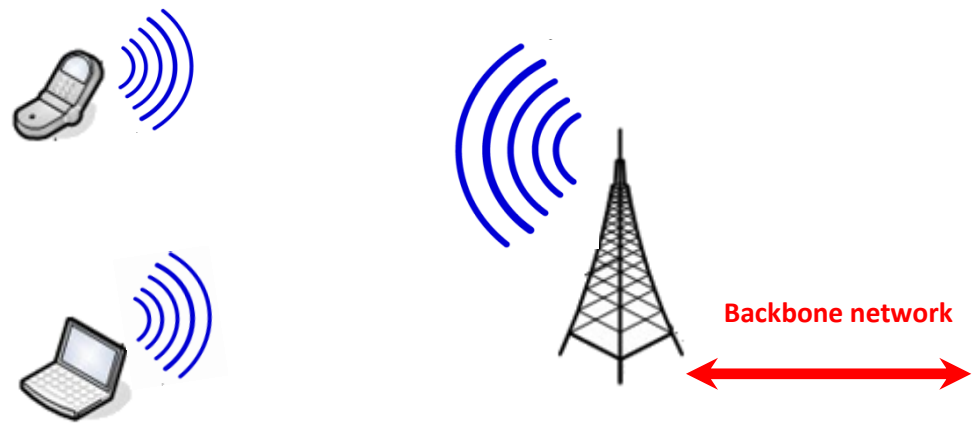


De Wetenschapswinkel heeft de leerstoel Signalen & Systemen, verbonden aan de Universiteit Twente, verzocht om advies te geven over de plaatsing van een UMTS-mast aan de rand van het dorp A, nabij een sportpark. In dit advies wordt nader ingegaan waaraan de locatie van de zendmast moet voldoen om binnenhuisdekking in het dorp te waarborgen. In het kort kan worden gesteld dat het opstelpunt nabij een sportpark niet noodzakelijk is om binnenhuisdekking te bieden. Er zijn voldoende alternatieve en zelfs betere locaties denkbaar, waarmee dezelfde dekking kan worden geboden.

Dit advies is als volgt opgedeeld. Allereerst wordt dieper ingegaan op de grondslagen van mobiele communicatie. Dit wordt gevolgd door een propagatiemodel dat de dekking van een UMTS mast voorspelt. Op basis van deze gegevens worden voorwaarden opgesteld aan de locatie van een nieuwe zendmast.

Grondslagen mobiele communicatie

Mobiele communicatie netwerken, zoals GSM, UMTS en in de nabije toekomst LTE en WiMAX bestaan ruwweg uit een drietal elementen, te weten: mobiele terminal, zendmast & backbone netwerk. De mobiele terminal is een mobiele telefoon, laptop of ander mobiel apparaat dat het mobiele netwerk gebruikt. Via radiogolven communiceert de mobiele terminal met de zendmast. Deze zendmast is via een draadloze straalverbinding en/of vaste lijn verbonden met het backbone netwerk. Dit netwerk zorgt o.a. voor de koppeling met een aantal andere netwerken zoals internet, vaste telefonie en mobiele telefonie.



Structuur van een mobiel netwerk: een mobiele telefoon/laptop communiceert met een zendmast. De zendmast is verbonden met het backbone netwerk van de operator.

Ieder draadloos systeem heeft zijn eigen unieke frequentieband. Voor een UMTS (3G) netwerk is dit de frequentieband: 1920 tot 1980 MHz (uplink) en 2110 tot 2170 MHz (downlink). De uplink- frequentieband wordt gebruikt voor communicatie van de mobiele terminal naar de zendmast en de downlink voor communicatie richting de mobiele terminal. Ook is er nog een tweede UMTS- frequentieband, te weten: 1900 - 1920 MHz en 2010 - 2025 MHz, maar deze wordt minder door de operators ingezet. De belangrijkste reden is dat deze band geschikt is voor professionele toepassingen en slechts beperkt bruikbaar is in de consumentenmarkt.

Vanwege de populariteit van UMTS diensten, zullen naar verwachting in de nabije toekomst ook andere frequentiebanden in gebruik worden genomen voor mobiel internet: Digitaal Dividend frequentieband (792 – 862 MHz) en de 2,6 GHz frequentieband (2500 – 2690 MHz). Ook is de verwachting dat operators over een aantal jaren de GSM techniek zullen uitfaseren en UMTS of de opvolger LTE in deze banden zullen inzetten. De GSM banden zijn: GSM-900 (880 – 915 & 925 – 960 MHz) en GSM-1800 (1710 – 1785 & 1805 – 1880 MHz).

Gezondheid

Er zijn vele onderzoeken verricht naar de invloed van radiogolven op het menselijke lichaam. De Europese Scientific Committee on Emerging and Newly Identified Health Risks (SCENIHR)¹ en de World Health Organization (WHO)² stellen dat het onwaarschijnlijk is dat radiogolven een verhoogde kans op kanker geven. Deze conclusie wordt bevestigd uit drie onafhankelijke lijnen van bewijs (epidemiologisch, dier en 'in vitro'-onderzoek). Sommige kankersoorten ontwikkelen zich langzamer (> 10 jaar) dan de tijd dat draadloze communicatie wijdverspreid wordt gebruikt. Om deze reden is er nog aanvullend onderzoek nodig.

¹ <http://ec.europa.eu/health/opinions2/en/electromagnetic-fields/>

² <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs193/en/>

Daarnaast is er ook onderzoek uitgevoerd naar andere effecten van radiogolven. Sommige mensen klagen over hoofdpijn, vermoeidheid, duizeligheid of concentratieproblemen na blootstelling aan radiogolven. In een aantal studies wordt er een verband gelegd tussen radiogolven en deze symptomen, maar de resultaten zijn niet consistent. Dit betekent dat het tot op heden wetenschappelijk niet is aangetoond dat er een verband bestaat tussen deze symptomen en radiogolven. Hiervoor moeten de resultaten uit de verschillende onderzoeken eerst consistent en reproduceerbaar zijn. Aanvullend onderzoek is daarom zeker nodig. De WHO heeft in ieder geval aangekondigd om in 2012 met een update te komen over dit onderwerp.

Natuurlijk kan radiostraling weefsel opwarmen en daardoor schadelijk zijn. Echter de toegepaste vermogens in mobiele communicatienetwerken zijn veel te klein voor dit effect. Daarnaast is het zo dat de radiogolven van een zendende mobiele telefoon, gemeten op het menselijke lichaam meer dan 1000x sterker zijn vergeleken met de radiogolven van een UMTS zendmast. De reden hiervoor is dat een mobiele telefoon dicht in de buurt is van het menselijke lichaam en een zendmast relatief ver weg staat. Dit betekent zelfs dat het plaatsen van extra zendmasten ervoor zorgt dat een lichaam juist minder sterke radiogolven ontvangt. Immers een mobiele telefoon hoeft in dit geval minder sterk te zenden om goed te kunnen communiceren met de zendmast (en doet dat ook in de praktijk).

Propagatie

Mobiele radiocommunicatie maakt gebruik van elektromagnetische golven. Door toedoen van een object zoals een gebouw, persoon, auto, boom kunnen radiogolven:

- Weerkaatsen op het oppervlak van een object
- Verstrooien op het oppervlak van een object
- Afbuigen op de rand van een oppervlak
- Doordringen in een object

Al deze effecten zijn frequentieafhankelijk. In het algemeen kan worden gesteld dat radiogolven onder de 1 GHz betere propagatie-eigenschappen hebben. Deze golven dringen eenvoudiger in gebouwen en ook buigen deze golven meer om gebouwen heen. Hierdoor is de 'schaduw' bij lagere frequenties minder groot vergeleken bij die van hogere frequenties. Aan de andere kant is er in het radiospectrum meer ruimte en dus capaciteit beschikbaar boven de 1 GHz.

Daarnaast is radiodekking op het platteland veel eenvoudiger te realiseren dan in dichtstedelijk gebied, omdat in het laatste geval veel gebouwen (objecten) aanwezig zijn, die het radiosignaal kunnen blokkeren.

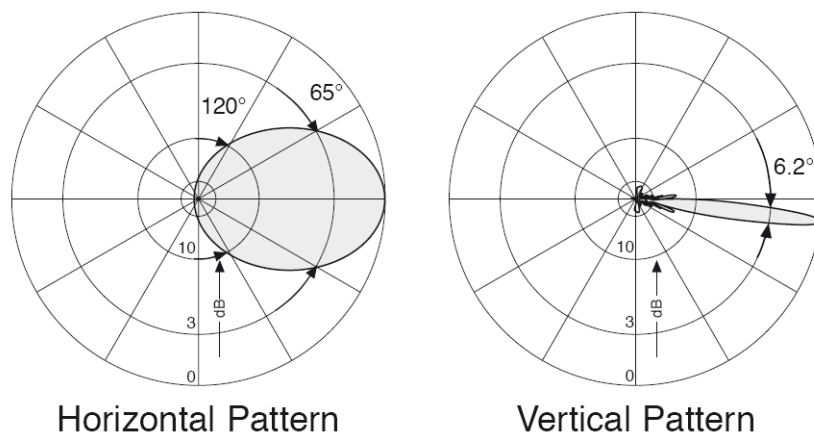
Doordat de (constant veranderende) omgeving grote invloed heeft op de ontvangst van radiosignalen, is het voorspellen van radiodekking lastig. In de praktijk wordt daarom de radiodekking voor een bepaald gebied berekend. Bijvoorbeeld: in gebied X is er gemiddeld in de tijd op 95% van de locaties binnenhuisdekking.

Radiodekking van UMTS netwerken

In het geval van mobiele communicatie wordt gebruik gemaakt van zendmasten. De hoogte, zendvermogen, antenne en omgeving bepalen grofweg het bereik. Hoe hoger een zendmast namelijk is, hoe minder de radiogolven gehinderd worden door gebouwen. Met meer zendvermogen kan het bereik ook worden verhoogd. Verder bepaalt de omgeving het bereik van een zendmast. Bij een open omgeving is het bereik groter dan in stedelijk gebied. Daarnaast heeft ook het type landschap invloed op het zendbereik (zoals heuvels, meren).

Ten slotte bepaalt de antenne op een UMTS-zendmast het bereik. Een operator kan namelijk kiezen voor een rondstralende antenne (omni-directioneel) of voor een sectorantenne (directioneel). Vaak wordt voor het laatste gekozen, omdat een operator hiermee meer capaciteit heeft in een netwerk.

Hieronder is het antennepatroon getoond van een sectorantenne (type 742270 van Katrein). Deze antenne verzorgt ruwweg 1/5 van het servicegebied (namelijk 65° van 360°). In het verticale vlak is de hoofdbundel slechts 6.2° breed. Een operator kan dus door middel van de hoek tussen zendmast en antenne instellen hoe groot het servicegebied is. Als de hoofdbundel namelijk naar 'onderen' wordt gericht is het bereik minder groot.



Antennepatroon van een UMTS antenne (Katrein type 742270)

Zoals eerder genoemd is het voorspellen van de radiodekking lastig. Toch zijn er enkele basismodellen die voor dit doel kunnen worden gebruikt, zoals het Okumura-Hata model³. Dit model voorspelt een bereik van ruwweg 1.2 km (binnenhuisontvangst) in stedelijk gebied voor een UMTS zendmast. Deze afstand geldt alleen als de zendmast in stedelijk gebied wordt geplaatst.

UMTS UL Link budget (c) UMTSWorld.com	
TX	
Mobile max power = 0.125W (dBm)	21
Body loss - Antenna gain (dB)	2
EIRP (dBm)	19
RX	
BTS noise density (dBm/Hz) =Thermal noise density + BTS noise figure	-168
RX noise power (dBm) =-168+10*log(3840000)	-102.2
Interference margin (dB)	3
RX interference power (dBm) =10*LOG(10^((-102.2+3)/10)-10^(-102.2/10))	-102.2
Noise & interference (dBm) =10*LOG(10^((-102.2)/10)+10^(-102.2/10))	-99.2
Process gain (dB), 12.2k voice =10*log(3840/12.2)	25.0
Required Eb/No for speech (dB)	5
Antenna gain (dBi)	17
Cable and connector losses (dB)	2
Fast fading margin (dB) =slow moving mobile	4
RX sensitivity (dBm)	-130.1
Total available path loss (dB)	149.1
Dimensioning	
Log normal fading margin (dB)	7
Indoor / In-vehicle loss (dB)	5
Softhandover gain (dB)	3
Cell edge target propagation loss (dB)	140.1
Okumura-Hata cell range (km) $L=137.4+35.2\text{LOG}(R)$	1.20

Het Okumura-Hata model om het bereik van een UMTS mast te berekenen (binnenhuisontvangst).

In landelijke gebieden (zonder dorpen) zijn de propagatiecondities een stuk gunstiger en kan het bereik van een zendmast eenvoudig oplopen tot 10 km. Daarnaast is het raadzaam om zendmasten zover mogelijk van elkaar te plaatsen. Dit geldt vooral voor UMTS-zendmasten. Deze zullen elkaar namelijk storen wanneer ze dicht bij elkaar staan. Dit komt doordat een UMTS netwerk overal dezelfde frequentie gebruikt.

³Introduction to RF propagation – J.S. Seybold. (ISBN 0471655961)

De genoemde richtgetallen zijn toepasbaar voor een zendmast van 40 meter hoog. Lagere masten hebben een minder bereik. Met betrekking tot het dorp A, zou een 40-meter hoge mast in een cirkel van 1,5 à 2 km buiten het dorp (centrum) geplaatst moeten worden om binnenhuisdekking te realiseren. Voor een 20 meter hoge mast geldt een afstand van 1 à 1.5 km buiten het dorp en voor een 10 meter hoge mast geldt 0.5 à 1 km. Indien een mast van 10 meter hoog in het dorp wordt geplaatst, is de verwachte dekking een gebied van 700 meter rondom de mast. Dit zou voldoende moeten zijn om het hele dorp een goede binnenhuisdekking te bieden.

Wat is het doel van de mast bij het sportpark

Volgens operator is deze mast noodzakelijk om binnenhuisdekking te realiseren voor het UMTS- netwerk in het dorp A. Zonder deze mast kan binnenhuisdekking niet gewaarborgd worden. In de optiek van de Universiteit Twente zal er inderdaad een extra mast nodig zijn om dit te realiseren. Natuurlijk heeft de voorspelling van de UMTS radiodekking altijd een foutmarge. Het zou daarom wenselijk zijn dat operator ook aangeeft hoeveel klachten er zijn van slechte UMTS dekking in het dorp A.

Meerdere operators in één zendmast

Daarnaast heeft de gemeente A te kennen gegeven dat de mast door meerdere operators (co-locating) gebruikt zou moeten kunnen worden. Op dit moment telt Nederland drie operators (KPN, Vodafone, T-mobile) en tientallen virtuele operators (bijvoorbeeld Ben, Hi, AH mobiel, etc.). Virtuele operators hebben geen eigen netwerk (GSM/UMTS). Recentelijk zijn er wel door de veiling van nieuw spectrum, twee operators bijgekomen (de combinatie Ziggo/UPC en Tele2Mobiel). In de komende jaren zullen deze nieuwe operators ook een landelijk dekkend netwerk (UMTS of de opvolger LTE) gaan uitrollen.

In een zendmast kunnen meerdere antennes worden geplaatst. De typische lengte van een antenne is 1,5 à 2 meter. Om storing tussen netwerken te voorkomen worden de antennes van één netwerk altijd op dezelfde hoogte geplaatst in een mast. Daarnaast wordt een richtlijn gebruikt van 1.5 meter tussen antennes van verschillende netwerken. Dat betekent dat iedere antennelaag ongeveer 3,5 meter is. Stel dat er een minimale antennehoogte vereist is van 20 meter om voldoende binnenhuisdekking te bieden en dat daarnaast alle vijf operators deze mast willen gebruiken, dan moet de mast een minimale hoogte hebben van 34 meter ($20 + 4 \times 3,5$).

Aan welke eisen moet de nieuwe zendmastlocatie voldoen in de omgeving van dorp A?

Aan de hand van bovenstaande informatie kunnen wel een aantal eisen worden opgesteld aan de locatie en hoogte van de nieuwe zendmast. Om goede binnenhuisdekking te realiseren moet de locatie aan de volgende voorwaarden voldoen:

- Zo ver mogelijk van andere (bestaande) operator UMTS-masten. De voorgestelde locatie bij het sportpark is te dicht bij een bestaande UMTS-mast. Als UMTS-masten te dicht bij elkaar staan zullen ze elkaar storen in het gebied tussen beide masten, waardoor er capaciteitsverlies is te verwachten in het netwerk. De overlap in het servicegebied leidt dus tot inefficiëntie.
- De locatie bij het sportpark is ongeveer 750 meter verwijderd van het dorp. Indien toch voor deze locatie wordt gekozen, is een antennehoogte van 15 meter voldoende om een goede binnenhuisdekking te kunnen bieden in het dorp. Voor iedere extra operator is 3,5 meter extra hoogte nodig.
- Gezien de bestaande mast van operator is het wenselijk om in de kern van het dorp een UMTS-mast te plaatsen. Een mast van 10 meter hoog in het dorp zou voldoende zijn voor binnenhuisdekking (het bereik is dan ongeveer een cirkel van 700 meter). Om meerdere operators toe te laten moet de mast 3,5 meter hoger worden per extra operator.
- Is dit niet mogelijk, dan lijkt een mast aan de zuid/zuidoostkant de beste locatie. Immers de noordwestkant van het dorp heeft al goede binnenhuisdekking.
- Een ander alternatief is om een 40-meter hoge UMTS zendmast te plaatsen in een cirkel van 1.5 à 2 km rondom de kern van het dorp. Voor een lagere mast zal deze cirkel kleiner moeten zijn om binnenhuisdekking te kunnen waarborgen. De hoogspanningsmasten aan de westkant van het dorp (+/- 1 ½ km afstand) zijn een interessant alternatief. Natuurlijk moet de constructie van dit type masten wel sterk genoeg zijn om UMTS antennes te kunnen dragen.

Gezien bovenstaande eisen, zal de geplande UMTS-mast zeker voor binnenhuisdekking zorgen in dorp A, maar is er ook storing te verwachten in het gebied tussen de geplande zendmast en de bestaande mast van operator. Er zijn daarom veel betere locaties denkbaar, zeker vanuit het oogpunt van netwerkplanning.