



Brassersplein 2  
Postbus 5050  
2600 GB Delft

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

T +31 15 285 70 00

F +31 15 285 70 57

[info-ict@tno.nl](mailto:info-ict@tno.nl)

## TNO-rapport

35453

## Wireless Monitor 2010

Datum	December 2010
Auteur(s)	TNO ICT
Oprachtgever	Ministerie van Economische Zaken, Landbouw en Innovatie
Projectnummer	035.33445

### Rubricering rapport

Titel

Samenvatting

Rapporttekst

Bijlagen

Aantal pagina's	83
Aantal bijlagen	Geen

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

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

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

© 2010 TNO

# Inhoudsopgave

	<b>Voorwoord.....</b>	<b>3</b>
<b>1</b>	<b>Inleiding.....</b>	<b>4</b>
1.1	Achtergrond.....	4
1.2	Doel van de monitor.....	4
1.3	Scope.....	4
1.4	Aanpak.....	5
1.5	Indicatoren.....	6
1.6	Beschikbare bronnen.....	7
1.7	Opbouw van de rapportage.....	7
<b>2</b>	<b>Monitor in helicopter view.....</b>	<b>8</b>
2.1	Groei van het mobiele dataverkeer.....	9
2.2	Veiling 2.6 GHz spectrum.....	10
2.3	Perspectief in andere frequentiebanden.....	11
2.4	Evolutie van draadloze netwerken naar 4G.....	12
2.5	Status van LTE (pilots, uitrol).....	12
2.6	Neutraliteit van technologie en diensten.....	13
2.7	Cognitieve Radio en dynamische toegang tot radiospectrum.....	13
2.8	Toch digitale radio in Nederland?.....	14
<b>3</b>	<b>Monitor in close-up.....</b>	<b>15</b>
3.1	GSM.....	15
3.2	UMTS/HSPA.....	23
3.3	CDMA2000.....	29
3.4	LTE.....	35
3.5	WiFi.....	41
3.6	WiMAX.....	46
3.7	DVB-T.....	53
3.8	DVB-H.....	62
3.9	T-DMB.....	68
3.10	DAB+.....	74
<b>4</b>	<b>Lijst met afkortingen.....</b>	<b>80</b>
<b>5</b>	<b>Verklaring begrippen.....</b>	<b>83</b>

## Voorwoord

Veel technologie, en draadloze netwerken zijn daar geen uitzondering op, worden ontworpen met een *intent*, een idee voor gebruik [Alberts, 2010]<sup>1</sup>. De monitor die voor u ligt laat de veelheid van netwerken zien, en de *intent* waarmee ze zijn, of worden ontwikkeld: mobiele spraak, broadcast TV, ... Tegelijkertijd is er een trend waarneembaar waarbij het vaak specifieke karakter van draadloze netwerken wordt bevraagd. Dit kan een bewust proces zijn, maar veel technologie wordt andere doeleinden gebruikt als waar ze voor is ontworpen. Het klassieke voorbeeld van de SMS is daar één van, maar ook internet, de mobiele telefoon als babyfoon, GPS als wegwijzer, ...: gebruikers zijn bijzonder creatief om technologie naar hun hand te zetten.

De beleidskant van deze trend is bijvoorbeeld terug te vinden in het niet of beperkt voorschrijven van de te gebruiken technologie in een gegeven spectrumband: de recente veiling van de 2.6 GHz band is het eerste voorbeeld van dit beleid. Dit beleid laat een *specifieke intent* van een spectrumband los, en vervangt haar door een *generieke*. Er worden natuurlijk nog steeds eisen gesteld ten aanzien van *spectral masks*, etc. Het laatste voorbeeld bevindt zich meer aan applicatiekant. Het benadrukt draadloze netwerken als *enabler* voor een veelheid aan diensten, vele ongedacht toen de technologie op de 'tekentafel' lag. Publieke veiligheid (met de mobiel/babyfoon als een vingeroefening), langer thuis gezond leven (draadloos en op afstand monitoren van vitale lichaamsfuncties), logistiek (*tracking* en *tracing* van pakketjes), bewaking van kritische infrastructuren zoals dijken, ... Het beeld lijkt dat de reeks aan voorbeelden slechts beperkt wordt door onze eigen creativiteit, en niet door de latente mogelijkheden van de draadloze netwerken. Dat is niet helemaal correct: veel nieuwe ideeën stellen zeer hoge eisen aan de netwerken, en daar is verdere ontwikkeling van de onderliggende technologie voor nodig. Maar het is zeer de vraag of er voor elk applicatiegebied een eigen technologie nodig is. Het hergebruik van concepten, hardware en software, en zelfs volledige draadloze netwerken is een must, om een *economy of scale* te realiseren, om gemak aan de gebruikerskant te bevorderen, en om een *total cost of ownership* te verlagen. De toekomstige gebruikers van technologie, en draadloze netwerken in het bijzonder, zullen zich steeds meer moeten afvragen of een 'op maat' gebouwde technologie op z'n plaats is.

Ik wens u een verdienstelijke lezing toe.

Prof. dr ir E.R. Fledderus

---

<sup>1</sup> G. Alberts, *Increased Connectedness, More Codes for the Citizen*, The Connected World, ODIN Symposium TU Eindhoven, 17 mei 2010.

# 1 Inleiding

## 1.1 Achtergrond

Het is vrij algemeen bekend dat de ontwikkelingen in draadloze technologie bijzonder snel gaan. Op het gebied van mobiele communicatie bijvoorbeeld is de GSM-technologie nog volop in gebruik maar wordt deze geleidelijk verdrongen door UMTS en HSPA (High Speed Packet Access). Tegelijkertijd is er alweer een nieuwe mobiele standaard actueel geworden, LTE(Long Term Evolution), die inmiddels het R&D stadium voorbij is. WiFi-technologie heeft zich over de jaren heen sterk ontwikkeld en een enorme boost gegeven aan draadloze breedband internettoegang. Op het gebied van omroep zijn DVB-H, DAB+ en DMB ontwikkeld, technologieën die het mogelijk maken omroep- en breedband communicatiediensten met audio/video content gecombineerd op een mobieltje aan te bieden. Dit is maar een tipje van de sluier.

Het gevaar van deze snelle hype gevoelige ontwikkelingen op diverse fronten is dat de diverse belanghebbenden aan markt- en overheidszijde, maar zeker ook de consument, door de bomen het bos niet meer zien en niet zeker zijn over hun eigen oordeel op basis van de nogals eens gekleurde informatie vanuit de markt. Een objectieve monitor op basis van betrouwbare en zo actueel mogelijke informatie kan dan in een behoefte voorzien.

## 1.2 Doel van de monitor

Met de ontwikkeling van deze *Wireless Monitor* wil TNO in deze zojuist geschetste behoefte voorzien. De monitor moet een goede, actuele en toegankelijke en frisse 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 telecommunicatie achtergrond en om het risico te vermijden dat men vaak op specialistische verhandelingen stuit. Dit houdt ook automatisch in dat de monitor minder geschikt is voor specialisten op de hierin behandelde technologieën. Om up-to-date te blijven is de intentie deze monitor jaarlijks (in het voorjaar/zomer) te laten verschijnen. Deze voorliggende rapportage is in het eerste halfjaar van 2010 geconcipeerd met een beperkte update in het najaar.

## 1.3 Scope

De scope van de huidige monitor dekt geenszins het complete veld af. De gekozen scope laat zich alsnog omschrijven. Ze omvat technologieën die de basis vormen voor aardse publieke infrastructures en daarop afgestemde terminals waarmee aan eindgebruikers elektronische communicatiediensten en omroepdiensten kunnen worden aangeboden. Technologieën die alleen gebruikt worden voor gesloten netwerken zijn *niet* meegenomen, evenals technologieën voor korte-afstand communicatie ('short range' toepassingen) zoals Bluetooth. WiFi is vanwege zijn betekenis in publieke netwerken als uitzondering wel opgenomen. Het betreft gestandaardiseerde technologieën. 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. Deze scopedefinitie geldt voor dit eerste verschijningsjaar en het is denkbaar dat de scope van de monitor in latere jaren wordt verruimd.

Aldus zijn voor deze monitor die voor u ligt door experts van TNO de onderstaande technologieën geselecteerd:

*Gericht op mobiele communicatie toepassingen:*

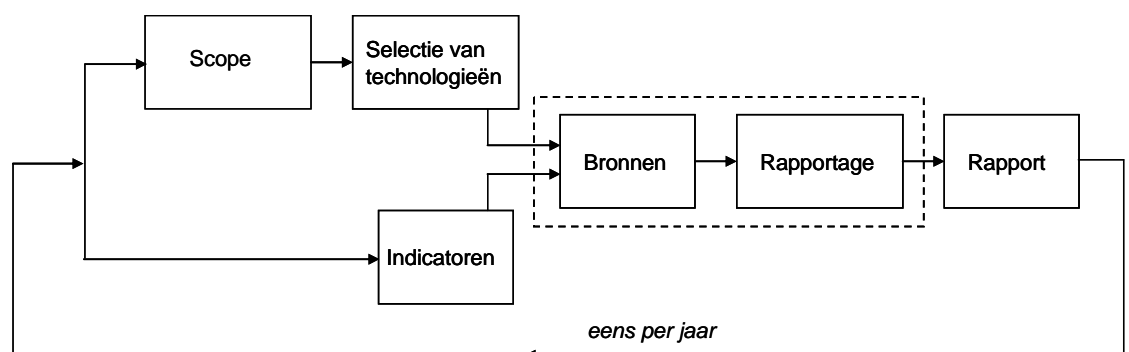
1. GSM: een tweede generatie standaard voor mobiele netwerken.
2. UMTS/HSPA: een derde generatie standaard voor mobiele netwerken in met name Europa, inclusief de uitbreiding voor hogere datasnelheid HSPA.
3. CDMA2000: een derde-generatie standaard voor mobiele netwerken in met name de VS en Azië.
4. LTE: Long-Term Evolution, de beoogde opvolger van UMTS/HSPA.
5. WiFi: de algemeen gebruikte aanduiding voor de IEEE 802.11 standaard voor draadloze communicatie.
6. WiMAX: de algemeen gebruikte aanduiding voor de IEEE 802.16 standaard voor draadloze communicatie.

*Gericht op omroep toepassingen:*

1. DVB-T: een standaard voor digitale televisie over de ether.
2. DVB-H: een standaard voor digitale televisie over de ether bedoeld voor draagbare apparaten.
3. DMB: een standaard voor uitzending van multimedia diensten naar draagbare apparaten.
4. DAB+: een standaard voor digitale radio

## 1.4 Aanpak

De aanpak van de (terugkerende) monitorstudie is schematisch weergegeven in onderstaande figuur.



Figuur 1-1 Aanpak van de monitor

Het schema behoeft weinig nadere toelichting, maar aan de onderdelen *indicatoren* en *bronnen* wijden we separate aandacht.

## 1.5 Indicatoren

De indicatoren vormen de basis voor de beschrijving per technologie. Hieronder volgt een tabel met toegepaste indicatoren, gegroepeerd in drie categorieën, te weten *Algemeen*, *Technologie* en *Markt*.

Tabel 1-1: De lijst van indicators

Indicator	Korte omschrijving
<b>Algemeen</b>	
Technologietype	Aanduiding van de 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 dit vermelden. 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 afstandsbereik 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?
Marktomzet	Wat is de marktomzet (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. Ook korte aanduiding van de belangrijkste terminalfabrikanten.
Operators en hun marktaandeel <sup>2</sup>	Welke operators zijn actief in Nederland en elders in Europa? Wat is hun marktaandeel?

## 1.6 Beschikbare bronnen

Voor het maken van de Monitor rapportage wordt gebruik gemaakt van elektronisch en meestal publiek toegankelijke bronnen (websites, nieuwsbrieven, white papers, marktrapporten, etc.). Alle geraadpleegde referenties zijn in het rapport vermeld.

## 1.7 Opbouw van de rapportage

Deze rapportage is verder als volgt opgebouwd. Hoofdstuk 2 (helicopterview) geeft een inhoudelijke inleiding op de Wireless Monitor met enkele opmerkelijke ontwikkelingen worden geschetst die rechtstreeks verband houden met de technologieën die zijn onderzocht. Met deze specifiek gekozen highlights heeft dit hoofdstuk een “nieuwsbrief”-karakter. Hoofdstuk 3 (close up) is de eigenlijke monitor waarin de tien genoemde technologieën op systematische wijze worden beschreven aan de hand van de indicatoren uit tabel 1.1. In deze eerste versie van de monitor is dit vrij uitvoerig gedocumenteerd. In latere versies zal een splitsing worden gemaakt en wordt een deel van deze inhoud als achtergrond in de rapportage opgenomen.

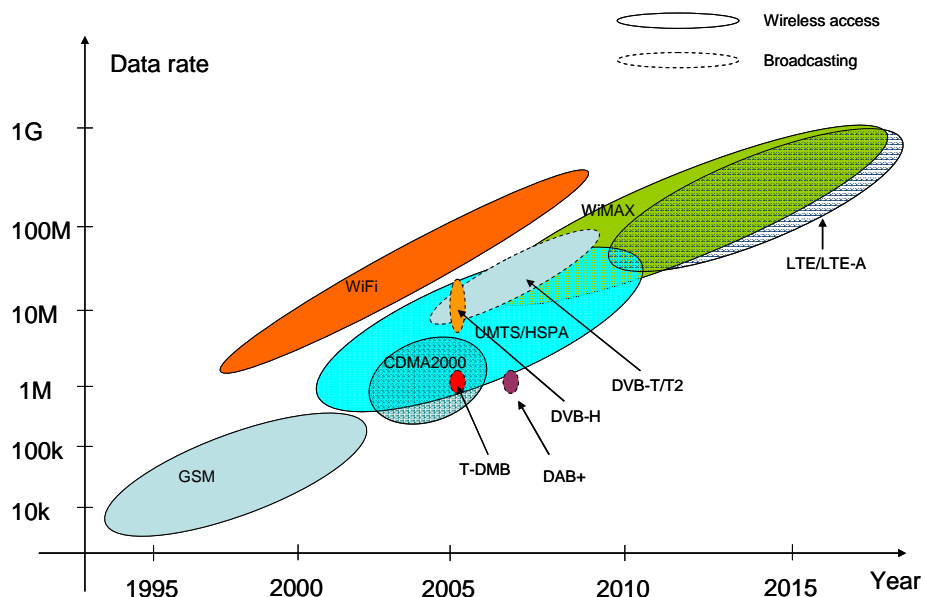
<sup>2</sup> Wordt mogelijk gecombineerd met voorgaande indicator.

## 2 Monitor in helicopter view

In dit hoofdstuk wordt een kort overzicht gegeven van enkele belangrijke en/of markante ontwikkelingen die samenhangen met de draadloze technologieën die in deze monitor zijn beschreven. De volgende onderwerpen komen aan de orde:

- Groei van het mobiele dataverkeer
- Veiling 2.6 GHz spectrum
- Perspectief in andere frequentiebanden
- Evolutie van draadloze netwerken naar 4G
- Status van LTE (pilots, uitrol)
- Neutraliteit van technologie en diensten
- Dynamische toegang tot radiospectrum
- Toch naar digitale radio in Nederland?

Figuur 2.1 toont de in deze Monitor beschreven technologieën, tegen de assen tijd en datasnelheid. Bij de bepaling van de tijd is uitgegaan van de ingebruikname van de eerste versie van de standaard, tot de ingebruikname van de laatste versie van de standaard die substantiële verbeteringen opleverde. Zo wordt het tijdsbereik van GSM bepaald door de tijd tussen de ingebruikname van GSM en de ingebruikname van EDGE. Merk op dat de aanduidingen van zowel tijd als datasnelheid indicatief zijn; het gaat bij deze figuur met name om een indicatie van de *samenhang* tussen de verschillende technologieën.

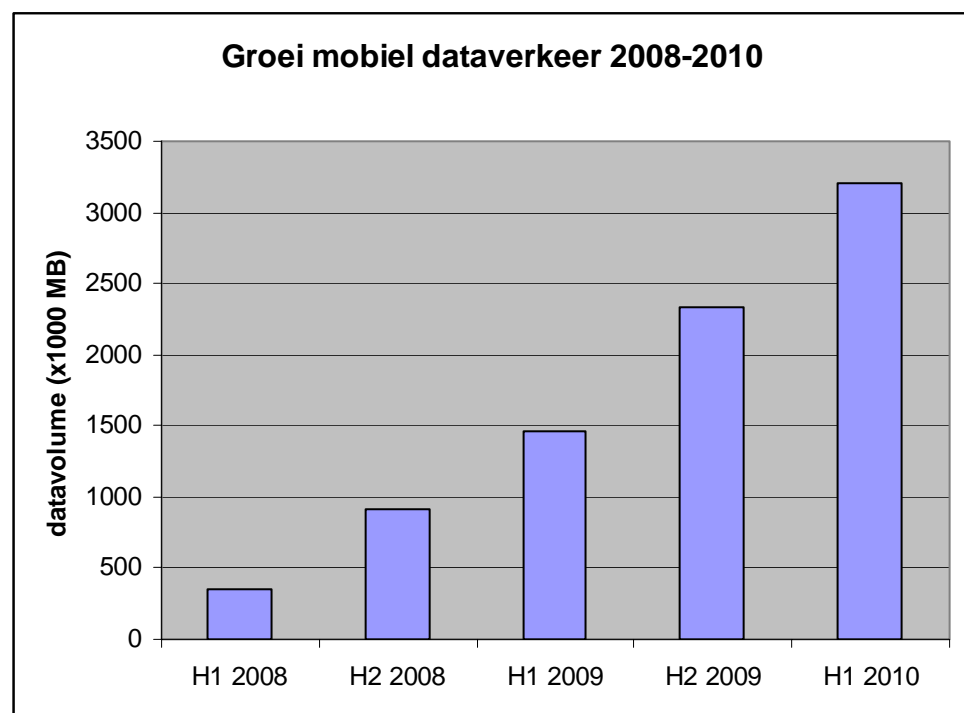


Figuur 2-1: Positionering van geselecteerde draadloze technologieën in de tijd en qua datasnelheid.



## 2.1 Groei van het mobiele dataverkeer

Na een lange periode van beperkt verkeer op het Nederlandse UMTS/HSPA netwerk heeft er in de afgelopen paar jaar een sterke groei plaatsgevonden. Een analyse van OPTA (zie Figuur 2-2) laat zien dat in 2010 het volume van het mobiele dataverkeer bijna is vertienvoudigd t.o.v. 2008<sup>3</sup>. Deze groei zal zich ongetwijfeld doorzetten in 2011. De groei van het mobiele dataverkeer is voor een belangrijk deel toe te schrijven aan het toenemend gebruik van smartphones, d.w.z. geavanceerde mobiele telefoons met een Internet-verbinding. Deze toestellen, de iPhone voorop, zijn in de afgelopen periode razend populair geworden en genereren veel verkeer op het netwerk.



Figuur 2-2: Mobile datavolume Nederland (Bron: OPTA)

De sterke groei van het dataverkeer stelt mobiele operators voor problemen. In het tweede kwartaal dit jaar bleek dit onder mee door een groeiend aantal klachten van gebruikers van het T-Mobile netwerk, waar gebruikers klaagden over wegvallende verbindingen en gesprekken die direct naar de voice-mail worden geleid. T-Mobile biedt als enige operator in Nederland de iPhone aan en wordt daardoor sterk geconfronteerd met het groeiend datagebruik. Het bedrijf heeft de problemen aangepakt door het bijplaatsen van extra capaciteit.

De vraag werpt zich op hoe mobiele operators in de toekomst om zullen gaan met de groeiende vraag naar capaciteit. Uitbreiding van het netwerk vergt forse investeringen, die nauwelijks gecompenseerd worden door extra inkomsten. Als we namelijk in

<sup>3</sup> OPTA, "Structurele monitoring mobiele telefonie – rapportages t/m Q2 2010", oktober 2010.

dezelfde rapportage van OPTA de inkomsten uit mobiele data in 2010 (juni) vergelijken met die in 2008 (juni) is slechts sprake van een ruime verdubbeling, wat dus in geen verhouding staat tot de stijging in datavolume. Mobiele data-abonnementen zijn in vrijwel alle gevallen “flat fee”, d.w.z. het maandtarief hangt niet af van het datagebruik. Deze situatie zet de winstgevendheid onder druk. Mobiele operators zullen daarom willen terugkeren naar een zekere vorm van differentiatie naar gebruik, bijvoorbeeld door het beperken van de datasnelheid voor de zogeheten “heavy users”. Vodafone heeft in augustus dit jaar de ‘fair use policy’ afgeschaft.

## 2.2 Veiling 2.6 GHz spectrum

In april is in Nederland nieuw frequentiespectrum geveild in de 2.6 GHz frequentieband. Hierdoor is voor vijf partijen nieuw spectrum beschikbaar gekomen. Tabel 2-1 toont de uitkomst van de veiling. In alle gevallen betreft het FDD spectrum, d.w.z. gescheiden banden voor uplink en downlink. In totaal heeft de veiling ca. 2,6 miljoen euro opgebracht, veel minder dan de bijna 3 miljard euro van de UMTS veilingen in 2000.

Tabel 2-1: Uitkomst spectrumveiling 2.6 GHz. Ziggo4 is een gelegenheidsconsortium van Ziggo en UPC.

Operator	Hoeveelheid (MHz)	Bedrag (k€)
Vodafone Libertel B.V.	2×10	200
Ziggo4 B.V.	2×20	1009
T-Mobile Netherlands B.V.	2×5	109
KPN B.V.	2×10	909
Tele2 Mobiel B.V.	2×20	400
<b>Totaal</b>	<b>2×65</b>	<b>2627</b>

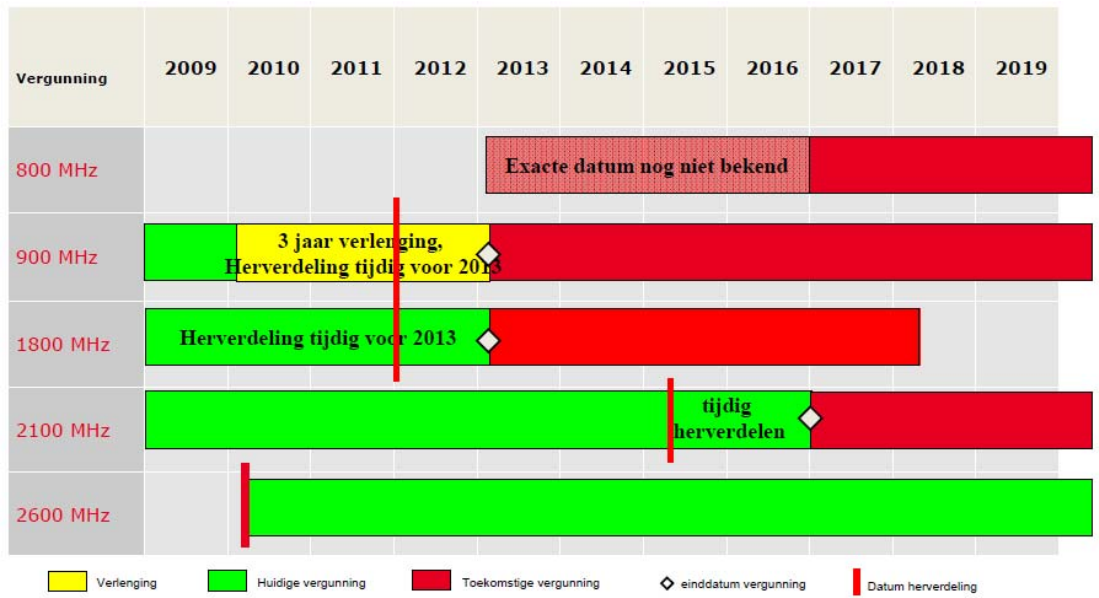
In de aanloop naar de veiling was veel te doen over een opgelegde beperking (“cap”) in het te verwerven spectrum voor de bestaande mobiele operators KPN (max 20 MHz), Vodafone (maximaal 25 MHz) en T-Mobile (maximaal 10 MHz). EL&I had deze cap opgelegd met het oogmerk om nieuwe partijen meer kans te geven en zo de concurrentie in de mobiele markt te bevorderen. Een kort geding dat KPN en Vodafone hadden aangespannen om de veiling uit te stellen is kort voor de veiling door de Rotterdamse Rechtbank afgewezen.

Naar verwachting zal het nieuw verworven spectrum worden ingezet voor de uitrol van LTE. De eigenaren hebben een beperkte uitrolverplichting: per 5 MHz moet binnen 2 jaar een gebied van 20 km<sup>2</sup> worden bedekt en binnen 5 jaar een gebied van 200 km<sup>2</sup>. Dit hoeft overigens niet met LTE, maar kan ook met een andere technologie. Daarnaast mag na 2 jaar het verworven spectrum worden doorverkocht aan andere partijen.

Ook in andere Europese landen zijn 2.6 GHz veilingen gepland of reeds uitgevoerd. Zo heeft in Duitsland in april een uitgebreide veiling plaatsgevonden waarbij niet alleen 2.6 GHz spectrum is geveild, maar ook o.a. spectrum in de 800 MHz band (het zogenaamde “digitale dividend”). Deze laatste band is populair vanwege de lagere frequentie die ervoor zorgt dat per basisstation een groter gebied kan worden bedekt. Dit spectrum is voor bedragen van ca. 600 miljoen euro per licentie opgekocht door de bestaande operators T-Mobile, Vodafone en O2; KPN dochter E-Plus heeft hier naast gegrepen. De totale opbrengst van de Duitse frequentieveiling bedraagt ca. 4.4 miljard euro. Ook in Zweden, Finland en Oostenrijk is spectrum in de 2.6 GHz band uitgegeven. Diverse andere Europese landen volgen waarschijnlijk in 2011.

## 2.3 Perspectief in andere frequentiebanden

In de komende jaren komt ook frequentieruimte in een aantal andere banden beschikbaar. Dit perspectief is door het ministerie van Economische zaken in het consultatiedocument van september dit jaar voor de Strategische nota Mobile Communicatie<sup>4</sup>. De banden en mogelijke verdeelmomenten zijn weergegeven in onderstaande figuur.



Figuur 2-3: Huidige situatie en planning inzake vergunningen voor mobiele communicatie in Nederland (bron: EZ)

Veel aandacht is uitgegaan naar de beschikbaarstelling van spectrum voor mobiele communicatie in de 790 – 862 MHz band dat momenteel wordt benut voor omroep (digitale TV en omroep gerelateerde toepassingen). Deze lage frequentieband is aantrekkelijk voor mobiele operators uit oogpunt van radiodekking maar de ‘refarming’ van deze band heeft de nodige implicaties zoals bijvoorbeeld de verhuizing van de omroepfrequenties, internationale afstemming, coëxistentie met de Kabel, etc. Het doel is om dit spectrum voor 2017 opnieuw te hebben uitgegeven. Op kortere termijn speelt de hernieuwde uitgifte van frequenties in de 900 en 1800 MHz.

De 3.5 GHz band is niet in bovenstaande figuur ingetekend maar is als beoogde band voor Broadband Wireless Access ook van belang. Vermeldenswaardig is de bekendmaking van het voorgenomen besluit om restricties op te leggen ter bescherming van het Satelliet luisterstation van Defensie in Burum. De belangrijkste beperking komt neer op beperking van de netwerkkuitrol tot het zuidelijke deel van Nederland (beneden lijn Amsterdam-Zwolle).

<sup>4</sup> Consultatiedocument met betrekking tot Strategische Nota Mobile Communicatie, Ministerie van Economische Zaken, september 2010.

## 2.4 Evolutie van draadloze netwerken naar 4G

De bestaande technologieën voor draadloze toegang kunnen worden gegroepeerd in “families” op basis van de organisatie waarin ze zijn/worden gespecificeerd. De belangrijkste families zijn de 3GPP familie (GSM/GPRS, UMTS/HSPA en LTE/LTE-Advanced), de 3GPP2 familie (o.a. IS-05 en CDMA2000) en de IEEE familie (o.a. WiFi en WiMAX).

De ontwikkeling van deze draadloze technologieën wordt vaak aangeduid met “generaties” (1G, 2G, 3G, etc.) om zo grote stappen in de evolutie te markeren. De belangrijkste onderscheidende eigenschappen voor de eerste generaties waren de introductie van opstelpunten met meerdere cellen (1G, zoals AMPS), de overgang naar digitale systemen (2G, zoals GSM/GPRS en IS-95), en IP datatransmissie met hoge datasnelheid (3G, zoals UMTS/HSPA, CDMA2000 en WiMAX). Tijdens de ontwikkeling van iedere generatie worden vaak nieuwe features toegevoegd, leidend tot subgeneraties. Zo wordt GPRS vaak aangeduid als een 2.5G technologie en HSPA als een 3.5G technologie. In onze monitor worden deze subgeneraties behandeld bij de overeenkomstige hoofdgeneratie (d.w.z. GPRS bij GSM, HSPA bij UMTS).

De laatste jaren heeft de industrie zich gericht op de ontwikkeling van een vierde generatie (4G) draadloze technologieën geoptimaliseerd voor data. Hiermee dient tegemoet te worden gekomen aan de groei van de vraag naar datadiensten die het gevolg is van de snel toenemende penetratie van o.a. smartphones en netbooks. 4G, of officieel IMT-Advanced Technologies zoals aangeduid door ITU-R, richt zich op een vertienvoudiging van de capaciteit t.o.v. UMTS<sup>5</sup>. Op dit moment zijn er twee kandidaat technologieën voor 4G: LTE-Advanced voorgesteld door 3GPP en 802.16m voorgesteld door IEEE. LTE-Advanced is een verbetering van de pre-4G LTE standaard, terwijl 802.16m een verbetering is van de pre-4G mobiele WiMAX standaard. Merk op dat de pre-4G standaarden LTE en WiMAX weliswaar zijn ontwikkeld met het doel om hogere capaciteit te leveren dan 3G, maar voordat de eisen aan IMT-Advanced Technologies waren vastgesteld. Zij voldoen niet aan alle eisen en mogen daarom formeel niet gezien worden als 4G technologieën.

## 2.5 Status van LTE (pilots, uitrol)

Hoewel LTE officieel dus een pre-4G technologie is, trekt het momenteel de aandacht en wordt het gesteund door veel grote mobiele operators en leveranciers. In juni dit jaar werd verwacht dat er eind 2010 naar verwachting 22 LTE netwerken operationeel zouden zijn<sup>6</sup>. Tot aan dat moment hadden 80 operators zich gecommitteerd aan het uitrollen van LTE netwerken in 33 landen. In april waren dit nog 64 operators in 31 landen. Verwacht wordt dat de eerste LTE netwerken zich alleen zullen richten op datadiensten. Spraak- en SMS diensten zullen geleverd worden via de bestaande netwerken, veelal GSM en UMTS.

Het eerste commerciële LTE network is uitgerold door TeliaSonera in december 2009 in de steden Stockholm en Oslo en draait nu 1 jaar. TeliaSonera biedt momenteel in Zweden dekking in 17 steden en heeft plannen voor dekking in vier steden in Noorwegen. TeliaSonera breidt ook uit Finland, Denemarken en enkele Oost-Europese landen, waaronder Estland (vier lokaties in december 2010)<sup>7</sup>.

<sup>5</sup> <http://www.itu.int/publ/R-REP-M.2134-2008/en>

<sup>6</sup> <http://lteworld.org/news/gsa-anticipates-22-lte-service-networks-end-2010>

<sup>7</sup> <http://www.rethink-wireless.com/2010/06/09/telia-expands-lte-finland-docomo-makes-progress.htm>

De meeste grote operators zijn bezig met LTE trials, of hebben deze reeds uitgevoerd. Hieronder zijn o.a. Telefónica, NTT DoCoMo, Verizon Wireless, Telecom Italia, China Mobile, T-Mobile en Vodafone. De grote netwerkleveranciers, zoals Ericsson, Huawei, Nokia Siemens Networks en Alcatel-Lucent hebben de beschikbaarheid van hun LTE apparatuur aangekondigd.

## 2.6 Neutraliteit van technologie en diensten

In het verleden heeft toewijzing van frequenties altijd plaatsgevonden op basis van technologie. Zo zijn in Europa de 900 MHz band en 1800 MHz band bestemd voor GSM, terwijl de 2100 MHz band is toegewezen voor UMTS. Op soortgelijke wijze heeft regulering altijd plaatsgevonden afhankelijk van de dienst. Zo gelden voor omroepdiensten andere licentieverplichtingen dan voor mobiele telefonie. Dit is nu aan het veranderen.

Regelgevers streven bij het maken van beleid tegenwoordig naar neutraliteit van technologie en diensten. In het geval van spectrumtoewijzing betekent technologieneutraliteit dat iedere beschikbare technologie gebruikt mag worden om een bepaalde dienst te leveren in de toegewezen frequentieband. Dienstenneutraliteit houdt in dat ieder type dienst geleverd mag worden in de toegewezen band. Deze neutraliteit zorgt er voor dat de markt zelf kan bepalen welke technologie het meest efficiënt ingezet kan worden. Ook kunnen operators en service providers sneller inspelen op technologische veranderingen.

De “Wireless Access Policy for Electronic Communications Services” (WAPECS)<sup>8</sup> van de Europese Commissie is een voorbeeld van de trend richting technologie- en dienstneutraliteit in spectrum management. In navolging van het WAPECS beleid heeft de Europese commissie de GSM 900 MHz band opengesteld voor UMTS en “andere systemen zodra is aangetoond dat deze kunnen bestaan naast GSM”<sup>9</sup>.

## 2.7 Cognitieve Radio en dynamische toegang tot radiospectrum

Internationaal staat het al een tijdje in de belangstelling, maar ook in Nederland neemt de belangstelling voor *cognitieve* of slimme radio gestaag toe<sup>10</sup>. De slimme radio is idealiter in staat zich goed aan de lokale omstandigheden aan te passen en wel zo dat de performance op peil blijft ondanks belangrijke wijzigingen in die omstandigheden. Een praktisch maar niet inperkend voorbeeld van slim gedrag is het zoeken naar en vervolgens benutten van vrije frequentiekanalen waarop de radio kan uitzenden. De ontwikkeling, die mede mogelijk is geworden dankzij belangrijke vorderingen op het gebied van computer engineering en radiotechniek, appelleert vooral aan de gevoelde noodzaak om meer flexibiliteit te bereiken in de toewijzing en het gebruik van frequentieruimte voor draadloze toepassingen.

Dynamische toegang tot radiospectrum (Eng: Dynamic Spectrum Access, DSA), waarvoor Cognitieve Radio een middel kan zijn, is een groeiend aandachtsgebied voor academia, industrie, kennisinstellingen en regelgevers. De eerdere totstandkoming van de IEEE 802.22 en IEEE P.1900.4 standaarden zijn signalen dat de wireless industrie

<sup>8</sup>[http://ec.europa.eu/information\\_society/policy/ecomm/radio\\_spectrum/document\\_storage/rsc/rsc26\\_public\\_docs/rscom08-94\\_wapecs.pdf](http://ec.europa.eu/information_society/policy/ecomm/radio_spectrum/document_storage/rsc/rsc26_public_docs/rscom08-94_wapecs.pdf)

<sup>9</sup><http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2009:274:0025:0027:EN:PDF>

<sup>10</sup><http://www.ieee-dyspan.org> en [www.ict-e3.eu](http://www.ict-e3.eu)

marktpotentie ziet in deze ontwikkelingen. In de VS heeft de FCC eind 2008 ruimte geschapen voor de toelating van 802.22 compatibele systemen in de UHF band (TV white spaces). In datzelfde jaar en in 2009 zijn door OFCOM in het VK consultaties geweest over ‘cognitive access’ in de UHF frequentieruimte die als digitaal dividend vrij zou komen. Onlangs heeft de FCC op aandringen van de industrie de eis laten vallen dat CR-systemen die op de markt worden gebracht spectrum sensing moeten kunnen toepassen. Deze verzachting van de regelgeving kan een belangrijke impuls geven aan de introductie van “CR-inside” systemen in de Amerikaanse markt omdat deze oorspronkelijke eis de ontwikkelingskosten van apparatuur sterk opdreef (volgens de industrie). Het belang van het gebruik van geolocatie en omgevingsdatabases is met deze maatregel echter toegenomen. Commerciële systemen worden medio 2011 verwacht.

De oprichting van het CR platform eerder in 2010, een initiatief van EZ, WMC en de TUD<sup>11</sup> en de gebleken belangstelling bij de bijeenkomsten tot dusver getuigen van die toegenomen belangstelling in Nederland, die verder gaat dan de eerder genoemde typen partijen. Ook organisaties in gebruikersdomeinen zoals omroep, OOV, Defensie, Logistiek en Verkeer en Vervoer denken inmiddels na over geschikte use cases rond draadloze toepassingen.

## 2.8 Toch digitale radio in Nederland?

Het is bekend dat digitale radio in Europa en zeker in Nederland tot nu toe geen doorslaand succes is geweest, wat in belangrijke mate is toe te schrijven aan de onverminderde populariteit van FM en in zekere zin ook aan beperkingen in beschikbare frequentieruimte. Het vorige kabinet had in 2009 een besluit genomen om de introductie van digitale FM en AM radio, na een lange periode waarin digitalisering niet vanzelf van de grond kwam, sterk te stimuleren. Het huidige kabinet neemt dit beleid over en het Ministerie van EL&I heeft in november dit jaar zijn voornemen bekend gemaakt voor een marktconsultatie op korte termijn. De trigger die hiervoor wordt benut is de verlenging van de commerciële FM-licenties in 2011, voor een nieuwe periode van 6 jaar<sup>12</sup>. De voorwaarde die de vergunningverlener namelijk stelt is dat een verlenging wordt gehonoreerd alleen in combinatie met de uitrol van een nieuwe infrastructuur in Nederland, geschikt voor digitale FM- en middengolfuitzendingen. Bij de hoogte van de waarde van de commerciële vergunning, welke een maat is voor de administratieve kosten van de verlenging, wordt rekening gehouden met de te plegen investeringskosten voor dit netwerk. Op 1 september 2015 dient 80% van Nederland digitale radio kan ontvangen. Mogelijk zullen de vergunninghouders zich verenigen in een stichting o.i.d. voor de ontwikkeling en exploitatie van dit netwerk. Naar alle waarschijnlijkheid zal de aankomende eigenaar van de MUX voor DAB+ technologie kiezen gezien de acceptatie van deze technologie in andere Europese landen.

---

<sup>11</sup> <http://www.crplatform.nl>

<sup>12</sup> <http://www.rijksoverheid.nl/onderwerpen/frequentiebeleid/beleid-in-voorbereiding/fm-am-en-tdab-frequenties>

## 3 Monitor in close-up

### 3.1 GSM

#### 3.1.1 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 was Radiolinja<sup>13</sup>. 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 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 inmiddels razend populaire sms'en. Ook datadiensten zijn onderdeel van GSM. Voor dit doel is onder andere GPRS (General Packet Radio Service) ontwikkeld.

Volgens de GSMA (GSM Association) telt GSM 3,5 miljard gebruikers in ca. 220 landen. Daarbij gaat het om ca. 1000 netwerken<sup>14</sup>. 80% van de wereldbevolking leeft in gebieden waar GSM wordt geboden aldus een schatting van de GSMA.

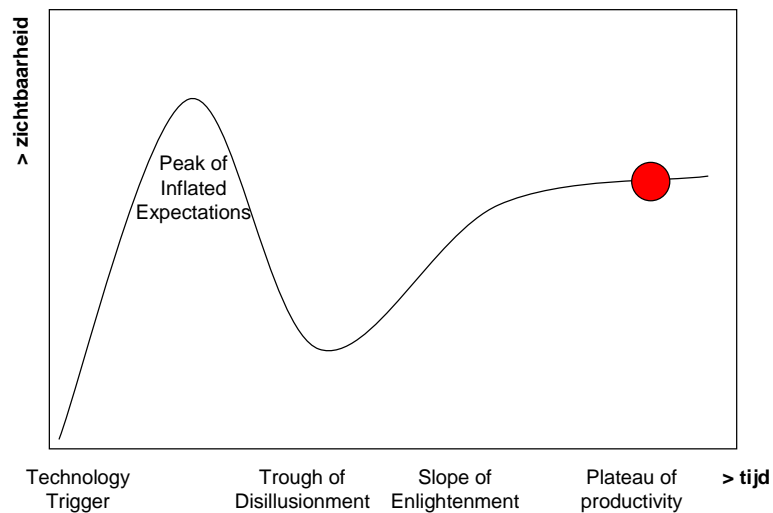
##### *Beschikbaarheid*

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' (Figuur 3-1).

---

<sup>13</sup> <http://gsmworld.com/>

<sup>14</sup> [http://www.gsmworld.com/newsroom/market-data/market\\_data\\_summary.htm](http://www.gsmworld.com/newsroom/market-data/market_data_summary.htm)



Figuur 3-1: 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.

Alhoewel niet op grote schaal gebruikt kent GSM 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 call.

#### *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 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 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.

#### *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 bedekkinggaten 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. GSM zal naar verwachting zeker nog de komende 5 tot 10 jaar actief zijn.

Technologieën die met GSM concurreren zijn in Europa schaars. CDMAOne met meer dan 2 miljard aansluitingen is vooral te vinden in Noord en Zuid Amerika en Azië<sup>15,16</sup>. In deze gebieden is CDMAOne de grootste concurrent van GSM.

### 3.1.2 *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 met 6000 bladzijden een feit.

<sup>15</sup> [http://www.gsmworld.com/newsroom/market-data/market\\_data\\_summary.htm](http://www.gsmworld.com/newsroom/market-data/market_data_summary.htm)

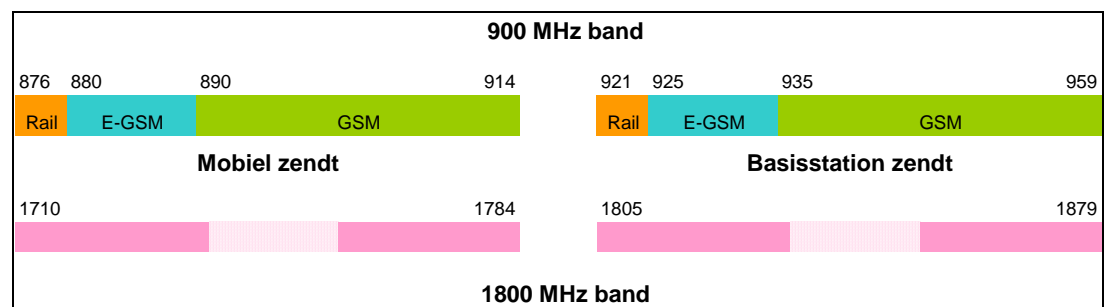
<sup>16</sup> [http://www.cdg.org/technology/product\\_pavilion/cdmaOne\\_operators.asp](http://www.cdg.org/technology/product_pavilion/cdmaOne_operators.asp)

In 1998 werd het 3rd Generation Partnership Project (3GPP<sup>17</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 3-2*). Licenties hiervoor zijn in Nederland geldig tot 2013. GSM in de 1800 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 (2010) ingezet door T-Mobile.

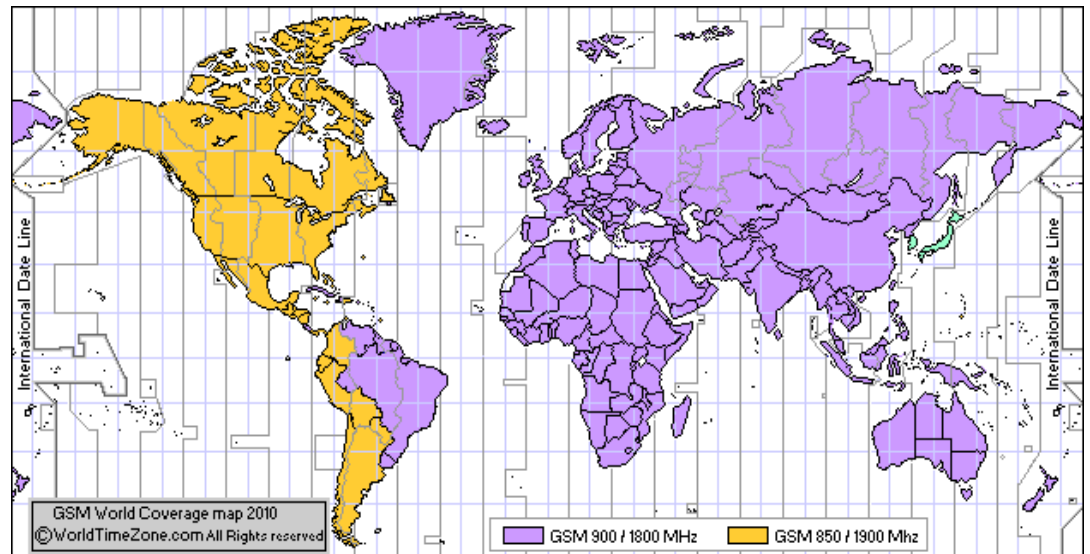
Onder de Extended GSM band bevindt zich nog een stukje van 4 MHz dat uitsluitend bedoeld is voor de spoorwegen om GSM-R te voeren. *Figuur 3-2* geeft een overzicht.



*Figuur 3-2: 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.*

Voorals in landen van Noord- en Zuid Amerika wordt de 850 band en de 1900 MHz band voor GSM ingezet. Dit beperkt de roaming mogelijkheden naar die landen omdat niet alle toestellen standaard geschikt zijn voor drie banden (tri-band toestellen).

<sup>17</sup> <http://www.3gpp.org>



Figuur 3-3: Verdeling van de twee hoofdgroepen van GSM frequenties (900/1800 en 850/1900) in de wereld<sup>18</sup>.

#### 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). Een maximale snelheid van 9.6 kbit/s wordt daarmee 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 10-tallen 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 pakketgeschakelde opvolger van GPRS, Enhanced Data Rates for GSM Evolution (EDGE) biedt theoretisch snelheden van meer dan 300 kbit/s. De techniek wordt echter niet veel ingezet. Edge is namelijk niet erg geschikt om mee te groeien met de toenemende databehoefte. Operators kiezen daarom liever voor investeringen in de opvolger: UMTS.

<sup>18</sup> <http://www.worldtimezone.com/gsm.html>

*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*<sup>19</sup>

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. 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 (technische 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 kan op

<sup>19</sup> <http://www.gsm-security.net/>

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’ en daarmee de communicatie te verstoren. Door de overheid wordt dit middel ingezet bij bommeldingen om GSM afstandsbedieningen te blokkeren. Door horeca-eigenaren is dit middel illegaal ingezet om GSM gesprekken in het restaurant te verhinderen. Beschikbaarheid krijgt daarom een ‘goed’ en niet een ‘zeer goed’.

### 3.1.3 Markt

#### Marktpenetratie

Technologie	Nederland	Europa	Wereld
UMTS +GSM	20 miljoen <sup>20</sup>	734 miljoen <sup>21</sup>	3800 miljoen <sup>22</sup>

De marktpenetratie van GSM mag groot genoemd worden. De GSMA geeft aan dat er in het tweede kwartaal van 2009 meer dan 3 miljard GSM aansluitingen in de wereld zijn<sup>23</sup>. In principe zijn er dit nog meer omdat hierbij alleen ‘GSM only’ aansluitingen zijn geteld. Aansluitingen van het type UMTS zijn niet meegerekend terwijl die op grote schaal gebruik maken van de GSM netwerken: indien de UMTS dekking onvoldoende is wordt er automatisch overgeschakeld naar GSM (indien beschikbaar in dat land). In de onderstaande tabel wordt de combinatie UMTS en GSM genoemd.

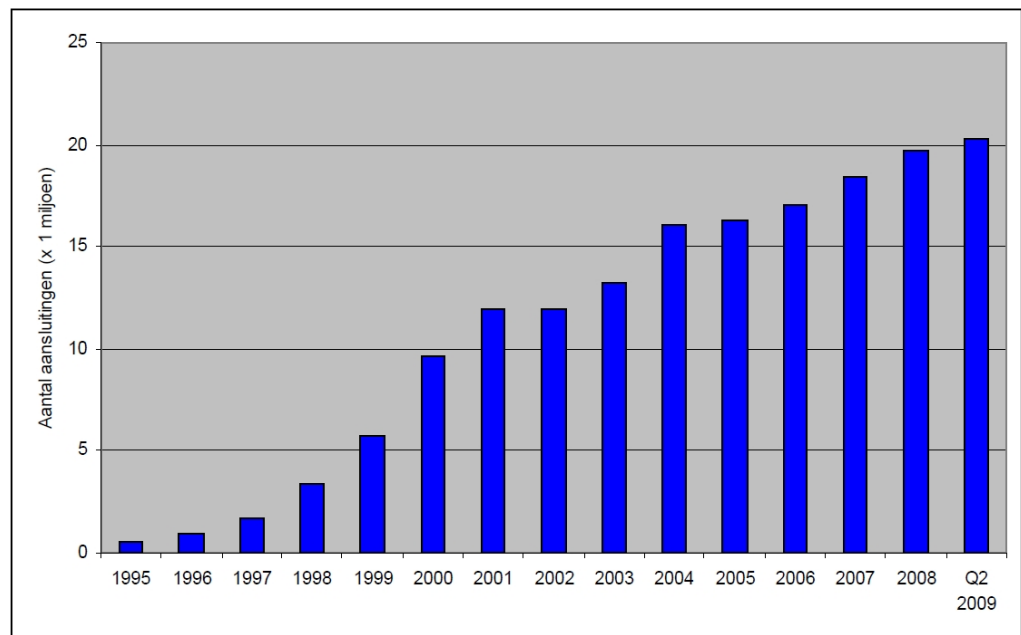
*Figuur 3-4* geeft de groei van het aantal mobiele aansluitingen in Nederland weer. Dit is inclusief UMTS aansluitingen, maar die maken allen in meer of mindere mate gebruik van het GSM netwerk.

<sup>20</sup> TNO: Marktrapportage Elektronische Communicatie 2009

<sup>21</sup> [http://www.arcchart.com/wallcharts/Wcharts\\_explained.asp](http://www.arcchart.com/wallcharts/Wcharts_explained.asp)

<sup>22</sup> [http://www.gsmworld.com/newsroom/market-data/market\\_data\\_summary.htm](http://www.gsmworld.com/newsroom/market-data/market_data_summary.htm)

<sup>23</sup> [http://www.gsmworld.com/newsroom/market-data/market\\_data\\_summary.htm](http://www.gsmworld.com/newsroom/market-data/market_data_summary.htm)



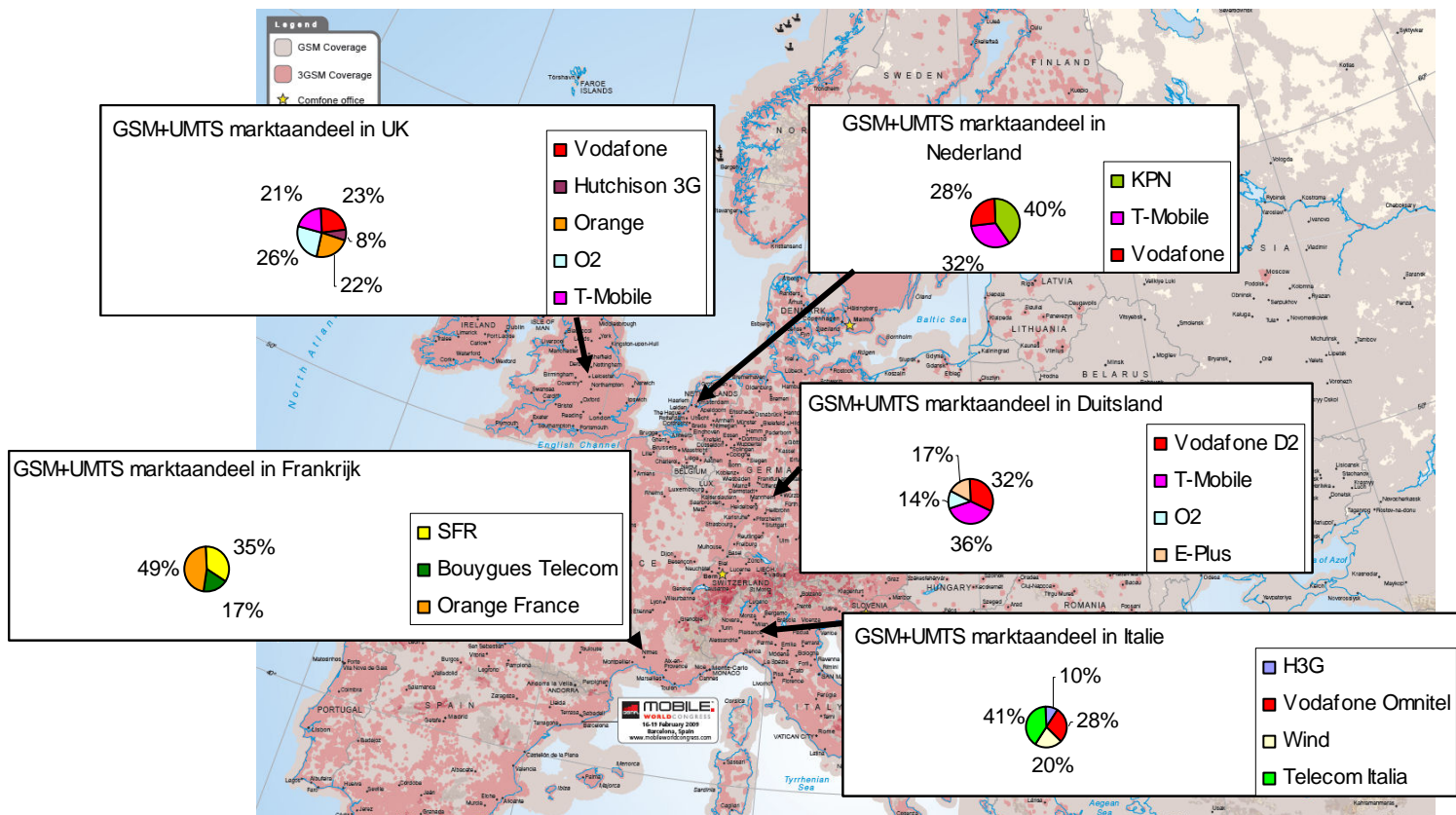
Figuur 3-4: Mobiele aansluitingen in Nederland<sup>24</sup>

#### *Belangrijke spelers*

Grote leveranciers van GSM netwerkkapparatuur zijn Ericsson, Nokia Siemens Networks en Huawei. Voor de productie en verkoop van mobiele terminals zijn vooral Nokia, Sony-Ericsson, Samsung, LG en NEC de grootste partijen. Grote wereldwijde operators zijn China Mobile, Vodafone, T-Mobile, NTT DoCoMo, AT&T Mobility. In Nederland zijn er drie GSM operators: KPN, T-Mobile en Vodafone.

<sup>24</sup> TNO: Marktrapportage Elektronische Communicatie 2009

## Operators en hun marktaandeel



Figuur 3-5: Marktaandelen in 5 grote landen van Europa op de GSM/UMTS bedekkingskaart van GSMA<sup>25</sup>

## 3.2 UMTS/HSPA

### 3.2.1 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>26</sup> (Noorwegen), gebaseerd op de zogeheten Release 99 van 3GPP. HSDPA werd voor het eerst gestandaardiseerd in

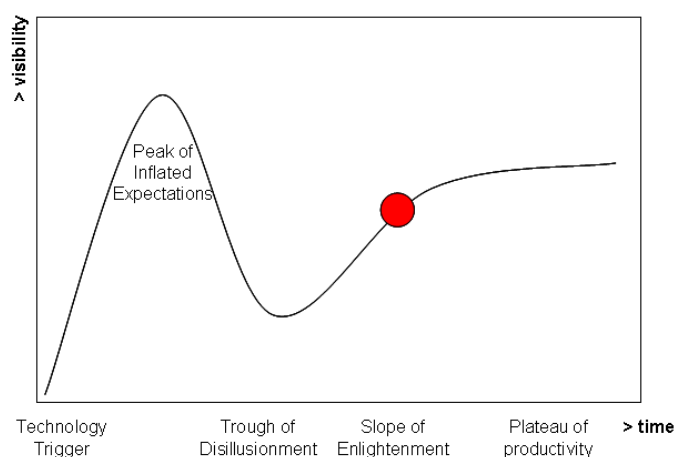
<sup>25</sup> [http://www.arcchart.com/wallcharts/Wcharts\\_explained.asp](http://www.arcchart.com/wallcharts/Wcharts_explained.asp)

<sup>26</sup> <http://www.umtsworld.com/umts/history.htm>

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). Op dit moment werkt 3GPP aan de standaardisatie van 4-carrier HSDPA voor Release 10. UMTS is de meest wijdverbreide 3G technologie. In april 2010 werd het gebruikt door 325 mobiele operators in 135 landen. HSPA wordt gebruikt door 315 operators in 133 landen en HSPA+ door meer dan 41 operators<sup>27</sup>.

### Beschikbaarheid

UMTS, HSPA en HSPA+ zijn wereldwijd in gebruik. De eerste uitrol van HSDPA werd gemeld door Telstra, Australië, in januari 2010<sup>28</sup>. Eerste testen en pilots met Dual-cell HSUPA zijn in de loop van 2010<sup>29</sup> uitgevoerd en de eerste aankondigingen van commerciële beschikbaarheid zijn gedaan (2010/2011). Figuur 3-6 toont de positie van UMTS/HSPA op de Gartner hype cycle.



Figuur 3-6: 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 terminals zijn beschikbaar in de volgende vormen:

- handsets: voor een lijst zie de website op [www.umtsworld.com](http://www.umtsworld.com)<sup>30</sup>
- smartphone: bijvoorbeeld Apple's iPhone 3G and RIM BlackBerry Bold 9000.
- modem: meestal een PCMCIA of USB card ("dongle") in PC of PDA. Voorbeelden zijn de Huawei E169 and Nokia CS-15.
- router: deze biedt meerdere WLAN gebruikers toegang tot het UMTS/HSPA netwerk. Voorbeelden zijn D-Link's DIR-451 and Proxicast's LAN-Cell 2.

Twee trends in de ontwikkeling van terminals:

<sup>27</sup> [http://www.gsacom.com/downloads/pdf/MBB\\_Growth\\_results.php4](http://www.gsacom.com/downloads/pdf/MBB_Growth_results.php4)

<sup>28</sup> [http://en.wikipedia.org/wiki/Dual-Cell\\_HSDPA](http://en.wikipedia.org/wiki/Dual-Cell_HSDPA)

<sup>29</sup> <http://en.wikipedia.org/wiki/DC-HSUPA>

<sup>30</sup> <http://www.umtsworld.com/industry/3gphones.htm>



1. Veel terminals bieden meer dan één frequentieband, en/of meer dan één technologie. Technologieën waarnaar roaming vaak wordt ondersteund zijn Wi-Fi 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 andere (niet-3GPP) technologieën ondersteund, zoals CDMA2000, Wi-Fi 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 Wi-Fi, door middel van een dual-mode terminal die overgaat naar Wi-Fi in de buurt van een Wi-Fi access point. Wi-Fi kan ook gezien worden als een concurrent voor in-huis oplossingen van UMTS/HSPA, zoals femtocellen.

### 3.2.2 *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 and 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>31</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:

Release 99 (2000):	eerste UMTS release, met de definitie van de op CDM gebaseerde based air interface;
Release 4 (2001):	all-IP core netwerk;
Release 5 (2002):	IMS en HSDPA;
Release 6 (2004):	HSUPA, MBMS, roaming naar Wi-Fi;
Release 7 (2007):	HSPA+, verbeteringen in QoS and real-time toepassingen (zoals Voice-over-IP – VoIP)
Release 8 (2008):	Dual-cell HSDPA
Release 9 (2009):	Dual-cell HSUPA, roaming naar WiMAX
Release 10 (2010/2011):	4-carrier HSDPA

<sup>31</sup> <http://www.3gpp.org/>

### 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>32</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 in 2017 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:

- 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, 11 Mbit/s in de uplink
- Dual-cell HSPA: 42 Mbit/s in de downlink, 11 Mbit/s in de uplink

De daadwerkelijke gebruikerssnelheid varieert sterk 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.

### 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. 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.

<sup>32</sup> [http://www.gsacom.com/downloads/pdf/GSA\\_Information\\_Paper\\_UMTS900.php4](http://www.gsacom.com/downloads/pdf/GSA_Information_Paper_UMTS900.php4)

*Quality of service*

Binnen UMTS zijn vier QoS-klassen gedefinieerd, elk gericht op zijn eigen type diensten<sup>33</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 authenticatie-mechanisme, 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 beveiligings-mechanismen 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 radiocommunicatie-technologieën voor wat betreft de beschikbaarheid. Vergeleken met andere radio technologieën, kan de beschikbaarheid van UMTS echter als goed worden aangemerkt.

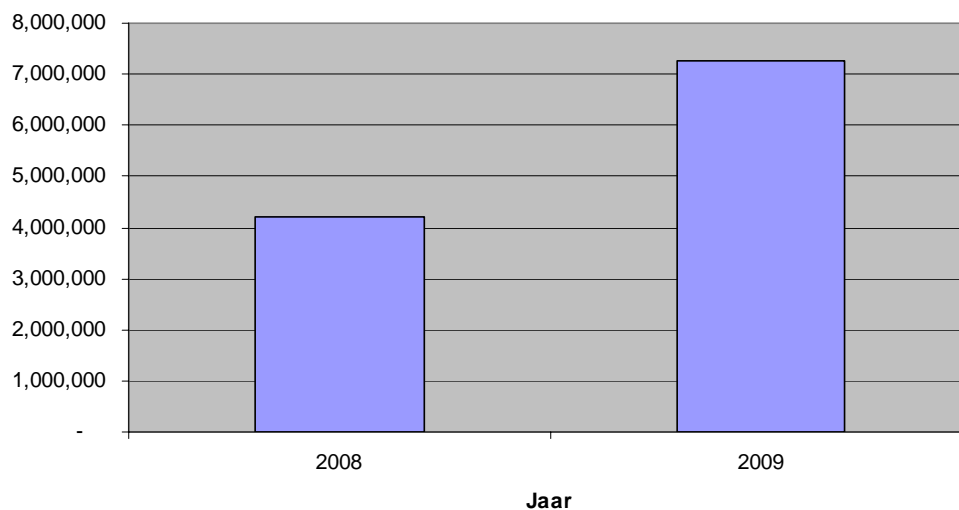
<sup>33</sup> 3GPP Specificatie TS 23.107, <http://www.3gpp.org/ftp/Specs/html-info/23107.htm>

### 3.2.3 Markt

#### Marktpenetratie

Technologie	Nederland	Europa	Wereld
UMTS/HSPA	7.3 miljoen / 43.4%	207 miljoen / 34.2%	420 miljoen / 6.1%

De tabel geeft de marktpenetratie van UMTS/HSPA in het derde kwartaal van 2009. In Europa is de penetratie het hoogst (34.2%); in de rest van de wereld is de penetratie veel lager. De penetratie groeit wel sterk: met 73%, 67% en 60% op jaarbasis in respectievelijk Nederland, Europa en de wereld. *Figuur 3-7* toont het aantal aansluitingen in Nederland (Marktpenetratie gegevens afkomstig van ARCchart<sup>34</sup>).



*Figuur 3-7: Aantal UMTS aansluitingen in Nederland (t/m 2009).*

#### 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 netwerk operators: KPN, T-Mobile en Vodafone.

#### Operators en hun marktaandeel

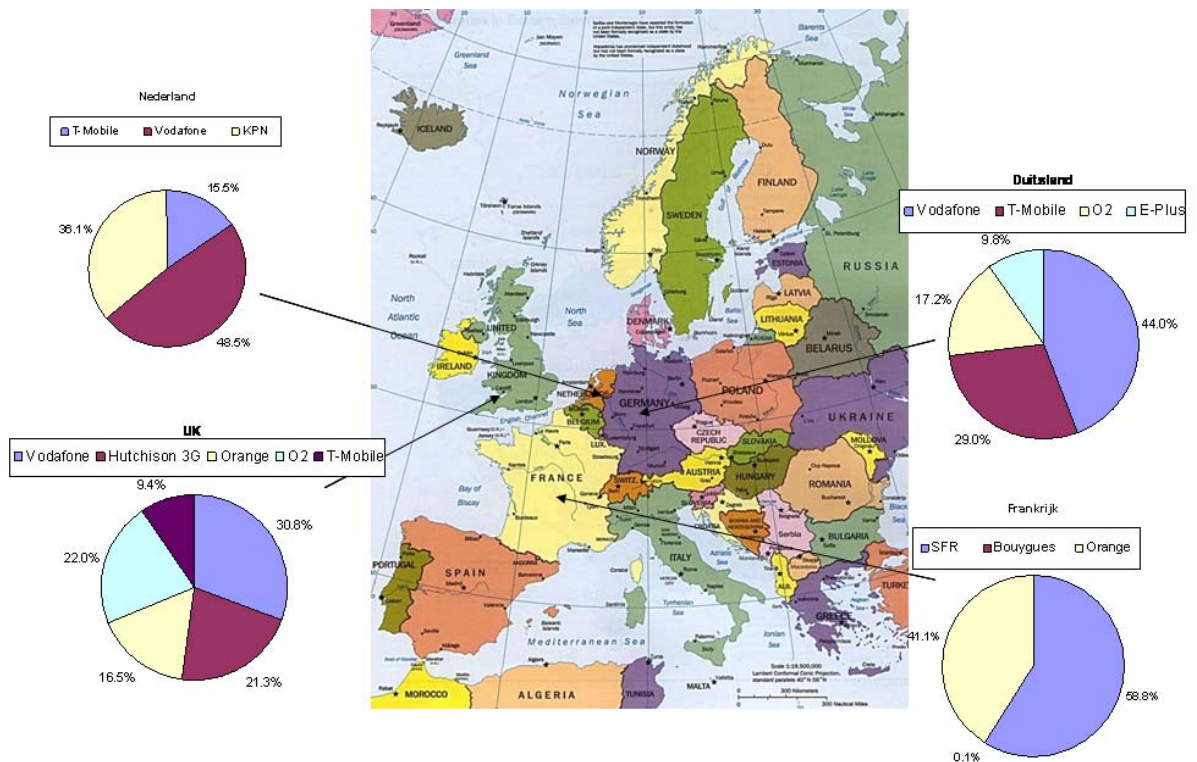
*Figuur 3-8* toont het marktaandeel per operator in Nederland en drie grote Europese landen (cijfers derde kwartaal 2009<sup>35</sup>):

- Nederland: Vodafone (48.5%), KPN (36.1%), T-Mobile (15.5%)
- Duitsland: Vodafone (44.0%), T-Mobile (29.0%), O2 (17.2%), E-Plus (9.8%)
- Frankrijk: SFR (58.8%), Orange (41.1%), Bouygues Telecom (0.1%)

<sup>34</sup> [http://www.arcchart.com/wallcharts/Wcharts\\_explained.asp](http://www.arcchart.com/wallcharts/Wcharts_explained.asp)

<sup>35</sup> [http://www.arcchart.com/wallcharts/Wcharts\\_explained.asp](http://www.arcchart.com/wallcharts/Wcharts_explained.asp)

Verenigd Koninkrijk: Vodafone (30.8%), O2 (22.0%), Hutchison 3G (21.3%), Orange (16.5%), T-Mobile (9.4%)



Figuur 3-8: Marktaandelen mobiele operators in vier Europese landen.

### 3.3 CDMA2000

#### 3.3.1 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>36,37</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 CDMA-ONE of IS-95, een 2G alternatief voor GSM. CDMA2000 is uitgebreid met de technieken voor hogere datasnelheden Evolution – Data Only (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.

<sup>36</sup> www.3gpp2.org

<sup>37</sup> www.cdg.org

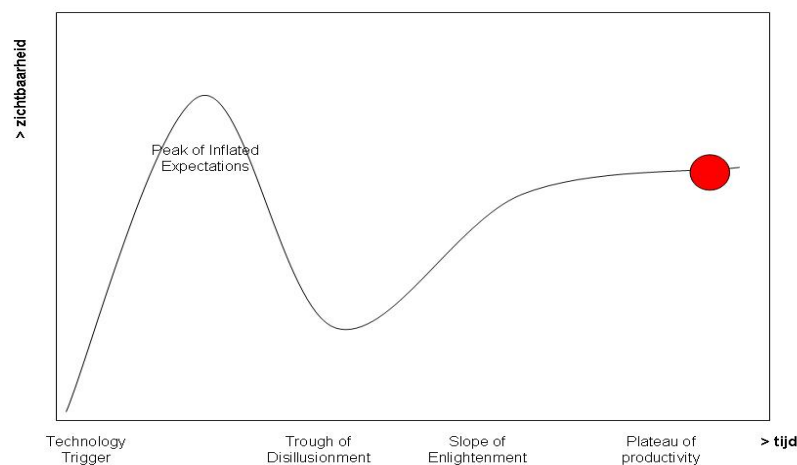
CDMA staat voor Code Division Multiple Access en is de aanduiding voor een gestandaardiseerde radio toegangstechniek waarbij gebruikers van elkaar worden onderscheiden d.m.v. “unieke” codes. De eerste toepassingen van CDMA op radioverbindingen zijn te vinden in de militaire sector vanwege de goede informatiebeveiliging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

Op dit moment wordt CDMA2000 wereldwijd door 311 netwerkeoperators commercieel geëxploiteerd in 118 landen. Er zijn ruim 522 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 Europa wordt het nauwelijks gebruikt.

#### *Beschikbaarheid*

De technologie is operationeel in 118 landen. Voor een overzicht van de belangrijkste statistische informatie wordt verwezen naar de website van de “CDMA Development Group (CDG)”<sup>38</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.

*Figuur 3-9* toont de positie van CDMA2000 op de Gartner hype cycle.



*Figuur 3-9: 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.

<sup>38</sup> [www.cdg.org](http://www.cdg.org)

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 127 producenten actief in de markt voor CDMA2000 apparatuur<sup>39</sup>.

- Er bestaan diverse type terminals, zoals handsets, smart phones, PDA's en insteek datakaarten. Fabrikanten zijn o.a. HTC, Casio en LG.
- Er zijn multi-standaard terminals beschikbaar, zoals een versie van de BlackBerry, die geschikt zijn voor zowel CDMA2000 als GSM/UMTS. Fabrikanten zijn o.a. HTC, LG.

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*

CDMA standaard lijkt in veel opzichten op de UMTS standaard. UMTS gaat uit van 5 MHz bandbreedte en wordt ook wel "Wide Band CDMA" genoemd. 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). Als opvolger van GSM heeft men in Europa gekozen voor het ook op CDMA gebaseerde UMTS, met alle octrooi-perikelen tussen Qualcomm en fabrikanten tot gevolg. Belangrijke verschillen tussen CDMA2000 en UMTS zijn de kanaal bandbreedtes (1.25 versus 5 MHz) en de architectuur van het core netwerk, dat bij UMTS deels voortborduurde op de GSM netwerkkarchitectuur.

CDMA2000 is de opvolger van de 2G technologie CDMA\_ONE, ook aangeduid als IS95. EV-DO en EV-DV zijn verbeteringen op CDMA2000, net zoals HSPA een verbetering is op UMTS.

### 3.3.2 *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

---

<sup>39</sup> www.cdg.org

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 Only”, pakket geschakelde technologie voor nog hogere data snelheden)

Merk op dat bij 3GPP de nieuwe versies niet worden aangeduid met nummers, maar met revisies: Revision A, Revision B, etc.

#### *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 Networks: PMR en Public Access Mobile Radio: PAMR). 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		

De pieksnelheden voor CDMA2000 zijn als volgt (twee uiterste versies):

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

Merk op dat de pieksnelheid 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 daadwerkelijke gebruikerssnelheid ligt in het algemeen (aanzienlijk) lager dan de pieksnelheid 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 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	5.4/9.3 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)

*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 AES algoritme (128 bits). Signaleringsgegevens zijn net als in UMTS niet vercijferd maar wel beschermd t.a.v. integriteit.

Evenals UMTS wordt in CDMA2000 EV-DO een wederzijds authenticatiemechanisme (AKA) toegepast, zij het dat de implementaties onderling wat verschillen.

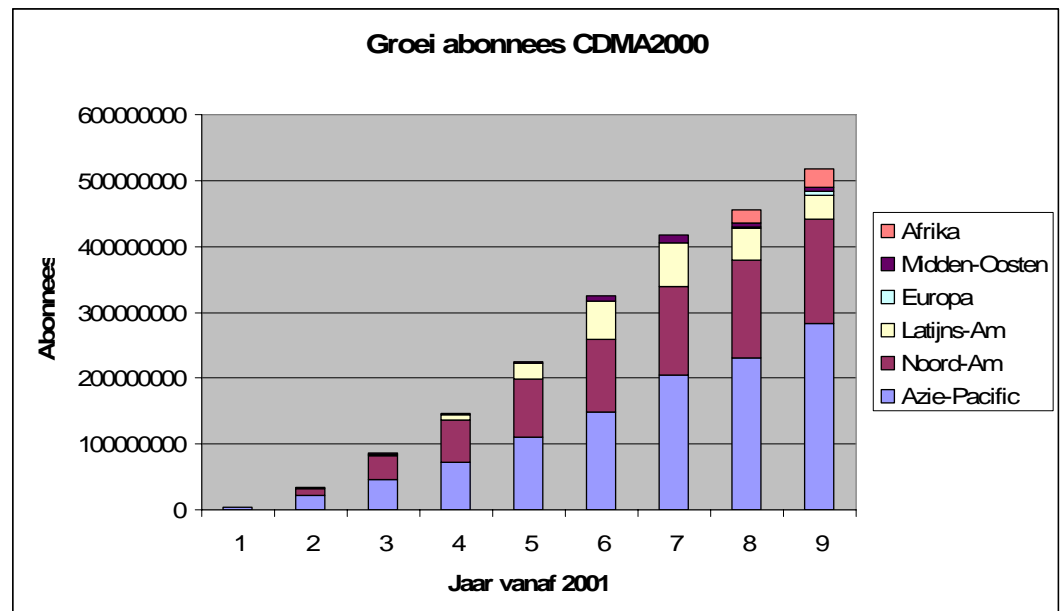
Belangrijk punt te vermelden is dat voor CDMA2000 systemen die worden geëxporteerd, de sleutels voor versleuteling worden ingekort, wat neerkomt op een afzwakking van het oorspronkelijke beveiligingsniveau.

Met deze opmerking is de beoordeling van nieuwe CDMA2000 technologie (EV-DO rev A en B) vanuit beveiligingsoptiek gelijk gekozen aan die voor UMTS.

### 3.3.3 Markt

#### Marktpenetratie

Technologie	Nederland	Europa	Wereld
CDMA2000	0	5.4 miljoen (2009)	522 miljoen (2009)



Figuur 3-10: Groei van het aantal abonnees<sup>40</sup>.

In *Figuur 3-10* is te zien 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 groeimarkt is 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 meer dan 100 fabrikanten actief in de CDMA2000 markt.

<sup>40</sup> [www.cdg.org](http://www.cdg.org)

*Operators en hun marktaandeel*

CDMA2000 is een belangrijke technologie in een aantal landen buiten Europa, met name in Noord- en Zuid-Amerika en in mindere mate ook in Azië. Gegevens over marktpenetratie zijn verkregen uit ArcChart<sup>41</sup>.

In de *Verenigde Staten* zijn er in totaal ca. 141 miljoen gebruikers (31 miljoen CDMA2000, 110 miljoen EV-DO) op een bevolking van 307 miljoen inwoners. Dat komt overeen met een penetratie van bijna 50%, groter dan die van GSM en UMTS. De belangrijkste netwerkkoperators in de VS zijn Verizon Wireless (17 miljoen CDMA2000, 87 miljoen EV-DO) en Sprint (13 miljoen CDMA2000, 22 miljoen EV-DO).

In *China* worden 46.8 miljoen klanten bediend door het netwerk van China Telecom. In *India* wordt CDMA2000 geleverd door Tata Teleservices (46.8 miljoen) en Reliance Telecom (74.1 miljoen). In beide landen is GSM sterker vertegenwoordigd en wordt geen EV-DO aangeboden.

In Nederland is op dit moment geen CDMA2000 netwerkkoperator actief.

### 3.4 LTE

#### 3.4.1 Algemeen

*Technologietype*

UMTS/HSPA 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. De eerste LTE standaard (Release 8) is bevroren in december 2008 en vormt de basis voor de eerste generatie LTE apparatuur. In Release 9, bevroren in december 2009, zijn verdere toevoegingen gedaan zoals verbeteringen in zelf-optimalisatie methodieken. Op dit moment werkt 3GPP aan de ontwikkeling van Release 10, met daarin nieuwe features voor LTE en de introductie van LTE-Advanced om te kunnen voldoen aan de voorwaarden van IMT-Advanced. Het eerste openbare LTE netwerk werd geopend door TeliaSonera in december 2009, in Stockholm en Oslo<sup>42</sup>. In april dit jaar waren er 64 LTE netwerk toezeggingen in 31 landen<sup>43</sup>. LTE is een pre-4G technologie, omdat het niet volledig beantwoordt aan de ITU voorwaarden voor IMT-Advanced. LTE-Advanced is hiervoor wel een kandidaat.

*Beschikbaarheid*

LTE is technisch gereed voor commerciële roll-out, zoals blijkt uit het TeliaSonera netwerk. De meeste grote mobiele operators doen testen met LTE. In juni dit jaar werd verwacht dat eind 2010 22 LTE netwerken operationeel zullen zijn, met een groei naar 39 of meer eind 2012<sup>44</sup>. Nederland heeft nog geen operationeel LTE netwerk, maar op

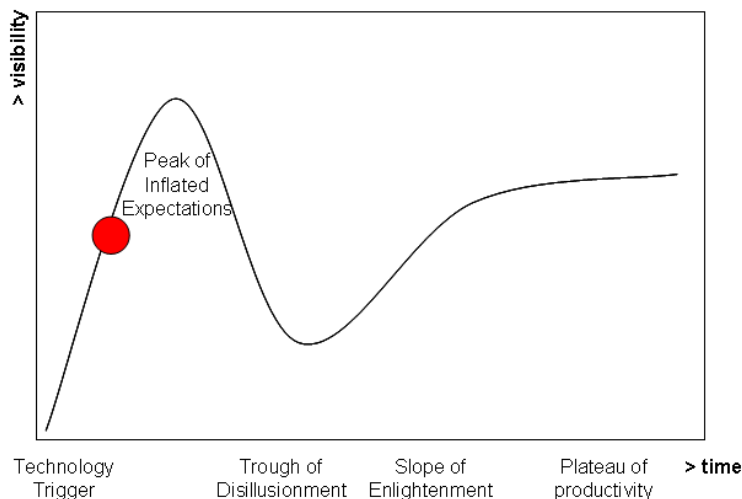
<sup>41</sup> [http://www.arcchart.com/wallcharts/Wcharts\\_explained.asp](http://www.arcchart.com/wallcharts/Wcharts_explained.asp)

<sup>42</sup> <http://www.telecoms.com/16997/teliasonera-launches-commercial-lte-in-stockholm-and-oslo/>

<sup>43</sup> [http://www.gsacom.com/downloads/pdf/MBB\\_Growth\\_results.php4](http://www.gsacom.com/downloads/pdf/MBB_Growth_results.php4)

<sup>44</sup> [http://www.gsacom.com/news/gsa\\_298.php4](http://www.gsacom.com/news/gsa_298.php4)

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<sup>45</sup>. Volgens de licentievoorwaarden van het spectrum moet binnen 2 jaar een beperkt netwerk worden uitgerold. De positie van LTE op de Gartner hype cycle wordt weergegeven in *Figuur 3-11*.



*Figuur 3-11: 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>46</sup>. Een derde mogelijkheid voor spraak via LTE is Generic Access, zoals gedefinieerd door het VoLGA forum<sup>47</sup>.

#### *Terminals*

De eerste LTE terminals zijn in de vorm van:

- modems/dongels voor PCs of PDAs, 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<sup>48</sup>.

Drie trends in de ontwikkeling van terminals”

<sup>45</sup> <http://www.agentschap-telecom.nl/bedrijven/Telecommunicatie%20en%20internetproviders/veiling26Ghz/Pages/Veilingupdate.aspx>

<sup>46</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>47</sup> <http://www.volga-forum.com/>

<sup>48</sup> <http://www.mobileburn.com/news.jsp?Id=9090>

- meer handsets
- terminals met roaming naar andere technologieën, met name GSM en UMTS/HSPA.
- smartphones met PC-achtige functionaliteiten, zoals de LTE iPhone<sup>49</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 televisiediensten.

### 3.4.2 *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>49</sup> <http://nexus404.com/Blog/2009/10/19/verizon-to-launch-4g-lte-iphone-in-2010-verizon-and-apple-testing-4g-lte-cdma-iphone-according-to-unconfirmed-rumors/>

In LTE-Advanced zullen de volgende technieken worden geïntroduceerd<sup>50</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.
- **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>51</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:

Release 8 (2008):	De eerste LTE release;
Release 9 (2009):	Verbeteringen in zelf-optimalisatie, Multimedia Broadcast and Multicast Services (MBMS), lokalisatietechnieken, energiebesparing, home eNodeB (de 3GPP term voor femtocellen), etc;
Release 10:	LTE-Advanced, verbeteringen in machine to machine (M2M) communicatie, etc.

#### 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:

- 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).

Het eerste commerciële netwerk van TeliaSonera gebruikt spectrum in de 2.6 GHz band. 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>52</sup>. LTE-Advanced ondersteunt bandbreedtes tot 100 MHz.

#### 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)

<sup>50</sup> 3GPP Technical Report TR 36.192, <http://www.3gpp.org/ftp/Specs/html-info/36912.htm>

<sup>51</sup> <http://www.3gpp.org/partners>

<sup>52</sup> 3GPP Specification TS 36.101, <http://www.3gpp.org/ftp/specs/html-INFO/36101.htm>

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	

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 bijbehorende QoS Class Identifier (QCI) en een Allocation and Retention Priority (ARP)<sup>53</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 versleutelingsmethode 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

<sup>53</sup> 3GPP Specification TS 23. 203, <http://www.3gpp.org/ftp/Specs/html-info/23203.htm>

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.

### 3.4.3 Markt

#### *Marktpenetratie*

LTE staat aan het begin van commerciële roll-out. Het eerste LTE netwerk is geopend door TeliaSonera in 2009, maar er zijn geen aantallen gebruikers gemeld.

#### *Belangrijke spelers industrie*

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

TeliaSonera was de eerste operator met een LTE netwerk, met Ericsson en Huawei als netwerk leveranciers en Samsung als leverancier van de terminal<sup>54</sup>. Andere grote operators die met LTE bezig zijn zijn China Mobile, Vodafone, T-Mobile, NTT DoCoMo en Verizon Wireless. In Nederland heeft KPN aangekondigd dat het LTE wil gaan gebruiken voor zijn 4G netwerk. De vijf partijen die in Nederland 2.6 GHz spectrum hebben gekocht zijn KPN, T-Mobile, Vodafone, Tele2 en Ziggo<sup>55</sup> (een joint venture van Ziggo en UPC).

#### *Operators en hun marktaandeel*

LTE staat nog aan het begin van commerciële roll-out. TeliaSonera heeft een operationeel LTE-netwerk met dekking in Zweden, Noorwegen, Finland, Denemarken en Estland. In de VS is op 5 december jongstleden Verizon live gegaan met een LTE-netwerk dat dekking biedt o.a. op 60 vliegvelden verspreid over het land. Eveneens in de VS heeft MetroPCS een LTE-netwerk gelanceerd in San Francisco. Er zijn nog geen gebruikersaantallen gemeld.

---

<sup>54</sup> <http://www.telecoms.com/16997/teliasonera-launches-commercial-lte-in-stockholm-and-oslo/>

<sup>55</sup> <http://www.agentschap-telecom.nl/bedrijven/Telecommunicatie%20en%20internetproviders/veiling26Ghz/Pages/Veilingupdate.aspx>



## 3.5 WiFi

### 3.5.1 Algemeen

#### *Technologietype*

Draadloze communicatie netwerk technologie 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 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.

De standaard was gedefinieerd door IEEE in februari 1980 (dus “80 2” in zijn naam). De standaard beschrijft de fysische laag (hoe de radio signalen worden verzonden) en de MAC (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 communicatie middel om extra kabels in kantoor omgeving (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 - en die 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 de laatste versie van standaard - 802.11n kan snelheden bereiken tot 400 Mbit/s.

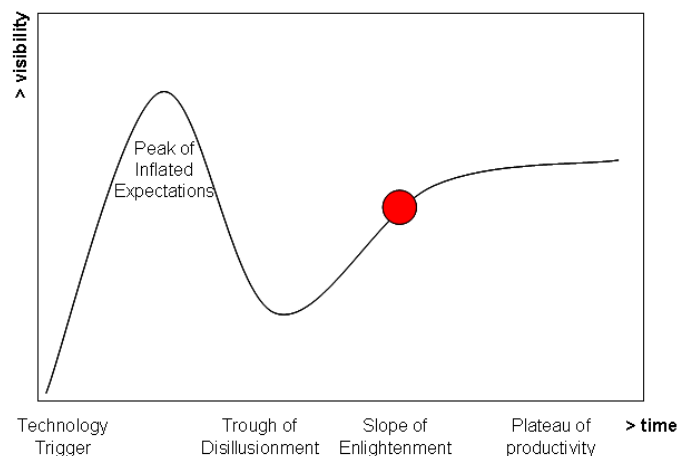
WiFi kan in één van twee modes werken. De eerste mode is de *ad-hoc* mode die een directe verbinding tussen twee apparaten faciliteert. Dit is nuttig in situaties als twee PCs direct moeten koppelen en dit vereist geen toegang tot een LAN of tot Internet. De tweede manier van koppelen is de *infrastructuur* 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 waar elk van de apparaten zijn verbonden met een LAN via een AP, maar ook elke communicatie onderling tussen twee ‘clients’ gaat ook via het AP. 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 dat 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), de naam die de identiteit van bepaalt 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 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 momenteel commercieel goed verkrijgbaar. Voorbeelden zijn draadloze netwerken van commerciële partijen (KPN HotSpots en -Mobile HotSpots), draadloze bedrijf netwerken en draadloze in-huis netwerken bij particulieren. Aldus moet WiFi als een volwassen technologie worden gezien.



*Figuur 3-12: Positie van WiFi 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 is van oorspong bedoeld voor 'best effort' diensten, waar vertragingen en pakket verliezen niet van wezenlijk belang zijn omdat ze kunnen worden 'opgelost' via hertransmissie van verloren pakketten. Bij sommige tijdkritische en delay gevoelige toepassingen zoals spraak, gaming en video conference zijn andere oplossingen nodig dan die beschreven in de standaard. Die oplossingen zijn gebaseerd op een centrale controller die bepaalt welke pakketten worden verstuurd. 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) apparaten in de buurt komen van een dergelijk systeem, dat kan dit problemen in de communicatie veroorzaken en dus leiden tot pakketverliezen, enz.

WiFi standaarden ondersteunen géén handover mechanisme waarmee van de een 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 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 inpanidige 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, PDA) en smartphones zijn 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) communicatie standaarden 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 (802.15.3), WiMAX (802.16), etc.

### *Onderliggende techniek*

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

Op de fysische 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 Multiplex in 802.11g, 802.11a en 802.11n) en MIMO (Multiple Input Multiple Output in 802.11n). 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) en PCF (Point Coordination Function). Het PCF-mechanisme leent zich beter voor QoS-gevoelig verkeer, maar DCF is de courante optie in praktische systemen.

### *Standaardisatie*

De standaard 802.11 is gedefinieerd door IEEE, maar alle producten zijn gecertificeerd voor gebruik (en onderlinge compatibiliteit) door WiFi Alliance (industriële consortia).

### *Frequentiebanden*

WiFi kan werken in verschillende frequentie banden, maar de meest gebruikelijke band is 2.4GHz, ook wel bekend als de ISM (Industrial, Scientific and Measurement) band, die licentievrij is te gebruiken als aan bepaalde eisen zijn voldaan, zoals ten aanzien van het maximaal uitgestraalde vermogen.

De 802.11b en 802.11g standaarden gebruiken de 2.4 GHz ISM band. Wegens deze keus 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 kansen op interferentie door andere WLANs zijn kleiner. Er worden in deze band wel radarsystemen gebruikt maar het 802.11a protocol is speciaal ontwikkeld om daarmee om te gaan.

De standaard schrijft ook een versie van 802.11 voor die kan werken in de IR (Infra Rood, frequenties in THz) band, maar er zijn weinig vendors die apparaten maken (meest prominente vendor 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*

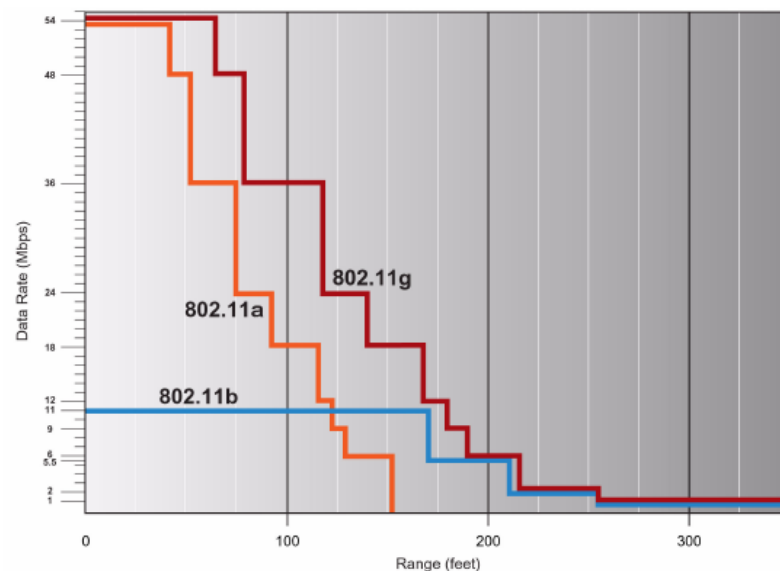
Versie	Data Snelheid (Mbit/s)	Frequentie band (GHz)	Onderliggende techniek
802.11	1	2.4	DSSS
802.11b	11	2.4	DSSS
802.11g	54	2.4	OFDM of DSSS
802.11a	54	5	OFDM
802.11n	Tot 600	2.4 of 5	OFDM

Met de toepassing van steeds weer nieuwe technieken, is data snelheid van WiFi ook significant gegroeid

#### *Bereik*

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.

In onderstaande grafiek is het resulterende verloop weergegeven van de datasnelheid als functie van de afstand tussen zender en ontvanger.



Figuur 3-13: Gedrag datasnelheid als functie van de afstand tussen AP en terminal

Let op: hoe zwakker de ontvangen signaal is dus hoe lager de datasnelheid voor het verzenden van informatie. Dit resulteert in een langere bezettingstijd waardoor gebruikers met hogere snelheden geen kans maken om toegang te krijgen tothet radiokanaal.

*Quality of service*

In de oorspronkelijke versie van de standaard 802.11 was er geen sprake van een apart gedefinieerd QoS mechanisme. Alle data werd 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 kon 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 met de 802.11e standaard gedeeltelijk verbeterd. Verschillende data types krijgen onderling verschillende toegangskansen door hun contention window kleiner of groter te maken. Het contention window voor spraak is bijvoorbeeld kleiner dan voor gewone (browsing) data. Dat vertaalt zich in een grotere kans dat een spraak pakket wordt gezonden t.o.v. andere typen data. is dus zoveel keer groter.

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 door Aruba Networks) maar niet gestandaardiseerd.

*Informatiebeveiliging*

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 een vrij zwakke bescherming, en was open voor aanvallen. Tegenwoordig is het vrij makkelijk om tools te downloaden om WEP encryptie te kraken.

Na de vaststelling dat er problemen waren met WEP heeft IEEE een nieuwe encryptie standaard 802.11i gedefinieerd, ook bekend als WPA en WPA2 (WiFi Protected Access). WPA is gebaseerd op AES encryptie mechanisme, en vanaf 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.

*Informatiebeveiliging*

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

### 3.5.2 *Markt*

#### *Marktpenetratie*

WiFi is breed gebruikt door zakelijke gebruikers en particulieren.

Naast particulier gebruik, zijn er ook tientallen commerciële WiFi exploitanten. In Nederland is KPN marktleider met meer dan 870 hotspots, nauw gevolgd door T-Mobile met meer dan 750. Daarnaast zijn er tientallen kleinere WiFi providers (met 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 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 - WiFi wordt als de dienst aangeboden door mobiele operators KPN's HotSpots en T-Mobile, maar ook door verschillende hotels (Bastion Hotels, ...) en horecabedrijven (McDonalds, Bagels en beans,...). Voorbeelden van een publiek niet-commercieel netwerk zijn Stichting Wireless Leiden of stadsnetwerk in Groningen. Hier komt het er op neer dat bezitters van een WiFi AP deze open stellen voor andere leden. Op deze manier worden semi-publieke WiFi netwerken gevormd.

## 3.6 **WiMAX**

### 3.6.1 *Algemene beschrijving*

#### *Technologietype*

Mobiele terrestrische breedbandtechnologie welke spraak-, data- en multimediasdiensten ondersteunt.

#### *Achtergrond*

WiMAX (Worldwide Interoperability for Microwave Access) betreft een vorm van breedbandige draadloze technologie gebaseerd op de IEEE 802.16 standaards. WiMAX ondersteunt breedbandige vaste, nomadische en mobiele in- en outdoor connectiviteit. De eerste WiMAX versie dateert van 2004 en is gebaseerd op de IEEE 802.16d

standaard, ook bekend als IEEE 802.16<sup>56</sup> (2004). Deze eerste versie WiMAX technologie wordt meestal als “Fixed WiMAX” aangeduid daar ondersteuning van mobiliteit ontbreekt. In December 2005, accordeerde de IEEE een herziene standaard IEEE 802.16e waarin onder andere de ondersteuning van mobiliteit is gespecificeerd. Algemeen wordt deze standaard “IEEE 802.16-2005 genoemd<sup>57</sup>. Onder “Mobile WiMAX” wordt technologie verstaan die aan de IEEE 802.16e standaard voldoet. Inmiddels is een opvolgende versie van Mobile WiMAX technologie gebaseerd op de IEEE 802.16m standaard in ontwikkeling. De IEEE 802.16m standaard ondersteunt nieuwe functies en een hogere efficiëntie ten behoeve van IMT-Advanced (4G) netwerken<sup>58</sup>.

In tegenstelling tot wat vaak wordt aangenomen betreft WiMAX geen standaard zoals WiFi dat ook niet is. WiMAX is een keurmerk van het WiMAX Forum betreffende apparatuur gebaseerd op de IEEE 802.16 standaards. Het WiMAX Forum is in 2003 opgericht door leveranciers van radioapparatuur en netwerkkoperators met als oogmerk de toepassing van de 802.16 standaarden te stimuleren. Het keurmerk garandeert dat een product aan een set minimale systeemeisen voldoet en samenwerkt met WiMAX apparatuur van andere leveranciers. Het WiMAX Forum heeft de minimale systeemvereisten gespecificeerd inclusief de bijbehorende testprocedures. Enkele testlaboratoria zijn geaccrediteerd om deze testen uit te voeren. Aldus garandeert het WiMAX keurmerk dat apparatuur aan de minimale specificaties voldoet en dat apparatuur van verschillende leveranciers goed met elkaar samenwerkt.

In deze monitor ligt de nadruk op Mobile WiMAX.

#### *Beschikbaarheid*

De eerste commerciële WiMAX gecertificeerde producten betreffen de Fixed WiMAX versie en zijn beschikbaar sinds 2006. In 2008 komen de eerste gecertificeerde Mobile WiMAX systemen op de markt. Medio 2009 zijn er meer dan 130 producten (basisstations, Access Service Network Gateways en gebruikersterminals) van diverse mondiale fabrikanten op de markt, waarvan 60 procent Mobile WiMAX<sup>59</sup>. De gebruikersterminals beperken zich tot nog toe tot home gateways, PCMCIA kaarten en USB dongles. Op verschillende handelstentoonstellingen zijn diverse WiMAX mobieltjes gelanceerd, echter, de commerciële beschikbaarheid van WiMAX mobieltjes is tot op heden zeer beperkt.

Mobile WiMAX is gebaseerd op een standaard en de apparatuur van diverse fabrikanten is momenteel commercieel goed verkrijgbaar. Aldus moet Mobile WiMAX als een volwassen technologie worden gezien.

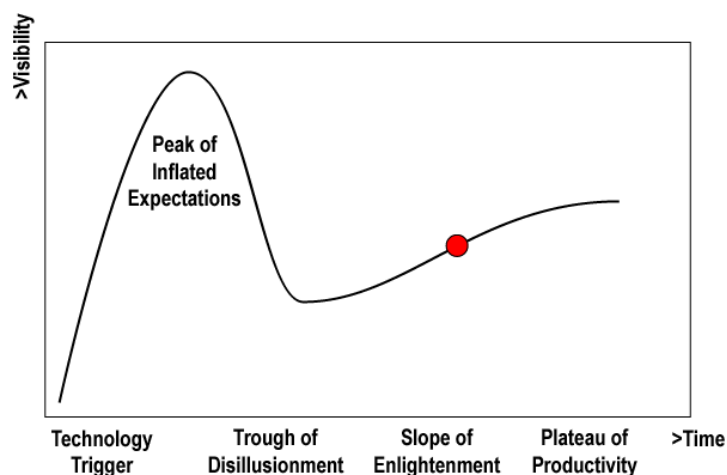
---

<sup>56</sup> IEEE 802.16-2004, “Air Interface for Fixed Broadband Wireless Access Systems.” Online: <http://standards.ieee.org/getieee802/download/802.16-2004.pdf>

<sup>57</sup> [www.wimaxforum.org](http://www.wimaxforum.org)

<sup>58</sup> [www.wimaxforum.org](http://www.wimaxforum.org)

<sup>59</sup> <http://www.wimaxforum.org/certification/certified-product-showcase>



Figuur 3-14: Positie WiMAX in de Gartner hype cyclus.

#### *Diensten en toepassingen*

WiMAX is ontworpen voor breedbandige draadloze toegang op basis van grootschalige netwerken met een geografisch volledige dekking. Gebruikers kan een hoge bitsnelheid tot 10 Mbit/s of meer worden geleverd. WiMAX ondersteunt real-time diensten zoals file transfer en internettoegang als ook real time diensten als telefonie en streaming.

#### *Terminals*

Mobile WiMAX terminals zijn in diverse uitvoeringen verkrijgbaar waaronder:

- Niet geïntegreerde ontvangers zoals PCMCIA kaarten (Samsung SPH-H1100) en USB dongles (Samsung SWT-H200K, Huawei BM325)
- Handsets zoals HTC Evo 4G, Samsung Mondri SWD-M100
- laptops met dual-mode WiMAX/WiFi chipset (momenteel uitsluitend van Intel)

Dual-mode USB dongles welke WiMAX en CDMA EV-DO ondersteunen zullen in de loop van het jaar beschikbaar komen. Clearwire bijvoorbeeld heeft behoefte aan deze dual-mode dongles voor de klanten op haar netwerk<sup>60</sup>.

#### *Relatie met andere technologieën*

In de huidige markt zijn de UMTS/HSPA-netwerken de belangrijkste concurrenten van WiMAX netwerken, en daarmee is UMTS/HSPA de belangrijkste concurrent van WiMAX technologie. In de toekomst zal de opvolger van UMTS/HSPA, Long Term Evolution (LTE), de belangrijkste concurrent worden. LTE biedt een op IP gebaseerde pakketgeschakelde connectiviteit met (nog) grotere bandbreedte en een lage latency en met een aanvullende spraak dienst. De verwachting is dat LTE over 2-3 jaar zal worden uitgerold, en dat de prestatie van LTE en WiMAX in termen van bereik en bitsnelheid niet wezenlijk zal verschillen<sup>61</sup>.

<sup>60</sup> [www.clearwire.com](http://www.clearwire.com)

<sup>61</sup> <http://en.wikipedia.org/wiki/WiMAX>



### 3.6.2 Technologische aspecten

#### Onderliggende techniek

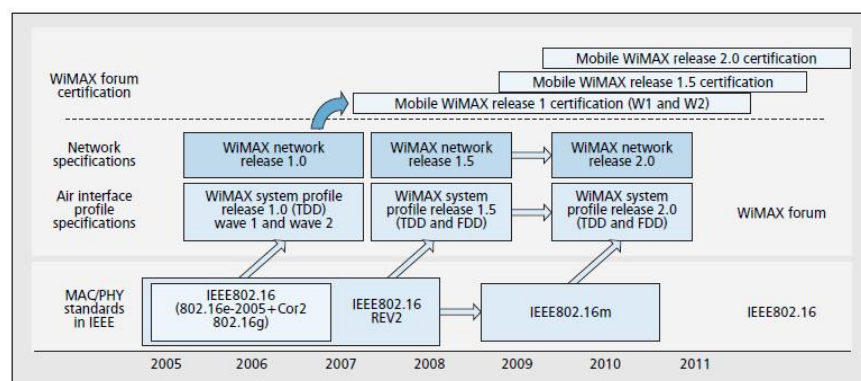
De radiotechnologie van WiMAX is gebaseerd op Orthogonal Frequency Division Multiplexing (OFDM). OFDM is een modulatie technologie waarbij de informatie met een (groot) aantal coherente draaggolven wordt verzonden. Verkeer van meerdere gebruikers wordt gemultiplexed op basis van een gecombineerde Time Division Multiplexing (TDM) en Frequency Division Multiplexing (TDM): een of meer van de draaggolven gedurende een of meer tijdsloten aan een gebruiker toegewezen, aangeduid als Orthogonal Frequency Division Multiplexing Access (OFDMA). In een non-line-of-sight gebruikers situatie, biedt OFDM het voordeel dat de radiosignalen die via verschillende radiopaden worden ontvangen worden samengevoegd zonder gebruik van een equalizer zoals nodig in geval van single carrier modulatie.

Mobile WiMAX ondersteunt drie hand-over technologieën<sup>62</sup>: – Hard Handover (HHO), Fast Base Station Switching (FBSS) en Macro Diversity Handover (MDHO), waarbij de Hard Handover verplicht, en de andere twee optioneel. In geval van de Hard Handover wordt de verbinding abrupt aan een ander basisstation overgedragen. Leveranciers hebben binnen het WiMAX Forum diverse oplossingen ontwikkeld om de duur van de onderbreking te beperken tot minder dan 50 ms.

Het afgelopen decennium zijn in universitaire en bedrijfsonderzoekscentra nieuwe radio- en antenntechnologieën zoals MIMO en bundelvorming ontwikkeld waarmee de range en capaciteit van een radiosysteem kan worden vergroot. Mobile WiMAX is het eerste cellulaire systeem waarin deze technologieën ook worden toegepast.

#### Standaardisatie

Figuur 3-15 toont een schematisch overzicht van de standaardisatie roadmap en tijdslijnen van IEEE 802.16 en WiMAX.



Figuur 3-15: Mobile WiMAX en IEEE 802.16 standaardisatie roadmap en tijdslijnen<sup>63</sup>

<sup>62</sup> “Mobile WiMAX – Part I: A Technical Overview and Performance Evaluation”, 2006. Online: [http://www.wintegra.com/assets/application\\_notes%20and%20whitepapers/Mobile\\_WiMAX-Part\\_1.pdf](http://www.wintegra.com/assets/application_notes%20and%20whitepapers/Mobile_WiMAX-Part_1.pdf)

<sup>63</sup> Kamran Etemad, “Overview of Mobile WiMAX Technology and Evolution”, IEEE Communications Magazine, vol. 46, no. 10, pp. 31-40, Oct 2008.

De huidige versie van Mobile WiMAX betreft Release 1.0, gepubliceerd in 2007. Release 1.0 omvat alle functionaliteiten van IEEE 802.16-2005 die verplicht zijn, en enkele optionele functionaliteiten van IEEE 802.16-2005 ter ondersteuning van mobiliteit en QoS. Release 1.0 is beperkt tot TDD systemen met een bandbreedte van 5 en 10 MHz in 2.3 GHz, 2.5 GHz en 3.5 GHz frequentiebanden.

Release 1.5 is de vervolgvorsie van Mobile WiMAX Release 1.0. Het WiMAX Forum heeft aangekondigd dat specificatie van Release 1.5 begin 2010 zou zijn afgerond, maar momenteel (mei 2010) is deze nog niet gepubliceerd. Release 1.5 zal naast TDD ook FDD ondersteunen.

WiMAX voorziet een versie 2.0 (Mobile WiMAX Release 2.0) gebaseerd op IEEE 802.16m. Deze Release 2.0 wordt zo gedefinieerd dat een Mobile WiMAX Release 2.0 netwerk ook Mobile WiMAX Release 1.0 en 1.5 kan bedienen; Release 2.0 zal backward compatible zijn met Releases 1.0 en 1.5. IEEE 802.16m specificeert 4x2 MIMO technologie met een celcapaciteit van 120 Mbit/s in de downlink en 60 Mbit/s in de uplink gebruikmakend van een enkel 20 MHz kanaal. Daarnaast definieert Release 2.0 diverse andere verbeteringen zoals een betere ondersteuning van VoIP, een geringere latency, een snellere cel handover en een betere dekking en range. Commerciële Mobile WiMAX Release 2.0 producten zijn voor 2011-2012 voorzien<sup>64</sup>.

#### *Frequentiebanden*

Mobile WiMAX (Release 1.0<sup>65</sup>) is beschikbaar voor de 2.3 GHz, 2.5 GHz en 3.5 GHz banden. Versie 1.0 ondersteunt uitsluitend the time-division duplex (TDD) mode en geen frequency-division duplex (FDD) welke in IEEE 802.16e eveneens gespecificeerd is. Deze voorkeur voor TDD wordt gemotiveerd door de technische voordelen van TDD waaronder een flexibele allocatie van capaciteit voor upstream- en downstreamverkeer en de mogelijkheid om bundelvorming en Multiple Input Multiple Output (MIMO) technologie toe te passen. Tabel 3-1 geeft een overzicht van de frequentiebanden waarvoor WiMAX apparatuur beschikbaar is. In een komende versie 1.5 is ook de ondersteuning voorzien van de FDD duplex mode als ook van de frequentiebanden in de 700 MHz en de 1700 MHz

Tabel 3-1: Mobile WiMAX klassen voor Release 1.0

Band Klasse	Frequentieband	Bandbreedte	Duplex Technologie
1	2.3 - 2.4 GHz	5, 8.75 and 10 MHz	TDD
2	2.305 - 2.320 GHz and 2.345 - 2.360 GHz	3.5, 5 and 10 MHz	TDD
3	2.496 - 2.690 GHz	5 and 10 MHz	TDD
4	3.3 - 3.4 GHz	5, 7 and 10 MHz	TDD
5	3.4 - 3.5 GHz	5, 7 and 10 MHz	TDD

<sup>64</sup> [www.wimaxforum.org](http://www.wimaxforum.org)

<sup>65</sup> WiMAX Forum, "Mobile System Profile Release 1.0. Approved Specification," Rev. 1.4.0, 2007. Online: <http://www.wimaxforum.org/resources/documents/technical/release>

*Datasnelheid*

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

Mobile WiMAX Release 1.0 omvat verschillende geavanceerde radiotechnieken om de datasnelheid en de spectrale efficiëntie te verhogen. Met de multiple input multiple output (MIMO) technologie is mogelijk om in vergelijking met de huidige single input single output technologie de capaciteit van een cel te verdubbelen, resulterend in een capaciteit van 40 Mbit/s in de downlink en 20 Mbit/s in de uplink voor een TDD systeem met een 10 MHz kanaalbreedte<sup>66</sup>. De maximale datasnelheid zal lager zijn daar de celcapaciteit met meerdere gebruikers moet worden gedeeld. De datasnelheid is daarbij tevens afhankelijk van de afstand tot het basisstation en van eventuele obstakels op het pad tussen het basisstation en de gebruiker, maar met MIMO is niettemin een verdubbeling van de maximale datasnelheid mogelijk.

*Bereik*

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

Bij het begin van de ontwikkeling van WiMAX technologie waren de verwachtingen erg hooggespannen. In de media werd gesproken over “WiFi on steroids” waarmee op een afstand van 30 km een hoge bitsnelheid kan worden geleverd. In strikte zin is dit correct; met WiMAX is het mogelijk (vaste) punt-punt radio verbindingen te leveren met mogelijk zelfs een grotere afstand. In een mobiel scenario, is het radiopad lang niet zo ideaal als in het punt-punt scenario; de dienst moet in-huis en met een kleine handset goed functioneren. Afhankelijk van het zendvermogen, antennehoogte, frequentie is de range van mobile WiMAX in een stedelijke omgeving en zonder inhuiskdekking ca. 2 tot 3 km. Indien een goede inhuiskdekking vereist is, zal het bereik verder afnemen tot ongeveer 1 km. Clearwire in de Verenigde Staten hanteert een celdiameter van ongeveer 3km, hetgeen neerkomt op een celstraal van 1,5 km<sup>67</sup>.

Mobile WiMAX ondersteunt mobiel gebruik tot snelheden van 120 km per uur en met een vloeiende hand-over waarbij de verbinding bij een handover maximaal 50 ms onderbroken wordt<sup>68</sup>.

*Quality of service*

De WiMAX QoS mechanismen zijn overgenomen uit de DOCSIS-technologie voor kabelnetwerken<sup>69</sup>. WiMAX ondersteunt diverse transportdiensten waaronder een real-time voor bv. spraakdiensten, non real-time voor bijvoorbeeld filetransfer en een best effort dienst voor bijvoorbeeld webbrowsing en e-mail. Tabel 3-2 geeft een overzicht van de QoS-opties.

<sup>66</sup> WiMAX Forum, “WiMAX, HSPA+ and LTE: A Comparative Analysis”, Nov 2009. Online: <http://www.wimaxforum.org/resources/documents/marketing/whitepapers/wimax%E2%84%A2-hspa-and-lte-comparative-analysis>

<sup>67</sup> <http://www.ieee.org/index.html>

<sup>68</sup> “Mobile WiMAX – Part I: A Technical Overview and Performance Evaluation”, 2006. Online: [http://www.wintegra.com/assets/application\\_notes%20and%20whitepapers/Mobile\\_WiMAX- Part\\_1.pdf](http://www.wintegra.com/assets/application_notes%20and%20whitepapers/Mobile_WiMAX- Part_1.pdf)

<sup>69</sup> <http://www.cablelabs.com/specifications/>

Tabel 3-2: Mobile WiMAX toepassingen en QoS classes

Qos Classes	Toepassingen
USG (Unsolicited Grant Service)	VoIP
rtPS (Real-time Polling Service)	Streaming Audio and Video
ErtPS (Extended Real-time Polling Service)	VoIP
nrtPS (Non-real-time Polling Service)	FTP
BE (Best Effort Service)	Data transfer, Web browsing, etc.

### Informatiebeveiliging

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

Evenals de QoS-mechanismen, zijn ook de security concepten en mechanismen afgeleid van de DOCSIS-technologie voor kabelnetwerken. WiMAX ondersteunt authenticatie van de gebruiker en gebruikersterminal en van het basisstation en past sterke encryptie algoritmen toe op gebruikersverkeer, netwerkmanagement messages, in combinatie met een robuust sleutel management. Daarnaast biedt Mobile WiMAX 3-traps handshake ten behoeve van een snelle re-authenticatie bij een cel hand-over. Deze re-authenticatie is nodig om te voorkomen dat derden op de verbinding inbreken met behulp van een *man-in-the-middle* aanval.

### 3.6.3 Marktaspecten

#### Marktpenetratie

Technologie	Nederland	Europa	Wereld
WiMAX	Niet beschikbaar	Niet beschikbaar	10 miljoen (~0.01%)

In de zomer van dit jaar stelde het WiMAX Forum dat er meer dan 500 WiMAX netwerken (Fixed en Mobile) verspreid over 140 landen in gebruik zijn<sup>70</sup>. Echter, een recentere peiling van Infonetics Research laat zien dat er eind 2009 wereldwijd slechts zo'n 10 miljoen gebruikers waren, waarbij vaste en mobiele gebruikers bij elkaar zijn opgeteld<sup>71</sup>. Een onderzoek van ABI Research toont dat dit aantal is opgebouwd uit 8 miljoen gebruikers van Fixed WiMAX en 2 miljoen gebruikers van Mobile WiMAX<sup>72</sup>.

Het WiMAX Forum voorziet een forse groei van het aantal WiMAX gebruikers, mondiaal tot meer dan 130 miljoen tegen het eind van 2012<sup>73</sup>. Deze volumegroei is vereist voor een kostprijsreductie van de netwerkapparatuur en gebruikers terminals welke weer noodzakelijk is voor het succes van WiMAX. Het blijft echter te bezien of deze volumegroei zal worden gehaald, temeer daar de belangstelling voor WiMAX afneemt. Ericsson, een belangrijke fabrikant van netwerkapparatuur, heeft aangekondigd af te zien van de ontwikkeling van WiMAX, en op LTE te richten. De bestaande mobiele operators, mondiaal, hebben een duidelijke voorkeur voor LTE.

#### Belangrijke spelers

<sup>70</sup> <http://www.wimaxforum.org>

<sup>71</sup> <http://www.infonetics.com/>

<sup>72</sup> <http://www.abiresearch.com/>

<sup>73</sup> WiMAX Forum, "WiMAX Technology Forecast (2007-2012)", 2008. Online:

[http://www.wimaxforum.org/technology/downloads/wimax\\_forum\\_wimax\\_forecasts\\_6\\_1\\_08.pdf](http://www.wimaxforum.org/technology/downloads/wimax_forum_wimax_forecasts_6_1_08.pdf)

WiMAX gebruikersterminals en netwerkapparatuur inclusief basisstations worden door diverse leveranciers vervaardigd, waaronder Samsung, Alcatel-Lucent, Motorola, Alvarion, Huawei Technologies and Cisco Systems.

Sinds juni 2008 bood WorldMAX een WiMAX dienst aan in Amsterdam en omgeving onder het label Aerea. Deze dienst werd geleverd op basis van haar licentie voor een 3.5 GHz band met landelijke dekking. Het aanbod betrof een downstream bitsnelheid van maximaal 12 Mbit/s en een upstream bitsnelheid van maximaal 2 Mbit/s. Alcatel-Lucent heeft de apparatuur geleverd<sup>74</sup>. WorldMAX heeft medio dit jaar besloten haar diensten te staken, o.a. in verband met fors aangescherpte restricties aan de licentie in verband met het risico van storing van het luisterstation van Defensie in Burum (Groningen).

In de Verenigde Staten biedt Clearwire Mobile WiMAX diensten aan in steden als Baltimore, Chicago en Washington DC. Het bedrijf verwachtte eerder dit jaar een groei tot 120 miljoen gebruikers aan het eind van 2010. Daarnaast wil Clearwire in 2010<sup>75</sup> nieuwe netwerken aanleggen in de andere grote Amerikaanse steden zoals New York, Houston, Boston, San Francisco etc.

#### *Operators en hun marktaandeel*

Mondiaal gezien is Clearwire de grootste aanbieder van Mobile WiMAX. In Europa hebben vrijwel alle grote mobiele operators een voorkeur voor LTE in plaats van WiMAX. Het volgende overzicht geeft een beeld van het gebruik van Mobile WiMAX:

- Nederland (WorldMAX): aantal gebruikers onbekend, maar naar verwachting beperkt. WorldMAX heeft ha diensten echter in augustus dit jaar beëindigd;
- Rusland (Yota): grootste Russische aanbieder had per Q3 2009 iets meer dan 200.000 abonnees;
- Verenigde Staten (Clearwire): zei eind 2009 ongeveer 400.000 abonnees te hebben.

## **3.7 DVB-T**

### *3.7.1 Algemeen*

#### *Technologietype*

Terrestrial broadcast (omroep) netwerk voor TV- en radiotoepassingen.

#### *Achtergrond*

DVB-T (Digital Video Broadcasting – Terrestrial) is een standaard van het DVB project<sup>76</sup> uit 2004 voor terrestrische broadcast van digitale TV, ofwel uitzendingen via aardse zendmasten. Het Digital Video Broadcasting (DVB) project is een industriegebaseerd consortium bestaand uit meer dan 250 broadcasters, fabrikanten, networkoperators, software developers, en anderen in meer dan 35 landen. Ze hebben ook standaarden geproduceerd voor kabel- en satelliettelevisie.

Er zijn verschillende alternatieve standaarden in de wereld, maar de DVB-T standaard is wijdverspreid, zie onderstaande figuur. DVB-T is de leidende standaard in Nederland

<sup>74</sup> <http://www.worldmax.nl>

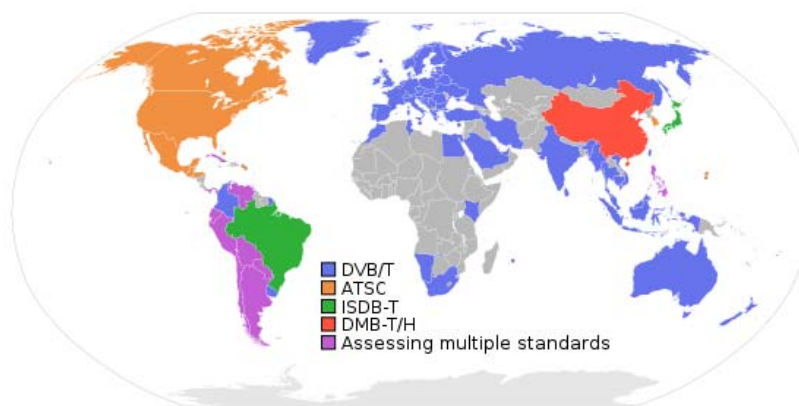
<sup>75</sup> <http://www.clearwire.com>

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

en West Europa, maar wordt ook gebruikt in Rusland, Australië en delen van Azië en het Midden Oosten. Zie onderstaande figuur voor een overzicht. Sinds 2004 wordt DVB-T geleverd in Nederland onder de naam Digitenne<sup>77</sup>. Dit is een betaalde dienst, maar Nederland 1,2 en 3 plus een regionale zender kunnen gratis worden ontvangen. 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>78</sup>. Deze operatie staat beter bekend als analoge switch-off, welke momenteel in een groot aantal landen plaats vindt.

Sinds 2008 is ook opvolger DVB-T2 beschikbaar als standaard<sup>79</sup>. DVB-T2 maakt gebruik van dezelfde infrastructuur, maar biedt welke 30 tot 50% meer capaciteit.



Figuur 3-16: Gebruik van DVB-T en andere terrestrische broadcast technieken<sup>80</sup>.

### Beschikbaarheid

DVB-T is als technologie en als dienst operationeel sinds 2004<sup>81</sup>. DVB-T is te ontvangen in West Europa, Rusland, Australië en delen van het midden-oosten, Azië en Afrika. Zie *Figuur 3-16*. DVB-T wordt op grote schaal commercieel uitgenut, en zit ver in het ‘plateau of productivity’ van de Gartner hype cycle (zie *figuur 3.17*).

DVB-T2 zit nog in de technology-trigger fase. In Nederland wordt nog geen gebruik gemaakt van deze technologie. Alleen in Engeland wordt sinds december 2009 onder de naam ‘Freeview HD’<sup>82</sup> een DVB-T2 gebaseerde dienst geleverd voor HDTV kanalen.

<sup>77</sup> <http://digitenne.nl/>

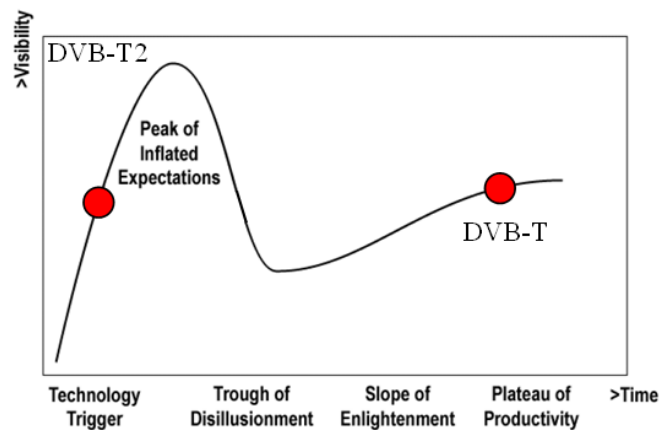
<sup>78</sup> [http://www.radio-tv-nederland.nl/historie/analogoetv/analogo\\_tv2.html](http://www.radio-tv-nederland.nl/historie/analogoetv/analogo_tv2.html)

<sup>79</sup> <http://www.dvb.org/technology/dvbt2/>

<sup>80</sup> [http://en.wikipedia.org/wiki/File:Digital\\_broadcast\\_standards.svg](http://en.wikipedia.org/wiki/File:Digital_broadcast_standards.svg)

<sup>81</sup> [http://www.dvb.org/about\\_dvb/dvb\\_worldwide/](http://www.dvb.org/about_dvb/dvb_worldwide/)

<sup>82</sup> <http://freeview.co.uk/freeview/HD>



Figuur 3-17: DVB-T op de Gartner hype cycle.

#### Diensten en toepassingen

DVB-T wordt gebruikt voor het uitzenden van digitale TV en radio programma'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. Nederland bijvoorbeeld, is er een ontvangstbereik van 98% met dakantenne, verzorgd door zenders, die op 44 locaties in Nederland staan opgesteld. KPN/Digitenne<sup>83</sup> biedt tegen betaling een pakket van 23 televisie- en 19 radiozenders. Enkelen hiervan zijn ook gratis te ontvangen. 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 Set-Top-Box, welke op een televisietoestel aangesloten kan worden. Onder andere Samsung en Topfield leveren DVB-T Set-Top-Boxen die in Nederland gebruikt worden<sup>84</sup>.

Daarnaast wordt een groot deel van de huidige generatie televisietoestellen van de grote merken (Philips, Samsung, LG) uitgerust met een ingebouwde DVB-T ontvanger<sup>85</sup>. Ook zijn er draagbare TV's en USB-sticks met DVB-T ontvanger te koop voor gebruik in combinatie met een PC<sup>86</sup>.

Alle DVB-T apparatuur kan ontvangen in de frequentieband UHF: 430-858MHz. Daarnaast kunnen een aantal terminals ontvangen in UHF band III.

#### 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 netwerken. Digitale televisie via de satelliet gebeurt op basis van DVB-S (Satellite) technologie, met als belangrijkste verschil de

<sup>83</sup> <http://www.Digitenne.nl>

<sup>84</sup> <http://www.itu.int/ITU-R/index.asp?category=conferences&rlink=rrc-06-plan-process&lang=en>

<sup>85</sup> <http://www.europa.eu/rapid/pressReleasesAction.do?reference=IP/09/266&format=HTML&aged=0&language=NL&guiLanguage=fr>

<sup>86</sup> <http://www.etsi.org/WebSite/Technologies/DVB.aspx>

veel grotere capaciteit ten opzichte van DVB-T. Met DVB-S kan een zeer groot zenderpakket aangeboden worden, inclusief HDTV zenders.

Digitale televisie via het kabelnetwerken via de DVB-C (Cable) technologie heeft in Nederland het grootste marktaandeel. Televisie op basis van IPTV technologie wordt ook aangeboden over ADSL, VDSL en glasvezelnetwerken. IPTV is nog relatief klein, vergeleken met DVB-C, maar is in opkomst. 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 IPTV voor het retourkanaal, waardoor het grote voordeel van omroep technologie (efficiënte distributie van TV-zenders) wordt gecombineerd met interactiviteit.

In mindere mate zijn de draadloze technologieën DVB-H en DMB concurrerend. Deze technologieën zijn in Nederland veel minder sterk aanwezig, en hebben een focus op mobiele applicaties en kleinere ontvangst terminals. Zie elders in deze monitor voor meer informatie over respectievelijk DVB-H en DMB.

### 3.7.2 *Techniek*

#### *Onderliggende techniek*

DVB-T is een transmissie techniek gebaseerd op COFDM (Coded Orthogonal Frequency-Division Multiplexing). COFDM is een modulatie methode die een enkel radiosignaal verdeeld in 1000 of meer verschillende signaaldragers. Deze signalen worden orthogonaal (haaks op elkaar) verzoenden 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 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). Een of meer MPEG-PSs worden samengevoegd in een MPEG transport stream (MPEG-TS); Dit is de digitale informatiestroom die uitzonden 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.

#### *Standaardisatie*

DVB-T is gepubliceerd als European Telecommunications Standards Institute (ETSI) Standard EN 300 744 V1.5.1 (2004-11)<sup>87</sup>.

---

<sup>87</sup> <http://www.dvb.org/technology/dvbt2/>



De werkgroepen van het DVB-project maken technische specificaties, welke vervolgens wordt 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.

Het DVB Project heeft in 2008 de opvolger van de DVB-T specificatie uitgebracht: DVB-T2<sup>88</sup>. DVB-T2 levert volgens de simulaties ten opzichte van DVB-T een 30-50% capaciteitsuitbreiding op bij dezelfde capaciteit/ruisverhouding, ondermeer doordat ook QAM-256 als modulatie beschikbaar is.

De standaard wordt nu 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'

Alleen in Engeland wordt sinds december 2009 onder de naam 'Freeview HD'<sup>89</sup> een DVB-T2 gebaseerde dienst geleverd voor HDTV kanalen.

#### *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.

De standaard laat ook 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 Terrestrial diensten gebaseerd op DVB-H, 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>90</sup>.

Bij de analoge switch-off is frequentiespectrum vrijgekomen – het zogenaamde Digital Dividend. In eerste instantie wordt het digitale dividend ingezet voor nieuwe TV diensten. De Europese Commissie heeft aanbevolen om in 2012<sup>91</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 Electric Communications Networks oftewel een nieuwe generatie mobiele telefoons. 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. Digitenne zal de kanalen 61-69 op termijn dan ook vrij moeten maken.

---

<sup>88</sup> <http://freeview.co.uk/freeview/HD>

<sup>89</sup> <http://www.kpn.com/prive/tv/digitenne-8/draadloos-en-voordelig.htm?campaignid=ps600>

<sup>90</sup> <http://wireless.per.nl/wireless/mccdma/ofdm/receiver/principles.htm>

<sup>91</sup> <http://www.conax.no/>

*Datasnelheid*

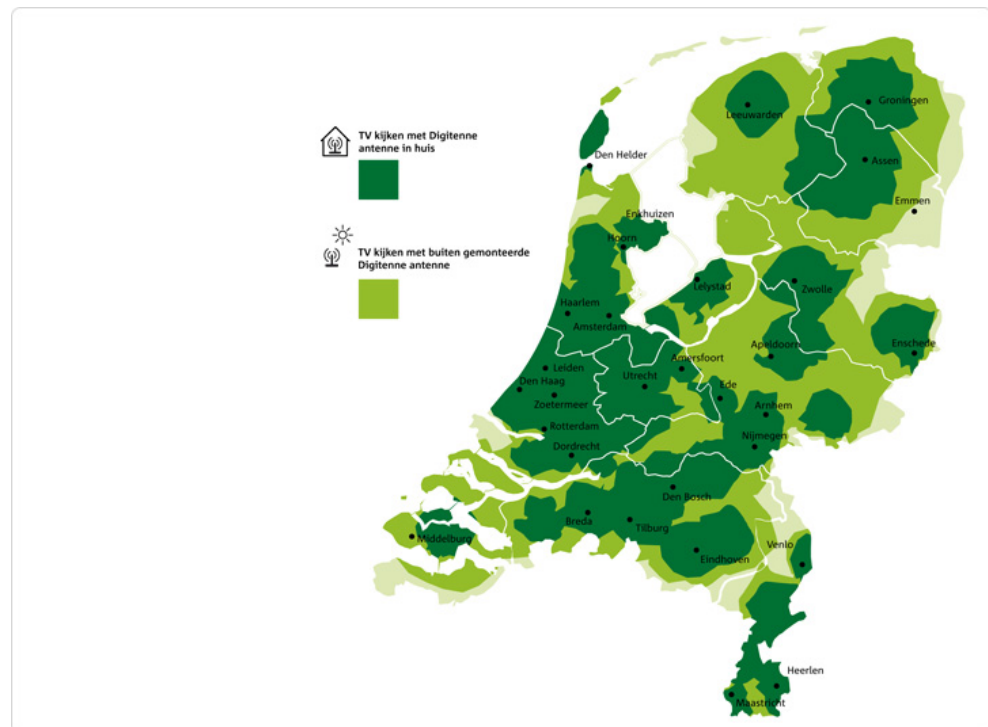
Technologie	<100 kbit/s	0.1-1 Mbit/s	1-10 Mbit/s	10-100 Mbit/s	>100Mbit/s
DVB-T			x	x	
DVB-T2				x	

De datasnelheid voor DVB-T varieert tussen de 4.976 en 31.668 Mbit/s per 8 MHz kanaal. Zo'n 8 MHz kanaal wordt multiplex genoemd. Voor Digitenne zijn in Nederland in ieder geval 6 multiplexen beschikbaar. 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.

*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 de ontvangst antenne. In Nederland is er een ontvangstbereik van 98% met dakantenne en 66% met indoor antenne, verzorgd door zenders, die op 44 locaties in Nederland staan opgesteld. Zie onderstaande figuur voor een dekkingsoverzicht per regio.



Figuur 3-18. Digitenne dekking per regio<sup>92</sup>

<sup>92</sup> [http://www.satellitecity.nl/digitenne-dvbt-digitenne-ontvangers-c-41\\_55.html?osCsId=7r61nk649upmnlkq1ks7sn1gb7](http://www.satellitecity.nl/digitenne-dvbt-digitenne-ontvangers-c-41_55.html?osCsId=7r61nk649upmnlkq1ks7sn1gb7)

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 antenne), modulatie en andere instellingen<sup>93</sup>. In de praktijk is 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. 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. Dit wordt per zender door de netwerkkoperator 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 netwerkkoperator vastgesteld.

#### *Informatiebeveiliging*

DVB-T bevat geen beveiligingsmechanisme, waardoor het signaal door alle geschikte apparatuur ontvangen kan worden. De beveiliging wordt op content niveau 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 maakt Digitenne gebruik van het Conax<sup>94</sup> conditional access systeem.

### 3.7.3 Markt

#### *Marktpenetratie*

Technologie	Nederland	Europa	Wereld
DVB-T	1 miljoen (16%)	30%	Geen informatie beschikbaar

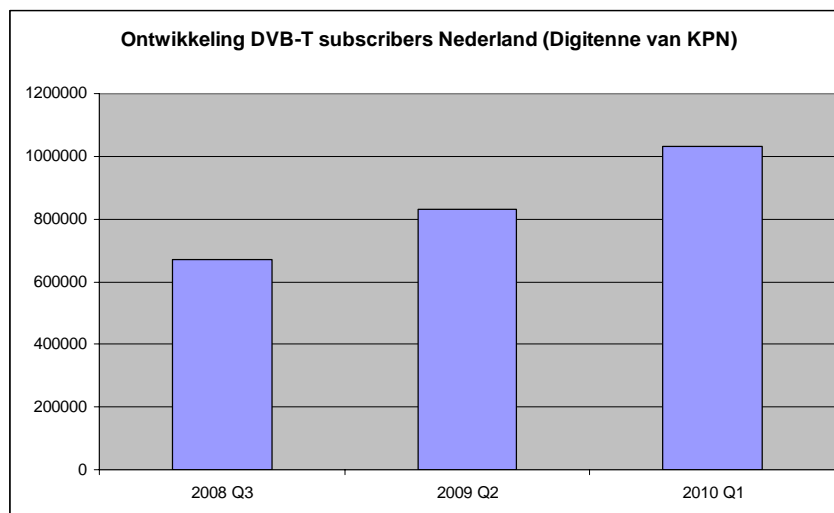
In Nederland wordt DVB-T in een betaalde vorm aangeboden, in tegenstelling tot andere landen in Europa die ook een Free-to-Air variant aanbieden. De marktpenetratie in Nederland is daarom ook te bepalen aan de hand van het aantal abonnees dat aanbieder Digitenne van KPN claimt hebben<sup>95</sup>. Tegen het einde van Q1 van 2010 telde het aantal Digitenne abonnees ruim 1 miljoen<sup>96</sup>. En daarmee laat KPN een stijgende trend zien. In Q3 van 2008 bedroeg dit aantal nog 600.000 abonnees.

<sup>93</sup> [http://www.vergelijk.nl/lcd\\_plasma\\_televisie/f/dvb\\_t\\_list/dvb\\_t\\_list%3ddvb2dt2028mpeg429/](http://www.vergelijk.nl/lcd_plasma_televisie/f/dvb_t_list/dvb_t_list%3ddvb2dt2028mpeg429/)

<sup>94</sup> [http://www1.conrad.nl/scripts/wgate/zcop\\_n13/~f1N0YXRIPTEyNzg2MTE5OTg=?~template=PCAT\\_AREA\\_S\\_BROWSE&glb\\_user\\_js=Y&shop=NL2&p\\_searchstring=dvb-t&s\\_haupt\\_kategorie=&zhhmh\\_area\\_kz=&p\\_init\\_ipc=X&p\\_page\\_to\\_display=DirektSearch&~cookies=1&scrwidth=1920](http://www1.conrad.nl/scripts/wgate/zcop_n13/~f1N0YXRIPTEyNzg2MTE5OTg=?~template=PCAT_AREA_S_BROWSE&glb_user_js=Y&shop=NL2&p_searchstring=dvb-t&s_haupt_kategorie=&zhhmh_area_kz=&p_init_ipc=X&p_page_to_display=DirektSearch&~cookies=1&scrwidth=1920)

<sup>95</sup> [http://dvb.org/about\\_dvb/dvb\\_worldwide/netherlands/](http://dvb.org/about_dvb/dvb_worldwide/netherlands/)

<sup>96</sup> [http://dvb.org/about\\_dvb/dvb\\_worldwide/netherlands/](http://dvb.org/about_dvb/dvb_worldwide/netherlands/)



Figuur 3-19: Ontwikkeling DVB-T abonnees in Nederland (bron: KPN)

Om een indicatie te geven van de marktpenetratie in Europa kijken we naar de DTT penetratiegraad in de meest succesvolle DTT markten<sup>97</sup>:

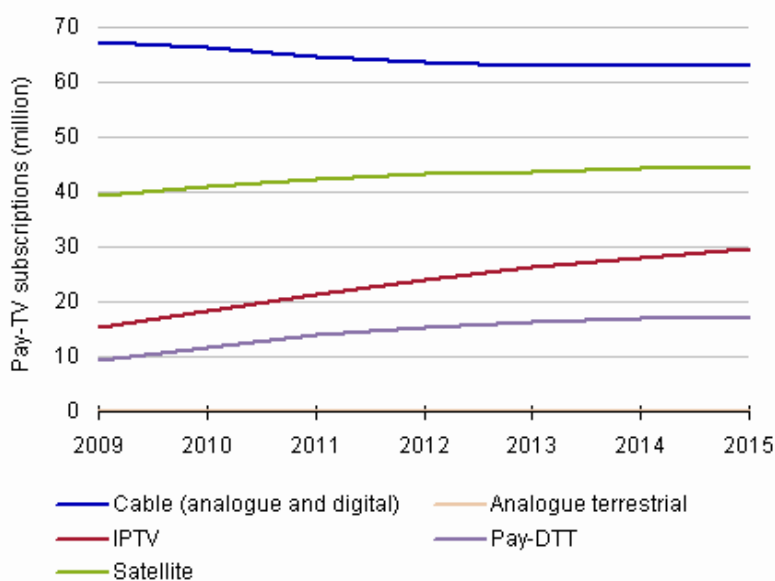
Tabel 3-3: DTT penetratiegraad in de meest succesvolle markten

Land	Populatie (x mln)	Datum lancering DVB-T diensten	DTT penetration on primary television
Verenigd Koninkrijk	60	1998 (2002 Freeview)	91.4%
Spanje	45	2000	89.3%
Italië	59	2004	65,0%
Frankrijk	64	2005	48.3%
Duitsland	82	2002	11.2%

De markt voor betaalde televisie in Europa is een uiterst competitieve markt, waarbij de opkomst van DTT spelers een bedreiging vormt voor de gevestigde kabeloperators. De marktpenetratie voor DTT zal toenemen in Europa (zie figuur hieronder)<sup>98</sup>. Op dit moment hebben de kabeloperators het grootste aantal abonnees (overall), naar verwachting zal het aantal afnemen als gevolg van de opkomst van het DTT platform voor zowel betaalde als free-to-air diensten. De Europese markt voor DTT laat zich vooralsnog domineren door free-to-air diensten. Naar verwachting zullen betaalde DTT diensten in de toekomst aanzienlijk toenemen, naar 17.2 miljoen abonnees in 2015.

<sup>97</sup> [http://www.dvb.org/about\\_dvb/dvb\\_worldwide/united\\_kingdom/](http://www.dvb.org/about_dvb/dvb_worldwide/united_kingdom/)  
[http://www.ofcom.org.uk/research/tv/reports/dtv/dtv\\_2009\\_q3/dtv\\_2009\\_q3.pdf](http://www.ofcom.org.uk/research/tv/reports/dtv/dtv_2009_q3/dtv_2009_q3.pdf)  
<http://www.digitag.org/>

<sup>98</sup> <http://www.analysismason.com/About-Us/News/Insight/European-IPTV-subscriptions-to-double-in-five-years/>



Figuur 3-20: Ontwikkeling abonnee aantallen in Europa voor betaal-TV

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>99</sup>. Sinds het eerste kwartaal van 2010 zijn er diverse DVB-T2 set-top boxen en geïntegreerde TV-ontvangers beschikbaar van verschillende fabrikanten. De positieve resultaten in het Verenigd Koninkrijk heeft andere Europese landen zoals Denemarken<sup>100</sup>, Finland, Oostenrijk en Zweden er toe aangezet om ook trials te starten op het gebied van HD diensten over DVB-T2.

#### Belangrijke spelers

Grootste aanbieders van transmitters of terminals in Nederland: Samsung (Digitenne decoder), Conax (Digitenne insteekkaarten), Funke (antenne) en Rohde and Schwarz of Harris Corporation (transmitters)

Na de overname van Digitenne is KPN in Nederland de enige netwerk operator van DVB-T<sup>101</sup>.

Andere belangrijke operators van betaalde DVB-T diensten in Europa zijn<sup>102</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 DTV services (commerciële naam is: Freeview) door een samenwerking van [BBC](#), [ITV](#), [Channel 4](#), [Sky](#) and transmitter operator [Arqiva](#)<sup>103</sup>.

<sup>99</sup> [http://www.dvb.org/technology/fact\\_sheets/DVB-T2\\_Factsheet.pdf](http://www.dvb.org/technology/fact_sheets/DVB-T2_Factsheet.pdf)

<sup>100</sup> <http://www.digitaltvnews.net/content/?p=15054>

<sup>101</sup> <http://nl.wikipedia.org/wiki/Digitenne>

<sup>102</sup> <http://mavise.obs.coe.int/country?id=23>

<sup>103</sup> [http://en.wikipedia.org/wiki/Freeview\\_\(UK\)](http://en.wikipedia.org/wiki/Freeview_(UK))

*Operators en hun marktaandeel*

Geen informatie beschikbaar.

### 3.8 DVB-H

#### 3.8.1 Algemeen

*Technologietype*

Terrestrial broadcast (omroep) netwerk voor mobiele multimedia toepassingen.

*Achtergrond*

Voor Mobiele TV zijn er een aantal speciale dragerstandaarden gespecificeerd die rekening houden met zeer mobiele ontvangst en apparaten met beperkte processor power, gevoed door een accu voor de stroomvoorziening. In Europa en Afrika ondersteunt men voornamelijk de DVB-H (Handheld) standaard. Omdat mobiele TV standaarden vaak zijn afgeleid van 'fixed' TV of audio standaarden wordt in ieder regio van de wereld een andere standaard ondersteund.

DVB-H<sup>104</sup> of Digital Video Broadcasting - Handheld is een standaard uit 2004 voor digitale televisie en multimedia, speciaal bedoeld voor draagbare apparaten zoals mobiele telefoons en PDA's. Het is een onderdeel van de DVB-standaard. DVB-H kan gezien worden als een doorontwikkeling op DVB-T. De twee technologieën lijken sterk op elkaar, maar DVB-H heeft enkele optimalisaties voor mobiel gebruik.

Het Digital Video Broadcasting (DVB) project is een industrie-gebaseerd consortium bestaand uit meer dan 250 broadcasters, fabrikanten, networkoperators, software developers, en anderen in meer dan 35 landen. Ze hebben ook standaarden geproduceerd voor kabel- en satelliettelevisie. Daarnaast werkt het DVB project aan opvolgers voor DVB-H, zoals DVB-SH (Satellite Handheld) en DVB-H2/DVB-NGH<sup>105</sup> (Next Generation Handheld).

*Beschikbaarheid*

DVB-H is in Europa vanaf 2005 getest met proefuitzendingen in Nederland, Vlaanderen, Finland, Duitsland<sup>106</sup>. Buiten Europa zijn Rusland, De Filipijnen en Vietman de landen waar DVB-H is uitgerold. KPN Mobiel TV op basis van DVB-H is 4 juni 2008 officieel van start gegaan in Nederland. Er zijn nu (2010) 15 TV zenders beschikbaar<sup>107</sup>. De meeste zenders gebruiken de zendantennes van de DVB-T zendstations. De dekking is minder groot dan DVB-T.

DVB-H zit in het "dal van Desillusie" van de Gartner hype cycle (zie Figuur 3-21). Het is onduidelijk of DVB-H het 'plateau of productivity' zal bereiken, omdat verschillende landen voortijdig gestopt zijn met DVB-H diensten<sup>108</sup>. De opvolgers van DVB-H zitten nog in de beginfase van de 'Technology Trigger'.

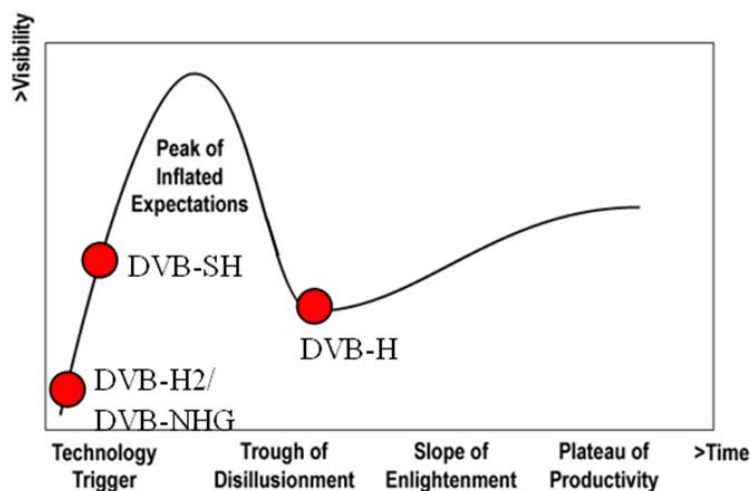
<sup>104</sup> [http://www.dvb-h.org/PDF/01566629\\_DVB-H.pdf](http://www.dvb-h.org/PDF/01566629_DVB-H.pdf)

<sup>105</sup> [http://www.dvb.org/\(RoxenUserID=60f97c3f3dda168075b9c84f8bf6f0e1\)/technology/dvb-ngh/DVB-NGH-Study-Mission-Report-TM-H.pdf](http://www.dvb.org/(RoxenUserID=60f97c3f3dda168075b9c84f8bf6f0e1)/technology/dvb-ngh/DVB-NGH-Study-Mission-Report-TM-H.pdf)

<sup>106</sup> <http://www.dvb-h.org/services.htm>

<sup>107</sup> <http://www.radio-tv-nederland.nl/dvbt/dvbh.html>

<sup>108</sup> <http://issard.wordpress.com/2010/04/05/dvb-h-is-dead-long-live-mobile-tv/>



Figuur 3-21. DVB-H en opvolgers op de Gartner hype cycle.

#### *Diensten en toepassingen*

DVB-H 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 broadcast karakter, waardoor een groot aantal mensen de programma's kan ontvangen met slechts een beperkt aantal strategisch geplaatste zendmasten. Daarnaast heeft de DVB-H 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*

Fabrikanten LG (type KB620), Nokia (types N92 en N96<sup>109</sup>) en Samsung (type P960<sup>110</sup>) bieden mobiele telefoons met DVB-H ontvangers welke geschikt zijn voor de Nederlandse markt. Nokia heeft ook een losse dongle ontwikkeld waarmee DVB-H ontvangen wordt en via Bluetooth met een geschikt toestel TV kan laten zien.

Daarnaast zijn er verschillende fabrikanten die mobiele toestellen met DVB-H bieden die geschikt zijn voor de Aziatische markt. Gigabyte bijvoorbeeld levert een aantal terminals die geschikt zijn voor DVB-T, DVB-H, T-DMB en DAB ontvangst in Azië<sup>111</sup>.

#### *Relatie met andere technologieën*

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 beschikbaarheid van mobiele TV via 3G vrijwel 100%.

<sup>109</sup> <http://tweakers.net/nieuws/65828/nokia-werkt-aan-high-end-smartphone-met-dvb-h.html>

<sup>110</sup> <http://www.allaboutphones.nl/nieuws/1061/Samsung-introduceert-zijn-DVBH-toestel-SGHP960.html>

<sup>111</sup> <http://www.gigabyte.com/eng/Product.aspx>

De concurrerende broadcast technologie T-DMB bestaat eigenlijk uit een collectie van losse standaarden, waar keuzes uitgemaakt kunnen worden die samen een dienst vormen. Dit vereist wel een end-to-end afspraak tussen de dienstleverancier en de toestelfabrikanten.

### 3.8.2 *Techniek*

#### *Onderliggende techniek*

DVB-H maakt gebruik van de DVB-T technologie, maar heeft daarnaast enkele belangrijke aanvullingen:

1. DVB-H maakt gebruik van time slicing, ofwel van data-burst in plaats van een constante datatransmissie waarbij elke burst maximaal twee Mbit aan gegevens bevat. Time-slicing kan tot een besparing van 90% op batterijverbruik leiden, omdat de aan/uit tijden van de ontvanger worden beperkt
2. DVB-H biedt IP gebaseerde diensten. De traditionale MPEG-2 diensten en time sliced DVB-H diensten worden samen in een DVB-T multiplex gestopt en uitgezonden. De mobiele ontvanger decodeert alleen de IP gebaseerde diensten.
3. Aanvullend aan de DVB-T technologie heeft DVB-H MultiProtocol Encapsulation-Forward Error Correction (MPE-FEC). Deze technologie zorgt ervoor dat signaalontvangst ook mogelijk is wanneer de mobiele terminal zich met hoge snelheid voortbeweegt.

Omdat DVB-H diensten IP gebaseerd zijn, wordt ook het videosignaal in IP vervoerd. H.264<sup>112</sup> is de standaard voor digitale compressie.

#### *Standaardisatie*

De werkgroepen van het DVB-project hebben de technische specificaties van DVB-H opgesteld, welke daarna gepubliceerd is als European Telecommunications Standards Institute (ETSI) Standard EN 302 304 in november 2004<sup>113</sup>. Bovenop de DVB-H standaard zijn twee concurrerende dienststandaarden voor DRM en IP gebaseerd datatransport gespecificeerd: DVB-IPDC en OMA-BCAST<sup>114</sup>.

Opvolger DVB-SH (Satellite Handheld) is in 2008 gespecificeerd door ETSI als TS 102 585 V1.1.2 (2008-04)<sup>115</sup>. Deze technologie is gebaseerd op een hybride satelliet/terrestrial broadcast en bijvoorbeeld een GPRS retourkanaal. DVB-SH bevat een aantal verbeteringen ten opzichte van DVB-H, die zorgen voor betere ontvangst. In Frankrijk en Italië zijn DVH-SH proeven aan de gang. In Nederland zijn er nog geen proeven gepland.

De technische standaardisatie voor tweede opvolger DVB-NGH gaat binnenkort van start. Het werk zal (waarschijnlijk) leiden tot een mobiel profiel van de DVB-T2 standaard, gericht op mobiele ontvangers met beperkte reken capaciteit die gevoed worden door een accu.

---

<sup>112</sup> <http://www.itu.int/rec/T-REC-H.264/e>

<sup>113</sup> [http://www.etsi.org/deliver/etsi\\_en/302300\\_302399/302304/01.01.01\\_60/en\\_302304v010101p.pdf](http://www.etsi.org/deliver/etsi_en/302300_302399/302304/01.01.01_60/en_302304v010101p.pdf)

<sup>114</sup> [http://www.openmobilealliance.org/Technical/release\\_program/bcast\\_v1\\_0.aspx](http://www.openmobilealliance.org/Technical/release_program/bcast_v1_0.aspx)

<sup>115</sup> [http://www.etsi.org/deliver/etsi\\_ts/102500\\_102599/102585/01.01.02\\_60/ts\\_102585v010102p.pdf](http://www.etsi.org/deliver/etsi_ts/102500_102599/102585/01.01.02_60/ts_102585v010102p.pdf)



### *Frequentiebanden*

DVB-H is ontworpen in de banden VHF-III (170-230 MHz), UHF-IV/V (470-862 MHz) en L (1.452-1.492 GHz). DVB-H kan niet alleen gebruikt worden in een TV-kanaal van 6, 7 of 8 MHz breed maar ook in een kanaal van 5 MHz breed. Dit opent de mogelijkheid om DVB-H in banden voor mobiele communicatie, zoals UMTS, onder te brengen.

DVB-H gebruikt in Nederland dezelfde frequentiebanden als DVB-T, ofwel frequenties tussen 470 MHz en 862 MHz.

### *Datasnelheid*

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

DVB-H maakt gebruik van de DVB-H technologie, waarmee de bruto datasnelheid varieert tussen de 4.976 en 31.668 Mbit/s per 8 MHz kanaal. Zo'n 8 MHz kanaal wordt multiplex genoemd. In Nederland wordt één van de 6 Digitenne multiplexen gebruikt voor DVB-H diensten. Zoals eerder aangegeven wordt de datasnelheid mede bepaald door de gebruikte FEC (Forward Error Correction) en guard intervals.

De netto datasnelheid is maximaal 15 Mbit/s, omdat er een extra laag met foutcorrigerende code is toegevoegd.

### *Bereik*

Technologie	indoor	< 1 km	1-10 km	>10 km	>100km
DVB-H				x	

Het ontvangstbereik van DVB-H is afhankelijk van de gebruikte apparatuur, met name de ontvangst antenne. Landelijk heeft KPN met DVB-H een dekking van 85% buitenshuis en 65% binnenshuis<sup>116</sup>.

DVB-H is ontworpen voor mobiliteit, en geschikt voor ontvangst bij hoge snelheden (boven de 300 kilometer per uur)<sup>117</sup>.

### *Quality of service*

DVB-H maakt net als DVB-T geen onderscheid in prioriteit en latency. DVB-H kent geen traditionele QoS klassen, maar de videokwaliteit (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.

De ontvangstkwaliteit wordt bepaald door de modulatietechniek, de gebruikte FEC en het guard interval. Dit wordt door de netwerkoperator vastgesteld.

<sup>116</sup> <http://www.typhone.nl/info/mobiel-tv/57>

<sup>117</sup> [http://www2.rohde-schwarz.com/en/technologies/broadcast\\_tv\\_radio/mobile\\_broadcast/dvb-h/info/](http://www2.rohde-schwarz.com/en/technologies/broadcast_tv_radio/mobile_broadcast/dvb-h/info/)

### *Informatiebeveiliging*

DVB-H bevat geen beveiligingsmechanisme, waardoor het signaal door alle geschikte apparatuur ontvangen kan worden. De beveiliging wordt op content niveau geregeld met behulp van een DRM (Digital Rights Management) Systeem waarvan er enkele op de markt zijn. Hiermee is het mogelijk om bepaalde zenders of programma's te blokkeren. KPN maakt gebruik van het OMA BCAST DRM profile<sup>118</sup>.

### 3.8.3 *Markt*

#### *Marktpenetratie*

KPN heeft in 2008 de Mobile TV dienst gelanceerd. Deze dienst biedt 13 TV kanalen aan die broadcast worden via het DVB-H netwerk en is beschikbaar op drie telefoontoestellen. In 2008 heeft KPN een voorlopemde rol gespeeld in de industrie en heeft als eerste operator in Europa de Mobiele TV dienst geïmplementeerd gebruikmakend van de OMA BCAST standaard. In november 2009 gaf KPN aan 40.000 aansluitingen te hebben bereikt<sup>119</sup>.

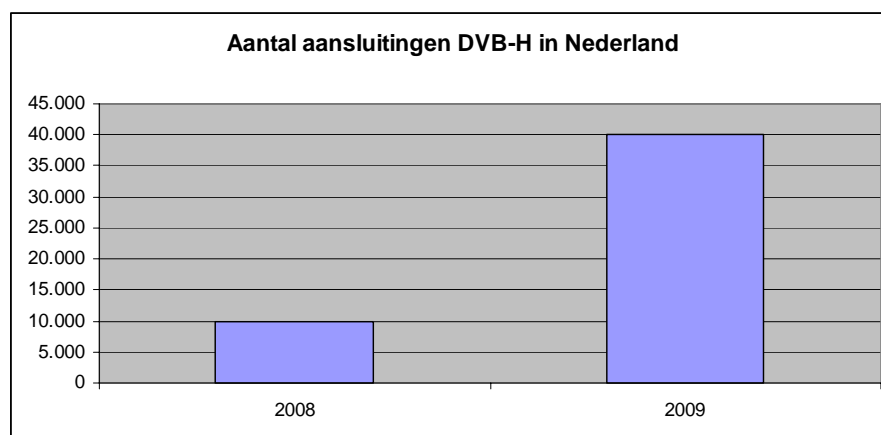


Fig3-22: Aantal DVB-H aansluitingen in Nederland (t/m 2009)

De uitrol van DVB-H in Europa is beperkt gebleven<sup>120</sup>. In 2009 is DVB-H gelanceerd in Polen en Hongarije. De Finse DVB-H trial dienst is omgezet naar een commerciële dienst. Noorwegen is gestart met een DMB-T dienst. In Rusland zijn Kentavr en Vimpelcom in december 2009 begonnen met een DVB-H dienst rondom Moskou. Maar in de belangrijkste Europese markten is de ontwikkeling minder ver doorontwikkeld dan gehoopt. In Frankrijk (3 miljoen abonnees bij Orange medio 2010) blijft het business model voor DVB-H een struikelblok, er is veel discussie wie de investeringen voor het broadcast netwerk moet dragen.

**Spanje** beperkt zich nog tot plannen op papier omdat, evenals in het Verenigd Koninkrijk de frequenties nog niet vrijgegeven zijn. In Spanje heeft de Spaanse overheid mobiele tv op basis van DVB-H 'on hold' gezet. Voornaamste redenen hiervoor is het ontbreken van een duidelijke markt vraag en een levensvatbaar

<sup>118</sup> <http://www.dvb-h.org/Services/services-netherlands-kpn.htm>

<sup>119</sup> [http://dvb.org/about\\_dvb/dvb\\_worldwide/netherlands/](http://dvb.org/about_dvb/dvb_worldwide/netherlands/)

<sup>120</sup> Mobile TV status overzicht Q4 2009, TNO

businessmodel. Vodafone heeft in oktober een mobile TV dienst in de markt gezet gebaseerd op streaming content.

**Duitsland** had eerder dit jaar een ‘bezinningsperiode’ ingelast over een herstart voor DVB-H, met als belangrijke voorwaarde een relevante interesse vanuit de markt. Het lijkt er echter op dat ook in Duitsland de dienst definitief wordt beëindigd<sup>121</sup>.

In **Engeland** was er nog geen spectrum voor mobiele omroep en gaat alle aandacht uit naar video diensten via 3G en WiFi met de BBC iPlayer of Sky premium sport applicaties. Het is buitengewoon twijfelachtig of daar in 2012 als er spectrum beschikbaar komt, DVB-H nog wordt uitgerold.

In **Oostenrijk** wordt de dienst een flop genoemd, zo blijkt uit onderzoek van de Rundfunk und Telekom Regulierungs-GmbH. In oktober 2010 is aangekondigd dat de dienstverlening door TDF eind december 2010 wordt gestaakt (10.000 abonnees).

In **Zwitserland** is Swisscom gestopt met DVB-H en overgegaan op een mobiele tv dienst gebaseerd op HSPA/UMTS/EDGE, wegens een gebrek aan DVB-H devices. In **Nederland** zijn in 2010 geen ontwikkelingen geweest.

DVB-H heeft in 2009 en 2010 dus niet gebracht wat er eerder van gehoopt werd. In toenemende mate gaan geluiden op dat LTE belangrijk wordt voor mobiele TV.

Er is geen informatie beschikbaar omtrent marktpenetratie in termen van aantal abonnees in de landen die wel DVB-H diensten hebben gelanceerd<sup>122</sup>. Wel is er informatie beschikbaar voor de dekking van het netwerk in deze landen<sup>123</sup>.

Tabel 3-4: Status DVB-H dekking in landen met DVB-H diensten

<b>Landen met DVB-H diensten</b>	<b>Percentage DVB-H dekking</b>
Polen	15%
Hongarije	16%
Finland	40%
Rusland	75%

#### *Belangrijke spelers*

In Nederland wordt DVB-H door KPN wholesale aangeboden aan mobiele operators. KPN vervult hiermee de rol van mobiele netwerkoperator. KPN gebruikt hiervoor één van de vier frequenties van de DVB-T licentie.

Operators in het buitenland zijn die in meerdere landen actief zijn: Smart Communications Inc. (Polen), Antenna Hungaria (Hongarije), Digita (Finland) en Sistema (Rusland)

De voornaamste fabrikanten van mobiele devices die DVB-H enkele toestellen hebben gezet zijn: Nokia, Samsung en LG. Nokia is een voornaamste aanjager van de DVB-H standaard. De Koreaanse vendors investeren vooral in de technologie met een significante markt vraag.

<sup>121</sup> <http://www.unthinkable.biz/home/article/2047/dvb-h-gets-another-setback-while-rival-imb-gets-a-samsung-boost->

<sup>122</sup> <http://www.dvb-h.org/Services/services-poland-INFO-TV-FM.htm>  
<http://www.dvb-h.org/Services/services-hungary-antenna-hungaria.htm>  
<http://www.dvb-h.org/Services/services-finland-mobiili.htm>  
<http://www.dvb-h.org/Services/services-moscow-dtb.htm>

<sup>123</sup> <http://bmcoforum.com>

De belangrijkste aanbieders van transmitters zijn Rohde and Schwarz of Harris Corporation.

#### *Operators en hun marktaandeel*

Er is geen informatie beschikbaar over de operators en hun marktaandelen in landen die DVB-H diensten hebben gelanceerd.

## **3.9 T-DMB**

### *3.9.1 Algemeen*

#### *Technologietype*

Terrestrial Broadcast (omroep) netwerk 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>124</sup> ontwikkeld in het kader van een nationaal IT project om multimedia diensten voor mobiele apparaten te ontwikkelen, en oorspronkelijk bedoeld om FM radio te vervangen. De eerste officiële mobiele TV dienst op basis van DMB startte in mei 2005, maar testen werden al veel eerder uitgevoerd. Sindsdien is de onderliggende standaardisatie organisatie WorldDAB<sup>125</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.

#### *Beschikbaarheid*

In Nederland zijn op 11 februari 2009 vergunningen verleend aan Mobiele TV Nederland en Callmax Global om T-DMB uit te zenden in respectievelijk band III en de L-band. In Nederland zijn er nog geen T-DMB gebaseerde diensten, maar Mobiele TV Nederland heeft eerder dit jaar aangekondigd op dat ze eind 2010 een dienst met landelijke dekking in bedrijf wil hebben<sup>126</sup>.

In Noorwegen is in 2009 de dienst MiniTV gelanceerd<sup>127</sup>. Mobiles Fernsehen Deutschland (MFD) is in 2008 gestopt met T-DMB uitzendingen. Canada en Maleisie doen sinds 2008 proeven. De T-DMB dienstverlening in Zuid Korea is het meest uitgebreid, en bestaat uit 7 TV kanalen, 12 radio kanalen en 8 data kanalen.

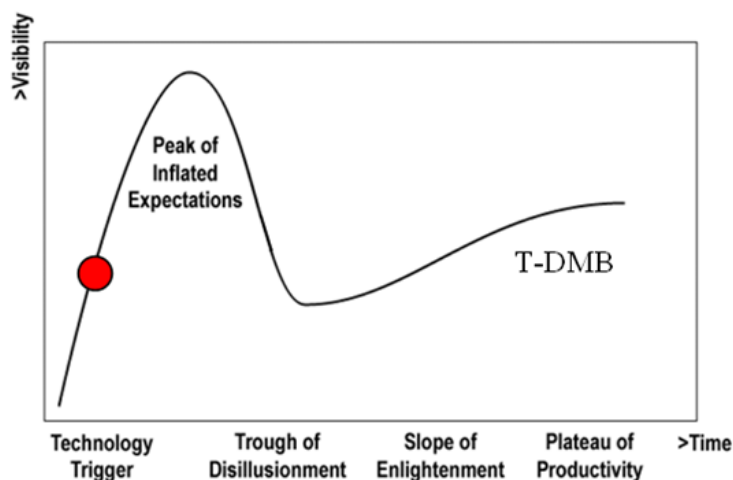
T-DMB zit in het begin van de 'technology trigger' op de Gartner hype cycle (zie Figuur 3-23).

<sup>124</sup> <http://eng.t-dmb.org/>

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

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

<sup>127</sup> <http://www.minitv.no/contentfile/file/1.6623793!factsheet.pdf>



Figuur 3-23: T-DMB 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 DMB-T 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 DMB uitzendingen kunnen ontvangen<sup>128</sup>. Dit zijn voornamelijk mobiele mediaspelers en telefoons. De telefoons zijn echter niet geschikt voor 3G mobiele data communicatie in Europa (UMTS), en daardoor onbruikbaar in Europa.

In Zuid Korea is een mobiele telefoon van fabrikant LG op de markt gekomen die DMB ondersteunt<sup>129</sup>. Dit toestel is ongeschikt voor mobiele data communicatie in Europa.

DMB ontvangers zijn vrijwel altijd ook geschikt voor DAB ontvangst.

#### *Relatie met andere technologieën*

T-DMB is afgeleid van DAB en is op 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

<sup>128</sup> [http://www.worlddab.org/products\\_manufacturers](http://www.worlddab.org/products_manufacturers)

<sup>129</sup> [http://www.worlddab.org/country\\_information/south\\_korea](http://www.worlddab.org/country_information/south_korea)

in Nederland (en vele andere West Europese landen) vrijwel 100% is, is ook de beschikbaarheid van mobiele TV via 3G vrijwel 100%.

De concurrerende broadcast technologie is DVB-H. Daarnaast heeft T-DMB concurrentie op het gebied van audio diensten van DVB-T, en van de kabel, waar ook analoge FM en digitale radio te ontvangen is.

Het is onduidelijk of mobiele TV via terrestrial broadcast netwerken zoals DVB-H en T-DMB het gaan winnen van mobiele TV gebaseerd op 3G en 4G mobiele data netwerken. Ondermeer een gebrek aan DVB-H en T-DMB geschikte toestellen vormt een barrière.

Daarnaast bestaat er nog een technologie genaamd Digital Radio Mondiale; een set van technologieën die gebruik maakt van de huidige AM radio band<sup>130</sup>.

### 3.9.2 *Techniek*

#### *Onderliggende techniek*

T-DMB is gebaseerd op COFDM, en maakt gebruik van DQPSK modulatie

Net als bij DVB-H wordt de audio en video 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*

DMB is, naast DAB en DAB+, onderdeel van de Eureka-147 familie van standaarden, uitgegeven door het WorldDMB<sup>131</sup> forum. Dit forum is een internationale organisatie met als doel de promotie van Eureka 147 gebaseerd diensten in de wereld. De naam van de organisatie, WorldDMB, refereert naar 'Digital Multimedia Broadcasting', dat radio, mobiele TV en datadiensten omvat. Het forum representeert meer dan 80 bedrijven en organisaties uit alle hoeken van de broadcasting industrie, afkomstig uit 25 landen.

De courante standaard voor T-DMB is tevens gestandaardiseerd onder ETSI TS 102 428<sup>132</sup>.

#### *Frequentiebanden*

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

#### *Datasnelheid*

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

<sup>130</sup> <http://www.drm.org/>

<sup>131</sup> <http://www.worlddab.org/>

<sup>132</sup> <http://www.etsi.org/WebSite/Technologies/DAB.aspx>

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>133</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.

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.

DAB maakt geen onderscheid in prioriteit en latency. De ontvangstkwaliteit wordt bepaald door de modulatie-techniek, 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.

### 3.9.3 Markt

#### *Marktpenetratie*

Technologie	Nederland	Europa	Wereld
DMB	n/a	?	?

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>134</sup>. Beide partijen zijn bezig om (commerciële) diensten aan te bieden volgens de 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<sup>135</sup>. Huidige status van het netwerk van Mobiele TV NL is niet bekend. Er zijn voor zover bekend nog geen commerciële diensten in Nederland beschikbaar op basis van T-DMB.

Ter vergelijking met andere landen hebben de volgende landen DMB diensten gelanceerd: Zuid-Korea, Noorwegen, Frankrijk, Italië, Polen, Maleisië, Ghana, Egypte en China<sup>136</sup>. De beperkte beschikbaarheid van informatie maakt het niet mogelijk om vergelijkende uitspraken te doen over de marktpenetratie van DMB. Een selectie van landen wordt hieronder toegelicht:

<sup>133</sup> [http://www.digitalradiotech.co.uk/dvb-h\\_dab\\_dmb.htm#DMB\\_multiplex\\_capacities](http://www.digitalradiotech.co.uk/dvb-h_dab_dmb.htm#DMB_multiplex_capacities)

<sup>134</sup> <http://radio-tv-nederland.nl/dab/dmb.html>

<sup>135</sup> <http://radio-tv-nederland.nl/dab/dmb.html>

<sup>136</sup> <http://www.theidag.org/>

De meest succesvolle uitrol van DMB buiten Nederland, is in Zuid Korea met een dekking van 75% bij een populatie van 59 miljoen<sup>137</sup>. Medio 2009 zijn er aan paar honderd DMB devices beschikbaar in de Zuid-Koreaanse markt., waarvan het aantal richting de 20 miljoen gaat. Daarnaast laat het gebruik van mobiele TV een jaarlijkse groei zien, met een adoptie van 22 miljoen mobiele tv kijkers in 2009<sup>138</sup>.

China is het tweede land in Azië met een DMB uitrol. Eind 2008 was er DMB dekking in de volgende 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<sup>139</sup>.

In Europa zijn de volgende landen actief met DMB. Sinds 2009 ook T-DMB diensten beschikbaar in Noorwegen met een dekkingsgebied rondom Oslo<sup>140</sup>.

In Frankrijk is door de overheid besloten om DMB radio als standaard te gebruiken. Verder ontwikkeling zal eind 2010 ten eerste plaats vinden in Parijs, Nice en Marseille. Daarna zullen er plannen worden ontwikkeld voor de overige gebieden in Frankrijk<sup>141</sup>. In Warschau (Polen) zijn er sinds 2009 trials op het gebied van DAB+ radio en DMB mobiele video diensten gestart<sup>142</sup>.

In Afrika is Ghana het enige land met een commerciële DMB dienst. Deze is sinds 2008 actief en heeft een landelijke dekking<sup>143</sup>.

Onderstaande figuur laat de wereldwijde adoptie van DMB zien.

---

<sup>137</sup> [http://www.worlddab.org/country\\_information/south\\_korea](http://www.worlddab.org/country_information/south_korea)

<sup>138</sup> [http://www.koreatimes.co.kr/www/news/biz/2009/06/123\\_47547.html](http://www.koreatimes.co.kr/www/news/biz/2009/06/123_47547.html)

<sup>139</sup> [http://www.worlddab.org/country\\_information/china](http://www.worlddab.org/country_information/china)

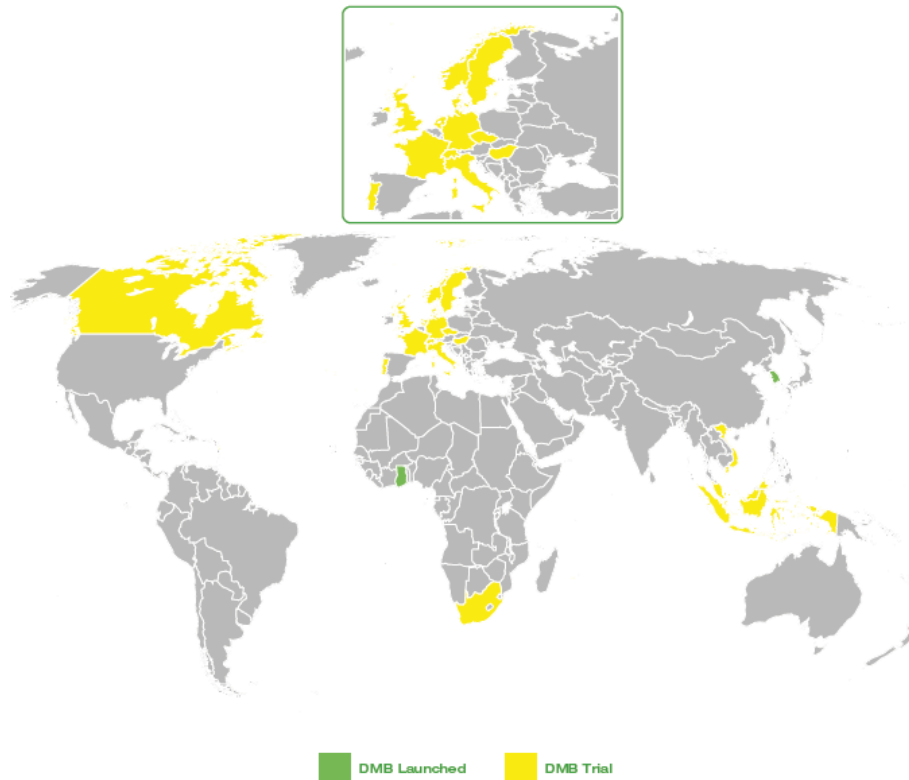
<sup>140</sup> <http://www.broadbandtvnews.com/2009/05/18/norway-mobile-tv-via-dmb/>

<sup>141</sup> [http://www.worlddab.org/country\\_information/france](http://www.worlddab.org/country_information/france)

<sup>142</sup> [http://www.worlddab.org/country\\_information/poland](http://www.worlddab.org/country_information/poland)

<sup>143</sup> [http://www.worlddab.org/country\\_information/ghana/updates](http://www.worlddab.org/country_information/ghana/updates)





Figuur 3-24: Adoptie van DMB wereldwijd<sup>144</sup>

#### *Belangrijke spelers*

In Nederland zijn twee partijen licentiehouders van T-DMB: Mobiele TV Nederland en Callmax Global. Beide partijen waren bezig met 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 (Casema), andere commerciële partijen (o.a. Rabobank)<sup>145</sup>.

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

In Noorwegen is de DMB dienst gelanceerd door het Norwegian Mobile TV Corporation (NMTV) in samenwerking met de drie grote broadcasters van Noorwegen: NRK (publieke omroep), TV2 en Modern Times Group (MTG)<sup>146</sup>.

De voornaamste aanbieders van terminals zijn Samsung en LG.

<sup>144</sup> World DMB, Global Broadcasting Update DAB/DAB+/DMB, september 2010

<sup>145</sup> <http://www.mtvnl.nl/mtvnl.html>

<sup>146</sup> <http://www.broadbandtvnews.com/2009/05/18/norway-mobile-tv-via-dmb/>

### *Operators en hun marktaandeel*

In Nederland zijn er nog geen volwassen (commerciële) diensten op DMB. Er is geen informatie beschikbaar over operators en marktaandelen in Nederland.

## **3.10 DAB+**

### *3.10.1 Algemeen*

#### *Technologietype*

Terrestrial Broadcast (omroep) netwerk voor audio toepassingen.

#### *Achtergrond*

Digital Audio Broadcasting (DAB), is een digitale radio technologie voor het uitzenden van radio stations, 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*

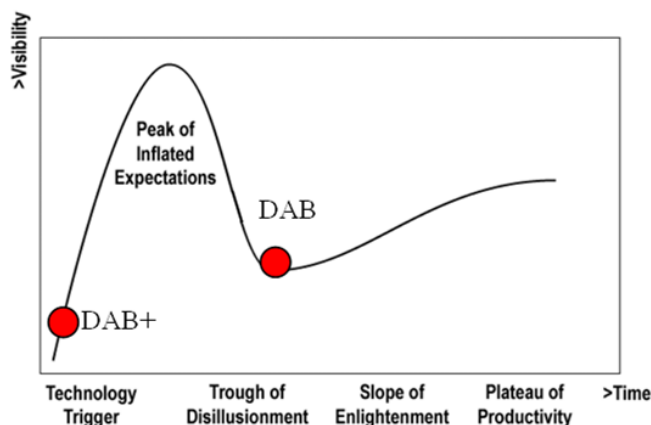
DAB+ is als proef beschikbaar in Eindhoven via operator Callmax<sup>147</sup>. DAB+ broadcasts zijn (als proef) beschikbaar in Zwitserland<sup>148</sup>, Italië and Australië. Andere landen volgen.

DAB+ zit in het begin van de 'technology trigger' op de Gartner hype cycle. DAB zit in het dal van desillusie vanwege de tegenvallende geluidskwaliteit en het feit dat DAB er niet in geslaagd is om FM te vervangen. Wellicht dankzij de door de Nederlandse overheid in 2009 voorgenomen digitaliseringsimpuls voor etherradio gaat het met DAB+ wel lukken.

---

<sup>147</sup> <http://radio-tv-nederland.nl/dab/dmb.html>

<sup>148</sup> [http://digitalradio.ch/data\\_program\\_dab.aspx?lang=en](http://digitalradio.ch/data_program_dab.aspx?lang=en)



Figuur 3-25. DAB en DAB+ op de Gartner hype cycle.

#### *Diensten en toepassingen*

DAB+ wordt gebruikt voor het uitzenden van digitale radio programma'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>149</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.

Daarnaast zendt ook DVB-T radioprogramma's uit en is via de kabel ook analoge FM en digitale radio te ontvangen<sup>150</sup>.

### 3.10.2 *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

<sup>149</sup> [http://www.worlddab.org/products\\_manufacturers](http://www.worlddab.org/products_manufacturers)

<sup>150</sup> [http://www.ebu.ch/en/technical/trev/trev\\_299-weck.pdf](http://www.ebu.ch/en/technical/trev/trev_299-weck.pdf)

signaaldragers. DVB-T gebruikt COFDM omdat het zeer goed overweg kan met interferentie afkomstig van reflecties.

Audiocompressie is gebaseerd op AAC+, waarmee ook MPEG surround sound ontvangst mogelijk is. Daarnaast gebruikt DAB+ Reed–Solomon error correction, welke ook bij DVB-T wordt toegepast.

Ten opzichte van DAB heeft DAB+ een veel betere geluidskwaliteit door het gebruik van AAC+ en Reed–Solomon error correction.

#### *Standaardisatie*

DAB+ is, naast DAB en DMB, onderdeel van de Eureka-147 familie van standaarden, uitgegeven door WorldDAB<sup>151</sup>.

DAB+ is tevens gestandaardiseerd onder ETSI TS 102 563 v.1.1.1<sup>152</sup>.

#### *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.

#### *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>153</sup>.

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

<sup>151</sup> <http://www.worlddab.org/>

<sup>152</sup> <http://www.etsi.org/WebSite/Technologies/DAB.aspx>

<sup>153</sup> [http://www.frequentieland.nl/omroep/dab\\_nl.htm](http://www.frequentieland.nl/omroep/dab_nl.htm)

zender door de netwerkoperator vastgesteld en is -vanwege het omoepkarakter van de technologie- voor alle gebruikers gelijk.

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.

### 3.10.3 Markt

Technologie	Nederland
DAB	70% dekking

#### *Marktpenetratie*

In Nederland is momenteel alleen de publieke omroep als DAB te beluisteren. Ook in België zenden alleen de openbare omroepen VRT, RTBF en BRF uit<sup>154</sup>. 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 achterloopt met de ontwikkeling van DAB<sup>155</sup>. In het Verenigd Koninkrijk is er 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 hieronder aangegeven<sup>156</sup>.

Tabel 3-5: Cijfers DAB/DAB+ dekking buiten en binnen Europa

Landen buiten Europa	Populatie (x mln)	DAB dekking
Australie	20.6	15%
Canada	33.2	30%
China	1320	8%
Singapore	4.5	99%
Taiwan	24	90%
Zuid Korea	59	75%

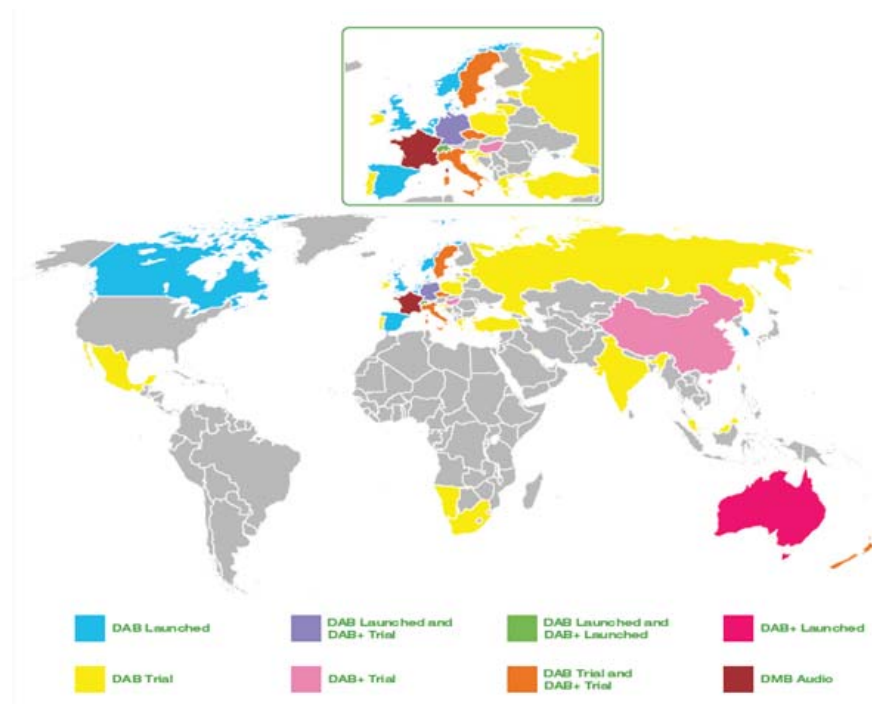
<sup>154</sup> [http://nl.wikipedia.org/wiki/Digital\\_Audio\\_Broadcasting](http://nl.wikipedia.org/wiki/Digital_Audio_Broadcasting)

<sup>155</sup> [http://www.radio.nl/portal/home/links\\_en\\_info/002.informatie/012.dab/](http://www.radio.nl/portal/home/links_en_info/002.informatie/012.dab/), <http://www.digi-radio.nl/>

<sup>156</sup> Global Broadcasting Update – DAB/DAB+/DMB, 2010

Landen binnen Europa	Populatie (x mln)	DAB dekking
Belgie	10.5	100%
Tsjechie	10.3	20%
Denemarken	5.5	90%
Frankrijk	63	20%
Duitsland	83	70%
Ierland	4	44%
Italie	59	75%
Malta	0.4	100%
Nederland	16	70%
Noorwegen	4.8	80%
Polen	38.5	5%
Spanje	45	52%
Verenigd Koninkrijk	60.6	90%
Zwitserland	7.5	90%

Onderstaande figuur geeft de actuele situatie weer ten aanzien van de uitrol van DAB en DAB+ netwerken wereldwijd (trials of operationeel).



Figuur 3-26: Status van beschikbaarheid van DAB/DAB+ wereldwijd<sup>157</sup>

<sup>157</sup> World DMB, Global Broadcasting Update DAB/DAB+/DMB, september 2010

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<sup>158</sup>. Onderstaande tabel geeft een overzicht<sup>159</sup> van Nederland ten opzichte van een geselecteerd aantal Europese landen:

Tabel 3-6: Cijfers verkochte DAB-ontvangers in selectie van Europese landen (tot Q3-2009)

Land	Jaar	Jaar	Aantal verkochte DAB-ontvangers		
	start	DAB	per 100 huishoudens		
	pilot	intro	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 zenderbod 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<sup>160</sup>.

#### *Belangrijke spelers*

Lokale 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>161</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>158</sup> De impact van de digitalisering van de etherradio voor de luisteraar- Dialogic (2009)

<sup>159</sup> De impact van de digitalisering van de etherradio voor de luisteraar- Dialogic (2009)

<sup>160</sup> De impact van de digitalisering van de etherradio voor de luisteraar- Dialogic (2009)

<sup>161</sup> <http://www.worlddab.org/>

## 4 Lijst met afkortingen

AAC	Advanced Audio Coding
ADSL	Asymmetric DSL
AM	Amplitude Modulatie; AM radiodiensten
AP	Access Point
ARP	Allocation and Retention Priority
ARPU	Average Revenue Per User
AT	Agentschap Telecom
BS	Base Station
BSC	Base Station Controller
BSSID	Basis Service Set Identifier
BWA	Broadband Wireless Access
CA	Conditional Access
CDMA	Code Division Multiple Access
CENELEC	Comité Européen de Normalisation Electrotechnique
CEPT	European Conference of Postal and Telecommunications Administrations
COFDM	Coded Orthogonal Frequency Division Multiplexing
COMP	Coordinated Multi-Point transmission/reception
CPE	Customer Premises Equipment
CR	Cognitive Radio
DAB	Digital Audio Broadcasting
DAB+	Advanced version of DAB
DCF	Distribution Coordination Function
DHCP	Dynamic Host Configuration Protocol
DRM	Digital Rights Management
DSA	Dynamic Spectrum Access
DSL	Digital Subscriber Line
DSLAM	DSL Access Multiplexer
DSSS	Direct Sequence Spread Spectrum
DVB-C	Digital Video Broadcasting Cable
DVB-H	Digital Video Broadcasting Handheld
DVB-NGH	Digital Video Broadcasting Next Generation Handheld
DVB-SH	Digital Video Broadcasting Satellite Handheld
DVB-T	Digital Video Broadcasting Terrestrial
EC	European Commission
ECC	Electronic Communications Committee
EDGE	Enhanced Data rates for G(SM) Evolution
EIRP	Effective Isotropic Radiated Power
EL&I	Economische Zaken, Landbouw en Innovatie
EZ	Economische Zaken
ETSI	European Telecommunication Standards Institute
EV-DO	Evolution Data Optimized
FBSS	Fast Base Station Switching
FCC	Federal Communications Commission
FDD	Frequency Division Duplex
FEC	Forward Error Correction
FM	Frequentie Modulatie; FM radiodiensten



GHz	Giga Hertz
GPS	Global Positioning System
GPRS	General Packet Radio Service
GSM	Global System for Mobile communications
HDTV	High Definition Television
HHO	Hard Hand-Over
HSCSD	High Speed Circuit Switched Data
HSPA	High Speed Packet Access
HSDPA	High Speed Downlink Packet Access
HSUPA	High Speed Uplink Packet Access
IEEE	Institute of Electrical and Electronics Engineers
IMT	International Mobile Telecommunications
IP	Internet Protocol
IPTV	Television service based on the IP-protocol
IR	Infra Rood
ISM	Industrial, Scientific and Medical
ITU	International Telecommunication Union
LAN	Local Area Network
LTE	Long Term Evolution
MAC	Medium Access Control
MAN	Metropolitan Area Network
MHz	Mega Hertz
MIMO	Multiple Input Multiple Output
MMDS	Multi Media Distribution System
MNO	Mobile Network Operator
MPE	MultiProtocol Encapsulation
MPEG	Motion Pictures Expert Group
OFDM	Orthogonal Frequency Division Multiplex
OMA	Open Mobile Alliance
OOV	Openbare Orde en Veiligheid
OPTA	Onafhankelijke Post en Telecommunicatie Autoriteit
PAN	Personal Area Network
PCF	Point Coordination Function
PDA	Personal Digital Assistant
QAM	Quadrature Amplitude Modulation
QCI	QoS Class Identifier
QoS	Quality of Service
QPSK	Quadrature Phase Shift Keying
RAN	Radio Access Networks
R&D	Research & Development
RNC	Radio Network Controller
SIM	Subscriber Identity Module
SMS	Short Messaging Service
SSID	Service Set Identifier
TDD	Time Division Duplex
T-DMB	Terrestrial Digital Multimedia Broadcast
TDM	Time Division Multiplex
TDMA	Time Division Multiple Access
TD-SCDMA	Time Division Synchronous Code Division Multiple Access
THz	Tera Hertz
TUD	Technische Universiteit Delft

UHF	Ultra HighFrequency
UK	United Kingdom
UMTS	Universal Mobile Telecommunication System
US	United States (of America)
USB	Universal Serial Bus
UTRA	Universal Terrestrial Radio Access
VHF	Very High Frequency
VoIP	Voice over IP
UWB	Ultra Wideband
WAN	Wide Area Network
WAPECS	Wireless Access Policy for Electronic Communications Services
WiFi	Wireless Fidelity
WISP	Wireless Internet Service Provider
WLAN	Wireless Local Area Network
WRC	World Radio Conference

## 5 Verklaring begrippen

Voor de verklaring van diverse gehanteerde begrippen in dit rapport wordt verwezen naar de site [www.telecomabc.nl](http://www.telecomabc.nl).