operationeel.

### Datasnelheid

Technologie	<100 kbps	0.1-1 Mbps	1-10 Mbps	10-100 Mbps	>100Mbps
Release 1	X				
Release 2		X			



In Release 1 heeft elk verkeerskanaal een transmissiecapaciteit van 7,2 kbit/s. Deze capaciteit kan worden vergroot door meer verkeerskanalen op één frequentiekanaal te combineren tot een datasnelheid van maximaal 28,8 kbit/s. Door het samenvoegen van 1-6 kanalen van 25 kHz en tegelijkertijd eventueel gebruik te maken van hogere orde adaptieve modulatie zijn in Release 2 met TEDS datasnelheden mogelijk van 30 - 400 kbit/s. Met het oog op LTE als oprukkende aanvulling op en latere concurrent van TETRA Release 2 is nog steeds de discussie actueel of de Release 2 datasnelheden al of niet voldoende zijn voor het ondersteunen van tijd-kritische diensten of dat daadwerkelijk aan LTE-datasnelheden behoefte is en deze bewijzen noodzakelijk te zijn voor tijd-kritische diensten<sup>145</sup>. Motorola en Ericsson stellen voor om een frequentie-allocatie te hanteren waarin 5, 10, 15 en 20 MHz-blokken kunnen worden geaccomodeerd. Dit stuit op bezwaren van Cassadian die LTE versie 1.4 in 450 MHz wil introduceren<sup>146</sup>

### Bereik

Technologie	indoor	< 1 km	1-10 km	>10 km	>100km
TETRA	x	X	X	X	

Het bereik is het grootst voor TMO doch afhankelijk van een aantal factoren. De voor de gebruiker meest herkenbare factoren zijn omgeving (stedelijk-, landelijk- of heuvelachtig gebied) en de hoogte van het opstelpunt. In gunstige gebieden is een bereik realiseerbaar van circa 30 km, maar bedraagt het meestal rond de 20 km. Vergroting van het bereik door een TMO-DMO gateway is laag (ca. 1-2 km). Het bereik voor helikopters bedraagt volgens de *TETRA Association* 58 km<sup>147</sup>. Het indoor-bereik is variabel en zeer afhankelijk van de kenmerken van het individueel object (omvang, interne structuur, materialen, etc.).

Binnen TEDS zijn meerdere modulatievarianten voorhanden voor het verkrijgen van dekking en bereik in diverse omstandigheden maar het is niet te verwachten dat hierdoor zelfs in ideale condities de 100 km zal worden benaderd.

### Quality of service

De specificatie van TETRA geeft aan dat de tijd om een oproep op te zetten (d.w.z. de tijd die de infrastructuur nodig heeft om een oproep door te schakelen) maximaal 300 milliseconde bedraagt. De TETRA-technologie biedt digitale spraak met als bijzonderheid dat het coderingsalgoritme storende achtergrondgeluiden filtert, zelfs als iemand spreekt nabij een helikopter, trein, autosnelweg, vliegtuig etc. Bovendien zijn er aanvullende diensten die van invloed zijn op de QoS waaronder diverse wijzen van voorrang en inbreken.

Alle datacommunicatie gaat op basis van *best effort*. Ook voor enigszins tijd-kritische diensten waaronder *slow video* zijn geen expliciete QoS-eisen gevonden.

<sup>145</sup> [www.wireless-mag.com](http://www.wireless-mag.com)

<sup>146</sup> Hans van Borgonjen, *Verbinding* dec. 2011, pp 19-22.

<sup>147</sup> <http://www.tetra-association.com>; <http://www.tetramou.com>

### Informatiebeveiliging

Aspect	Slecht	Matig	Goed	Zeer goed
Vertrouwelijkheid			X	
Beschikbaarheid			X	
Integriteit			X	

In TETRA zijn protectie-aspecten<sup>148</sup> goed afgedekt door gedegen authenticatie, Air Interface Encryption (AIE) en *end-to-end* encryptie. Deze maatregelen worden constant getoetst en uitgebreid door een sectie van de TETRA *Security and Fraud Prevention Group* (SFPG).

Authenticatie wordt gedaan vanuit de terminal en vanuit het netwerk. Voor wat betreft beschikbaarheid en vertrouwelijkheid biedt TETRA vier AIE algoritmes, de zgn. TETRA Encryption Algorithms (TEAs): TEA1 t/m TEA4. Verschillen worden bepaald door exportabiliteit en gebruik. Zo wordt TEA2 toegepast voor Europese OOV-gebruikers die gebonden zijn aan het Schengen-verdrag. De andere hebben bredere toepassing variërend van commercieel tot gebieden waar TEA2 niet wordt gebruikt. AIE beschermt tegen af luisteren en verkeersanalyse omdat ook de signalering wordt beschermd. AIE-mechanismen zijn in de TETRA-signallerings verwerkt.

Daarnaast wordt een variatie aan *end-to-end* encryptie algoritmes ondersteund. De SFPG definieert binnen de TETRA-standaard een algemeen kader voor *end-to-end* encryptie die oplossingen beschrijft voor de *International Data Encryption Algorithm* (IDEA) waarvan de IPR liggen bij Ascom en de IPR-vrije *Advanced Encryption Standard* (AES).

Ten slotte beschrijft de TETRA-standaard hoe het management van deze beveiligingsmechanismen in een netwerk kan plaatsvinden (zoals sleutelmanagement). Belangrijk uitgangspunt is dat de beveiligingsrisico's binnen TETRA-netwerken worden gereduceerd door verdeling over specifieke elementen waardoor *single-points-of-failure* worden voorkomen.

TETRA biedt geen bescherming tegen opzettelijke radiostoring (*jamming*).

#### 4.9.3 Markt

##### Marktpenetratie

Verwacht wordt dat de markt voor TETRA netwerken en -terminals voor de komende vier jaar zal groeien met meer dan 15% per jaar, uitgaande van een zich dozzettende economische verbetering en -groei van China.

Technologie	Nederland	Europa	Wereld
TETRA	ca. 0,2 miljoen	> ca. 4 miljoen	> ca. 10 miljoen

In bovenstaande tabel<sup>149 150 151</sup> is ter indicatie een ruwe inschatting gegeven van het aantal TETRA-gebruikers in drie geografische regio's. In 2009 heeft TETRA zijn

<sup>148</sup> <http://www.docstoc.com/docs/22666870/TETRA-Security-Mechanisms>

<sup>149</sup> Tuomas Järvinen: *Location System solution in Terrestrial Trunked Radio (TETRA) Professional Mobile Radio networks* (Master's Thesis), 22 januari 2010

intrede in Amerika en Rusland gedaan. Ook in Azië (o.a. Maleisië, China) wordt TETRA steeds populairder; dit werelddeel is al goed voor 25% van de mondiale TETRA-markt. De Aziatische markt groeit sneller dan markten in andere werelddelen. Gezien de grote diversiteit aan toepassingsgebieden is het lastig een nauwkeurige schatting te geven van het aantal gebruikers.

### **Belangrijke spelers**

De terminals en accessoires worden geleverd door meerdere leveranciers waarvan de belangrijkste zijn: Motorola, Thales, Sepura en Cassadian. Hoofdleveranciers van netwerkelementen zijn o.m. Rohde & Schwarz (Bick Mobilfunk), Alcatel-Lucent, Siemens, Simoco, Damm Cellular, Rohill, Nokia en Motorola.

In Nederland zijn belangrijke leveranciers Koning & Hartman en Zenitel.

### **Operators en hun marktaandeel**

Mission Critical Communication Networks (MCCN), een samenwerkingsverband tussen Zenitel en Vialis/Combonet, was in 2005 in Nederland verantwoordelijk voor de uitrol van een landelijk digitaal openbaar netwerk voor PAMR op basis van TETRA. MCCN is in oktober 2009 overgenomen door Entropia Digital.

TETRANed heeft het C2000-netwerk voor OOV uitgerold en thans is de C2000 Beheersorganisatie verantwoordelijk voor het beheer van C2000.

---

<sup>150</sup> Hans Borgonjen: TETRA World Congress 2009, Verbinding 10 juni 2009

<sup>151</sup> Hans Borgonjen: TETRA World Congress 2010, Verbinding 8 juni 2010



## 4.10 Bluetooth

### 4.10.1 Algemeen

#### Technologietype

Bluetooth is binnen de IEEE 802.15 standaarden gespecificeerd. De IEEE 802.15 standaarden specificeren WPAN (*Wireless Personal Area Network*) technologieën. Op grond hiervan vormt Bluetooth een WPAN technologie. Een ontwikkeling die in gang is gezet door Apple is om Bluetooth toe te passen voor NFC (*Near Field Communicatie*) technologie.<sup>152</sup>

#### Achtergrond

De ontwikkeling van Bluetooth start in 1994 bij Ericsson. De verantwoordelijkheid van de ontwikkeling van Bluetooth bij Ericsson lag bij de Nederlander Jaap Haartsen. Ericsson, fabrikant van o.a. mobiele telefoons, begint met de ontwikkeling van Bluetooth om een goedkope draadloze verbinding tussen mobiele telefoons, koptelefoons, desktops etc. te realiseren. De naam van Bluetooth verwijst naar de Vikingkoning Harald Blauwtand (Harald Blåtand). Bluetooth werd door de fabrikant gezien als een draadloos alternatief voor de korte seriële draadgebonden RS232 verbindingen, bijvoorbeeld een korte audioverbinding tussen mobiele telefoon en een *headset* of één korte dataverbinding met een computer. Naarmate de tijd vorderde zijn er ontwikkelingen waarbij het bereik wordt vergroot, datasnelheid wordt verhoogd en het toepassingsgebied wordt uitgebreid. Tegenwoordig richt de ontwikkelactiviteit zich sterk op het besparen van energie. Bluetooth wordt gebruikt in de ongelicenseerde ISM frequentieband, rond 2.4 GHz.

Om een grotere markt te ontwikkelen voor Bluetooth is in 1998 besloten tot het oprichten van de 'Bluetooth Special Interest Group' (SIG), waarbij zich grote elektronicabedrijven, softwareontwikkelaars en telecombedrijven aansloten. Enkele namen van bedrijven die zijn aangesloten zijn: Palm, IBM, Intel, Lucent Technologies, Apple, Microsoft, Motorola, Nokia, en Toshiba. De SIG heeft meer dan 13.000 leden.

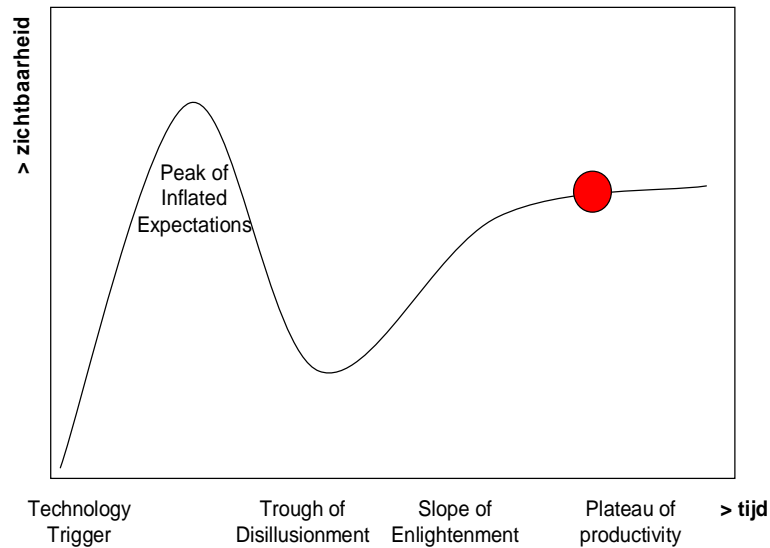
#### Beschikbaarheid

Bluetooth wordt geïntegreerd in een breed scala aan apparatuur. Voorbeelden hiervan zijn smartphones, desktops, laptops, navigatie apparatuur, hands free autoradio kits, spelcomputers, toetsenborden, oortelefoons, HDTV televisie ontvangers etc. Daarnaast wordt Bluetooth technologie via USB dongles geleverd. Op het Internet worden producten tegen zeer lage prijzen aangeboden; het inzetgebied van Bluetooth is breed.

Bluetooth kan zowel in pandig als in de vrije omgeving worden toegepast en er is een breed scala van producten. Er zijn Bluetooth software (*stacks*) beschikbaar voor een groot aantal besturingssystemen, waaronder Android, Blackberry, MAC OS X, Windows (Mobile) en Linux. Er zijn nog steeds nieuwe ontwikkelingen op het gebied van toepassingen van Bluetooth. Al met al mag Bluetooth tot een volwassen technologie gerekend worden. Figuur 4-35 toont de positie van Bluetooth op de Gartner hype cycle.

---

<sup>152</sup> <http://www.rethink-wireless.com/2012/05/24/apple-iwallet-favor-bluetooth-nfc.htm>



Figuur 4-35: Positie van Bluetooth op de Gartner hype cycle.

### Diensten en toepassingen

In eerste instantie was het de bedoeling om Bluetooth te ontwikkelen voor draadloze seriële verbinding tussen apparaten. Bij de ontwikkeling van Bluetooth werd hierbij primair gedacht aan de verbinding tussen mobiele telefoons en koptelefoons. Andere diensten die Bluetooth ondersteunt, zijn het draadloos verbinden van apparaten zoals computers en mobiele telefoons met randapparatuur zoals van printers voor het afdrukken van documenten of afbeeldingen, scanners voor het zenden van een afbeelding naar een computer, toetsenborden voor de verbinding met een computer, enzovoort. Ook is het mogelijk om computers draadloos met mobiele telefoons te verbinden.

In latere versie van de 802.15 standaard ondersteunt Bluetooth onder andere het transport van IP datapakketten. Verschillende diensten binnen deze toepassing zijn email, telefonie, web browsing, downloaden en tethering (verbinding maken met Internet via een Bluetooth device).

De hierboven genoemde ondersteunende diensten van Bluetooth zijn gedefinieerd in zgn. *profielen*. De SIG omschrijft een profiel als een definitie waarin het gedrag van Bluetooth wordt beschreven waardoor communicatie tussen apparatuur mogelijk wordt gemaakt. Om bijvoorbeeld een hoofdtelefoon met een mobiele telefoon te laten werken dienen zowel de mobiele telefoon als de hoofdtelefoon de beschikking te hebben over Bluetooth met het *headset* profiel. In de beschrijving van de profielen is onder andere terug te vinden:

- De relatie met andere profielen
- Aanbevolen gebruikers interface
- De delen van de Bluetooth protocol *stack* die gebruikt worden

In totaal zijn meer dan 20 profielen in Bluetooth gedefinieerd. De meeste Bluetooth toepassingen hebben een beperkte selectie van profielen ter beschikking, afhankelijk van de toepassing. Zo heeft een hoofdtelefoon de beschikking over het *headset* profiel maar hoeft het geen beschikking te hebben over het LAN profiel.

Verdere ontwikkeling van profielen vindt nog steeds plaats.

Een toepassing die veel aandacht heeft getrokken is Bluecasting. Bluecasting wordt gezien als een vorm van narrowcasting, Bluecasting is een techniek waarbij devices door middel van een Bluetooth verbinding op afstand worden geladen met informatie (reclame). De ontvanger dient wel toestemming te geven voor de opbouw van een draadloze verbinding. Deze toepassing is onder meer bekend geworden door de Britse groep Coldplay, die bluecasting heeft gebruikt bij het genereren van publiciteit rondom de verschijning van de CD X&Y. Een recente ontwikkeling die aansluit bij het Bluecasting is de toepassing van Bluetooth als technologie voor NFC.

### **Terminals**

Bluetooth is een ondersteunende technologie. Specifieke terminals zijn niet beschikbaar. Bij de introductie van Bluetooth waren Bluetooth USB *dongles* populair vanwege het ontbreken van de technologie in bestaande apparatuur en vanwege de kosten. Deze USB *dongles* zijn nog steeds verkrijgbaar, maar de Bluetooth technologie wordt tegenwoordig meestal integraal geleverd als onderdeel van bijvoorbeeld een telefoon of laptop. De lage kosten van Bluetooth technologie maken dergelijke integratie aantrekkelijk voor fabrikanten.

### **Relatie met andere technologieën**

De 802.15 standaard is een WPAN standaard. Een WPAN is een draadloos netwerk van particuliere apparaten waarbij er een korte onderlinge afstand tussen de apparaten is. De 802.15 standaard vormt een onderdeel van de familie van 802 standaarden die door de IEEE zijn gedefinieerd. Een andere PAN standaard die door IEEE in dit segment is gedefinieerd is IEEE 802.15.4 (ZigBee). Andere bekende standaarden uit de familie van 802 standaarden zijn de WAN standaard Ethernet (802.3), WLAN standaard 802.11 (WiFi), en, WiMAX (802.16). Deze laatste standaard wordt zowel als een WLAN standaard als een MAN (*Metropolitan Area network*) standaard gezien.

## **4.10.2 Techniek**

### **Onderliggende techniek**

De verbindingsofbouw bij Bluetooth gaat uit van een *master-slave* verbinding. De *master* kan maximaal met 7 *slaves* tegelijk via een point-to-point verbinding communiceren. Er kunnen synchrone ((E)SCO, (*Extended Synchronous Connection Oriented*)) en asynchrone (ACL *Asynchronous Connection Less*) verbindingen tussen de *master* en *slave* worden opgebouwd. Voor de verbindingsofbouw is een beveiligd protocol aanwezig, zie hiervoor de paragraaf over informatie beveiliging.

Bluetooth is gebaseerd op *Time Division Multiple Access* (TDMA). TDMA is een *medium access control* (MAC) techniek waarbij de beschikbare verbindingcapaciteit in tijdsloten is verdeeld. Door de toepassing van *Time Domein Duplex* (TDD) ervaart de gebruiker de verbinding als een duplex verbinding. Bij TDD wordt één fysiek kanaal (frequentie) voor de verbinding tussen de apparaten gebruikt voor zowel het verzenden als ontvangen van informatie. De tijdsloten worden afwisselend door een gebruiker voor het verzenden en ontvangen van informatie gebruikt. Als de informatiesnelheid maar hoog genoeg is ervaart de gebruiker de verbinding als een volwaardige duplex verbinding.

Van origine had Bluetooth *Gaussian-shift keying* als modulatie techniek, een vorm van fasemodulatie. Bij deze vorm van fasemodulatie wordt de informatie gefilterd

voordat het gemoduleerd wordt. Dit filter, een Gaussian filter, zorgt ervoor dat er een spectraal efficiënte golfvorm ontstaat. In latere versies zijn hogere modulatievormen toegepast. In de laatste versie van Bluetooth is 8DPSK modulatie gestandaardiseerd. Vanaf versie 1.2 gebruikt Bluetooth Frequentie Hopping (FH) of Adaptieve Frequentie Hopping (AFH). Het beschikbare spectrum in de ISM band wordt bij Bluetooth in kanalen van 1 MHz verdeeld.

### Standaardisatie

De onderliggende techniek van Bluetooth is gespecificeerd in IEEE 802.15.1 Deze standaard beperkt zich tot het specificeren van de fysieke laag en de MAC laag. Verdere ontwikkeling van Bluetooth vindt plaats binnen de SIG. De volgende versies van Bluetooth zijn ontwikkeld:

- Bluetooth versie 1
- Bluetooth versie 2 (*Enhanced Data Rate*, (EDR))
- Bluetooth versie 3 (*High Speed*, (HS))
- Bluetooth versie 4

Na de introductie van Bluetooth versie 1 heeft de ontwikkeling bij versie 2 zich gericht op het verhogen van de data snelheid. Dit is bij versie 3 ook het geval geweest maar daarnaast zijn bij deze versie ook WiFi netwerkfunctionaliteiten toegevoegd waardoor verbinding met het Internet verkregen kan worden. Bij de ontwikkeling van Bluetooth versie 4 heeft beperking van het energieverbruik een belangrijke rol gespeeld. Opgemerkt wordt nog dat er tussenliggende versies zijn<sup>153</sup>.

### Frequentiebanden

De radioverbinding van Bluetooth maakt gebruik van de licentievrij toegankelijke 2.4 GHz frequentie band. Deze band, ook wel aangeduid als de ISM band, is wereldwijd licentievrij. Echter binnen de ISM band kunnen per regio restricties bestaan voor de toegepaste frequentiebanden<sup>154</sup>.

### Datasnelheid

De datasnelheid is afhankelijk van de versie van Bluetooth. De datasnelheden voor de verschillende versies zijn:

Versie 1: De maximale bruto datasnelheid bedraagt 1 Mbit/s.

Versie 1.2: De datasnelheid is in deze versie verhoogd tot 1.2 Mbit/s. De *throughput* bedraagt 0.7 Mbit/s.

Versie 2 (EDR): De datasnelheid in de deze versie bedraagt 3 Mbit/s. De *throughput* is 2.1 Mbit/s.

Versie 3 (EDR +HS): Op 21 april 2009 werd een nieuwe versie van Bluetooth gepresenteerd. De nieuwe Bluetooth versie is weer een stuk sneller en betrouwbaarder en ondersteunt WiFi (802.11n). Als maximale datasnelheid wordt 24 Mbit/s opgegeven.

---

<sup>153</sup> <http://www.bluetooth.org>

<sup>154</sup> <http://www.ee.ucla.edu>



Versie 4: Op 7 juli 2010 werden de specificaties van deze standaard vastgelegd<sup>155</sup>. Ten opzichte van versie 3 zijn er geen veranderingen in de datasnelheid. In onderstaande tabel zijn de datasnelheden voor Bluetooth samengevat.

Technologie	<100 kbit/s	0.1-1 Mbit/s	1-10 Mbit/s	10-100 Mbit/s	>100Mbit/s
Bluetooth versie 1		x			
Bluetooth versie 1.2			x		
Bluetooth versie 2			x		
Bluetooth versie 3			x	x	
Bluetooth versie 4			x	x	

### Bereik

Het bereik van Bluetooth apparatuur is verdeeld in 3 verschillende klassen:

- Class 1: Ontworpen voor lange afstandsverbindingen (tot ~100m)  
Maximale uitgangsvermogen 20 dBm
- Class 2: Voor normaal gebruik (tot ~10m)  
Maximale uitgangsvermogen 4 dBm
- Class 3: Voor korte afstanden (10 cm - 1 m)  
Maximale uitgangsvermogen 0 dBm

Onderstaande tabel geeft het overzicht van het bereik van Bluetooth.

Technologie	indoor	< 1 km	1-10 km	>10 km	>100km
Bluetooth	X	x			

### Quality of service

Bluetooth biedt een QoS mechanisme aan dat gestoeld is op RFC 1363. Deze RFC heeft alleen de mogelijkheid om de berichten te verzenden volgens *Best Effort* methodiek. Wel kunnen parameters via deze RFC ingesteld worden voor de maximum vertragsingsvariatie (jitter) en kwaliteitsgarantie. De parameter voor maximum vertragsingsvariatie is een belangrijke indicator voor het ondersteunen van een goede audiokwaliteit. Het overdragen van audio was een de doelstelling bij de ontwikkeling van Bluetooth. De parameter voor de kwaliteitsgarantie is afhankelijk van de ondersteunende dienst.

### Informatiebeveiliging

Aspect	Slecht	Matig	Goed	Zeer goed
Confidentialiteit			x	
Beschikbaarheid			x	
Integriteit			x	

<sup>155</sup> <http://nl.hardware.info>

Binnen Bluetooth zijn twee beveiligingsmechanismen aanwezig. Het eerste beveiligt de verbindingsofbouw, het tweede het uitwisselen van gegevens. Het mechanisme dat gebruikt wordt tijdens de verbindingsofbouw wordt aangeduid met "pairing". Pairing voorkomt dat er een verbinding tot stand wordt gebracht tussen apparaten die elkaar geen toestemming hebben gegeven om met elkaar te communiceren. Vanaf Bluetooth versie 2.1 verloopt de pairing via een beveiligd protocol. Dit protocol gebruikt het *public key cryptographic* algoritme voor de verscijfering. Verscijfering tijdens het uitwisselen van gegevens vindt plaats via E0 verscijfering<sup>156</sup>. Hierdoor zijn er maatregelen getroffen tegen bijvoorbeeld spoofing. Op grond hiervan worden de confidentialiteit en integriteit als goed beoordeeld.

Op het gebied van transportbeveiliging past Bluetooth adaptief frequentiehopping toe. Daarnaast beschikt Bluetooth over FEC (Forward Error Correction) om transmissiefouten ontstaan door jamming te corrigeren. Ofschoon dit een goede beveiliging biedt tegen jamming blijven radio verbindingen altijd kwetsbaar. Omdat goede maatregelen zijn genomen om de beschikbaarheid te verhogen, zoals de hoge hopsnelheid, wordt de beschikbaarheid niettemin als goed gekwalificeerd.

#### 4.10.3 Markt

##### Marktpenetratie

Bluetooth is een wijd verspreide technologie met vele gebruikers. Voor Bluetooth is een speciale groep (SIG)<sup>157</sup> opgericht om de marktkansen voor Bluetooth te vergroten. Vele belangrijke fabrikanten op een groot aantal terreinen zijn in deze groep vertegenwoordigd. Enkele terreinen die sterk vertegenwoordigd zijn in de SIG zijn mobiele telefoons, computers, laptops en besturingssystemen; tegenwoordig zijn er ook fabrikanten van spelcomputers vertegenwoordigd in deze groep. De SIG heeft het respectabele aantal van 16.000 leden. Volgens SIG zijn er in 2011 1,8 miljard Bluetooth apparaten verscheept.

##### Belangrijke spelers

Belangrijke grote commerciële partijen die achter Bluetooth staan zijn:

- Palm,
- IBM,
- Intel,
- Lucent Technologies,
- Apple,
- Microsoft,
- Motorola,
- Ericsson
- Nokia,
- Toshiba.

##### Operators en hun marktaandeel

Bluetooth is een WPAN technologie. Voor het toepassen van deze technologie is geen operator noodzakelijk. Informatie over het marktaandeel van operators ontbreekt daarom.

---

<sup>156</sup> <http://www.mowile.com>

<sup>157</sup> <https://www.bluetooth.org/apps/content/>

## Lijst met afkortingen

3GPP	Third-Generation Partnership Project
AAC	Advanced Audio Coding
AC	Alternating Current
ACL	Asynchronous ConnectionLess
ADSL	Asymmetric Digital Subscriber Line
AES	Advanced Encryption Standard
AFH	Adaptive Frequency Hopping
AIE	Air Interface Encryption
AKA	Authentication and Key Agreement
AM	Amplitude Mode
AMR	Adaptive Multi Rate
AP	Access Point
ARIB	Association of Radio Industries and Businesses
ARP	Allocation and Retention Priority
ASA	Authorised Shared Access
ATIS	Alliance for Telecommunications Industry Solutions
AVL	Automatische Voertuig Lokalisatie
AWS	Advanced Wireless Services
BET	Bluetooth Ecosystem Team
BSC	Base Station Controller
BSSID	Base Service Set Identifier
BWS	Broadcast Web Site
CA	Conditional Access
CACC	Cooperative Adaptive Cruise Control
CAI	Common Air Interface
CCSA	China Communications Standards Association
CDG	CDMA Development Group
CDMA	Code Division Multiple Access
CENELEC	Comité Européen de Normalisation Electrotechnique
CEPT	European Conference of Postal and Telecommunications
CN	Core Network
COFDM	Coded Orthogonal Frequency Division Multiplexing
CoMP	Coordinated MultiPoint transmission and reception
CR	Cognitive Radio
CSD	Circuit-Switched Data
DAB(+)	Digital Audio Broadcasting(+)
DC	Direct Current
DCC	Decentralized Congestion Control
DCF	Distributed Coordination Function
DCS	Digital Communication System
DECT	Digital Enhanced Cordless Telecommunications
DECT-CAT	DECT-Cordless Advanced Technology
DECT-ULE	DECT-Ultra Low Energy
DFS	Dynamic Frequency Selection

DHCP	Dynamic Host Configuration Protocol
DMB	Digital Multimedia Broadcasting
DMD	Digital Music Download
DMO	Direct Mode Operation
DMR	Digital Mobile Radio
DOCSIS	Data Over Cable Service Interface Specification
dPMR	Digital Private Mobile Radio
DPSK	Differential Phase Shift Keying
DQPSK	Differential Quadrature Phase-Shift Keying
DRM	Digital Rights Management
DSSS	Direct Sequence Spread Spectrum
DTT	Digital Terrestrial Television
DVB-C	Digital Video Broadcasting - Cable
DVB-H	Digital Video Broadcasting - Handheld
DVB-S	Digital Video Broadcasting - Satellite
DVB-T	Digital Video Broadcasting - Terrestrial
EAP	Extensible Authentication Protocol
EDGE	Enhanced Data rates for Global Evolution
EDR	Enhanced Data Rate
E-GSM	Extended-GSM
ETSI	European Telecommunication Standards Institute
EV-DO	Evolution-Data Optimised
EV-DV	Evolution-Data and Voice
FCC	Federal Communications Commission
FDD	Frequency Division Duplex
FDMA	Frequency Division Multiple Access
FEC	Forward Error Correction
FH	Frequency Hopping
FM	Frequency Modulation
FTTH	Fiber To The Home
GIS	Geografisch Informatie Systeem
GPS	Global Positioning System
GPRS	General Packet Radio Service
GSA	Global mobile Suppliers Association
GSM	Global System for Mobile communications
GSM-R	GSM-Rail
GSMA	GSM Association
HBB	Hybrid Broadcast Broadband
HD	High Definition
HDTV	High-Definition TeleVision
HE-AAC	High-Efficiency Advanced Audio Coding
HS	High Speed
HSCSD	High-Speed Circuit-Switched Data
HSDPA	High-Speed Downlink Packet Access
HSUPA	High-Speed Uplink Packet Access
HSPA	High-Speed Packet Access
ICT	Information and Communication Technology

IDAG	International DMB Advancement Group
IDEA	International Data Encryption Algorithm
IEEE	Institute of Electrical and Electronics Engineers
IMEI	International Mobile Equipment Identity
IMS	IP-based Multimedia Subsystem
IMSI	International Mobile Subscriber Identity
IMT	International Mobile Telecommunications
IP	Internet Protocol
IPR	Intellectual Property Rights
IPTV	Internet Protocol TeleVision
ISI	Inter System Interworking
ISM	Industrial, Scientific and Medical (frequentieband)
ISP	Internet Service Provider
ITU	International Telecommunication Union
ITS	Intelligent Transport System
LAN	Local Area Network
LIP	Location Information Protocol
LSA	Licensed Shared Access
LTE	Long-Term Evolution
LTE-A	Long-Term Evolution-Advanced
M2M	Machine to Machine
MAC	Medium Access Control
MAN	Metropolitan Area Network
MBMS	Multimedia Broadcast Multicast Service
MELP	Mixed Excitation Linear Prediction
MFD	Mobiles Fernsehen Deutschland
MIMO	Multiple Input Multiple Output
MMS	Multimedia Messaging Service
MPEG	Moving Picture Expert Group
MPEG-PS	Moving Picture Expert Group – Program Stream
MPEG-TS	Moving Picture Expert Group – Transport Stream
MSPDS	Multi-Slot Packet Data Service
NFC	Near-Field Communication
NPO	Nederlandse Publieke Omroep
NXDN	Next Generation Digital Narrowband
ODINI	On-Demand Intelligent Network Interface
OFDM	Orthogonal Frequency Division Multiplexing
OFDMA	Orthogonal Frequency Division Multiplexing Access
OOV	Openbare Orde en Veiligheid
OPTA	Onafhankelijke Post en Telecommunicatie Autoriteit
OTT	Over-The-Top
PAMR	Public Access Mobile Radio
PAN	Personal Area Network
PC	Personal Computer
PCF	Point Coordination Function
PCMCIA	Personal Computer Memory Card International Association
PDA	Personal Digital Assistant

PDS	Packet Data Service
PEI	Peripheral Equipment Interfacing
PMR	Private Mobile Radio
QAM	Quadrature Amplitude Modulation
QCI	QoS Class Identifier
QPSK	Quadrature Phase-Shift Keying
QoS	Quality of Service
RAN	Radio Access Network
RDS	Radio Data System
RFC	Request for Comment
RFID	Radio Frequency Identification
RN	Relaying Node
RNC	Radio Network Controller
RSPG	Radio Spectrum Policy Group
RSPP	Radio Spectrum Policy Programme
RSU	Road Side Unit
SA	Service Architecture
SCO	Synchronous Connection Oriented
S-DMB	Satellite – Digital Multimedia Broadcasting
SDS	Short Data Service
SFPG	Security and Fraud Prevention Group
SIG	Special Interest Group
SIM	Subscriber Identity Module
SIP	Session Initiation Protocol
SLS	Slide Show
SMS	Short Message Service
SRD	Short Range Device
SSID	Service Set Identifier
TCCA	TETRA & Critical Communications Association
T-DAB	Terrestrial–Digital Audio Broadcasting
TDD	Time Division Duplex
TD-LTE	Time Division – Long Term Evolution
TDM	Time Division Multiplexing
TDMA	Time Division Multiple Access
T-DMB	Terrestrial-Digital Multimedia Broadcasting
TD-	Time Division-Synchronous Code Division Multiple Access
TEA	TETRA Encryption Algorithm
TEDS	TETRA Enhanced Data Services
TETRA	Terrestrial Trunked RAdio
TMC	Traffic Message Channel
TMO	Trunking Mode Operation
TPEG	Transport Protocol Experts Group
TS	Technical Specification
TSG	Technical Specification Group
TTA	Telecommunications Technology Association (South-Korea)
TTC	Telecommunication Technology Committee (Japan)
UE	User Equipment

UHF	Ultra High Frequency
UMTS	Universal Mobile Telecommunication System
USB	Universal Serial Bus
USIM	UMTS Subscriber Identity Module
UTRA	Universal Terrestrial Radio Access
UWB	Ultra Wide Band
VDSL	Very high speed Digital Subscriber Line
VHF	Very High Frequency
VoIP	Voice over Internet Protocol
WAN	Wide Area Network
WAP	Wireless Application Protocol
WEP	Wireless Equivalent Privacy
WiFi	Wireless Fidelity
WiMAX	Worldwide Interoperability for Microwave Access
WLAN	Wireless Local Area Network
WPA(2)	Wi-Fi Protected Access(2)
WPAN	Wireless Personal Area Network
WRC	World Radio Conference
WSD	White-Space Devices