

# GSM: een must voor mobiele mensen?

B. Nauwelaers

## Inleiding

GSM, het is ondertussen een zeer bekend begrip en een courant gebruiksvoorwerp. Nochtans is de achtergrond ervan veel minder bekend. In dit artikel kijken we even in het verleden en proberen we op een beschrijvende manier de fundamenteën van het GSM-systeem duidelijk te maken. We bespreken de beveiliging in het systeem en de bijkomende mogelijkheden naast gewone telefonie. Tenslotte ronden we af met een korte blik in de toekomst.

## Een beetje geschiedenis

Dacht u ook dat de oudheid van de mobiele telefonie nog maar net achter de rug ligt? Of nog, bent u het ermee eens dat er voor de recente opkomst van GSM slechts één systeem bestond, en dan nog wel met zaktelefoons die enkel in over-sized zakken pasten? Misschien is dat niet helemaal fout, maar u zit er toch een beetje naast. Vijftig jaar geleden al, bestond een eerste systeem voor mobilofonie, namelijk in 1946 in St. Louis in de staat Missouri. Dit systeem was mobiel, in die zin dat het in een auto kon vervoerd worden, maar verder houdt de vergelijking met GSM op: het werkte nog met radiobuizen, want de transistor werd slechts in 1947 uitgevonden. Het aantal gebruikers was zeer klein (hooguit enkele tientallen), het bereik was beperkt en verbindingen werden door een operator gemaakt en verbroken.

De eerste groei van de mobilofonie kwam er in de periode tussen 1950 en 1980. De voornaamste reden was het gebruik van geïntegreerde schakelingen, waardoor de toestellen kleiner werden en met kleinere batterijen konden werken. De echte doorbraak is er nog later gekomen, namelijk in de jaren tachtig door de introductie van de cellulaire techniek, die we verderop meer in detail bekijken. Deze uitvinding van Bell Labs, ook de geboorteplaats van de transistor, werd in verschillende systemen toegepast. In de Verenigde Staten van Amerika werd AMPS, de Advanced Mobile Phone Service, gelanceerd in 1979 in Chicago. En in Europa waren de Scandinaven in 1981 de voorlopers met hun NMT (Nordic Mobile Telephone), welke ook in de Benelux gebruikt werd. Uiteraard hadden de Fransen een eigen systeem genaamd Radiocom 2000, en dus ook de Duitsers met C-450, en de Italianen met RTMS.

Vermits deze systemen geen enkele vorm van compatibiliteit kenden, is het niet te verwonderen dat de drang ontstond om één pan-Europees systeem te ontwikkelen. Daarvoor werd in 1982 een werkgroep opgericht in de schoot van het toenmalig regelgevend orgaan, de Conférence Européenne des Postes et Télécommunications (CEPT), met de naam Groupe Spéciale Mobile (GSM). Het werk werd zeer grondig gedaan, want er werden op basis van verschillende alternatieve voorstellen, acht prototypes gebouwd. Uit de opgedane ervaringen werd tenslotte de finale standaard opgesteld. Deze specificaties werden officieel gepubliceerd in 1990, zodat in 1992 het eerste GSM-systeem commercieel van start kon gaan. De afkorting GSM werd overgenomen van de werkgroep, maar staat nu voor 'Global System for Mobile communication'. De lange ontwikkelingstijd van de standaard heeft twee redenen. De standaard is open, bedoeld om een concurrentiële markt te laten ontwikkelen, zowel voor de infrastructuur als voor de mobilofoons zelf. Daarom is grote detaillering vereist. Bovendien is GSM een erg ingewikkeld systeem, omdat het geconcipeerd werd om een groot aantal functionaliteiten en een goede kwaliteit te garanderen.

Dat dit laatste aardig gelukt is blijkt uit de boom die GSM gemaakt heeft in de voorbije jaren. Dit wordt geïllustreerd door het aantal landen en het aantal operatoren dat een GSM-dienst aanbiedt, en door het aantal abonnees. In België waren er voor Proximus en Mobistar samen 520.000 klanten op 31 januari 1997, 3 jaar later ongeveer 5.500.000.

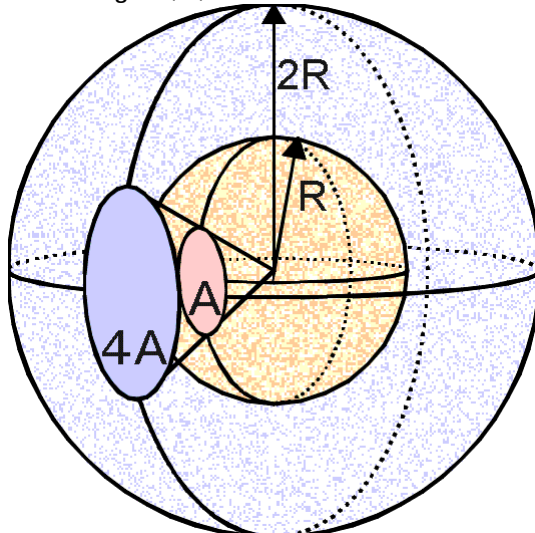
Wereldwijd zijn er meer dan 460.000.000 GSM-gebruikers, ongeveer 400 GSM-netwerken in bedrijf, gespreid over meer dan 150 landen. Daardoor neemt GSM ongeveer 70 % van de wereldmarkt voor digitale mobiele telefonie in, en bijna 65 % van de totale mobiele telefonie.

In het vervolg van dit artikel bespreken we de functionaliteiten en de kwaliteiten van GSM. Maar we starten met een overzicht van de basisprincipes waarop het systeem is gebaseerd.

## Zonder draden: is dat moeilijk?

Het meest fundamentele aspect van GSM is uiteraard het draadloze. Het is zo fundamenteel dat de ganse opbouw van het systeem doordrongen is van de gevolgen van dit draadloze contact.

Laten we daarom even kijken naar wat er gebeurt met een signaal dat wordt overgedragen tussen een zender en een ontvanger. We veronderstellen dat de golven zich volgens rechte lijnen voortplanten (stralen). Als de zender een vermogen  $P_t$  uitstraalt, dan zien we in figuur 1 dat de fractie van het vermogen uitgezonden in het volume begrensd door de kegel aanleiding geeft tot een vermogen per oppervlak dat kwadratisch afneemt met de afstand tot de zendantenne (het oppervlak  $A$  is evenredig met  $R^2$ ). Vermits de ontvangstantenne een vast oppervlak heeft, neemt het ontvangen vermogen ( $P_r$ ) ook kwadratisch af met de afstand.

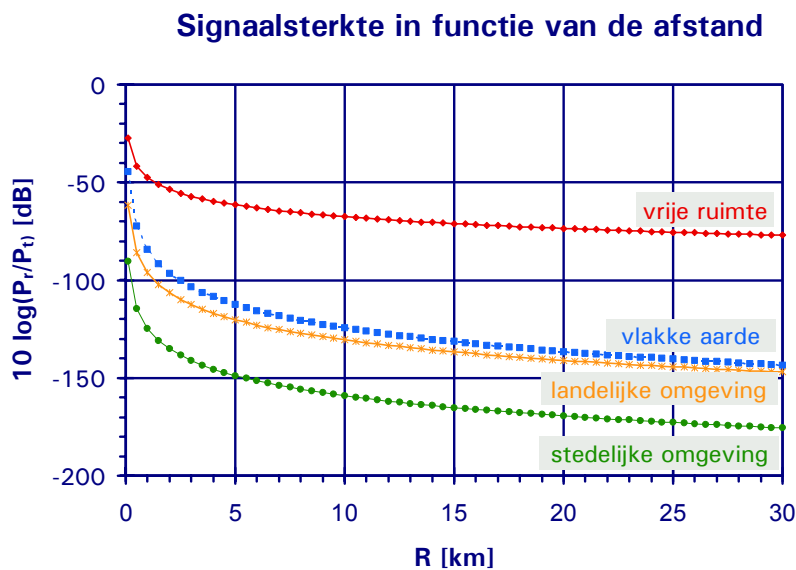


**Figuur 1** Het signaalvermogen per oppervlakte-eenheid neemt af met het kwadraat van de afstand tot de bron.

Deze regel is geldig in de vrije ruimte, maar voor communicatie op aarde is de toestand nog heel wat slechter. Men kan immers aantonen dat het vermogen afneemt met  $R^4$  als de zender en de ontvanger dicht bij een reflecterend vlak zijn geplaatst — en dat is een degelijke benadering voor mobiele communicatie op de aarde. Dit is een gevolg van de interferentie tussen de straal die de ontvanger direct bereikt en de straal die na een reflectie op het oppervlak de ontvanger bereikt. Om het nog wat erger te maken, is de aarde niet vlak, maar een oneffen terrein bezaaid met obstakels: begroeiing, gebouwen, allerlei constructies ... Daardoor kan in de realiteit de gemiddelde verzwakking van het signaal gemakkelijk oplopen tot 150 dB ( $P_r/P_t = 10^{-15}$ ), zoals aangegeven in figuur 2. Rond dit gemiddelde kan de verzwakking lokaal nog sterk variëren. Dit gebeurt ofwel

ten gevolge van terreineffecten zoals 'schaduw', ofwel ten gevolge van de interferentie die ontstaat tussen golven die de mobilfoon bereiken nadat ze geen, één of meerder reflecties hebben ondergaan op grote obstakels (fading). Dit laatste fenomeen is identiek aan wat je ervaart in de auto: in veel gevallen van slechte ontvangst van een FM-radio-zender kan je dat oplossen door de wagen minder dan een meter te verplaatsen. Bij GSM is de karakteristieke afstand, de kwart-golflengte, nog veel kleiner: 8 cm. Doordat de golflengte zo klein is, is het ook zeer moeilijk met modellen te voorspellen waar de signaalsterkte voldoende of onvoldoende zal zijn. In de praktijk plaatsen de operatoren nog geregeld zenders bij om een optimale geografische bedekking van het grondgebied te bekomen.

De impact van deze propagatiefenomenen is uiteindelijk bepalend voor de functionering van het GSM-systeem. In de eerste plaats vereist de grote verzwakking van de signalen bij toenemende afstand tussen zender en ontvanger, dat deze afstand beperkt blijft, én dat het zendvermogen van de mobilfoon voldoende groot is. GSM is gespecificeerd voor maximale afstanden tussen basisstation en mobilfoon van 30 km. Zelfs de



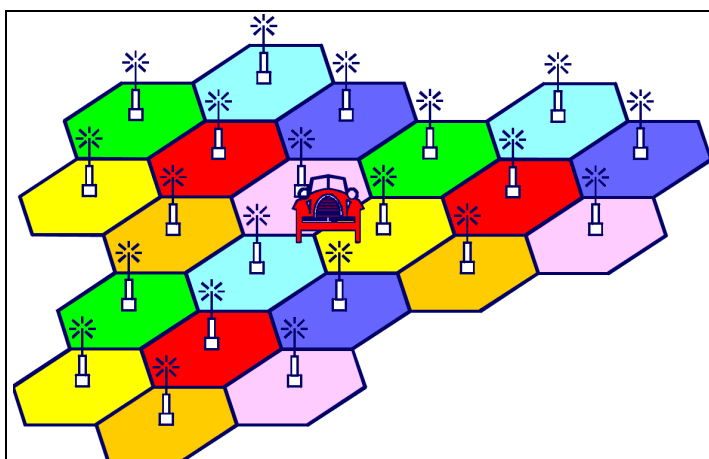
**Figuur 2** De signaalsterkte neemt zeer sterk en zeer snel af als de afstand tot de zender toeneemt.

GSM-systeem, die we in de volgende paragrafen bestuderen.

kleinste GSM-toestellen kunnen een vermogen van 2 W uitzenden (maximaal gedurende 1/8<sup>ste</sup> van de tijd), wat een grote belasting is voor de batterijen. Deze laatste zijn daarom een belangrijk element van kwaliteit voor een mobilofoon. Vermits de afstand tot de basisstations beperkt is, zal een groot aantal stations nodig zijn. Dit brengt ons bij de cellulaire opbouw van het

## De architectuur van GSM: op basis van cellen

Het GSM-systeem is dus cellulair, wat betekent dat de mobilofoon binnen een bepaalde zone, een cel, met het basisstation van die cel communiceert. Om in een klein land als België overal een goede communicatie te garanderen zijn er meer dan 500 basisstations nodig. Uiteraard is dat een zware factor in het investeringsbudget voor een GSM-net. Maar dit heeft ook een belangrijk voordeel: de capaciteit van het systeem in zijn geheel wordt veel groter: de zelfde frequentie kan vele malen herbruikt worden. Typisch worden de toegekende frequenties verdeeld over een groep van drie, vier of zeven cellen. Het patroon van cellen wordt herhaald over het ganse te bestrijken oppervlak (zie bijvoorbeeld figuur 3 voor een cluster van zeven cellen). Alhoewel het aantal gelijktijdige gesprekken binnen één cel klein is (maximaal enkele tientallen), ligt de totale capaciteit



**Figuur 3** Cellulair systeem met een herhaling van groepen van zeven cellen. Binnen een groep worden de beschikbare frequenties verdeeld.

dus toch zeer hoog (duizenden bij zowel Proximus als Mobistar). Bij een tekort aan capaciteit kunnen de cellen simpelweg opgedeeld worden in kleinere subcellen met elk een eigen basisstation. Verschillende stations zijn via één schakelcentrum verbonden met het vaste telefoonnet. Voor een land zoals België gebruikt een operator een

vijf- tot tiental van deze schakelcentrales, maar dit aantal kan toenemen als het aantal gebruikers toeneemt.

### ***Wat als je in een andere cel terecht komt?***

Als een mobilofoon tijdens een gesprek in een andere cel terecht komt, zal hij merken dat het signaal verzwakt. Maar vermits elk toestel constant de signaalsterkte van de basisstations van de nabuurencellen meet, is er genoeg informatie om tijdig te beslissen om de telefoonverbinding verder te zetten via een ander basisstation. Let wel, de mobilofoon meet signaalsterktes en stuurt die door naar het huidige basisstation. Het controlesysteem van het basisstation beslist wanneer de 'handover' gebeurt. Dit kan slechts als het nieuwe basisstation klaar is, dus als er een kanaal is toegewezen voor de draadloze verbinding met de mobilofoon, én als er een vaste verbinding is opgezet om het gesprek van de mobilofoon verder naar de bestemming te leiden. Handover zorgt er voor dat een gesprek continu kan doorgaan als de mobilofoon beweegt. Theoretisch zou het mogelijk zijn om zelfs grensoverschrijdend aan handover te doen. Maar omdat de meeste gesprekken niet lang duren, en vermits er voldoende overlapping is tussen de cellen aan de landsgrenzen is deze complicatie vanuit organisatorisch oogpunt niet voorzien.

### ***Hoe wordt een verbinding gestart?***

Naast de handover is er nog meer complexiteit verbonden met een cellulair systeem. Vooral bij het opzetten van een verbinding gebeurt er nogal wat. Om te beginnen zal het toestel zich melden aan het netwerk van zodra het aangeschakeld wordt. Het netwerk noteert dan de positie van de mobilofoon: de mobilofoon zit in een cel van een grotere groep (de location area). Deze positie wordt bewaard in het netwerk waar de mobilofoon zich bevindt, én de location area wordt doorgegeven aan de databank waar de mobilofoon geregistreerd staat als abonnee (home location).

Het opzetten van een gesprek vanuit de mobilofoon naar het vaste net verloopt ongeveer zoals het opzetten van een gesprek tussen twee toestellen in het vaste net: de essentie is, dat de nodige kanalen worden toegewezen, zowel draadloos als in het vaste net.

Het opzetten van een gesprek vanuit het vaste net naar een mobilofoon is complexer. In eerste instantie wordt vastgesteld dat het nummer een mobiel nummer is. Dan wordt een verbinding opgezet met een centrale van het GSM-net. In de databank waar de mobilofoon is geregistreerd (zeg maar die van Proximus of Mobistar) wordt opgevraagd waar de mobilofoon zich bevindt (in welke location area). Dat kan binnen een zelfde netwerk zijn, of in een ander netwerk (bijvoorbeeld in het buitenland). Dan wordt de betreffende location area gecontacteerd. Deze zal in alle cellen van zijn gebied via een dienstkanaal een boodschap sturen dat de betreffende mobilofoon wordt opgeroepen. Als de mobilofoon beschikbaar is, zal hij zich melden en kan het gesprek worden gerealiseerd via een daarvoor vrijgemaakt kanaal en via verbindingen tussen de verschillende tussenliggende centrales.

Dat deze procedure eventjes kan duren is gemakkelijk vast te stellen: de benodigde tijd is van de grootte-orde van één of enkele seconden. De stroom van beheersgegevens is dus vrij belangrijk binnen GSM. Een goede interactie tussen verschillende operatoren is daarom slechts mogelijk indien met de partner-netwerken goede technische, financiële (facturatie, verdeling van kosten en baten) en juridische afspraken worden gemaakt. Vermits we hier te maken hebben met internationale overeenkomsten, is dit dikwijls een van de moeilijker aspecten van het opzetten van een GSM-netwerk.

### ***Hoe veilig is het GSM-systeem?***

Het GSM-systeem is volledig digitaal, d.w.z. dat de spraak efficiënt wordt omgezet in een bitstroom (13 kbit/sec, tegenover 64 kbit/sec bij ISDN) en in digitale vorm wordt

doorgestuurd. Deze digitalisering heeft onder andere als voordeel dat elke communicatie kan versleuteld worden, en dit via een sleutel die voor elke pakketje van 114 bits verandert. Hierdoor wordt het zeer moeilijk, praktisch gezien onmogelijk, om een gesprek van een GSM af te luisteren. Dit is een zeer belangrijke vooruitgang ten opzichte van analoge systemen, die bijna allemaal gemakkelijk kunnen afgeluisterd worden. Uiteraard mogen we niet vergeten dat iemand die toegang heeft tot de centrales en de gegevensbanken van een GSM-netwerk wel gesprekken kan afluisteren, maar hetzelfde geldt voor het onderscheppen van gesprekken via het vaste net.

Een tweede aspect van veiligheid is het misbruik van toestellen. Dat wordt in het GSM-systeem tegengegaan door het bijhouden van lijsten van gestolen en/of defecte toestellen. Dit is het zogenaamde EIR of 'Equipment Identity Register'. Deze functie wordt door Proximus onder dezelfde naam bekend gemaakt. Van zodra een toestel zich wil registreren op het net, wordt nagegaan of het niet gestolen is, of het niet als defect staat genoteerd, of het eventueel om een andere reden geen communicatie mag/kan voeren. Op deze manier wordt voorkomen dat met gestolen toestellen toch wordt getelefoneerd. In een beginfase van GSM werd dit wel eens doorbroken door een toestel te stelen en er dan in een ander (liefst ver) land mee te bellen. Door een snelle en internationale uitwisseling van EIR-lijsten, wordt dit ondertussen vermeden. Finaal is er nog een derde element dat met beveiliging te maken heeft, en dat is de SIM-kaart, maar die bespreken we in de volgende paragraaf.

## **Van SIM en PIN**

Naast een identificatie van het GSM-toestel gebeurt er een identificatie en een controle van de GSM-abonnee. Daarvoor dient de SIM-kaart (de 'Subscriber Identity Module'). Deze kaart kan ofwel de afmeting van een bankkaart hebben of slechts  $1 \times 2$  cm groot zijn. De chip op de SIM-kaart bevat een hele reeks gegevens over de eigenaar en zijn abonnement. Het GSM-toestel kan slechts gebruikt worden als de SIM aanwezig is, én als de SIM geverifieerd heeft of de juiste PIN-code is ingetikt. Dit is de beveiliging van de abonnee, die nodig is voor elk gebruik van de GSM. Er is slechts één uitzondering: noodoproepen op het internationaal gestandaardiseerd nummer 112 kunnen altijd gebeuren. Deze kunnen zelfs gebeuren via een netwerk waartoe een gebruiker normaal geen toegang heeft: klanten van Proximus en Mobistar kunnen het 112-nummer bereiken op het concurrerende net, indien het signaal van het eigen net niet voldoende sterk is.

De SIM heeft heel wat functionaliteiten: hij bevat de PIN toegangscode, er kan een lijst van verkorte nummers worden in bewaard en hij kan korte boodschappen opslaan. Verder bevat hij de lijst met voorkeurnetwerken, die in het buitenland wordt geraadpleegd om te bepalen met welk netwerk er gecommuniceerd wordt. Vermits de SIM-kaart al deze gegevens bevat, kan je net zo goed met je eigen toestel werken als met een geleend toestel of een toestel in een huurwagen. Het is op dit ogenblik zelfs mogelijk om in de VSA een Europese SIM te gebruiken in het van GSM afgeleide PCS1900 systeem.

## **Wat kan mijn GSM nog meer?**

Alhoewel een GSM-mobilofoon in de eerste plaats bedoeld is als telefoon, heeft hij heel wat bijkomende mogelijkheden. Vanaf het begin werd GSM ontworpen om verenigbaar te zijn met het ISDN-net (de digitale telefoon). Dit heeft onder andere tot gevolg dat je het nummer van een oproeper kent. Behalve natuurlijk als deze oproeper dit niet wil en de CLIR activeert (de 'Calling Line Identification Restriction'). Je kan bij een inkomende oproep controleren wie de oproeper is, maar je kan het netwerk ook instructies geven over hoe met oproepen moet omgegaan worden. Zo kun je bijvoorbeeld kiezen om de oproepen van de directeur-generaal altijd door te laten en die van je ondergeschikten om te leiden naar je secretaresse, of je kan het signaal 'toestel niet ingeschakeld' laten horen.

Verder is GSM door zijn compatibiliteit met ISDN rechtstreeks geschikt om faxen te behandelen, d.w.z. de faxen die je aanmaakt met bijvoorbeeld je draagbare PC te versturen. Hiervoor is dan wel een specifieke modemkaart in de PC nodig. Met een modemkaart kun je ook via GSM inbellen op het INTERNET en dus e-mail zenden en ontvangen, je kan bestanden doorsturen, zelfs surfen op het internet. Nochtans moeten we hier wel opmerken dat de transmissiesnelheid klein is: maximaal 9600 bits/sec. Verder is er een specifieke mogelijkheid om korte berichten te zenden en te ontvangen. Als er een voice-mail op je wacht krijg je een berichtje dat je de 'brievenbus' moet raadplegen. Bij gebruik van de 'Short Message Services' worden de alfanumerieke boodschappen ogenblikkelijk doorgestuurd.

De ontwerpers van GSM hebben de mogelijkheid voorzien om een omroep te doen in bepaalde cellen of groepen van cellen. Een mogelijkheid zou kunnen zijn dat bijvoorbeeld het weerbericht wordt omgeroepen, of dat bij een ongeval alle GSM-gebruikers in de buurt worden gewaarschuwd. De specificaties laten ook toe om groepsgesprekken op te zetten. Het is verder mogelijk om bijzondere gebruikers bij voorrang toegang tot het net te geven, zodat bij ongevallen of rampen de hulpverleners prioritair het GSM-net kunnen gebruiken.

Als je al deze diensten en mogelijkheden bekijkt, is GSM eigenlijk een alternatief voor verschillende specifieke systemen: private radio's, draadloze data-communicatienetwerken, pagers (biepers). Afhankelijk van de omstandigheden is GSM een mogelijke vervanger van één van deze systemen of vervangt het een combinatie van meerdere systemen. Het is zelfs zo, dat er in Scandinavië bedrijven zijn die nog enkel GSM gebruiken, en dus geen vaste telefoons meer hebben op kantoor.

Aan het einde van deze paragraaf toch nog deze opmerking: een aantal van de hierboven genoemde faciliteiten worden niet noodzakelijk door de GSM-operator aangeboden en/of zijn afhankelijk van de mogelijkheden van het gebruikte mobilfoontoestel. Het is echter te verwachten dat deze en andere bijkomende diensten in de toekomst in alle netwerken ter beschikking zullen zijn. Het is trouwens met een korte blik in die zelfde toekomst dat we deze bijdrage afsluiten.

## **En wat komt er nog?**

In de zeer nabije toekomst, mogen we evoluties verwachten op technologisch vlak. De GSM-standaard is immers niet statisch maar dynamisch. Eén van de mogelijke uitbreidingen is een aanpassing om data met grotere snelheden door te sturen (HSCSD), en beter nog via een pakketgeschakeld systeem dat inherent meer geschikt is voor datatransmissie (GPRS). Dit moet een hele reeks mogelijkheden ontsluiten: transmissie van video, vlot WWW-browsen, ... Verder zal de DCS1800 standaard meer ingang vinden. Dit is GSM maar dan bij een frequentie van 1800 MHz in plaats van bij 900 MHz. In België is dit de standaard gebruikt door Orange, en de tweede standaard gebruikt door Proximus. Vermits DCS1800 meer geschikt is voor kleinere cellen, is het gebruik in gebieden met veel mobilfoongebruikers voor de hand liggend. Het is dus zeer aantrekkelijk om de twee systemen met mekaar te combineren, en mobilfoons die geschikt zijn voor de twee frequenties zullen meer en meer op de markt komen. Naast technologische evoluties, mogen we zeker evoluties verwachten op het vlak van de toepassingen. De investeringen in het netwerk zijn groot, en de operatoren willen dus dat er veel gecommuniceerd wordt. Er zijn op dit moment reeds enkele schuchtere pogingen om diensten aan te bieden via GSM en WAP, maar allicht volgen hier nog een hele reeks initiatieven.

## **Literatuur**

1. Michel Mouly, Marie-Bernadette Pautet, "The GSM System for Mobile communications", uitgave in eigen beheer, 1992.
2. Theodore S. Rappaport, "Wireless communications", IEEE & Prentice Hall, 1996.
3. Jerry D. Gibson, "The mobile communications handbook", CRC & IEEE, 1996.

4. —, Mobile Communications International, mei 1997.