
TECHNISCHE UNIVERSITEIT DELFT
Faculteit der Elektrotechniek
Vakgroep Telecommunicatie- en
Verkeersbegeleidingssystemen

**Technische en organisatorische vraagstukken bij de
interconnectie van het mobiele telecommunicatienet (GSM) en
het vaste telefoonnet**

Auteur: B.M.A. Roeleveld

Aard: Afstudeerverslag

Datum: 18 november 1993

Hoogleraar: Prof.dr.J.C. Arnbak

Mentoren: Ir.J.A.M. Nijhof, R. van Eijl (Ministerie van Verkeer en Waterstaat, HDTP)

Periode: februari 1993 - november 1993

Korte inhoud: Binnen niet al te lange tijd zullen er van twee exploitanten een mobiel telecommunicatienet (GSM-net) op de markt verschijnen. Hun netten moeten samenwerken met het vaste telefoonnet van PTT. De technische en organisatorische aspecten die een rol spelen bij deze samenwerking worden stuk voor stuk besproken in dit verslag.

Trefwoorden: interconnectie, Public Switched Telephone Network (PSTN), Integrated Services Digital Network (ISDN), signalering (C7), Global System for Mobile communication (GSM), AXE-centrale, vaste verbindingen

De TU Delft aanvaardt geen aansprakelijkheid voor de inhoud van individuele afstudeer- en taakopdrachten van haar studenten.

Voorwoord

Dit afstudeeronderzoek is uitgevoerd op verzoek van het Ministerie van Verkeer en Waterstaat, afdeling Hoofd Directie Telecommunicatie en Post (HDTP), in samenwerking met de faculteit Elektrotechniek van de Technische Universiteit te Delft, vakgroep Telecommunicatie- en Verkeersbegeleidingssystemen (TVS). Hierbij wil ik mijn begeleiders van de TU en van de HDTP bedanken, met name Rob van Eijl die het voor vragen van mij nooit te druk had. Verder wil ik alle medewerkers van HDTP bedanken voor de leuke en leerzame tijd die ik bij de HDTP heb doorgebracht. Ook wil ik mijn dank betuigen aan de medewerkers van de TU, PTT, Ericsson, Vodafone, Mannesmann en NL-Tel voor de informatierijke gesprekken.

Enkele gegevens van commercieel gevoelige aard zijn opgenomen in Deel II van het verslag. Dit gedeelte is niet openbaar en berust bij HDTP. De cijfers bij numerieke voorbeelden in dit verslag zijn illustratief voor het verkrijgen van kwalitatief inzicht.

Samenvatting

Medio 1994 zal er naar verwachting een tweede vergunning worden verleend voor het exploiteren van een GSM-net (naast dat van PTT Telecom). De twee GSM-netten moeten aan het vaste telefoonnet (PSTN) gekoppeld zijn om gesprekken tussen een GSM-abonnee en een abonnee van het vaste telefoonnet mogelijk te maken. De voorwaarden voor deze interconnectie moeten bepaald worden door onderhandelingen tussen de GSM-vergunninghouders en de PSTN-exploitant. Als deze onderhandelingen vastlopen, kan aan de minister van Verkeer en Waterstaat gevraagd worden een bindende beslissing te nemen. Dit rapport brengt ter voorbereiding hierop de verschillende belangen van de GSM- en PSTN-exploitanten in beeld.

Er zijn vier mogelijke niveaus in de netwerkhierarchie van het Nederlandse PSTN om interconnectie mee te maken. Niveau 3 valt echter af, omdat die centrales in de toekomst uit het PSTN zullen verdwijnen. Het niveau van interconnectie is van invloed op de aspecten die van belang zijn bij interconnectie. Er zullen derhalve drie voorbeelden van GSM-netwerkarchitecturen worden uitgewerkt in deze studie. De bijbehorende aspecten die een rol spelen bij de interconnectie van het GSM-net met het PSTN zijn:

- De beheersbaarheid en controleerbaarheid van de netten
- De registratie van verkeersgegevens
- De onafhankelijkheid van de GSM-exploitant van de PSTN-exploitant
- De benodigde aanpassingen van GSM en/of PSTN-centrales voor signalering
- Het gebruikstarief
- De totale lengte van de benodigde vaste verbindingen
- De extra belasting van PSTN-interconnectiecentrales door GSM-verkeer
- Het aantal interconnecties
- De lokaties van de interconnecties
- Het gebruik van Transaction Capabilities Application Part (TCAP) indien aanwezig in het PSTN
- Nummerportabiliteit tussen GSM-netten

Het GSM-deel en het PSTN-deel van een oproep hebben invloed op de kwaliteit van die oproep, zoals onderzocht voor de volgende kwaliteitsparameters:

- De blokkeringskans
- De uitvalkans
- De beschikbaarheid
- De bitfoutenkans
- De kans op foutieve tarifiering

Door de verschillende belangen van de netwerkexploitanten bij de hierboven genoemde aspecten kunnen er op de volgende punten problemen ontstaan tijdens hun onderhandelingen:

- 1) Het niveau in het PSTN waarop interconnectie plaats zal vinden
- 2) De te gebruiken signalering tussen het GSM en het PSTN
- 3) De beschikbaarheid en reparatietijd van vaste verbindingen van PTT (en de bijkomende kosten)
- 4) Het verplicht gebruiken van TCAP (indien aanwezig) door de PSTN-exploitant

Aanbevelingen aan de exploitanten en aan HDTP voor oplossing van mogelijke belangenconflicten worden gegeven.

Inhoudsoverzicht

Voorwoord	iii
Samenvatting	iv
Inleiding	1

DEEL I

1. Het GSM-net	3
1.1 Het ontstaan	3
1.2 De doelstellingen	3
1.3 De functies	4
1.4 Het gebruik van cellen	5
1.5 De opbouw	6
1.5.1 Mobile Station	6
1.5.2 Base Station	7
1.5.3 Base Station Controller	7
1.5.4 Mobile Switching Centre	7
1.5.5 Gateway Mobile Switching Centre	7
1.5.6 Home Location Register	8
1.5.7 Visitor Location Register	8
1.5.8 Equipment Identity Register	8
1.5.9 Authentication Centre	8
1.6 De nummering	9
1.7 De handover functie	10
1.7.1 De beschrijving van inter-MSC handover	10
1.7.2 De basis handover procedure	11
1.8 De signalering	12
1.8.1 Het CCITT 7 signaleringssysteem	12
1.8.2 De signalering in GSM	13
1.9 De maximale toegestane vertragingstijd van een oproep	14
1.10 Opbouw van een oproep vanaf een mobiel station	14
1.11 Opbouw van een oproep naar een mobiel station	15
1.12 Verkeerskarakteristieken	16
2. Het Nederlandse vaste telecommunicatienet	17
2.1 De opbouw	17
2.1.1 Het eerste niveau	17
2.1.2 Het tweede niveau	18
2.1.3 Het derde niveau	18
2.1.4 Het vierde niveau	18
2.2 Het ISDN	18
2.3 De signalering	19
2.4 De routing van een oproep	20

2.4.1 De routing van een oproep binnen het PSTN	20
2.4.2 De routing van een oproep naar GSM	20
2.5 De tarifiering van een oproep	21
2.5.1 De methode	21
2.5.2 De lokale en interlokale tarieven	21
2.6 De opbouw van een telefoonnummer	21
2.7 Het nieuwe nummerplan	22
2.8 Vaste verbindingen	23
2.8.1 Tarieven van vaste verbindingen	23
2.8.2 Doorverhuren van vaste verbindingen	23
2.8.3 Kloksynchronisatie van vaste verbindingen	24
2.9 Een meervoudig systeem	24
2.9.1 Definitie van een meervoudig systeem	24
2.9.2 Meervoudige systemen met niet-systeemgebonden randapparatuur	24
2.9.3 Meervoudige systemen met systeemgebonden randapparatuur	24
2.10 Verkeerskarakteristieken	25
3. Voorbeeld van een interconnectiecentrale: De AXE-centrale	27
3.1 Opbouw	27
3.1.1 Hardware	27
3.1.2 Software	28
3.1.3 Besturing	28
3.2 Verwerking van een gesprek	29
3.2.1 Aanneمة van een gesprek	30
3.2.1.1 Binnenkomend gesprek van een abonnee	30
3.2.1.2 Binnenkomend gesprek van andere centrale	31
3.2.2 Ontvangen en verwerken van cijfers	31
3.2.2.1 Uitgaand gesprek voor abonnee van eigen centrale	31
3.2.2.2 Uitgaand gesprek voor abonnee van andere centrale	32
3.3 De aansluiting van een vaste verbinding	33
3.4 De aansluiting van een meervoudig systeem	33
4. De kostenverrekening	35
4.1 De registratie van verkeersgegevens	35
4.2 De verrekening tussen GSM-exploitant en PSTN-exploitant	36
4.2.1. De variabele kosten	36
4.2.2 De vaste kosten	36
4.3 De verrekening tussen PSTN-exploitant en zijn abonnees	36
4.4 De verrekening tussen GSM-exploitant en zijn mobiele abonnees	37
5. Netwerkplanning van GSM	39
5.1 De maximale capaciteit van het GSM-net in Nederland	39
5.2 De verkeersvoorspellingen voor Nederland	39
5.3 De mogelijkheden voor verbindingen in het GSM-net in Nederland	40
5.4 Het aantal benodigde Mobile Switching Centres	40
5.5 Mogelijke netwerkarchitecturen	41

5.5.1 Netwerkarchitectuur I	41
5.5.2 Netwerkarchitectuur II	43
5.5.3 Netwerkarchitectuur III	44
5.6 Belangrijke aspecten bij de keuze voor een netwerkarchitectuur	45
5.6.1 De kosten van de vaste verbindingen tussen (G)MSC's	45
5.6.2 De investeringskosten van de (G)MSC's	47
5.6.3 De blokkeringskans ten gevolge van volledige belasting van een gateway MSC	47
5.6.4 De mogelijkheid tot routing in het GSM-net	47
5.7 De aspecten toegespitst op netwerkarchitectuur I	49
5.8 De aspecten toegespitst op netwerkarchitectuur II	51
5.9 De aspecten toegespitst op netwerkarchitectuur III	52
5.10 De aspecten toegespitst op een combinatie van netwerkarchitectuur II en III	55
5.11 Samenvattend schema	56
5.10 Conclusie	56

6. Hoofdaspecten bij interconnectie tussen GSM en de vier niveaus van het PSTN

	57
6.1 Mogelijke interconnecties	57
6.2 Management	59
6.2.1 De beheersbaarheid en controleerbaarheid van de netten	59
6.2.2 De registratie van verkeersgegevens	60
6.3 Routing: De onafhankelijkheid van de GSM-exploitant van PTT	62
6.4 Signalering: De benodigde aanpassingen van GSM en/of PSTN-centrales voor signalering	63
6.5 Transmissie: De 'totale' lengte vaste verbindingen (direct van PTT) tussen het PSTN en GSM-net	65
6.6 Tarifiering: Gebruikstarief	67
6.6.1 Het gebruikstarief voor de PSTN-exploitant	67
6.6.2 Het gebruikstarief voor de GSM-exploitant	67
6.6.2.1 Het gebruikstarief afhankelijk van het aantal "gebezigde" centrales	67
6.6.2.2 Het gebruikstarief afhankelijk van de bestemming van de oproep	68
6.6.2.3 Het gebruikstarief bij interconnectie via een meervoudig aansluiting	68
6.6.3 Conclusie	70
6.7 Capaciteit: De extra belasting van PSTN-interconnectiecentrales door GSM-verkeer	71
6.7.1 De extra belasting van PSTN-interconnectiecentrales in drukste uur van het GSM-net	72
6.7.2 De extra belasting van PSTN-interconnectiecentrales in drukste uur van het PSTN	74
6.7.3 Kunnen de PSTN-interconnectiecentrales deze extra belasting aan?	76
6.7.4 De extra belasting van de PSTN-verbindingen door GSM-verkeer	77
6.7.5 De invloed van het GSM-verkeer op de maximale Busy Hour Call Attempt	77
6.8 Aantal: Het aantal interconnecties	78
6.9 Lokatie: De lokaties van de interconnecties	80
6.10 Samenvattend schema	83

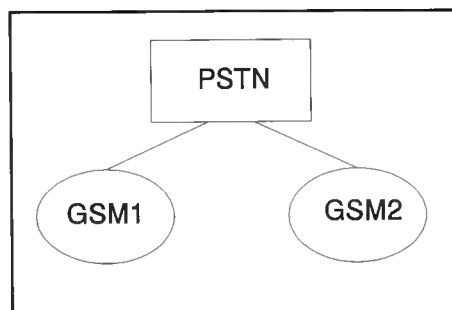
7. Nevenaspecten bij interconnectie tussen GSM en de vier niveaus van het PSTN	85
7.1 Mogelijkheden bij het ondersteunen van TCAP in het PSTN	85
7.1.1 Mogelijkheid voor ondervraging van HLR door PSTN-centrale	85
7.1.2 Mogelijkheid voor geoptimaliseerde routing in Nederland	86
7.2 Invloed van niveau van interconnectie op vertragingstijd	87
7.2.1 Nationale oproepen	88
7.2.2 Internationale oproepen	88
7.3 Invloed van niveau van interconnectie op inter-MSC handover	90
7.4 Gevolgen van het niet hebben van een echo control device in het PSTN	90
8. Kwaliteit	91
8.1 Algemene aspecten	91
8.2 Synchronisatie	91
8.2.1 Synchronisatie van een MSC	91
8.2.2 Synchronisatie van vaste verbindingen	92
8.3 Blokkeringskansen	92
8.3.1 Blokkeringskansen in het GSM	93
8.3.2 Blokkeringskansen in het PSTN	96
8.3.3 Totale blokkeringskans	98
8.4 Uitvalkans	99
8.5 Beschikbaarheid	99
8.5.1 Beschikbaarheid digitale centrales	99
8.5.2 Beschikbaarheid vaste verbindingen	99
8.5.3 Beschikbaarheid van straalverbinding van 38 GHz	100
8.5.4 Beschikbaarheid van het GSM-net	100
8.6 Bitfoutenkans	100
8.6.1 Bitfoutenkans in GSM	101
8.6.2 Bitfoutenkans van centrales	101
8.6.3 Bitfoutenkans van vaste verbindingen	101
8.6.4 Bitfoutenkans van 38 GHz straalverbinding	101
8.6.5 Invloed van PSTN en GSM op de bitfoutenkans	101
8.7 Foutieve tarifiering	102
8.8 Spraakkwaliteit	103
9. Nummer portabiliteit	105
Conclusies en aanbevelingen	109
Referenties	113
Appendix A:	
A.1 De situatie van GSM2 in Duitsland medio 1993	117
A.2 De situatie van GSM2 in Engeland medio 1993	118

Appendix B:	Figuren en tabellen voor verkeersdruk in Nederland	121
Appendix C:	Aantal kanalen van 64 kbit/s bij verschillende verbindingen	125
Appendix D:	Vertragingstijden van transmissie-componenten	126
Appendix E:	Eisen randapparatuur voor aansluiting op 2 Mbit/s vaste verbindingen .	127
Appendix F:	Eisen voor aansluiting van meervoudige systemen met systeemgebonden randapparatuur Eisen digitaal signaleren Eisen transmissie	128
Appendix G:	G.1 Erlang berekeningen voor aantal benodigde lijnen G.2 Erlang berekeningen voor de nieuwe blokkeringskans G.3 Berekeningen voor de binomiale verdeling	129 130 131
Afkortingenlijst		2133

DEEL II (vertrouwelijk)

Inleiding

GSM (Global System for Mobile Communication) is een internationale standaard voor een digitaal mobiel telefoonnet dat gebruikt wordt door autotelefoons en zaktelefoons. Naar verwachting zullen half 1994 twee Nederlandse vergunningen voor GSM worden verleend. Hiermee krijgen PTT Telecom BV en een ander bedrijf de gelegenheid in Nederland een GSM-net aan te leggen, in stand te houden en te exploiteren, respectievelijk GSM1 en GSM2 genoemd in dit rapport. Deze bedrijven noemt de wet: vergunninghouders.



Figuur 1-1, interconnectie GSM-PSTN

Voor deze beide netten is het essentieel dat ze gekoppeld zijn aan het Nederlandse telefoonnet, een zogenaamde "interconnectie" GSM - vast telefoonnet (PSTN), figuur 1-1. Een telefoonabonnee in het vaste net kan dan een mobiele abonnee bellen en andersom. De enige exploitant van het Nederlandse telefoonnet is momenteel PTT Telecom BV. In deze rol noemt de wet PTT Telecom: de concessiehouder. Gezien het grote belang van de interconnectie GSM-PSTN voor de GSM-exploitant en de dominante positie van de concessiehouder, zal de regelgeving bepalingen bevatten die moeten voorkomen dat de concessiehouder zijn dominante positie als exploitant van het vaste telefoonnet misbruikt. Als basisprincipe is echter in de regelgeving aangenomen dat de vergunninghouders door onderhandelingen met de concessiehouder het over de interconnectievoorwaarden eens worden. Op het moment dat partijen het niet eens kunnen worden, zal de minister van Verkeer en Waterstaat een bindende beslissing nemen. Deze beslissing kan juridisch aangevochten worden.

Het hier voorliggende onderzoek is geen mededingingsonderzoek. Het brengt belangrijke technisch-operationele aspecten naar voren die van toepassing zijn op de relatieve verhoudingen van het GSM2-net en het PSTN en een belangrijke rol spelen bij de onderhandelingen.

De volgende punten zullen aan de orde komen:

- Het **niveau** in de netwerkhierarchie in het vaste telefoonnet en (eventueel) het GSM-net waarop interconnectie plaats vindt
- De **lokatie(s)** (geografisch gebied, regio) waarop/waarbinnen de fysieke interconnectie plaats vindt
- Het **aantal** punten van interconnectie
- De **kwaliteit** die benodigd is voor de verdere afhandeling van een gesprek binnen het "andere" net, zoals de blokkeringskans, de beschikbaarheid, de spraakkwaliteit en de meetbaarheid van al deze gegevens
- **Nummer portabiliteit**, een faciliteit die ervoor zorgt dat een abonnee hetzelfde mobiele telefoonnummer kan houden bij eventuele wijziging van zijn abonnement naar het andere GSM-net

Telkens zal worden beschreven:

- welke alternatieve technische realisatiemogelijkheden er zijn, zo veel mogelijk rekening houdend met standaarden en internationale afspraken;
- de van elk alternatief belangrijkste operationeel-organisatorische gevolgen voor concessie en vergunninghouders;
- welke voor- en nadelen aan elk alternatief zijn verbonden voor concessiehouder en vergunninghouders.

Uiteindelijk zullen zoveel mogelijk met behulp van meetbare en kwantificeerbare parameters de verschillende belangen van de twee vergunninghouders en de concessiehouder zichtbaar worden gemaakt. De algemene problematiek van het bevoegd (moeten kunnen) af luisteren van gesprekken door justitiële instanties kan los worden gezien van het interconnectieprobleem en komt hier niet ter sprake.

Het onderzoek maakt gebruik van literatuurstudie, interviews met medewerkers van PTT Telecom (zowel in de rol van concessiehouder als in de rol van vergunninghouder), fabrikanten van GSM-apparatuur en representatieve buitenlandse GSM-exploitanten.

Hoofdstuk 1 en 2 van het rapport geven een beschrijving van respectievelijk het GSM-net en het vaste telefoonnet. Hierbij is de nadruk gelegd op die kenmerken die van belang zijn bij het onderzoek. In hoofdstuk 3 wordt de opbouw en werking van een Ericsson AXE-telefooncentrale behandeld. De AXE-centrale is een veel voorkomende en belangrijke centrale in het vaste telefoonnet en zal als concreet voorbeeld van interconnectiecentrale dienen.

Hoofdstuk 4 geeft de verschillende geldstromen aan die een GSM-net (en een vast telefoonnet) operationeel houden ter verduidelijking van de belangen van de verschillende exploitanten. In hoofdstuk 5 worden drie mogelijke GSM-netwerkarchitecturen als voorbeeld geschetst en met elkaar vergeleken om de invloed van deze architecturen mee te kunnen nemen in hoofdstuk 6 en 8.

Hoofdstuk 6 vormt de kern van het onderzoek. Daar worden de hoofdaspecten bij interconnectie tussen GSM en de vier niveaus van het PSTN besproken. Hoofdstuk 7 behandelt enige nevenaspecten en hoofdstuk 8 gaat in op de invloed die het GSM en PSTN op de kwaliteit hebben. In hoofdstuk 9 zullen in het kort de mogelijkheden voor nummerportabiliteit beschreven worden en de moeilijkheden die hier bij komen kijken.

De conclusies geven de technisch-operationele aspecten aan die mogelijk problemen op kunnen leveren bij de voorziene onderhandelingen tussen de GSM- en PSTN-exploitanten. Sommige conclusies in dit onderzoek zijn gebaseerd op vertrouwelijke gegevens. Deze staan in deel 2 van dit verslag en zijn niet openbaar.

1. Het GSM-net

1.1 Het ontstaan

GSM, bij oprichting in 1982 Groupe Spéciale Mobile, tegenwoordig Global System for Mobile communications, is een standaard voor een digitaal mobiel telecommunicatie systeem. GSM beoogt het oplossen van de slechte onderlinge compatibiliteit van de vele verschillende thans operationele mobiele systemen in Europa. De standaard is ontwikkeld door de CEPT (Conférence Européenne des Administrations des Postes et Télécommunications) en later overgenomen door ETSI (European Telecommunications Standards Institute). Er is een MoU, Memorandum of Understanding, waarin GSM netwerkexploitanten en regelgevers van momenteel 36 landen (58 leden) zich verplichten de in de MoU gemaakte afspraken na te komen. Er zijn nog 31 aanvragen uit 27 landen voor een lidmaatschap¹. De MoU-leden maken onderling vele afspraken in het operationeel-technische vlak. Deze afspraken zijn nodig voor een succesvolle gecoördineerde introductie en uitbouw van GSM in de verschillende landen en voor het ondersteunen van de interoperabiliteit en de wederzijdse roaming (§1.2) -mogelijkheden.

1.2 De doelstellingen

De drie hoofddoelstellingen van GSM zijn:

- 1) internationale roaming in Europa
- 2) compatibiliteit met ISDN (Integrated Services Digital Network)
- 3) voldoende capaciteit tot 2005

ad 1)

Roaming wil zeggen: de mogelijkheid voor een abonnee om rond te trekken. Tijdens een gesprek wordt constant de kwaliteit van de verbinding in de gaten gehouden. Als een andere verbinding beter is, wordt daarop overgeschakeld ("handover").

Internationale roaming houdt in dat ook in het buitenland via een ander GSM-net een abonnee een oproep kan plegen en ontvangen. Als een abonnee op een ander GSM-net dan waar hij een abonnement op heeft, een oproep pleegt, moet hij de kosten voor het gesprek toch aan zijn "eigen" GSM-exploitant betalen. De GSM-exploitanten verrekenen onderling de kosten van zo'n gesprek. Hiervoor sluiten de GSM-exploitanten "roaming agreements" met elkaar af.

ad 2)

Voorbeelden van diensten die GSM biedt, zijn onder te verdelen in verplichte en optionele diensten (volgens de ETSI-standaarden). Verplichte diensten zijn:

- spraaktelefonie
- alarm oproepen
- doorschakelen van een oproep (call forwarding)
- blokkeren van bepaalde typen oproepen (call barring):
 - uitgaande en ingaande nationale oproepen en
 - uitgaande internationale oproepen

¹ september 1993

Optionele diensten zijn:

- (pakket-geschakelde) data
- facsimile-verkeer
- korte berichten
- blokkeren van overige typen oproepen

ad 3)

Om spraak te transporteren met behulp van standaard Puls Code Modulatie (PCM) is een bitsnelheid nodig van 64 kbit/s, terwijl voor analoge spraak een bandbreedte van 4 kHz standaard is. In GSM wordt door spraakcodering de benodigde bitsnelheid verkleind tot 13 kbit/s met de zogenaamde full-rate codec en tot ongeveer 6 kbit/s bij een half-rate codec. De bijbehorende signalering neemt 3 kbit/s in beslag, zodat 1 radiokanaal 16 kbit/s moet ondersteunen. Een "gewone" ISDN/PCM-telefoonlijn kan dus vier GSM-spraakkanalen transporteren. Vanaf 1995 zal het technisch mogelijk zijn met een half-rate codec een spraaksignaal in 6 kbit/s te transporteren.

Bij gebruik van de gehele beschikbaar gestelde frequentieband (50 MHz) voor GSM zal de maximale capaciteit van het GSM-net bij een full-rate codec 25 erlang per vierkante kilometer zijn²[36]. Bij gebruik van een half-rate codec zal dit 40 erlang per vierkante kilometer zijn.

1.3 De functies

Er is een aantal extra functies nodig bij GSM in vergelijking met ISDN, omdat het een mobiel systeem is, namelijk:

- Authenticatie

Voordat een oproep gemaakt kan worden, wordt de identiteit van de abonnee nagegaan met behulp van een Subscriber Identity Module (SIM-) kaart in het oproepende toestel.

- Identificatie

Elke abonnee heeft een uniek nummer voor heel Europa en andere gebieden waar GSM operationeel is. Dit nummer heet International Mobile Subscriber Identity (IMSI).

- Paging

Bij een oproep naar een GSM-abonnee wordt, alvorens een spraakverbinding op te zetten, eerst de GSM-abonnee opgeroepen om te kijken of hij bereikbaar³ is.

- Lokatieregistratie

Europa en andere regio's waar GSM is geïntroduceerd, zijn opgedeeld in een groot aantal gebieden ("location areas"). In een database wordt bijgehouden in welk gebied een (bereikbare) abonnee zich bevindt.

- Handover

Een actieve mobiele telefoon meet continu de sterkte van de signalen ontvangen van

² 1 erlang (1 E) komt overeen met 1 continu bezet telefoonkanaal

³ Bereikbaar wil zeggen dat de GSM-abonnee zich in het dekkingsgebied van GSM bevindt en zijn mobiele telefoon aan heeft staan.

verschillende Base Stations (vaste radioposten) in de buurt (zie figuur 1-1). Op het moment dat het signaal van zijn spraakverbinding met een bepaald Base Station zwakker is dan van een ander Base Station wordt dit gemeld aan het GSM-net. De radioverbinding zal dan worden omgezet. Er is een onderbreking van een paar honderd milliseconden. Bij GSM is dit niet of nauwelijks merkbaar voor de abonnee.

- Versleuteling

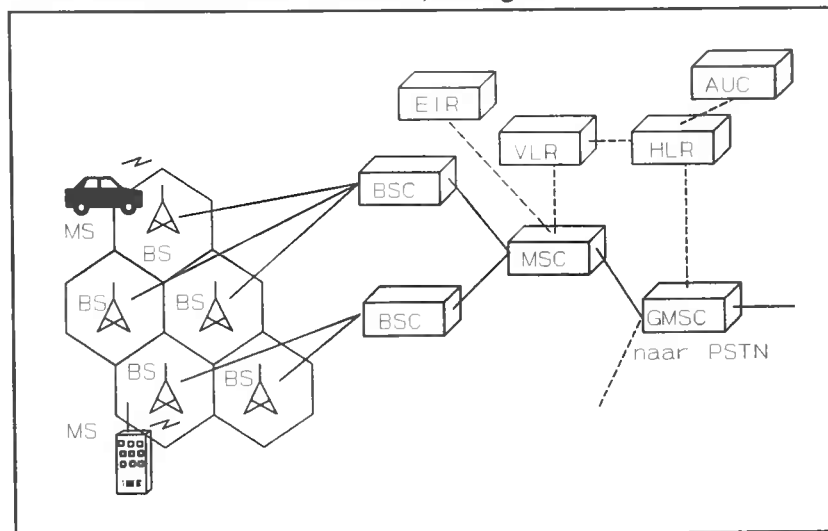
Met digitale signalen is cryptografische versleuteling van het signaal over de radioweg heel goed mogelijk. Procedures voor sleuteltoekenning zijn gedefinieerd in de GSM-standaard.

1.4 Het gebruik van cellen

Het GSM-net maakt gebruik van cellen, dat wil zeggen dekkinggebieden rondom vaste posten (Base Stations), figuur 1-1. Een GSM-cel heeft een doorsnee tussen de 2 en 35 km [24]. De antenne van de Base Station is gemiddeld 50 meter hoog. De reden voor het introduceren van cellen is het kunnen hergebruiken van radiofrequenties om een zo groot mogelijke capaciteit te verkrijgen van het beschikbare frequentiespectrum. Een groep cellen waarbinnen alle beschikbare radiokanalen eenmaal worden gebruikt, vormt een cluster. Elk cluster heeft de beschikking over dezelfde frequenties en verdeelt deze over zijn cellen. De grootte van een cluster hangt af van de acceptabele onderlinge storing tussen cellen in naburige clusters. Bij een groter cluster zal de storing lager zijn, omdat de afstand tussen cellen met dezelfde frequentie groter is. Maar het aantal cellen per cluster zal toenemen (bij gelijkblijvende celgrootte) en daardoor zal de beschikbare bandbreedte per cel afnemen en dus ook de capaciteit.

1.5 De opbouw

Een GSM-net bestaat uit verschillende onderdelen, zie figuur 1-1:

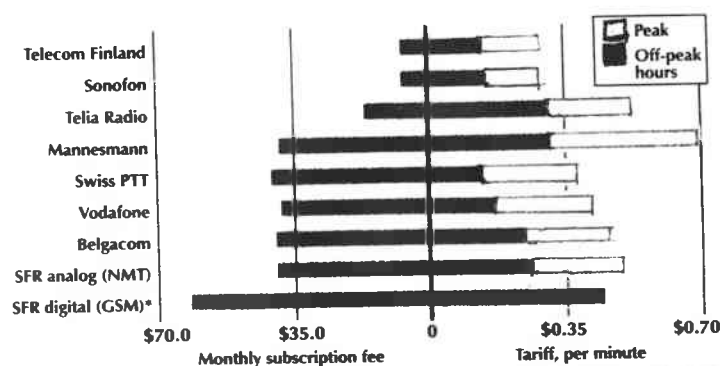


Figuur 1-1, Het GSM-net

- MS : Mobile Station
- BS : Base Station
- BSC : Base Station Controller
- MSC : Mobile Switching Centre
- GMSC : Gateway MSC
- HLR : Home Location Register
- VLR : Visitor Location Register
- EIR : Equipment Identity Register
- AUC : Authentication Centre

1.5.1 Mobile Station

Een Mobile Station is het apparaat dat de GSM-abonnee koopt. Dit kan een autotelefoon zijn of een draagbare telefoon. Daarnaast heeft hij een abonnement nodig, en dient hij de bijbehorende kosten te betalen. In figuur 1-2 zijn de abonnements- en gesprekskosten uit verschillende landen afgebeeld [23]. *A comparison of Euro-mobile subscription fees and tariffs*



Figuur 1-2, de abonnements- en gesprekskosten in verschillende landen (medio 1993)

1.5.2 Base Station

Nederland wordt bedekt met cellen, met in elke cel één Base Station. Dit Base Station bestaat uit een antenne met een ontvanger en zender, zodat via radiokanalen signalen met mobiele telefoons kunnen worden uitgewisseld. De radiokanalen voor ontvangen en zenden door het Base Station liggen in de frequentiebanden 890-915 MHz respectievelijk 935-960 MHz en worden respectievelijk "uplink" en "downlink" genoemd.

1.5.3 Base Station Controller

Verschillende Base Stations zijn verbonden met een Base Station Controller (BSC). Een BSC krijgt van de mobiele telefoons en van de Base Stations bericht over de sterkte van de signalen dat zij ontvangen. Hierdoor kan een BSC een beslissing nemen of het nodig is handover te initiëren voor een bepaalde verbinding. Een BSC maakt van vier 16 kbit/s signalen die binnenkomen één signaal van 64 kbit/s om door te sturen naar het volgende niveau, het MSC (Mobile Switching Centre).

Het is mogelijk een BSC en een MSC samen op één lokatie te zetten [18][20]. In gebieden met weinig verkeer kan het voordeliger zijn om alleen een BSC neer te zetten en deze te verbinden met een verder weg gelegen MSC (remote BSC).

1.5.4 Mobile Switching Centre

Eén of meer BSC's zijn verbonden met een Mobile Switching Centre (MSC). Een MSC is verantwoordelijk voor het opzetten van verbindingen, het routeren van oproepen, het regelen van diensten en het verzamelen van tarifieringsinformatie. Voor dataverkeer zijn er in de MSC speciale InterWorking Functions (IWF) om de datasnelheid aan te passen aan de snelheid van de modem van een eindgebruiker.

De hardware van de MSC's van het Ericsson CME-20 systeem is in elke MSC (en GMSC, zie §1.5.5) gelijk. Alleen de software kan anders zijn. Een 2 Mbit/s lijn komt binnen bij de ETC (Exchange Terminal Circuit (hardware)) en gaat naar de GS (Group Switch (hardware)) en daarna naar de ST (Signalling Terminal (software)). De ST is aan te passen aan de signalering die binnenkomt. De ST vertaalt de signalering in software berichten. De kosten voor een ST zijn relatief laag vergeleken bij de totale kosten van een MSC, behalve als de ST nog ontwikkeld moet worden.

1.5.5 Gateway Mobile Switching Centre

Een MSC die direct verbonden is met het PSTN en in staat is het Home Location Register (zie §1.5.6) te ondervragen, wordt een gateway MSC genoemd. Letterlijk vertaald is een gateway een poort. Bij het CME 20 systeem van Ericsson zijn de middelen voor ondervraging van het HLR zowel in een gateway MSC als in andere MSC's aanwezig. Hier is dus geen aparte apparatuur voor nodig. De (G)MSC kan de hoeveelheid in- en uitgaand verkeer bijhouden. Dit is een kwestie van het inschakelen van de in elke MSC potentieel aanwezige "verkeersregistratiefunctie".

1.5.6 Home Location Register

Een GSM-net heeft één of meer Home Location Registers (databases), afhankelijk van de grootte van het net en het aantal abonnees. Het HLR bevat alle gegevens van de abonnees, onder andere op welke diensten ze geabonneerd zijn en of ze hun rekening wel betaald hebben. Ook bevat het HLR het adres van het Visitor Location Register van het gebied waar een abonnee zich momenteel bevindt. Als er een oproep komt voor een GSM-abonnee, zal een gateway MSC eerst het HLR ondervragen om de lokatie van de abonnee te achterhalen.

1.5.7 Visitor Location Register

Elke MSC heeft zijn eigen Visitor Location Register (VLR). Het VLR kan dan ook geïntegreerd zijn met het MSC. De VLR bevat gegevens van de mobiele abonnees die zich op dat moment in het gebied van de MSC ("Location Area") bevinden. Als een mobiele abonnee het gebied van een andere MSC binnengaat, vraagt dat MSC informatie aan het HLR over de abonnee. Tevens geeft het aan het HLR door dat de abonnee zich thans in zijn gebied bevindt. Als een mobiele abonnee een oproep wil doen, heeft het VLR reeds alle benodigde informatie en hoeft het HLR niet meer te worden ondervraagd.

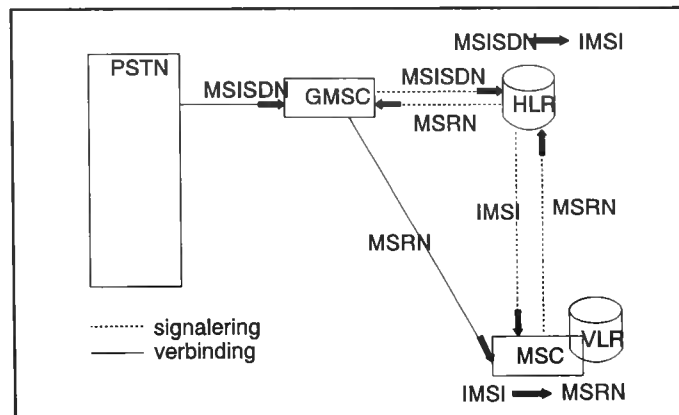
1.5.8 Equipment Identity Register

Elk Mobile Station heeft een International Mobile Equipment Identity (IMEI). Voordat een mobiele abonnee een oproep mag maken, wordt in het Equipment Identity Register (EIR) nagegaan of zijn apparaat wel geregistreerd is en of het niet te boek staat als gestolen.

1.5.9 Authentication Centre

Het Authentication Centre (AUC) is verbonden met het HLR. Het verstrekt aan het HLR parameters om de identiteit van een abonnee na te gaan en sleutels voor het versleutelen van de digitale radiosignalen.

1.6 De nummering



Figuur 1-3, de nummers die gebruikt worden in het GSM

Een GSM-abonnee heeft verschillende nummers voor verschillende doeleinden, figuur 1-3. Het nummer dat gekozen moet worden om een GSM-abonnee te bereiken is het Mobile Station ISDN Number (MSISDN). Het bestaat uit:

- CC - Country Code (voor Nederland:31)
- NDC - National Destination Code (voor GSM1: 06-53, voor GSM2: 06-54)
- SN - Subscriber Number (in Nederland 6 cijfers)

Het MSISDN-nummer zorgt voor unieke identificatie in het PSTN-nummerplan.

Het International Mobile Subscriber Identity (IMSI) zorgt voor een unieke identificatie van een abonnee binnen alle GSM-netten. Het wordt gebruikt voor signaling in elk GSM-net. Alle informatie over een abonnee wordt gekoppeld aan het IMSI. Het bestaat uit:

- MCC - Mobile Country Code
- MNC - Mobile Network Code
- MSIN - Mobile Subscriber Identity Number

Nadat aan de HLR is gevraagd in welk location area een opgeroepen abonnee zich bevindt, vraagt de HLR aan de MSC/VLR een tijdelijk nummer om de oproep naar de juiste MSC te kunnen routeren. Dit nummer is het Mobile Station Roaming Number (MSRN). Het MSRN bestaat uit:

- CC - Country Code
- NDC - National Destination Code
- SN - Subscriber Number (het adres van de MSC)

Verder is er nog een Temporary Mobile Subscriber Identity (TMSI). Het TMSI wordt per location area bepaald en is ingesteld voor de vertrouwelijkheid van een abonnee, met name diens bewegingen in binnen- en buitenland. (Het gespreksgeheim wordt mede gewaarborgd door versleuteling van de radiosignalen).

Overige nummers

Het International Mobile station Equipment Identity (IMEI) is voor identificatie van een mobiel GSM-apparaat, het Location Area Identity (LAI) voor identificatie van een location area, het Cell Global Identity (CGI) voor bepaling van een cel binnen een location area en het Base Station Identity Code (BSIC) helpt een mobiel station om een basis station te identificeren.

1.7 De handover functie

Handover wordt geïnitieerd naar aanleiding van criteria gebaseerd op het radio subsysteem:

- het radiosignaal niveau, de kwaliteit en de afstand
- en criteria gebaseerd op het net:
- verkeer per cel en eventuele onderhoudswerkzaamheden

Het Mobile Station meet de ontvangen signalen van alle omliggende Base Stations. Het MS geeft regelmatig de resultaten door aan zijn dienstdoende BS. Het netwerk neemt dan de beslissing voor een eventuele handover, waarbij met de verschillende criteria van hierboven rekening wordt gehouden.

Er zijn drie gevallen van handover:

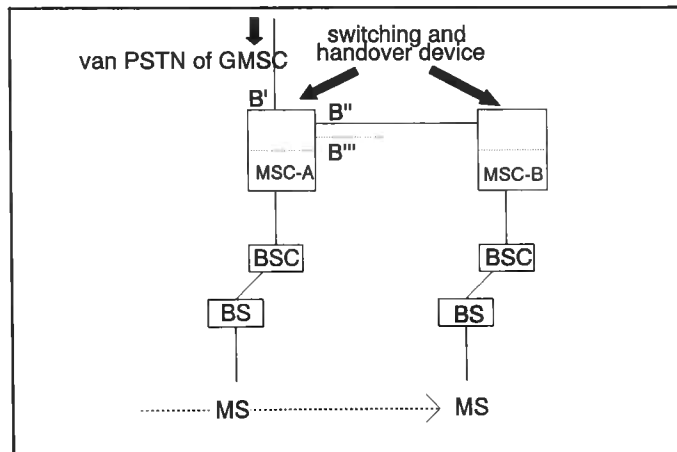
- i) Tussen radiokanalen van hetzelfde Base Station, bij:
 - interferentie of andere storingen
 - onderhoud
- ii) Tussen Base Stations van hetzelfde MSC, als een MS zich van het ene BS gebied naar het andere BS gebied verplaatst (intra-MSC handover)
- iii) Tussen Base Stations van verschillende MSC's van hetzelfde GSM-net, als een MS zich van een BS gebied van het ene MSC naar een BS gebied van een andere MSC verplaatst (inter-MSC handover)

Op de radioweg wordt telkens dezelfde handover procedure toegepast. We zullen de procedures voor inter-MSC handover verder uitwerken, om dit in §7.3 te kunnen gebruiken.

1.7.1 De beschrijving van inter-MSC handover

Er zijn twee procedures mogelijk voor inter-MSC handover:

- basis handover procedure als de oproep van de operationele MSC (MSC-A) overgaat naar een andere MSC (MSC-B)
- vervolg handover procedure als de oproep van MSC-B terug gaat naar MSC-A of naar een derde MSC (MSC-B')



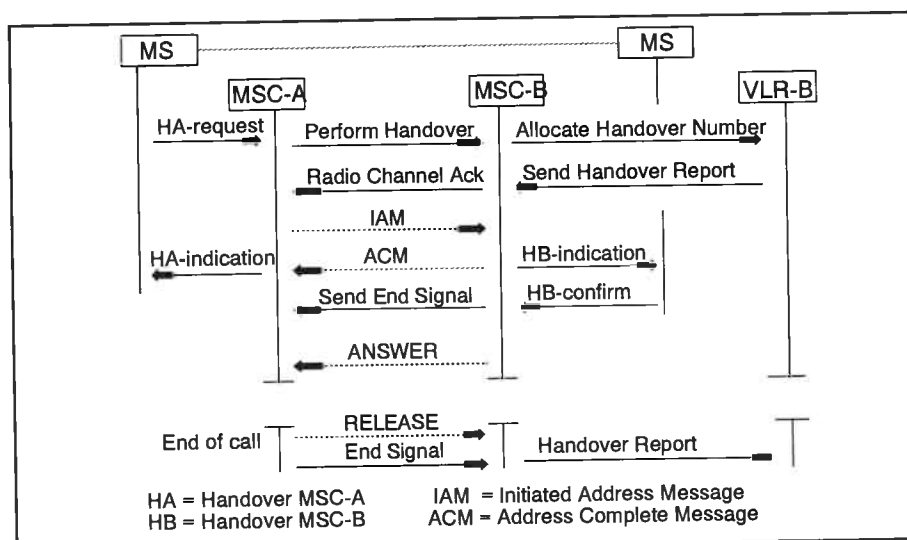
Figuur 1-4, inter-MSC handover

Inter-MSC handover wordt bestuurd door de MSC. Er is een speciale schakel- en handover-device in de MSC om naar een andere MSC te schakelen. In figuur 1-4 geeft interface B' de oorspronkelijke verbinding aan met het vaste telefoonnet en interface B'' de nieuwe verbinding naar een MSC-B voor handover. Interface B''' is voor verbinding met een derde MSC voor een vervolg handover.

1.7.2 De basis handover procedure

De basis handover procedure gaat als volgt:

De MSC-A stuurt een "perform handover" bericht aan MSC-B, nadat het nieuwe Base Station is vastgesteld, figuur 1-5. De MSC-B wijst een handover nummer toe of haalt dit nummer van de VLR en retourneert het "radio channel acknowledge" bericht aan de MSC-A. Dit bericht bevat onder andere de identiteit van het nieuwe radiokanaal en het Mobile Station Roaming Number. MSC-A maakt een verbinding tussen MSC-A en MSC-B met behulp van signalering procedures die worden ondersteund door het net tussen MSC-A en MSC-B. In figuur 1-5 is dit geïllustreerd door de berichten IAM (Initiated Address Message) en ACM (Address Complete Message) van signaleringssysteem C7.



Figuur 1-5, de basis inter-MSC handover procedure

MSC-B begint de handover procedure op het radiopad na het zenden van de ACM, en MSC-A begint de handover procedure op het radio pad na het ontvangen van de ACM. In MSC-A wordt de verbinding doorverbonden door de handover-device, en het oude radiokanaal wordt vrijgegeven na ontvangst van het "send end signal". Daarna moet de MSC-B een "answer" signaal zenden om het signaleringssysteem tussen MSC-A en MSC-B niet in de war te brengen. De MSC-A blijft het beheer over de oproep houden.

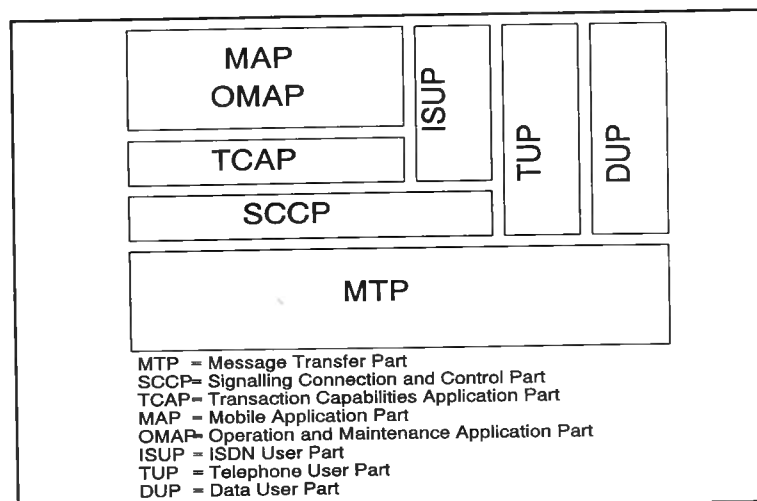
Voor een vervolg handover procedure gaat het evenzo. De verbinding tussen MSC-A en MSC-B wordt dan opgeheven.

1.8 De signalering

Het is gunstig om in een telecommunicatienet één centraal besturingssysteem met één database te hebben (wel dubbel uitgevoerd voor de betrouwbaarheid). Dit besturingssysteem kan dan elke centrale in het net besturen. Hierdoor wordt een telecommunicatienet veel flexibeler voor onder andere introductie van nieuwe diensten. Bij de introductie van een nieuwe dienst hoeft dan maar één centrale aangepast te worden. Zo'n net wordt een intelligent net (IN) genoemd [42]. In een intelligent net is wel een bijzonder signaleringssysteem nodig, zoals het CCITT Systeem 7 (C7). Het GSM-net is gedeeltelijk een intelligent net en gebruikt C7-signalering.

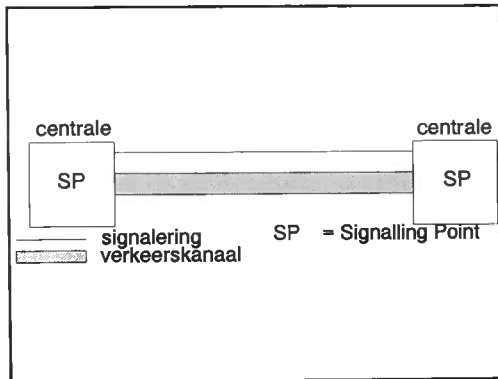
1.8.1 Het CCITT 7 signaleringssysteem

Het signaleringssysteem C7 is een systeem speciaal geschikt voor digitale en/of intelligente netten. Het is een gemene-weg signalerings systeem ("Common Channel Signalling System"). Dat wil zeggen dat er naast spraakkanalen een apart gemeenschappelijk datakanaal aanwezig is voor de signalering behorende bij alle spraakkanalen. Het systeem is modulair opgebouwd om het geschikt te maken voor verschillende toepassingen en makkelijk uit te kunnen breiden voor nieuwe diensten.

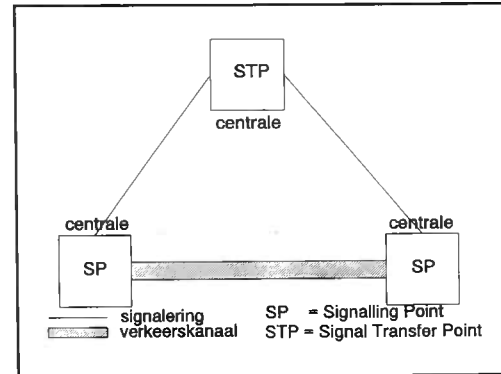


Figuur 1-6, de opbouw van het C7-signaleringssysteem

De basiselementen van het C7-signaleringssysteem zijn weergegeven in figuur 1-6 [25]:



Figuur 1-7, geassocieerde signalering



Figuur 1-8, quasi-geassocieerde signalering

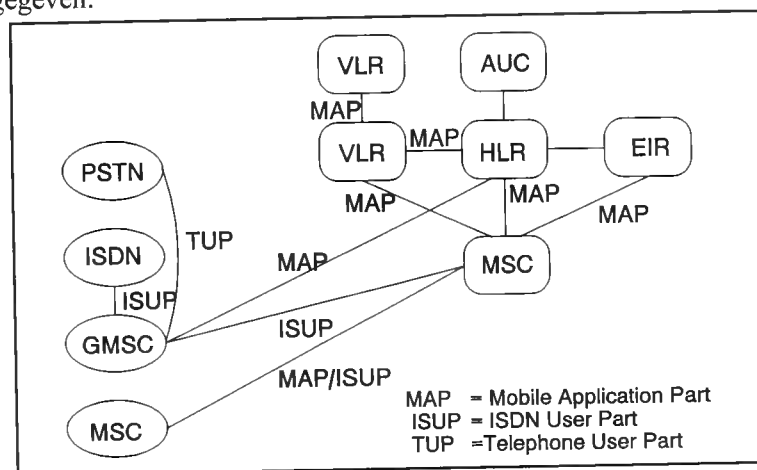
Het MTP zorgt voor het transporteren van de signaleringsboodschappen. Soms wordt er signaleringsinformatie uitgewisseld zonder dat er sprake is van een gebruikerskanaal. Dit heet logische, virtuele of ook wel quasi-geassocieerde signalering, figuur 1-8. In dat geval is de SCCP nodig voor de connectie en besturing. In figuur 1-7 staat geassocieerde signalering weergegeven.

Verdere elementen van C7 zijn de "User Parts": TUP, DUP en ISUP. TUP voert alle signaleringen uit die bij het opzetten van een telefonische oproep nodig zijn, zoals nummeranalyse en route selectie. TUP is niet in staat extra diensten te bieden; hiervoor moet ISUP gebruikt worden. ISUP is ontwikkeld voor het gebruik bij ISDN en is een combinatie van TUP en DUP, spraak en data User Parts. TUP, DUP en ISUP zijn echter onderling incompatibel.

De "Application parts" van C7 zijn: TCAP, OMAP en MAP. MAP en OMAP maken gebruik van TCAP. Het TCAP is speciaal bedoeld voor intelligente netten (IN).

1.8.2 De signalering in GSM

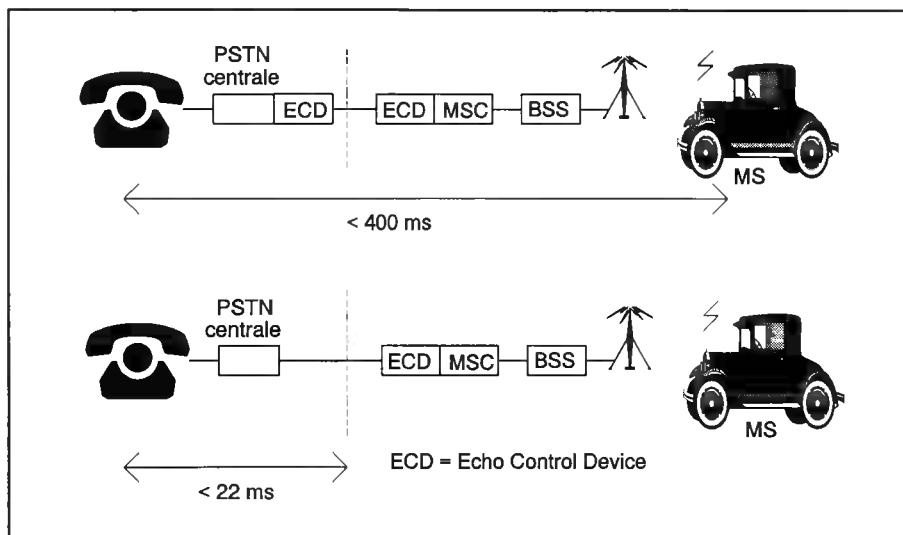
MAP wordt gebruikt voor signalering tussen een centrale en een database, dus in het GSM onder andere voor ondervraging van de HLR en VLR. In figuur 1-9 staan de standaard signaleringen in het GSM-net aangegeven.



Figuur 1-9, gebruikte signaleringen in het GSM-net

1.9 De maximale toegestane vertragingstijd van een oproep

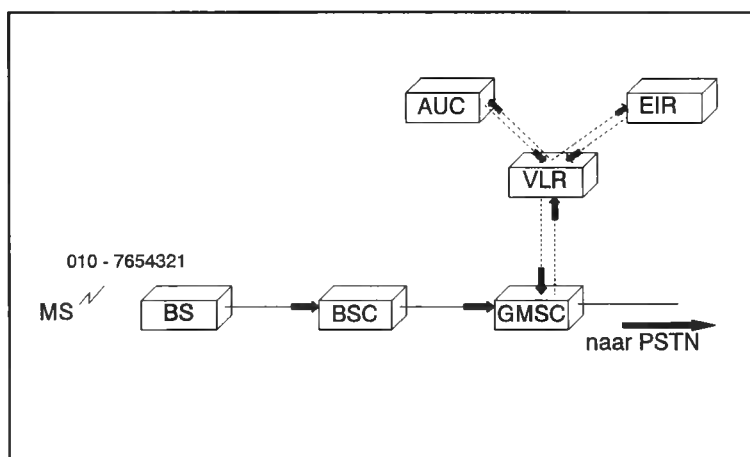
Een grote vertragingstijd, c.q. propagatietijd van het spraaksignaal tussen twee abonnees, veroorzaakt moeilijkheden in de conversatie. Er kunnen dan problemen optreden met echo en met de vertraging van antwoorden in een gesprek. De CCITT heeft bepaalde aanbevelingen gedaan voor de limiet van de vertragingstijd in [10d]. In [22c] en [10d] staat dat de totale maximale vertragingstijd van de ene abonnee naar de andere kleiner moet zijn dan 400 ms.



Figuur 1-10, de maximale vertragingstijd bij Echo Control Devices

Als het PSTN geen echo control device (ECD) heeft, moet (en zal) de vertragingstijd in het PSTN kleiner zijn dan 22 ms. Als er wel een echo control device aanwezig is in het PSTN mag de totale vertragingstijd niet groter zijn dan 400 ms, figuur 1-10. In het ideale geval (geen storingen e.d) zal de vertragingstijd in het PLMN 180 ms zijn. Dit houdt in dat de rest van de verbinding nog maximaal 220 ms vertraging mag hebben. Via C7-signalering wordt geregeld welke "echo control device" actief moet zijn, van het PSTN of het GSM.

1.10 Opbouw van een oproep vanaf een mobiel station

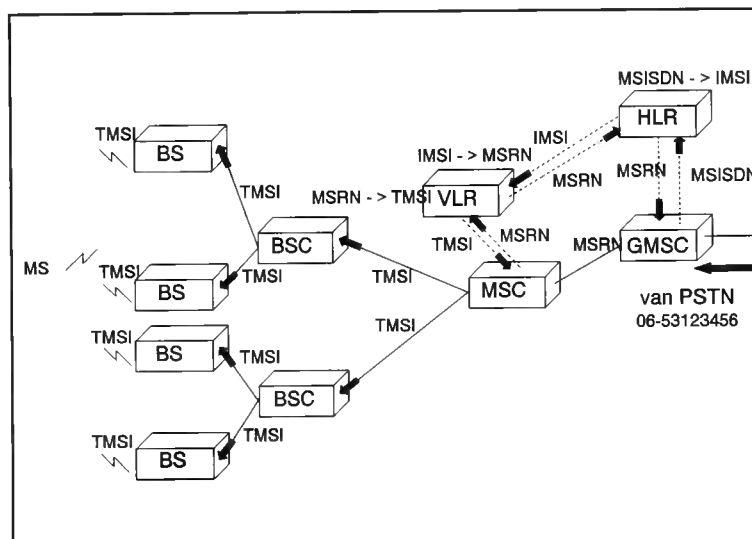


Figuur 1-11, een oproep vanaf een Mobile Station

Het MS (A-abonnee) geeft te kennen dat hij een oproep wil maken door het volledige nummer in te toetsen van de op te roepen abonnee (B-abonnee). Pas als het hele nummer is ingetoetst zoekt het Mobile Station contact met het BS, dit om de "air time" zo kort mogelijk te houden. Het VLR kijkt of het MS geautoriseerd is gebruik te maken van het net. Pas als er een verbinding is gemaakt met de B-abonnee, wordt een radiokanaal vrij gemaakt voor de A-abonnee.

Het Base Station van het MS stuurt het 16 kbit/s signaal via een vaste verbinding door naar de BSC. Het BSC zorgt voor de stapeling van vier 16 kbit/s signalen en stuurt dit 64 kbit/s signaal door naar het (G)MSC, figuur 1-11.

1.11 Opbouw van een oproep naar een mobiel station



Figuur 1-12, een oproep naar een Mobile Station

Een mobiel station heeft een MS ISDN nummer, waarmee een oproeper hem kan bereiken. De oproep wordt naar een gateway MSC geleid, die met behulp van het MS ISDN nummer een Mobile Station Roaming Number (MSRN) aan het HLR vraagt (figuur 1-12). Het HLR vertaalt het MS ISDN nummer in een International Mobile Subscriber Identity (IMSI) nummer en vraagt hiermee een roaming nummer aan het VLR (het VLR kan geïntegreerd zijn met het MSC), waar de abonnee op dat moment geregistreerd staat. Het VLR kent een MSRN tijdelijk toe aan de abonnee voor de duur van het gesprek en retourneert dit via de HLR aan de GMSC.

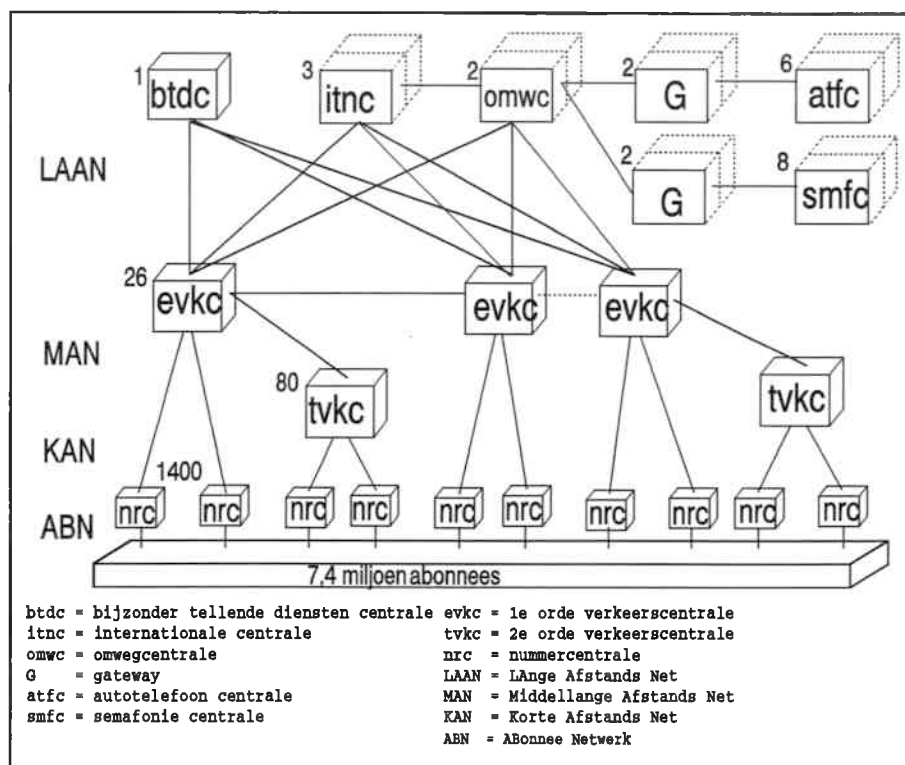
Met dit nummer kan naar de juiste MSC gerouteerd worden. Daar is in het VLR de actuele (preciezere) lokatie van het MS bekend. Daar is ook het tijdelijke nummer van het MS bekend, Temporary Mobile Subscriber Identity (TMSI). Dit nummer is door het VLR aan het MS toegewezen.

Als het mobiele station beschikbaar is, roepen alle BSC's in de buurt van het MS dit op met behulp van het TMSI op een bepaalde afzonderlijke frequentie ("paging"). Het MS antwoordt en kan zodoende door een BSC geïdentificeerd worden. Daarna kan het gesprek opgezet worden.

1.12 Verkeerskarakteristieken

Het drukste uur voor mobiel verkeer is momenteel tijdens de autospits, vanwege de files. Dit is ongeveer van 7.00 uur tot 9.00 uur en van 17.00 tot 19.00 uur. Een gemiddeld mobiel abonnee genereert in het drukke uur 25 Me verkeer [9][18][55]. Gemiddeld genereert een mobiel abonnee circa 10 Me verkeer[1][55] overdag (dus uitgaand verkeer). Over het algemeen is 70% van mobiel verkeer uitgaand en 30% ingaand [14][55].

2. Het Nederlandse vaste telecommunicatienet



Figuur 2-1, het Nederlandse Public Switched Telephone Network

Het Public Switched Telephone Network (PSTN) wordt in Nederland verzorgd en geëxploiteerd door PTT-Telecom. Het telefoonnet is, behalve de lokale aansluitingen met de abonnee, digitaal. Het net is stervormig opgebouwd en bestaat uit 4 niveaus (figuur 2-1). De cijfers in figuur 2-1 geven het aantal centrales aan.

2.2.1 De opbouw

2.2.1.1 Het eerste niveau

Het eerste niveau bestaat uit:

- de bijzonder tellende diensten centrale (btdc te Rotterdam)
- de internationale centrales (itnc)
- de omwegcentrales (omwc)
- de analoge autotelefoon centrales (atfc) + gateways en
- de semafooniecentrales (smfc) + gateways

Er zijn drie internationale centrales, één in Amsterdam en twee in Rotterdam. De internationale centrales en de 06-centrale zijn allen centrales van Ericsson, type AXE-10, en verschillen van andere centrales, doordat ze een apart tarifieringssysteem hebben en nummertranslatie toepassen. De analoge autotelefooncentrales voor atf 1, 2 en 3 en semafooniecentrales zijn aangesloten op het telefoonnet via de omwegcentrales en twee PSTN-gateways. De twee omwegcentrales staan in Amsterdam en Arnhem. Overloopcentrale is een andere naam voor omwegcentrale, het is echter hetzelfde!

Via het LAange Afstands Net (LAAN) zijn de centrales op het eerste niveau verbonden met de centrales van het tweede niveau. In het LAAN worden 4-voudige (140 Mbit/s tot 560 Mbit/s) multiplexverbindingen gebruikt.

2.1.2 Het tweede niveau

Het tweede niveau is opgebouwd uit eerste-orde verkeerscentrales (evkc). Er zijn 22 eerste-orde verkeerscentrales (en technische districten) in Nederland (de dubbel gelokaliseerde evkc's in Groningen, Amsterdam, Rotterdam en Den Haag niet meegerekend). De meeste evkc's zijn maasvormig met elkaar verbonden. Alleen voor verkeersarme verbindingen tussen evkc's wordt er via de omwegcentrale geschakeld. De evkc's worden via een 3-voudig gerouteerde (34 Mbit/s tot 140 Mbit/s) multiplex-verbinding verbonden met de tweede-orde verkeerscentrales (tvkc). Het geheel van deze multiplexverbindingen wordt ook wel Middellange Afstands Net (MAN) genoemd.

2.1.3 Het derde niveau

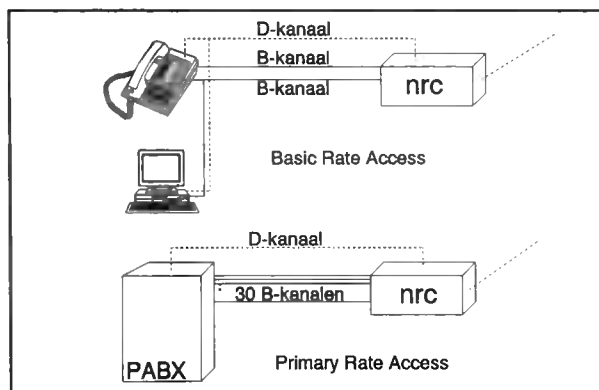
Het niveau onder de evkc's bevat de tweede-orde verkeerscentrales (tvkc). Sommige tvkc's zijn onderling met elkaar verbonden. De tvkc's zijn op hun beurt via het Korte Afstands Net (KAN) verbonden met de nummercentrales (het vierde niveau). Echter niet alle nummercentrales hebben een verbinding met een tvkc: ongeveer 25% van de nummercentrales zijn direct verbonden met de eerste-orde verkeerscentrales [27]. De tvkc's zullen in de loop van de tijd verdwijnen uit het net, waarin dan slechts drie niveaus over blijven.

2.1.4 Het vierde niveau

Het laagste niveau is dat van de nummercentrales (nrc). Nummercentrales kunnen eindcentrales of wijkcentrales zijn. In het eerste geval is er één eindcentrale, waarop de abonnees zijn aangesloten. In het laatste geval zijn er verscheidene wijkcentrales per netnummergebied. Alle abonnees uit een bepaalde wijk worden op een dergelijke centrale aangesloten. De aansluiting kan een analoge aansluiting zijn of een digitale (ISDN-) aansluiting. Het net van verbindingen tussen de nummercentrales en abonnees heet het ABonnee Netwerk (ABN).

2.2 Het ISDN

De lokale aansluitingen worden op het moment desgewenst gedigitaliseerd met de invoering van ISDN (Integrated Services Digital Network). Er zijn enkele steden waar ISDN ingevoerd is om het systeem te testen en eventuele problemen te elimineren. Op alle nummercentrales met een kort netnummer is thans een ISDN-aansluiting mogelijk. Vanaf 1995 zal ISDN bereikbaar zijn via elke abonneelijn in Nederland. Er zijn twee mogelijke ISDN-aansluitingen: Basic Rate Access (BRA) en Primary Rate Access (PRA), figuur 2-2. Bij Basic Rate Access (enkelvoudige aansluiting) is de abonnee verbonden via twee B-kanalen van elk 64 kbit/s en één D-kanaal van 16 kbit/s voor de signalering. Primary Rate Access (meervoudige aansluiting) verbindt de abonnee via een 2 Mbit/s verbinding met de nummercentrale. De abonnee heeft dan de beschikking over 30 kanalen van 64 kbit/s en 1 kanaal van 64 kbit/s voor de signalering. PRA wordt vooral gebruikt door grootgebruikers met bedrijfstelefooncentrales.



Figuur 2-2, Basic Rate Access en Primary Rate Access

2.3 De signalering

Er kan bij signaleringen onderscheid worden gemaakt in "access"-signalering (toegangssignalering) en netwerksignalering. Toegangssignalering is bedoeld voor signalering tussen nummercentrales (lokale centrales) en randapparatuur, dus via de abonneelijnen. Netwerksignalering wordt intern in het PSTN gebruikt. De toegangssignaleringen hebben minder mogelijkheden dan de netwerksignaleringen.

Toegangssignalering

De toegangssignalering in Nederland voor enkelvoudige aansluitingen is ALS70A, voor meervoudige aansluitingen ALS70D (digitaal). Momenteel zijn in de grootste plaatsen in Nederland ALS70A aansluitingen al vervangen door ISDN2-aansluitingen (BRA) en ALS70D-aansluitingen door ISDN30-aansluitingen (PRA). De specificaties voor de ALS70-signaleringen zijn terug te vinden in [34]. HDTP in Groningen keurt ISDN-randapparatuur voor aansluiting op de lokale centrales volgens de ETSI-standaarden:

Basic Rate Access (net 3):

ETS 300-153 (laag 1 en 2)

ETS 300-104 (laag 3)

Primary Rate Access (net 5):

ETS 300-156

ETS 300-011 (laag 1)

ETS 300-125 (laag 2)

ETS 300-102-1-2(laag 3)

Bij het testen van de goedgekeurde randapparatuur blijkt momenteel echter de beoogde samenwerking tussen de randapparatuur en de PTT-centrales niet te functioneren!

Netwerksignalering

De netwerksignalering die bij de ALS70 toegangssignalering hoort is de MFC (Multi-Frequency Code (R2)) -signalering. Bij de ISDN toegangssignalering hoort de netwerksignalering C7, in Nederland ISUP-NL. ISUP-NL is een alleen in Nederland toegepaste combinatie van de standaarden uit de "red" en "blue books" van het CCITT.

Eind 1994 zullen alle centrales ISUP-NL van het signaleringssysteem C7 ondersteunen (§ 1.8.1). De huidige MFC-signalering zal niet verdwijnen, maar nog aangehouden worden als reserve voor

het geval ISUP-NL uitvalt. In 1996 zullen alle centrales in het Nederlandse PSTN Stored Program Controlled (SPC's) zijn (d.w.z., door een computer bestuurd). De volgende type centrales zullen dan nog aanwezig zijn: de AXE-10 van Ericsson, de 5ESS van AT&T, System 12 van Alcatel en de PRX-A van Philips.

Met ISDN-toegangssignalering is het mogelijk om de herkomst van een oproep te achterhalen (voor bijvoorbeeld Calling Line Identification). Met ALS70-signalering tussen randapparatuur en de lokale centrales is het eveneens mogelijk het nummer van de oproeper door te geven, mits er in de lokale centrale de "Register Recall" functie aanwezig is [44].

2.4 De routing van een oproep

2.4.1 De routing van een oproep binnen het PSTN

Als een abonnee in het vaste net een gesprek wil voeren en een nummer draait/intoeetst, wordt via de signalering een verbinding opgebouwd. Afhankelijk van de bestemming: lokaal, interlokaal of internationaal wordt er geschakeld naar een nummercentrale, een eerste-orde of tweede-orde verkeerscentrale of een internationale centrale. Bij het draaien van een 06-nummer wordt in sommige gevallen (06-11 alarmnummer en 06-5...mobiel nummer) in de eerste-orde verkeerscentrale een nummertranslatie uitgevoerd om de oproep naar de juiste centrale te routeren; bij het alarmnummer wordt naar de dichtstbijzijnde alarmcentrale gerouteerd.

2.4.2 De routing van een oproep naar GSM

Oproepen van het PSTN naar het GSM zullen altijd op dezelfde manier gerouteerd worden, omdat in het vaste net niet van te voren bekend is waar de mobiele abonnee zich bevindt (in tegenstelling tot oproepen van GSM naar het PSTN). De PSTN-abonnee toetst het nummer van de mobiele abonnee in (06-5....). De eerste-orde verkeerscentrale voert achtereenvolgens nummeranalyse en nummertranslatie uit en routeert de oproep naar de omwegcentrale. Daar kan met nummeranalyse gekeken worden of de oproep bestemd is voor GSM1, GSM2 of atf1/2/3 (GSM1:06-53... of GSM2:06-54... of atf1/2/3:06-52...). De oproep kan dan aan één van de mobiele netten afgeleverd worden. Dit gebeurt in alle drie de gevallen via een PSTN-gateway. Voor atf1/2/3 zijn er twee PSTN-gateways en voor GSM1 en GSM2 zijn er twee PSTN-gateways in aanbouw. De reden om twee gateways te plaatsen (en niet één) is het beperken van het risico van uitval van de interconnectie met de mobiele netten.

De functies van de PSTN-gateways zijn:

- isolatie:fouten blijven beperkt tot 1 net
- controle van binnenkomende signalen (en eventueel blokkering van binnenkomende signalen bij veel verkeer via het Operation and Maintenance Subsystem (OMS)(§3.1.2))
- signaleringsconversie van ISUP-NL naar ISUP Q767 (en andersom)
- verkeersmetingen/registraties

2.5 De tarifiering van een oproep

2.5.1 De methode

In de nummercentrale wordt de lokale en interlokale tarifiering gedaan op basis van nummeranalyse, een database en een klok. Er worden pulsen geregistreerd en eventueel ook naar de abonnee gezonden (voor een kostenteller). De internationale en 06-centrale zenden pulsen voor respectievelijk het internationale en bijzondere verkeer naar beneden het net in . De puls frequentie bepaalt het tarief van een oproep. De nummercentrale registreert het aantal ontvangen pulsen van de internationale of 06-centrale.

In 1994 zal een start worden gemaakt met het gebruik van Call Detailed Records. Deze registreren de tijd, de bestemming en de afkomst in plaats van het aantal pulsen van een gesprek. De 06-centrale en de internationale centrales sturen dan niets meer naar beneden het net in. De nrc's registreren gewoon het nummer en de afkomst en zoeken het tarief erbij. De 06-centrale houdt het wel bij voor de houder van het 06-nummer en de internationale centrale voor buitenlandse exploitanten voor de onderlinge kostenverrekening.

2.5.2 De lokale en interlokale tarieven

Een basistariefgebied bestaat uit de plaatselijke sector vanwaar een oproep geïnitieerd wordt en de aanliggende sectoren. Een sector is het gebied van één tweede-orde verkeerscentrale of één eerste-orde verkeerscentrale (bij een aantal gebieden met een 3-cijferig telefoonnummer). In totaal zijn er in Nederland 180 sectoren [43]. Binnen een basistariefgebied moet momenteel f0,15 per 5 minuten betaald worden (en 's avonds en in het weekend f0,15 per 10 minuten). Een oproep buiten het basistariefgebied kost thans f0,15 per 47 seconden ('s avonds en in het weekend f0,15 per 94 seconden). Ter vergelijking: Het PSTN van British Telecom in Engeland bestaat uit 640 sectoren ("charge areas").

Bij een ISDN-aansluiting moet ook voor de signalering betaald worden, 7 cent (buiten kantoor tijden) of 8 cent (in kantoor tijden) per verbindingsoopbouw.

2.6 De opbouw van een telefoonnummer

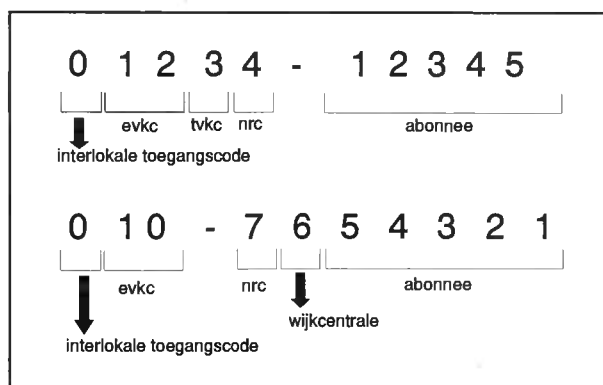
Een telefoonnummer bestaat op dit moment in totaal uit minimaal 8 en maximaal 10 cijfers [3][42]. Het netnummer is 3 of 5 cijfers lang (inclusief de eerste nul). Het abonneenummer bij een netnummer van 3 cijfers heeft 6 of 7 cijfers. Het abonneenummer bij een 5-cijferig netnummer heeft 3, 4 of 5 cijfers. De eerste "0" is een interlokale toegangscode.

Een 5-cijferig netnummer

Bij een netnummer van vijf cijfers duiden het tweede en derde cijfer een eerste-orde verkeerscentrale aan. Het vierde cijfer geeft een tweede-orde verkeerscentrale aan. Er zijn (dus) maximaal 10 tvkc's aan één evkc verbonden. Het vijfde cijfer geeft een nummercentrale aan. Het maximaal aantal nrc's per tvkc is 10.

Een 3-cijferig netnummer

Bij een 3-cijferig netnummer geven het tweede en derde cijfer een eerste-orde verkeerscentrale of een tweede-orde verkeerscentrale aan. Aan deze centrale zijn direct de nummercentrales verbonden! Dit kunnen eindcentrales of wijkcentrales zijn. In figuur 2-3 wordt met behulp van twee telefoonnummers het bovenstaande verduidelijkt.



Figuur 2-3, de opbouw van een telefoonnummer

Bij een 5-cijferig netnummer is het abonneenummer maximaal 5 cijfers lang. Abonneenummers kunnen niet met een "0" beginnen, omdat een "0" als eerste cijfer een interlokaal gesprek aanduidt. Dit betekent dat maximaal 90.000 abonneenummers per nummercentrale uitgegeven kunnen worden. Dit maximum begint een probleem te worden en daarom heeft PTT een nieuw nummerplan ontwikkeld [4].

2.7 Het nieuwe nummerplan

De invoering van dit nummerplan is mogelijk vanaf 1996, doordat dan alle elektro-mechanische centrales uit het net vervangen zullen zijn door Stored Program Controlled (SPC) centrales. De elektro-mechanische werken namelijk nog met een kiestoon tussen het net- en abonnee- nummer. In het nieuwe nummerplan zit er geen kiestoon tussen net- en abonneenummer en kunnen alle cijfers achterelkaar ingetoetst (gedraaid) worden. Alle nummers zullen vanaf 1996 bestaan uit 10 cijfers. De 3-cijferige netnummers krijgen allemaal een bijbehorend abonneenummer van 7 cijfers. De 5-cijferige netnummers worden 3 of 4-cijferig met respectievelijk 7 of 6 cijfers in het abonneenummer. De betekenis van de cijfers voor routing naar de verschillende centrales blijft hetzelfde als hierboven beschreven.

Twee voorbeelden van nummerwijziging zijn:

01818 - 32534 wordt

0181 - 832534

08303 - 85406 wordt

085 - 4585406

2.8 Vaste verbindingen

Vaste verbindingen zijn verbindingen zonder door de abonnee via het aansluitpunt te activeren schakelfuncties. De vaste verbindingen van de PSTN-exploitant worden aan particulieren en bedrijven, meestal de laatste, verhuurd en worden ook wel huurlijnen genoemd. Vaak worden ze gebruikt voor het opbouwen van gesloten netwerken met PABX'en (Private Automatic Branch Exchange), ofwel bedrijfscentrales, of om de exploitant van een 06-dienst met de 06-centrale te verbinden.

2.8.1 Tarieven van vaste verbindingen

Digitale vaste verbindingen zijn verkrijgbaar als 64 kbit/s en 2.048 kbit/s digitale verbindingen¹. Digitale vaste verbindingen met een hogere kwaliteit, digiline, zijn als: 1,2 kbit/s, 2,4 kbit/s, 4,8 kbit/s, 9,6 kbit/s en 19,2 kbit/s verkrijgbaar. PTT heeft voor de hierboven genoemde digitale vaste verbindingen standaardtarieven. Het is ook mogelijk een "megaswitch" verbinding te huren. Dit is een 2 Mbit/s verbinding, waarbij de kosten gedeeltelijk afhankelijk zijn van de bezetting van de 64 kbit/s kanalen².

Vaste verbindingen met een transmissiecapaciteit groter dan 2 Mbit/s worden op projectbasis verhuurd [30][48]. PTT stelt een offerte op naar aanleiding van het opgegeven begin- en eindpunt en de gevraagde capaciteit. Als de klant de prijs of andere voorwaarden onredelijk acht, kan hij bij de afdeling Hoofd Directie Telecommunicatie en Post (HDTP) van het Ministerie van Verkeer en Waterstaat bezwaar maken. HDTP kan dan beslissen dat de klant een eigen kabel of straalverbinding aan mag leggen.

2.8.2 Doorverhuren van vaste verbindingen

Sinds 1 januari 1993 is het volgens een EG-richtlijn toegestaan een (gedeelte van de capaciteit van een) huurlijn door te verhuren aan derden voor data (niet voor spraak). Het doorverhuren van huurlijnen voor spraak is alleen toegestaan voor de opbouw van het GSM1- of GSM2-net. In 1998 zal ook de exploitatie van spraak geliberaliseerd worden.

De gemachtigde inrichtingen

De electriciteitsbedrijven en de NS hebben een machtiging voor aanleg van kabels en straalverbindingen voor éigen gebruik voor spraak en data. De kabeltelevisie-exploitanten hebben een machtiging voor het aanleggen van kabels voor televisiesignalen. In 1995 zal er een vergunning worden gegeven aan de gemachtigde inrichtingen voor het gezamenlijk exploiteren van

¹Een 2 Mbit/s verbinding kost:

- f29.250,00 eenmalige aansluitkosten
- f 1.115,50 per maand
- f12.469,00 per maand (bij een lengte van 100 km)

² Een megaswitch verbinding kost:

- f22.500 aansluitkosten
- f 1.000 maandelijkse kosten
- f 3.960 minimale gebruiksvergoeding
- f 10 per verbindingsofbouw (signalering)
- + een tarief afhankelijk van tijd en aantal gebruikte kanalen

een tweede openbare infrastructuur (behalve voor spraak). Het Ministerie van Verkeer en Waterstaat overweegt om toestemming te geven aan de gemachtigde inrichtingen (NS, electriciteitsmaatschappijen en kabelexploitanten) om hun kabels door te mogen verhuren aan de GSM-vergunninghouders voor de opbouw van hun net (spraak en data).

2.8.3 Kloksynchronisatie van vaste verbindingen

Vaste verbindingen van 2 Mbit/s zijn standaard uitgevoerd met kloksynchronisatie. Dit betekent dat tijdsloot nul in het framestructuur is vastgelegd volgens [10f]. De verbinding is dan gesynchroniseerd met de netwerkklok van de PSTN-exploitant. De randapparatuur moet hierop ingesteld zijn. De netto capaciteit van de verbinding is dan nog 1.984 kbit/s.

Optioneel kan worden gekozen voor een **transparante** vaste verbinding. Dit wil zeggen zonder standaard kloksynchronisatie. De capaciteit van de verbinding blijft dan 2.048 kbit/s.

Het verschil tussen gestructureerde en ongestructureerde vaste verbindingen

Vaste verbindingen met kloksynchronisatie zijn altijd gestructureerd. Dit wil zeggen dat er een framestructuur is aangebracht op de verbinding. Transparante vaste verbindingen kunnen gestructureerd zijn, maar ook ongestructureerd. Bij het huren van een ongestructureerde transparante vaste verbinding huurt men dus een "lege" kabel.

Indien een GSM-vergunninghouder door de concessiehouder geleverde vaste verbindingen gebruikt, moet aan de beide uiteinden van die vaste verbindingen voldaan worden aan bepaalde eisen. De gestelde eisen [45] zijn gebaseerd op de CCITT-aanbevelingen uit de G-serie.

2.9 Een meervoudig systeem

2.9.1 Definitie van een meervoudig systeem

Een meervoudig systeem is een systeem waarin een direct op de telefoondienst aangesloten centrale eenheid een schakelfunctie verricht voor de er achter aangesloten randapparatuur. Het geheel kan uitgevoerd zijn voor één netlijn, maar zal over het algemeen op meer dan één netlijn zijn aangesloten (bedrijfstelefooncentrale).

Netlijnen geschikt voor zowel inkomend (van de telefoondienst naar het systeem) en uitgaand (van het systeem naar de telefoondienst) heten dubbelgericht. Netlijnen alleen voor één richting heten enkelgericht.

2.9.2 Meervoudige systemen met niet systeemgebonden randapparatuur

Als de gebruikerszijde van het meervoudige systeem is ingericht voor het aansluiten van randapparatuur die gespecificeerd is voor aansluiting op de telefoondienst, dan wordt de typekeuring uitgevoerd aan het meervoudige systeem, exclusief de aan te sluiten niet systeemgebonden randapparatuur.

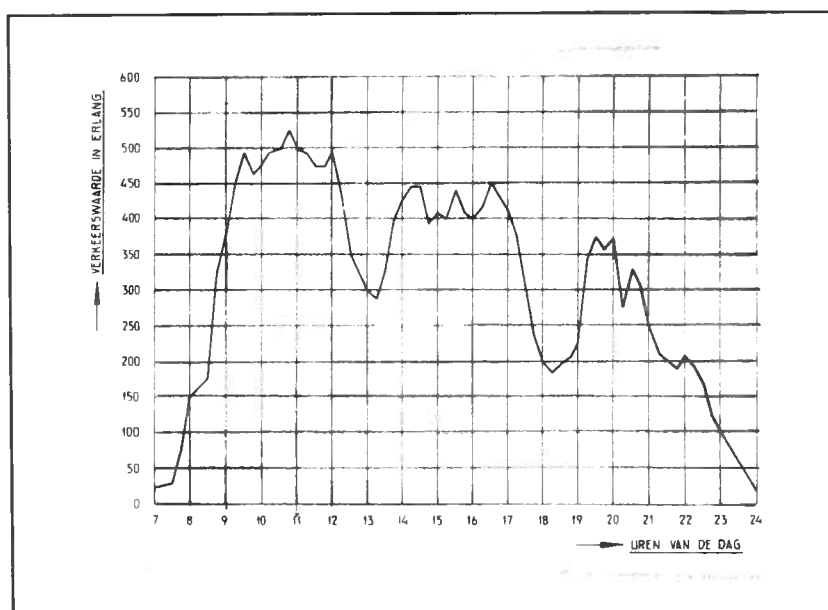
2.9.3 Meervoudige systemen met systeemgebonden randapparatuur

Als de gebruikerszijde van het systeem is ingericht voor het aansluiten van randapparatuur die specifiek bestemd is voor samenwerking met dit systeem, dan wordt de typekeuring uitgevoerd aan het systeem inclusief de mede ter keuring aan te bieden randapparatuur. In de toelating wordt dan aangegeven dat het systeem moet samenwerken met de "hierna genoemde, in samenhang met dit systeem mede toegelaten randapparatuur". Bij eventuele latere aanvulling van het assortiment randapparatuur beslist de toelatingsinstantie of een nieuwe keuring moet worden uitgevoerd.

De eisen voor het aansluiten van een meervoudig systeem volgens de officiële specificaties staan in appendix F.

2.10 Verkeerskarakteristieken

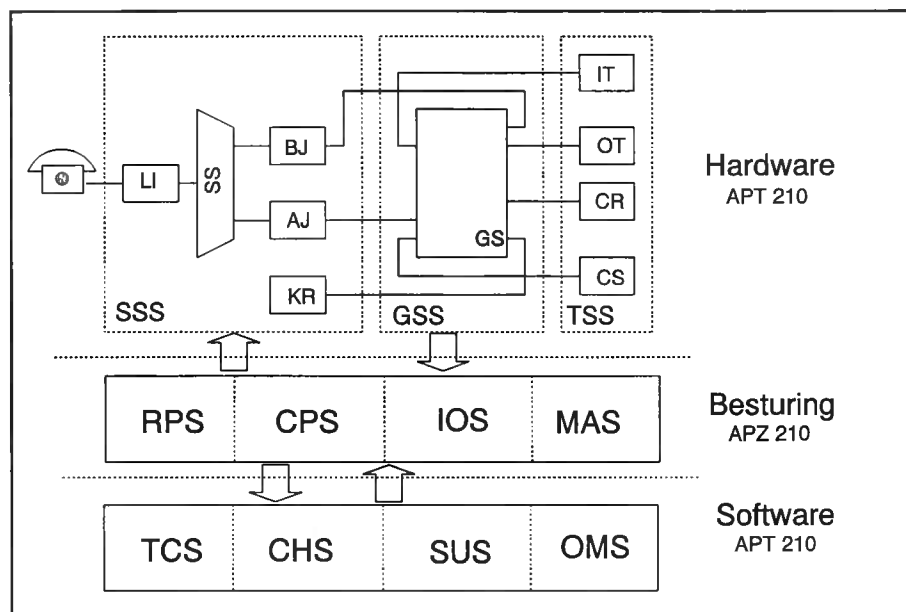
Er zijn momenteel ongeveer 7,4 miljoen PSTN-abonnees in Nederland [14]. Deze abonnees genereren gemiddeld 0.03 erlang verkeer [32] overdag, d.w.z. van 9 uur tot 17.00 uur (kantoortijden). In het drukste uur, dat afhankelijk is van tijd én plaats, is dit circa 0.1 erlang [32]. De drukste uren in het PSTN zijn ongeveer van 9.30 uur tot 12.00 uur 's morgens en van 14.00 uur tot 17.00 uur 's middags, figuur 2-4 [32]. Gedurende de eerste periode is de verkeersdichtheid iets hoger dan gedurende de tweede periode.



Figuur 2-4, de verkeersintensiteit in het PSTN gedurende een dag in Delft

3. Voorbeeld van een interconnectiecentrale: De AXE centrale

De verkeerscentrales en nummercentrales in het PSTN kunnen een AXE-10 (Ericsson), 5ESS (AT&T), System 12 (Alcatel) of PRX-A (Philips) centrale zijn. De internationale, de omweg en de 06-centrale zijn allen AXE-centrales. Daarom zal in deze studie uit worden gegaan van interconnectie met een AXE-centrale [5][13][17].



Figuur 3-1, de opbouw van de AXE-10 centrale

3.1 Opbouw

De centrale is gesplitst in twee delen: het besturingssysteem, APZ 210 en het deel voor de telefonie functies, APT 210, figuur 3-1.

De APT 210 bestaat uit de volgende subsystemen:

3.1.1 Hardware:

SSS: Subscriber Switching Subsystem

Hierop zijn de abonnees aangesloten. De belangrijkste functieblokken van SSS zijn:

- LI: Line Interface
- SS: Subscriber Switch
- AJ: A-Junction
- BJ: B-Junction
- KR: Keyset code Receiver

Een centrale met een verkeersfunctie zal geen SSS hebben, omdat er niet direct abonnees op zijn aangesloten.

GSS: Group Switching Subsystem

Gewenste telefoonverbindingen worden hier doorgeschakeld. Het belangrijkste functieblok van GSS is:

GS: Group Switch, deze is volledig toegankelijk.

TSS: Trunk and Signalling Subsystem

Het TSS handelt de communicatie met andere telefooncentrales af. De belangrijkste functieblokken zijn:

IT: Incoming Trunk functions
OT: Outgoing Trunk functions
CR: Code Receiver
CS: Code Sender

3.1.2 Software:

TCS: Traffic Control Subsystem

Deze zorgt voor het opzetten van een verbinding. TCS bevat onder andere de functieblokken:

RE: Register functions
DA: Digit Analysis
RA: Route Analysis
SC: Subscriber Categories
CL: Call supervision

CHS: Charging Subsystem

Het CHS bevat alle functies voor de kostentelling. CHS heeft de functieblokken:

CA: Charging Analysis
MP: Meterpulse sending

SUS: Subscriber Services Subsystem

Het SUS behandelt de abonneediensten.

OMS: Operation and Maintenance Subsystem

Controleert de hardware:

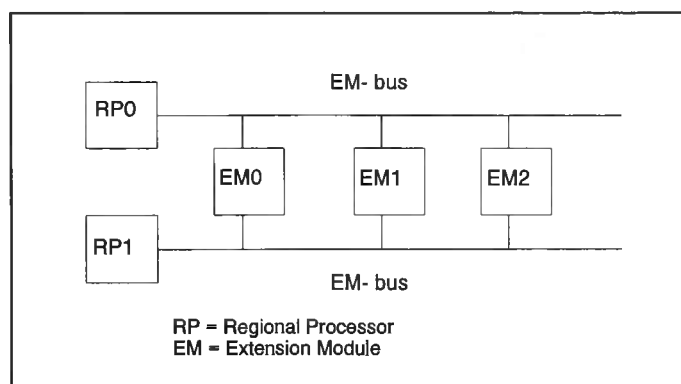
- Toezicht op het verkeer
Fouten en storingen kunnen direct gemeld worden. Het aantal fouten per verkeersbundel wordt bijgehouden.
 - Transmissie metingen
 - Testen en fout lokalisatie
 - Netwerk supervisie en verkeerscontrole
Hier wordt het verwerkt verkeer bijgehouden en gecontroleerd of het netwerk efficiënt wordt gebruikt zonder overbelastingen.
 - Statistieken
Onder andere worden het verkeer en het aantal verloren oproepen gemeten.
 - Administratie
- Het OMS is in staat verkeersbundels te blokkeren!

3.1.3 Besturing

Het besturingsgedeelte wordt verzorgd door het **APZ 210** systeem. Dit bestaat uit vier subsystemen:

RPS: Regional Processor Subsystem

Dit subsysteem bevat alle regionale processoren (RP) en bijbehorende software. De regionale processoren worden in paren (vanwege de betrouwbaarheid) gebruikt. Elke RP doet 50% van het werk. Als er één uitvalt neemt de ander zijn werk over. De door een regionale processor te besturen hardware-eenheden worden "extension modules" genoemd. Een RP bestuurt meestal niet meer dan 16 modules. De gegevensuitwisseling gebeurt via de extension module bus, zie figuur 3-2.



Figuur 3-2, aansluiting van de regionale processoren op de extension modules

CPS: Central Processor Subsystem

Dit subsysteem bevat de hardware en software van de verdubbelde centrale processor, CP-A en CP-B. Alleen CP-A geeft opdrachten aan de regionale processoren. CP-B draait parallel mee uit betrouwbaarheidsoverwegingen. Door middel van vergelijking kan een fout opgespoord worden.

IOS: Input/Output Subsystem

Deze verzorgt de communicatie met de bedienings- en onderhoudsmensen.

Mas: Maintenance Subsystem

Hiermee wordt het besturingssysteem bewaakt.

De hoofdtaken zijn:

- Foutendetectie
- Fouteneliminatie
- Foutenlokalisatie

3.2 Verwerking van een gesprek

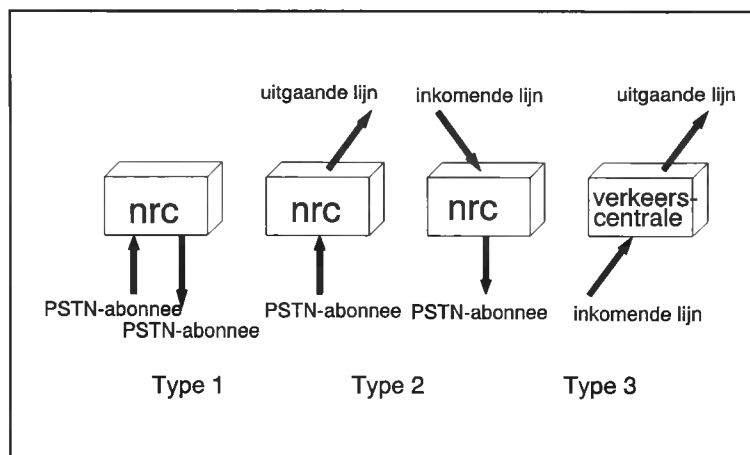
In een nummercentrale is het mogelijk drie types verbindingen te maken:

Type 1) van abonnee naar abonnee

Type 2) van abonnee naar een uitgaande lijn

Type 3) van een inkomende lijn naar een abonnee

In een verkeerscentrale wordt een inkomende lijn altijd doorverbonden met een uitgaande lijn (Type 4).

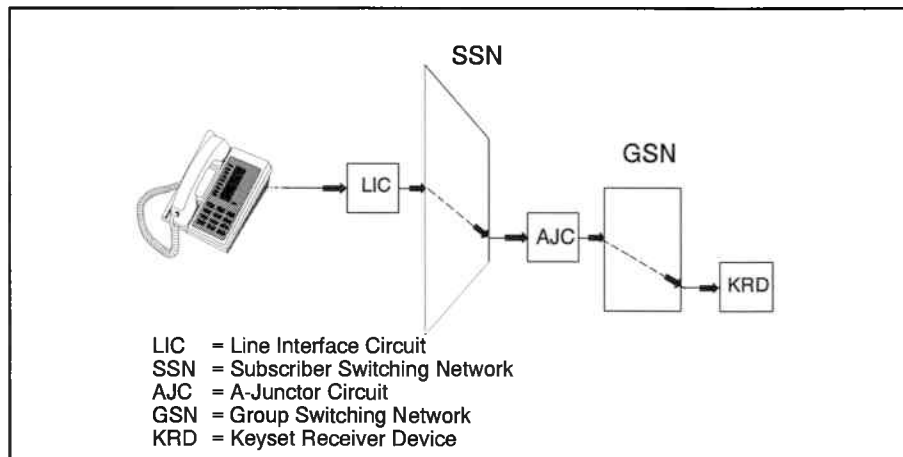


Figuur 3-3, de vier mogelijke verbindingen bij centrales

3.2.1 Aanneame van een gesprek

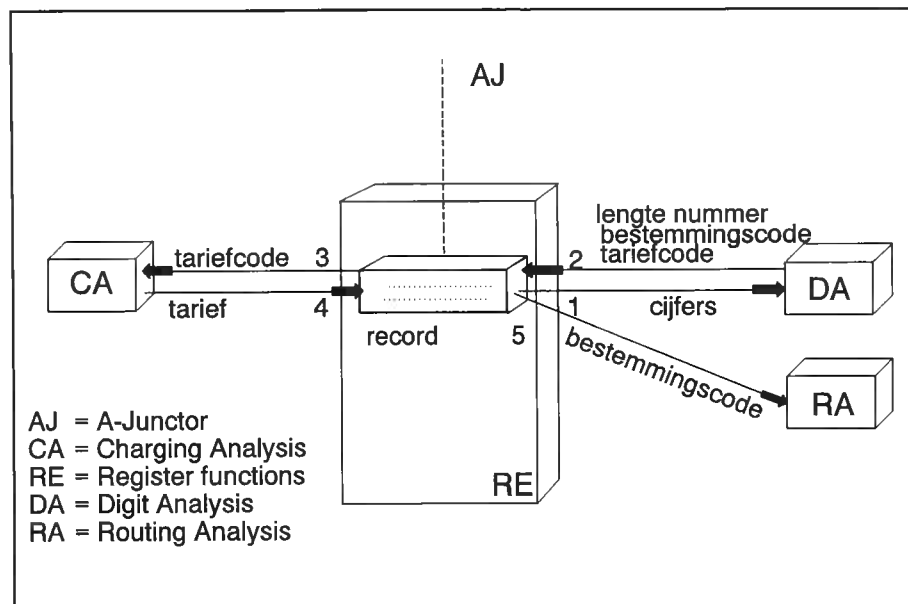
3.2.1.1 Binnenkomend gesprek van een abonnee (type 1 en 2)

Het Line Interface Circuit (LIC) detecteert of een abonnee de hoorn van de haak heeft genomen en geeft dan opdracht voor het zoeken van een vrije verbinding door het schakelnetwerk (GSN). De LIC wordt dan verbonden met de AJC door het Subscriber Switching Network (SSN), een concentrator. Bij een druktoestel wordt de AJC via het schakelnetwerk verbonden met de Keyset Receiver (KR), zie figuur 3-4.



Figuur 3-4, verbinding van functieblokken en subsystemen bij een binnenkomend gesprek

Het functieblok AJ vraagt aan de Register functions (RE) een stukje geheugen, een record, te reserveren (figuur 3-5). In dit record worden alle gegevens van het gesprek bewaard. Hierna wordt een kiestoon naar de abonnee gezonden. Alle gekozen cijfers worden in het record gezet en doorgestuurd naar het functieblok Digital Analysis (DA). DA geeft aan RE door hoelang het nummer is, een bestemmingscode en een tariefcode. De tariefcode wordt doorgestuurd naar het functieblok Charging Analysis (CA), die het tarief opzoekt en dit terugmeldt aan RE. De bestemmingscode geeft RE door aan het blok Routing Analysis (RA).



Figuur 3-5, de interacties van de software functieblokken

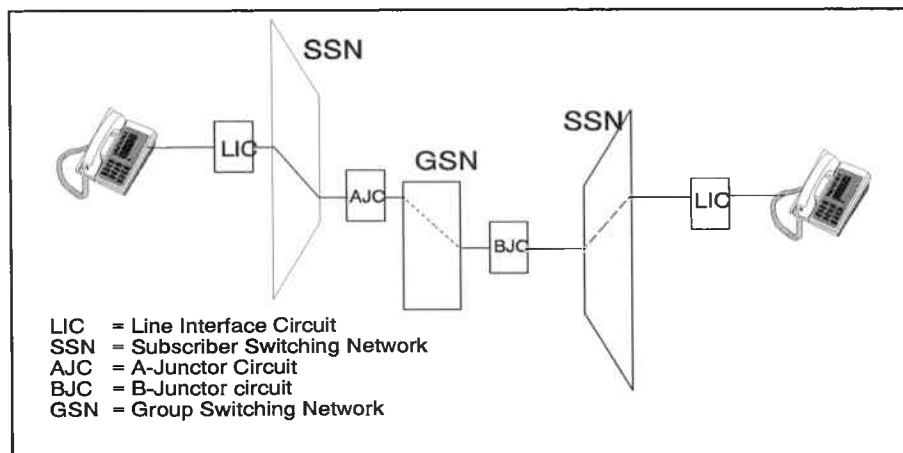
3.2.1.2 Binnenkomend gesprek van andere centrale (type 3 en 4)

Nadat een beleggingssignaal ontvangen is op een inkomende lijn, geeft het functieblok IT aan wat voor apparatuur er nodig is om de kiesinformatie te ontvangen. Het Incoming Trunk Circuit (ITC) kan zelf kiesimpulsen ontvangen. Multi-frequentie-code-signalering wordt via een Code Receiver ontvangen. Het functieblok IT vraagt aan RE een record te reserveren en stuurt eventueel een tweede kiestoon.

3.2.2 Ontvangen en verwerken van cijfers

3.2.2.1 Uitgaand gesprek voor abonnee van eigen centrale (type 1 en 3)

Het functieblok Route Analysis geeft door welk cijfer als eerste naar welke lijnstroomloop gestuurd moet worden. Er wordt nagegaan of de abonnee gebeld mag worden en of hij vrij is. Als dat het geval is, wordt een vrije B-Junctor Circuit (BJC) gezocht. De KRD wordt afgeschakeld en de weg door het GSN afgebroken. Het GSN reserveert een vrije weg tussen de AJC en BJC en de verbinding wordt opgezet, figuur 3-6. Er is nu geen RE-record meer nodig en het functieblok Call supervision (CL) haalt de benodigde gegevens uit het RE-record (zoals nummers van de gebruikte apparaten en het tarief) en zet die in zijn eigen (kleinere) record. BJC krijgt de opdracht van CL om belstroom naar de B-abonnee en beltoon naar de A-abonnee te sturen, totdat de B-abonnee opneemt.



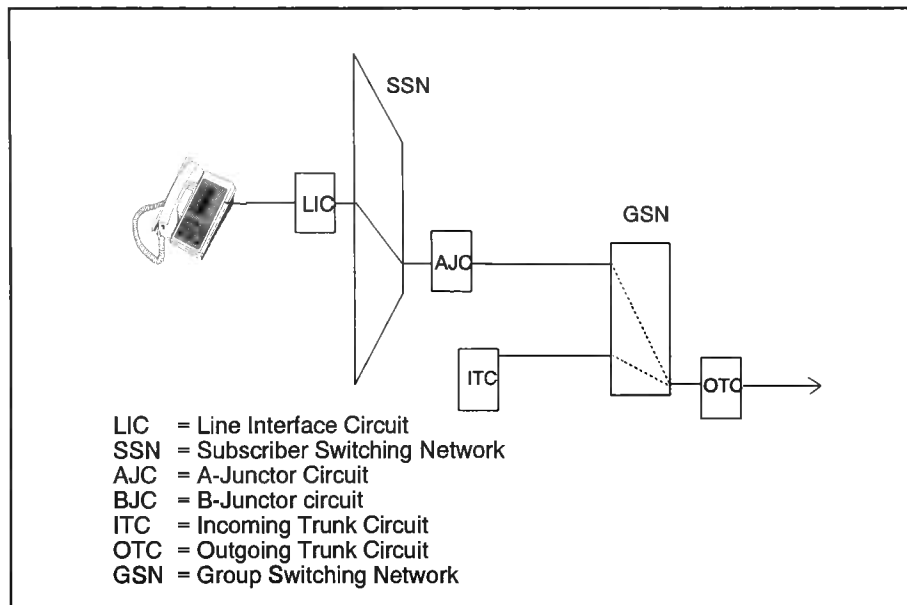
Figuur 3-6, verbindingen tussen functieblokken bij een uitgaand gesprek naar een abonnee van dezelfde nummercentrale

Tijdens het gesprek wordt door het functieblok Metering Pulse (MP) aan AJC telkens de opdracht gegeven een telimpuls naar de abonnee te zenden. De telimpuls wordt ook in het geheugen van de centrale vastgelegd.

Bij het neerleggen van de oproeper of opgeroepene merkt respectievelijk de AJC of BJC dit. Zij geven het door aan CL, die aan alle blokken de opdracht geeft de verbinding te verbreken en de apparaten vrij te geven.

3.2.2.2 Uitgaand gesprek voor abonnee van andere centrale (type 2 en 4)

Als een gesprek naar een andere centrale moet, meldt RA aan RE welke uitgaande route moet worden genomen. Er wordt dan een vrije overdrager in de aangewezen route gezocht en een vrije Code Sender (CS) wordt via het GSN aan de OTC geschakeld. RE geeft de opdracht aan OTC een beleggingssignaal naar de volgende centrale te zenden en haalt de cijfers uit het record om deze naar de OTC te zenden. Als alle cijfers zijn overgezonden wordt de Code Sender afgeschakeld en de verbinding tussen AJC en OTC (of ITC en OTC bij type 4) opgebouwd, figuur 3-7, en een CL-record gevuld. De daaropvolgende centrale stuurt een belstroom of beltoon. Als de B-abonnee opneemt wordt dit aan de OTC gemeld. In een nummercentrale is dit het signaal dat de kostentelling kan starten. Een verkeerscentrale zal het doorgeven via de ITC naar de voorgaande centrale. Bij het neerleggen van de B-abonnee gaat het vergelijkbaar.



Figuur 3-7, verbindingen tussen functieblokken bij een uitgaand gesprek naar een andere centrale

3.3 De aansluiting van een vaste verbinding

De inkomende (en uitgaande) verkeersbundels van het Trunk and Signalling Subsystem (TSS) zijn 2 Mbit/s of hoger. Ze komen binnen bij de functieblokken IT (of OT). De lijnen van de abonnees, binnenkomend op het Subscriber Switching Subsystem (SSS) bij het functieblok Line Interface, zijn analoog of digitaal (64 Kbit/s of 2 Mbit/s).

Een vaste verbinding kan of bij de SSS of bij de TSS binnenkomen. In het eerste geval dus altijd bij een nummercentrale, in het tweede geval kan het ook een verkeerscentrale zijn. Voor een vaste verbinding geldt een vast tarief onafhankelijk van de hoeveelheid verkeer. Het is normaliter dus niet nodig de tarifiering bij te houden.

In een AXE-centrale zit altijd de functie Toll Ticketing. Dit wil zeggen dat het verkeer van de verschillende lijnen wordt geregistreerd en daarbij ook de bestemming, afkomst en tarief. Bij het TSS van een nummercentrale of verkeerscentrale is het dus ook mogelijk het verkeer te registreren. Voor PSTN-abonnees en voor vaste verbindingen van meervoudige systemen die aangesloten zitten op het SSS van een nummercentrale is dit logisch.

3.4 De aansluiting van een meervoudig systeem

Een meervoudig systeem (PABX), wordt gewoonlijk aangesloten op het SSS. Het kan ook op het TSS. Dan moet wel de functie Toll Ticketing ingeschakeld zijn. Een meervoudig systeem wordt met een analoge of digitale verbinding op de centrale aangesloten en in de nummercentrale gedemultiplexed.

4. De kostenverrekening

De GSM- en PSTN-exploitant zullen elkaar de kosten moeten vergoeden die de ander voor hun heeft gemaakt voor het routeren van een oproep. Daarvoor is het nodig de verkeersgegevens te registreren (§4.1). De kosten kunnen onderverdeeld worden in variabele kosten, afhankelijk van de verkeershoeveelheden en vaste kosten (eenmalige of periodieke kosten). Dit staat beschreven in §4.2. De GSM- en PSTN-exploitant zullen ieder de verdere kosten voor exploitatie van hun net en het routeren van verkeer willen dekken met de abonnementsgelden en gesprekskosten van de abonnees. Welke abonnee wat moet betalen, staat uitgewerkt in §4.3 en §4.4.

4.1 De registratie van verkeersgegevens

Bij interconnectie van twee netwerken met verschillende beheerders wordt meestal door beide netwerkexploitanten de hoeveelheid uitgewisseld verkeer bijgehouden ter controle van elkaars gegevens. Dit hoeft niet zo zeer te zijn vanwege onderling wantrouwen tussen de exploitanten. (Grote bedrijven kunnen zich bovendien vanwege hun marktpositie geen schandalen permitteren). Het is meer een kwestie van het toevertrouwen van het beheer; het vertrouwen dat de verkeersregistratie van de ander niet uit zal vallen of fouten zal vertonen.

In Engeland wordt het uitgewisseld verkeer tussen Vodafone en British Telecom gemeten door Vodafone. Vodafone verzamelt de gegevens en geeft aan de PSTN-exploitant door hoeveel deze moet betalen. Coopers & Lybrandt controleert een en ander. De "meetkosten" worden verdeeld over British Telecom en Vodafone. British Telecom is momenteel niet in staat verkeersgegevens te verzamelen. In de toekomst zal British Telecom wel het verkeer gaan meten en zullen de twee exploitanten de gemeten verkeersgegevens gaan vergelijken.

Zo geschiedt het al in Duitsland. Mannesmann en Deutsches Bundes Post meten beiden de verkeersuitwisseling. De gemeten waarden zijn praktisch nooit gelijk. Dit heeft onder andere te maken met het tijdstip van het in de administratie verwerken van nieuwe vaste verbindingen. De toerekening van het onderlinge verschil wordt meestal gelijk gedeeld.

Het soort verkeersgegevens

De te registreren gegevens zijn de herkomst en bestemming van een oproep, de duur en het tarief. De bestemming van een oproep kan bepaald worden door nummeranalyse, de herkomst kan men te weten komen via de signalering. Bij een oproep van GSM naar PSTN kan de PSTN-exploitant op het interconnectiepunt altijd de afkomst van de oproep nagaan via de C7-signalering in GSM. Voor een oproep van PSTN naar GSM kan de GSM-exploitant alleen de afkomst te weten komen als er tussen de PSTN-abonnee en de lokale PSTN-centrale:

- 1) de signalering ISUP2 of ISUP30 wordt gebruikt
- of 2) de signalering ALS70 wordt gebruikt en de lokale centrale de functie "Register Re call" heeft (§2.3).

Het belangrijkste voor de GSM-exploitant is echter de duur en bestemming van het gesprek. Wie een binnenkomend gesprek maakt, is voor hem niet van wezenlijk belang.

4.2 De verrekening tussen GSM-exploitant en PSTN-exploitant

4.2.1 Vaste kosten

De vaste kosten voor het gebruik van andermans net omvatten eenmalige kosten en periodieke kosten, in [27] het toegangstarief genoemd. De GSM-exploitant zal eenmalige kosten moeten betalen aan de PSTN-exploitant voor eventuele speciaal aan te brengen voorzieningen en voor aansluiting of aanleg van vaste verbindingen (eenmalig f29.250 voor 2 Mbit/s vaste verbindingen). Periodieke kosten zullen zijn de kosten voor het huren van vaste verbindingen. Bovendien kunnen de PSTN- en GSM-exploitant een soort abonnementskosten voor het gebruik van elkaars net overeenkomen.

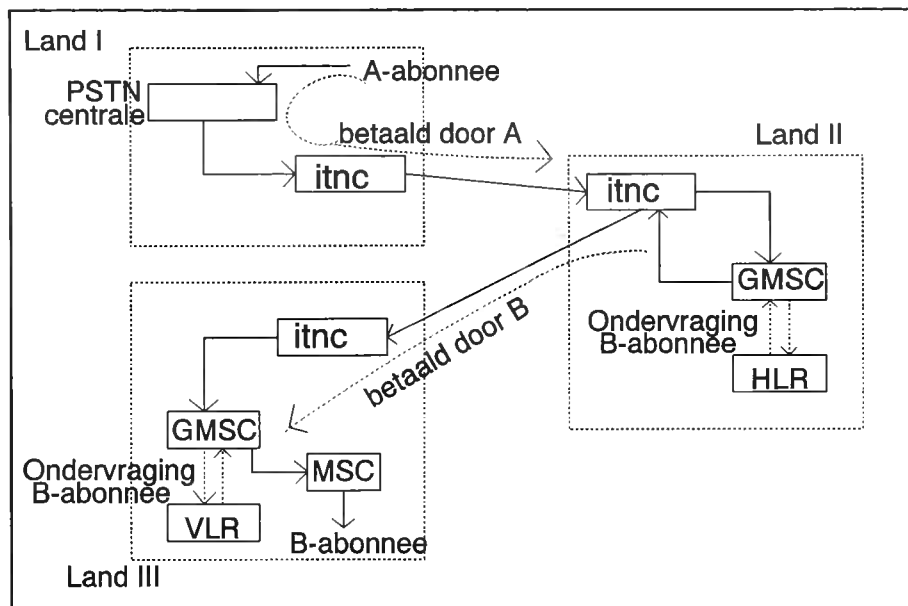
4.2.2 Variabele kosten

Afhankelijk van de hoeveelheid verkeer zal er een variabel bedrag (gebruikstarief[27]) verrekend worden tussen de exploitanten. Dit bedrag kan afhangen van bijvoorbeeld het aantal belaste centrales of van de bestemming [27]. Zeer waarschijnlijk zal er ook een bedrag per gesprek betaald moeten worden voor de signalering (voor de verbindingsofbouw).

4.3 De verrekening tussen PSTN-exploitant en zijn abonnees

De kosten van een PSTN-abonnee bestaan uit abonnementskosten en gesprekskosten. De gesprekskosten zijn variabel. Bij een oproep van het PSTN (A-abonnee) naar een binnenlands of buitenlands GSM-net (B-abonnee) betaalt de A-abonnee overeenkomstig een vast tarief (bij atf3 is dat f0.90 per minuut), ongeacht de lokatie van de mobiele abonnee. Het is immers niet mogelijk van te voren te weten waar de mobiele abonnee zich bevindt. Als de mobiele abonnee internationaal aan het "roamen" is, betaalt hij zelf de internationale verbinding tussen zijn Home PLMN (Public Land Mobile Network) en de Visited PLMN. Bij de dienst Call Forwarding, het automatisch doorschakelen van een mobiel toestel naar een ander abonneenummer, zal hij eveneens zelf de extra verbinding moeten betalen. Combinaties van beiden zijn ook mogelijk. In figuur 4-1 is een oproep uitgewerkt van een PSTN-abonnee naar een **buitenlandse** mobiele abonnee die tevens internationaal aan het "roamen" is.

Het is mogelijk dat land I hetzelfde land is als land III. Deze mogelijkheid is uitgewerkt in §7.1.



Figuur 4-1, Een buitenlandse GSM-abonnee die internationaal aan het "roamen" is.

4.4 De verrekening tussen GSM-exploitant en zijn mobiele abonnees

Naast het abonnementsgeld moet een GSM-abonnee variabele kosten voor zijn gesprekken betalen die afhankelijk zijn van de bestemming. Het nummer van de op te roepen abonnee geeft de bestemming weer en het daarbijbehorende tarief kan uit een database gehaald worden. Het tarief kan van verschillende aspecten afhankelijk zijn, zoals het bestemmingsgebied en het aantal gebruikte PSTN-centrales [27].

5. Netwerkplanning van GSM

Dit hoofdstuk gaat in op de planning van het GSM-net, ofwel de bepaling van het aantal componenten en de opbouw van het net. Naast het schatten van de totale capaciteit van een GSM-net in Nederland en het aantal benodigde Mobile Switching Centres, worden de consequenties bekeken van drie mogelijke GSM netwerkarchitecturen. De netwerkarchitectuur kan de uitkomsten beïnvloeden van de interconnectieaspecten met de vier niveaus van het PSTN in hoofdstuk 6. Het gedeelte van het net vanaf de mobiele stations tot aan de MSC's wordt bij de drie netwerkarchitecturen invariant verondersteld. Dit betekent dat het benodigde aantal Base Station Systems en Mobile Switching Centres niet worden meegenomen in de berekeningen.

5.1 De maximale capaciteit van het GSM-net in Nederland

Bij de start van GSM krijgen de twee mobiele vergunninghouders ieder 2 x 7,6 MHz aan frequentieruimte voor hun net. Dat wil zeggen, ieder krijgt 7,6 MHz voor "uplinks" en 7,6 MHz voor "downlinks". Daarna komt gefaseerd nog 2 x 8,8 MHz vrij van het atf3-net (autotelefoonnet 3 van PTT), als dit gedeeltelijk of geheel niet meer operationeel zal zijn. Deze 2 x 8,8 MHz zal worden verdeeld over GSM1 en GSM2.

Dit resulteert in een capaciteit van ongeveer 12 erlang verkeer per vierkante kilometer per GSM-net (bij gebruik van de full-rate codec), zie §1.2. Nederland heeft een oppervlakte van ongeveer 33.000 km², wat betekent dat elk van de twee GSM-netten in Nederland:

$$33.000 \times 12 \text{ E} = 396.000 \text{ erlang verkeer}$$

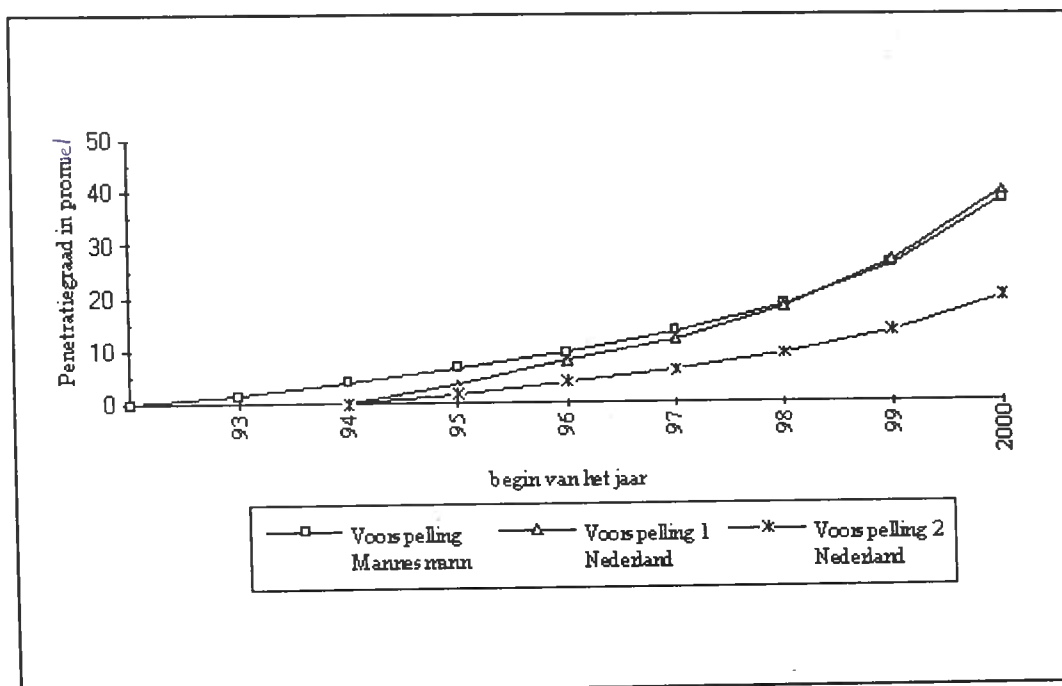
kan verwerken. Dit zou in het drukke uur, met 0,025 erlang verkeer per mobiele abonnee, 396.000 E / 0,025 E = 15.840.000 abonnees betekenen voor één GSM-net¹ (bij gebruik van de full-rate codec). De totale capaciteit zal dus geen beperkingen aan het net in Nederland opleveren, aangezien één GSM-net met louter full-rate codecs al net zoveel abonnees aan kan als Nederland inwoners rijk is.

5.2 De verkeersvoorspellingen voor Nederland

Recente voorspellingen zijn dat er in het jaar 2000 in Duitsland voor het D2-net van Mannesmann 2,5 miljoen abonnees zullen zijn [19] en voor Nederland tussen de 300.000 en 600.000 GSM2-abonnees [31]. In figuur 5-1 is de penetratiegraad, het aantal GSM-abonnees per 1000 inwoners, weergegeven. Voor Mannesmann is dit 38 ‰ in het jaar 2000 (bij 65 miljoen inwoners in Duitsland) en voor GSM2 20-40 ‰ in het jaar 2000 (bij 15 miljoen inwoners in Nederland).

We gaan er vanuit bij de bepaling van het aantal benodigde GSM-systeem componenten (dat zijn hier de (gateway) MSC's en vaste verbindingen tussen (gateway) MSC's) van de netwerkarchitecturen dat het maximaal aantal mobiele abonnees van GSM2 300.000 zal zijn. Als het aantal hierboven komt, zullen er meer (gateway) MSC's geplaatst moeten worden, maar dat zal zeker duren tot 1998 (voorspelling 1 van figuur 5-1: penetratiegraad van 20). Dit is een goede veronderstelling voor de uitgangspositie.

¹ Dit getal is gebaseerd op een ideaal-gelijkmatige verdeling van het verkeer over het GSM-net



Figuur 5-1, voorspellingen van het aantal GSM-abonnees in Nederland en van Mannesmann

5.3 De mogelijkheden voor verbindingen in het GSM-net in Nederland

De GSM-exploitant heeft verschillende mogelijkheden om in zijn mobiele net BS's, BSC's en MSC's te verbinden voor de opbouw van zijn GSM-net (voor data én spraak), namelijk via:

- 1) vaste verbindingen (huurlijnen) direct gehuurd van PTT
- 2) vaste verbindingen (huurlijnen) van derden (indirect gehuurd van PTT (zie §2.8.2))
- 3) eigen straalverbindingen in de 38 GHz band voor de opbouw van het mobiele net

Indien de houder van de concessie niet bereid of in staat is de door de vergunninghouder gevraagde kabels, kabelwerken of satellietverbindingen ten behoeven van zijn telecommunicatie-infrastructuur binnen een redelijke termijn en tegen redelijke voorwaarden aan de houder van een vergunning ter beschikking te stellen, verleent de Minister van Verkeer en Waterstaat op aanvraag aan de houder van een vergunning toestemming voor het geheel of gedeeltelijk in, op of boven openbare gronden aanleggen, in stand houden en gebruiken van een aan die kabels, kabelwerken of satellietverbindingen gelijkwaardige voorziening.

Met een straalverbinding van 38 GHz kunnen bijvoorbeeld 4*2 Mbit/s verbindingen gemaakt worden. Voor de aansluiting van de GSM-netten op het PSTN mogen alleen huurlijnen van PTT gebruikt worden.

5.4 Het aantal benodigde Mobile Switching Centres

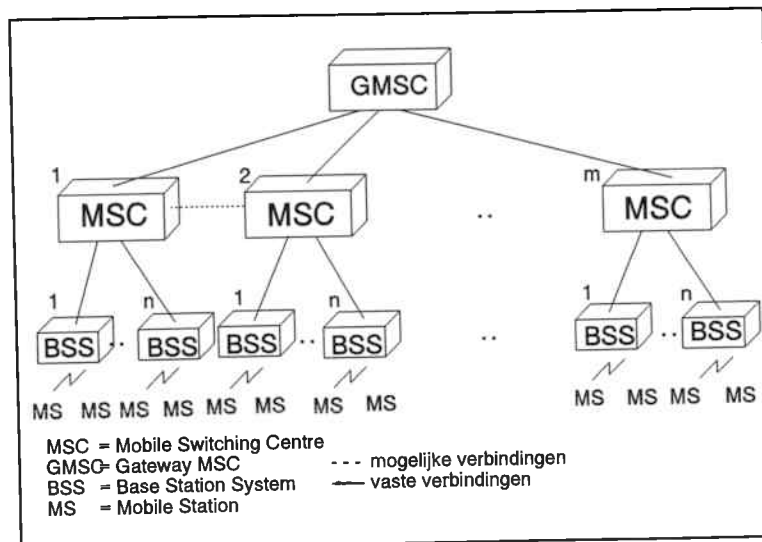
De voorspellingen voor Nederland zijn dat er 3-7 MSC's geïnstalleerd zullen worden [24][27]. Een geïntegreerde MSC/VLR/HLR en een geïntegreerde MSC/VLR hebben theoretisch een capaciteit van respectievelijk 120.000 en 150.000 abonnees [6]. Bij deze getallen is uitgegaan van 0,025 erlang verkeer per abonnee. In de praktijk is de capaciteit van een MSC/VLR/HLR en MSC/VLR

thans respectievelijk 64.000 en ongeveer 80.000 abonnees [20][40]. Het getal van 64.000 abonnees wordt bepaald door het maximaal aantal adressen van de HLR. De 80.000 abonnees bij een geïntegreerde MSC/VLR is afhankelijk van de diensten die worden geboden. Extra diensten betekent namelijk extra benodigde processorcapaciteit. Het maximaal aantal adressen van de VLR is eveneens 64.000. Dit betekent echter niet dat het maximaal aantal abonnees in een MSC-gebied 64.000 is, aangezien in de VLR niet de abonnees geregistreerd staan die hun mobiele station 'uit' hebben staan en derhalve momenteel onbereikbaar zijn.

Het aantal benodigde MSC's bij 300.000 abonnees zou dus $(300.000/60.000=)$ minimaal vijf moeten zijn. In dit onderzoek zal worden uitgegaan van zes MSC's. De GSM-exploitant kan overigens besluiten meer dan zes MSC's te plaatsen met een kleinere capaciteit per MSC. Dit kan voordelig zijn als er meer dan zes interconnectiepunten in het PSTN zijn en de exploitant de afstand tussen deze interconnectiepunten en de GMSC's zo klein mogelijk wil houden (§6.8).

5.5 Mogelijke netwerkkarchitecturen

5.5.1 Netwerkkarchitectuur I



Figuur 5-2, GSM netwerkkarchitectuur I

Netwerkkarchitectuur I (figuur 5-2) is opgebouwd uit vier niveaus: De Mobile Stations, de Base Station Systems, de Mobile Switching Centres en de Gateway Mobile Switching Centres. Alle MSC's, dus zes (§5.4), zijn verbonden met één gateway MSC. Deze gateway MSC is verbonden met het PSTN. Alle oproepen (van het PSTN naar GSM en van GSM naar het PSTN) zullen via deze gateway MSC gerouteerd worden. De gateway MSC is in Amsterdam geplaatst (figuur 5-3). De keuzes voor de lokaties van de zes MSC's zijn terug te vinden in §6.9.

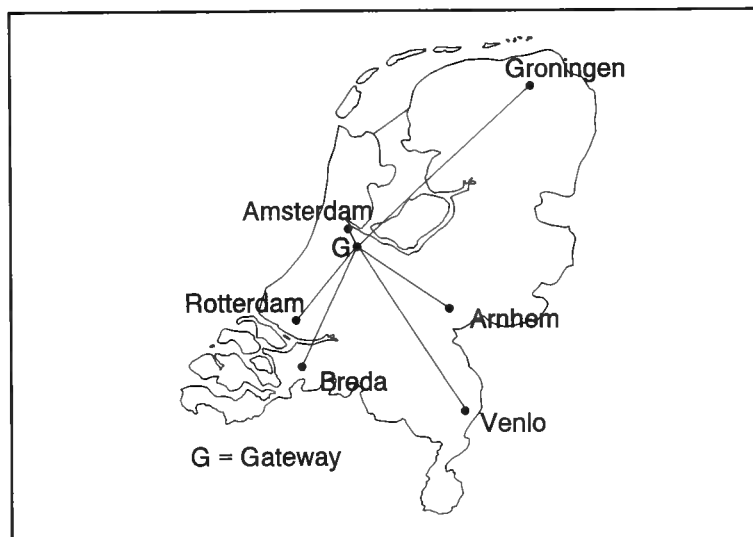
De MSC's zijn onderling niet noodzakelijkerwijze verbonden bij netwerkkarchitectuur I. Het is echter wel mogelijk om verbindingen aan te brengen tussen de MSC's. Voordelen hiervan zouden zijn:

- Bij uitval van een vaste verbinding tussen de gateway MSC en een MSC kan er via een andere MSC gerouteerd worden.

- Bij inter-MSC handover (§1.7) hoeft er niet via de gateway MSC gerouteerd te worden. Dit spaart één keer extra schakelen en een gedeelte van een 64 kbit/s kanaal (per handover).
- Bij uitval van de gateway MSC blijft er nog wel verkeer mogelijk van een mobiele abonnee naar elke andere mobiele abonnee.

Een nadeel van het onderling verbinden van de MSC's is:

- Er zijn extra vaste verbindingen nodig.



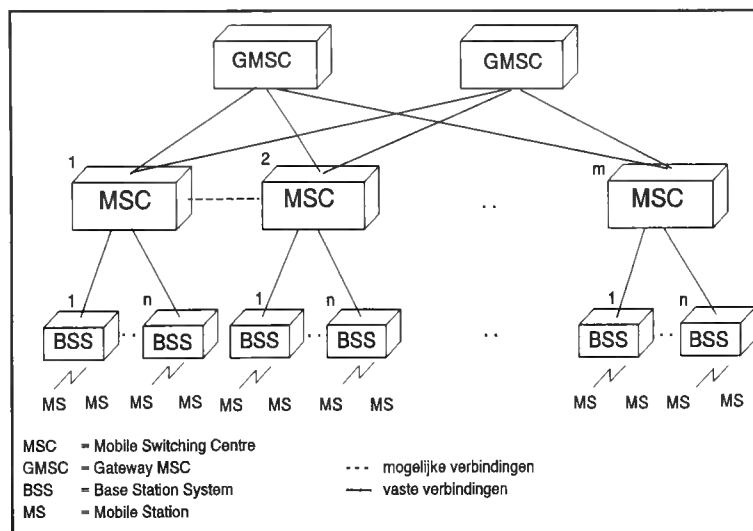
Figuur 5-3, de verbindingen bij netwerkarchitectuur I

De gateway MSC('s) in netwerkarchitectuur I (en dit geldt ook voor netwerkarchitectuur II) zou naast het fungeren als gateway (het ondervragen van de HLR en het doorschakelen van oproepen naar de juiste MSC of de juiste PSTN-centrale), ook nog mobiele abonnees in een bepaald gebied ("location area") kunnen bedienen.

De capaciteit van een (G)MSC is echter maximaal 80.000 abonnees. Als één of twee (netwerkarchitectuur II) gateway MSC's de oproepen van het gehele GSM-net moeten schakelen (dus oproepen van zo'n 300.000 abonnees) zullen ze waarschijnlijk te weinig processorcapaciteit hebben om ook nog plaatselijke mobiele abonnees te bedienen.

Het doorschakelen van oproepen (voor de gateway functie) vergt minder capaciteit dan de signaleringen die nodig zijn voor het opbouwen van een oproep (voor de MSC functie). Het ondervragen van de HLR voor de gateway functie heeft wel veel processorcapaciteit nodig, maar 70% van het totaal aantal mobiele oproepen gaat van GSM naar het PSTN. Dus slechts in 30% van de gevallen moet de HLR ondervraagd worden door de GMSC.

5.5.2 Netwerkarchitectuur II

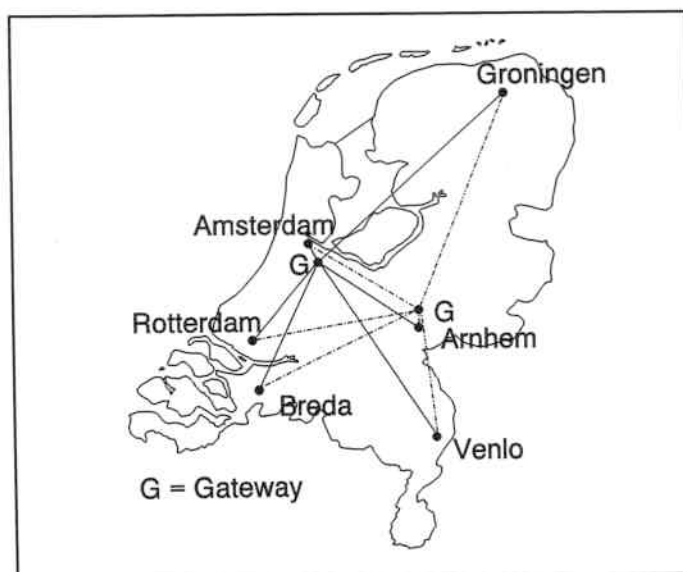


Figuur 5-4, GSM netwerkarchitectuur II

Netwerkarchitectuur II heeft net als netwerkarchitectuur I vier niveaus, figuur 5-4. Bij netwerkarchitectuur II zijn er echter twee gateway MSC's. Er kunnen ook meer GMSC's zijn, maar de berekeningen zullen voor de overzichtelijkheid uitgaan van twee gateway MSC's (het gaat hier immers om de vergelijking van de verschillende netwerkarchitecturen). De zes MSC's zijn verbonden met beide gateway MSC's via in totaal 12 verbindingen. De MSC's zijn onderling niet verbonden (zie §5.5.1). De twee gateway MSC's kunnen met elkaar verbonden zijn. Een voordeel hiervan is dat bij uitval van een vaste verbinding tussen een GMSC en een MSC er direct via de andere gateway MSC naar de betreffende MSC gerouteerd kan worden. Het wel of niet aanbrengen van deze extra verbinding heeft nauwelijks invloed op de bepaling van de voor- en nadelen van de verschillende netwerkarchitecturen.

Alle mobiele oproepen worden via de twee gateway MSC's gerouteerd. We gaan er vanuit dat het PSTN GSM-oproepen naar de dichtstbijzijnde gateway MSC routeert. Het is ook mogelijk dat per gateway MSC een aantal nummers toegewezen worden. Deze gateway MSC routeert dan vervolgens (na ondervraging van de HLR) de oproep naar de juiste MSC. Het GSM leidt oproepen naar het PSTN via de gateway MSC die het dichtst bij de eindbestemming van de oproep ligt. De beide gateway MSC's worden hier verondersteld in Arnhem en Amsterdam te staan (zie §6.9). De MSC's zijn vrij willekeurig gesitueerd. In figuur 5-5 is het net tussen de MSC's en GMSC's weergegeven.

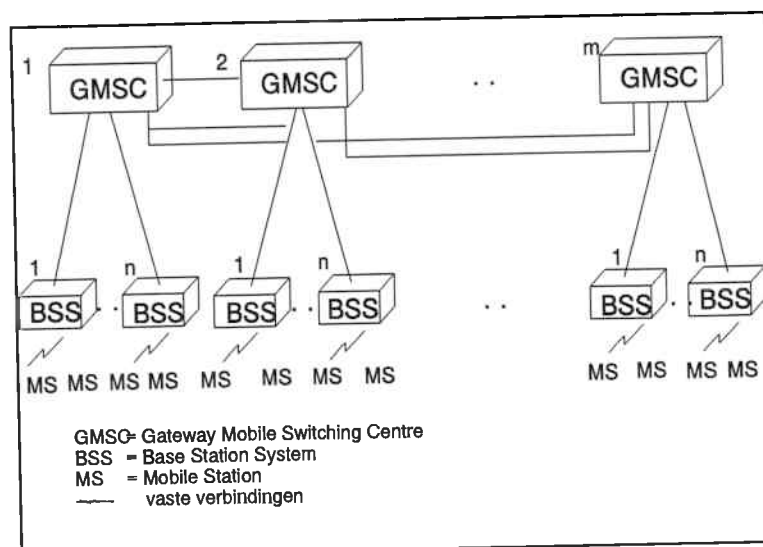
Vodafone in Engeland heeft in zijn GSM-net vier niveaus: Mobile Stations, Base Station Systems, GMSC's en speciale GMSC's ("transit GMSC's") die geen abonnees bedienen, maar alleen oproepen schakelen van en naar het PSTN. Deze speciale GMSC's ondervragen geen Home Location Registers. De GMSC's van een niveau lager ondervragen de HLR's. Een nadeel hiervan is de extra routing als een oproep bij de 'verkeerde' GMSC binnenkomt. Oproepen kunnen ook (zonder tussenkomst van de transit GMSC's) direct van het PSTN naar een GMSC geschakeld worden (of andersom). In dit rapport is deze mogelijkheid bestudeerd als een combinatie van netwerkarchitectuur II en III (§5.10).



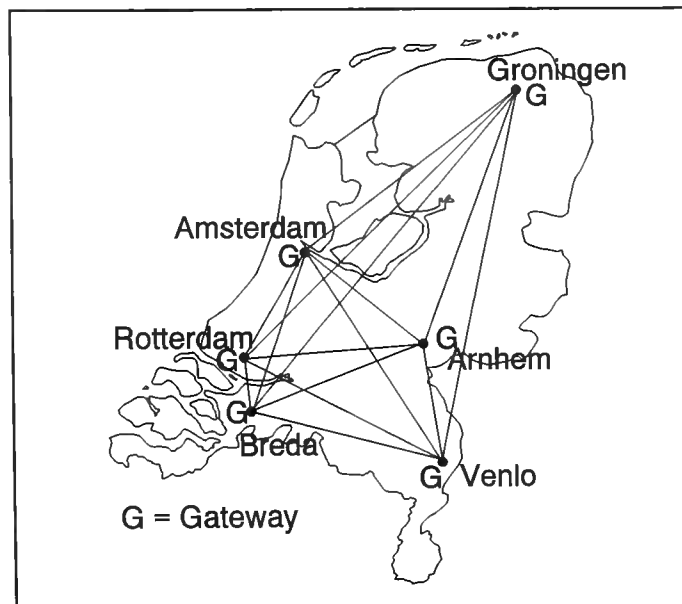
Figuur 5-5, de verbindingen bij netwerkarchitectuur II

5.5.3 Netwerkarchitectuur III

Netwerkarchitectuur III (figuur 5-6) bestaat uit slechts drie niveaus met alleen gateway MSC's (geen MSC's). De zes GMSC's zijn allen maasvormig verbonden met volledige connectiviteit. Het PSTN zal bij deze configuratie de oproepen naar de dichtstbijzijnde gateway MSC routeren. Het GSM leidt de oproepen naar het PSTN via de dichtst bij de eindbestemming gelegen gateway MSC. We zullen bij netwerkarchitectuur III er steeds van uitgaan dat er zes of meer interconnectiepunten in het PSTN zijn. In figuur 5-7 zijn de lokaties van de GMSC's en de verbindingen tussen de GMSC's weergegeven.



Figuur 5-6, GSM netwerkarchitectuur III



Figuur 5-7, de maasvormige verbindingen bij netwerkkarchitectuur III

5.6 Belangrijke aspecten bij de keuze voor een netwerkkarchitectuur

Er zijn verschillende belangrijke aspecten voor de mobiele exploitant die meewegen in de keuze voor een bepaalde netwerkkarchitectuur. Hieronder worden deze besproken.

5.6.1 De kosten van de vaste verbindingen tussen (G)MSC's

De GSM-exploitant heeft verschillende mogelijkheden voor verbindingen in zijn mobiele net (zie §5.3). Verbindingen zijn duur en het is dus voordelig om een mobiele netwerkkarchitectuur te kiezen, waarbij het aantal en/of de lengte van de verbindingen zo klein mogelijk zijn.

We zullen bij de berekeningen voor de kosten van de verbindingen tussen de (G)MSC's de prijzen van de vaste verbindingen van PTT nemen. Dit zullen maximaal de kosten van de verbindingen zijn. Want als de kosten voor straalverbindingen of verbindingen van derden hoger zijn, kunnen vaste verbindingen van PTT gehuurd worden, als aan alle andere eisen voldaan is.

Alleen de kosten van de vaste verbindingen tussen de MSC's en GMSC's zullen hier beschouwd worden. Dus zijn:

- vaste verbindingen tussen BS's en BSC's
- vaste verbindingen tussen BSC's en MSC's
- vaste verbindingen tussen gateway MSC's en het PSTN

niet bij de berekeningen meegenomen. Deze worden invariant verondersteld bij de drie netwerkkarchitecturen.

Berekeningen voor benodigde capaciteit van de verbindingen tussen de MSC's en gateway MSC's

De abonnees van het GSM-net begeven zich over het hele land. Het mobiele verkeer zal zich verdelen over de zes gebieden van de MSC's. Het is echter niet van tevoren bekend hoe ze zich verdelen (behalve globale verdeling van randstad en platte land). Er zijn verschillende mogelijke verdelingsmodellen. Om toch iets te kunnen zeggen over het verkeer zullen we een model kiezen. Eén van de modellen die in aanmerking komen, is een model van de files op de wegen. De kans is namelijk groot dat het mobiele telefoonverkeer zich ongeveer verdeelt als de files op de wegen. De meeste mobiele telefoons op dit moment zijn namelijk autotelefoons en die worden het meest gebruikt in een file. Er bestaat echter (naar mijn weten) geen model voor filevorming.

Een ander model zou kunnen zijn de verdeling van het verkeer over een stad. Hiervoor zijn wel modellen beschikbaar, maar dit model zegt nog niets over de verdeling van het verkeer over het hele land. Daarom zullen we een algemeen model nemen: een stochastische verdeling en wel de binomiale verdeling. De Poisson-verdeling en normale verdeling komen als benadering niet in aanmerking vanwege de eis dat p (de kans dat een abonnee zich in het gebied van een MSC bevindt) kleiner moet zijn dan 0,1. Bij netwerkarchitectuur I, II en III gaan we uit van zes MSC's, dus $p=1/6$. Deze verdelingen zouden wel goed volstaan bij meer dan 10 MSC's.

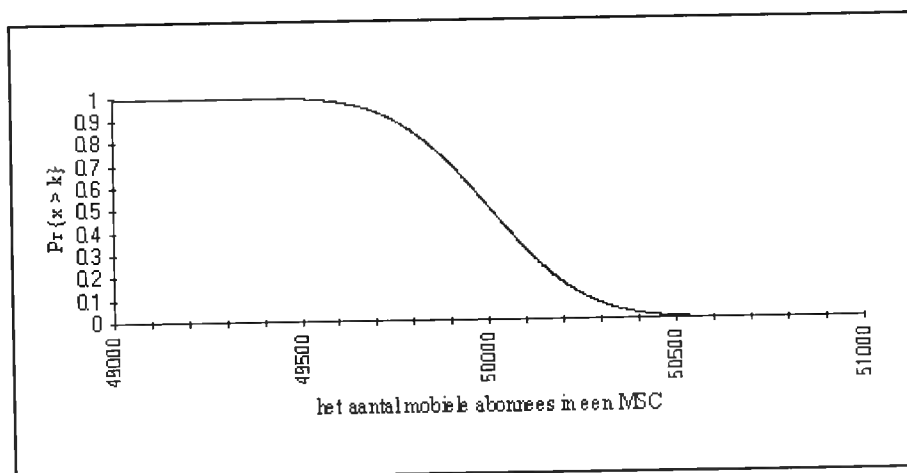
De binomiale verdeling ziet er als volgt uit:

$$P_k = \binom{n}{k} (1-p)^{n-k} p^k = \frac{n!}{k! (n-k)!} (1-p)^{n-k} p^k \quad (5-1)$$

Formule 5-2 berekent de kans dat een MSC meer dan k abonnees heeft.

$$P(X > k) = \sum_{i=k}^n \binom{n}{i} (1-p)^{n-i} p^i \quad (5-2)$$

Deze kans staat uitgezet voor 300.000 mobiele abonnees ($n = 300.000$) en 6 MSC's ($p=1/6$) voor $k = 49.000$ tot 51.000 in figuur 5-7. In appendix G is het programma terug te vinden voor het berekenen van formule 5-2.



Figuur 5-8, de kans dat het aantal mobiele abonnees in het gebied van een MSC groter is dan x

Uit deze figuur blijkt dat de kans dat het aantal mobiele abonnees in het gebied van één MSC groter zal zijn dan 51.000 gelijk is aan nul. We kunnen voor onze berekeningen dus uitgaan van maximaal 51.000 te bedienen mobiele abonnees voor een MSC.

Formule 5-3 berekent het aantal benodigde erlang voor het verwerken van het uitgaande verkeer van de mobiele abonnees:

$$E = k * A \quad (5-3)$$

met k = aantal abonnees in een gebied
 A = gemiddelde verkeer per abonnee in erlang (0,025 E in drukste uur)
 E = aantal benodigde erlang voor verwerken van verkeer

$E = 1.275$ E voor 51.000 abonnees in het drukste uur.

Het ingaand mobiel verkeer is ongeveer 30% van het totale mobiele verkeer en zal in het drukste uur dus ongeveer 550 erlang bedragen (30% van 1.275 E / 0.7). In totaal moet er in het drukste uur dus 1.825 erlang verwerkt worden.

5.6.2 De kosten van de (G)MSC's

De apparatuurkosten hangen af van het aantal Base Stations (BS's), Base Station Controllers (BSC's) en Mobile switching Centres (MSC's) en de functies die ze hebben. Nogmaals gaan we er vanuit dat netwerkarchitectuur I,II en III hetzelfde aantal BS's en BSC's hebben met dezelfde functies. De kosten voor BS's en BSC's zijn dus constant (een BS kost gemiddeld 2 miljoen gulden [24]), alleen de investeringen in (G)MSC's zijn variabel.

Een gateway MSC moet in staat zijn de HLR te ondervragen en verkeer te registreren. Bij het Ericsson CME-20 systeem is de hardware en software van een MSC hetzelfde als bij een gateway MSC (§1.5.4). Het is slechts een kwestie van het in- of uitschakelen van bepaalde functies. De kosten van een MSC zullen dus gelijk zijn aan de kosten van een GMSC en liggen tussen de 3 en 10 miljoen dollar [24]. Bij een koers van 1 dollar = f1,85 is dit omgerekend gemiddeld ongeveer 12 miljoen gulden.

5.6.3 De kans op blokkering van een gateway MSC

Het verkeer van mobiele abonnees is moeilijk te voorspellen, aangezien mobiele abonnees zich verplaatsen van het ene gebied (MSC) naar het andere. Het kan voorkomen dat een verkeersvoorspelling overschreden wordt en een (G)MSC veel meer verkeer te verwerken krijgt dan hij aankan en daardoor oproepen geblokkeerd zullen worden. Afhankelijk van de GSM-netwerkarchitectuur kunnen deze oproepen dan alsnog naar een andere GMSC geleid worden.

5.6.4 De mogelijkheid tot routing binnen het GSM-net

De mogelijkheid om al in het GSM-net een oproep bestemd voor een PSTN-abonnee zo dicht mogelijk bij die PSTN-abonnee te krijgen, noemen we de mogelijkheid tot routing binnen het GSM-net. De (G)MSC's zullen dan onderscheid moeten maken tussen oproepen afhankelijk van de bestemmingen. Dit is mogelijk met behulp van nummeranalyse. Uit het telefoonnummer van een PSTN-abonnee kan precies gehaald worden in welk gebied de abonnee gevestigd is (§2.6). Een

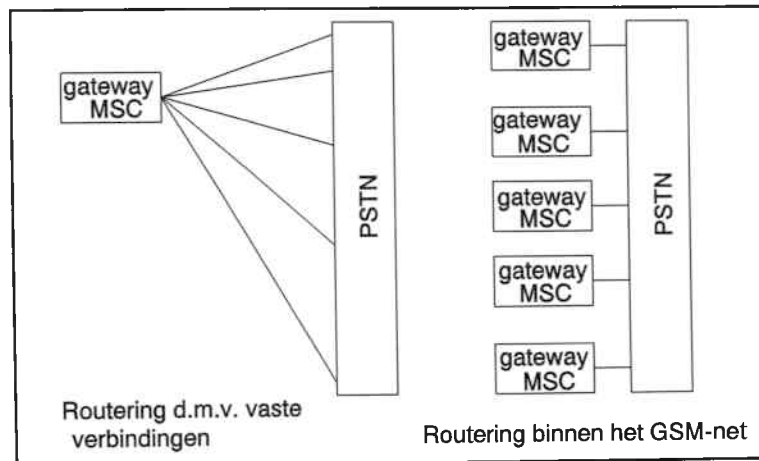
(G)MSC kan dan een oproep alvast naar een gateway MSC leiden in de buurt van de abonnee². De mogelijkheid tot routing binnen het GSM-net is afhankelijk van de architectuur van het net.

De voordelen van binnen het GSM-net routeren van een oproep, zijn:

- het kunnen minimaliseren van het gebruikstarief (§6.6)

en

- het GSM-net zo onafhankelijk mogelijk maken van de PSTN-exploitant (§6.3).



Figuur 5-9, het verschil in interconnectie tussen PSTN en GMSC bij routing d.m.v. vaste verbindingen en routing binnen het GSM-net

Het is ook mogelijk om vanaf een gateway MSC verschillende vaste verbindingen in verschillende gebieden van het PSTN te laten eindigen om zo een oproep op de juiste lokatie te krijgen (figuur 5-9). Dit is hier echter niet bedoeld en heeft bovendien tot gevolg dat er veel en lange vaste verbindingen van PTT gehuurd zouden moeten worden (de lengte en hoeveelheid is afhankelijk van de netwerkarchitectuur van het GSM-net).

² Of er inderdaad vanaf een dichtbijgelegen gateway MSC naar de PSTN-abonnee gerouteerd kan worden via een korte vaste verbinding, hangt af van het aantal en de lokatie van de interconnecties (§6.8 en §6.9).

5.6 De aspecten toegespitst op netwerkarchitectuur I

De kosten van de vaste verbindingen tussen (G)MSC's

Het aantal vaste verbindingen tussen de zes MSC's en de ene gateway MSC is zes. In tabel 5-1 staan de nominale maandelijkse kosten voor vaste 2 Mbit/s verbindingen [30][52] bij de lokaties van de (G)MSC's volgens figuur 5-3.

Maandelijkse kosten van een 2 Mbit/s verbinding van	Gateway MSC in Amsterdam	Cumulatieve kosten
MSC in Amsterdam naar	f0	f0
MSC in Arnhem naar	±f14.000	±f14.000
MSC in Rotterdam naar	±f13.000	±f27.000
MSC in Groningen naar	±f17.000	±f44.000
MSC in Venlo naar	±f16.000	±f60.000
MSC in Breda naar	±f15.000	±f75.000

Tabel 5-1, kosten per maand van 2 Mbit/s vaste verbindingen tussen de zes MSC's en de gateway MSC in Amsterdam volgens figuur 5-3 bij netwerkarchitectuur I

De kosten in tabel 5-1 zijn de minimale maandelijkse kosten van vaste verbindingen. Dit brengt het totaal voor zes MSC's **op jaarbasis** op (12 maanden * ± f75.000 =) ongeveer 0,9 Mf. Bij die kosten komen in het eerste jaar nog de eenmalige aansluitkosten van f29.250 per vaste verbinding (= 6 * f29.250 = f175.500).

In §5.6 is berekend dat in totaal 1.825 E verkeer verwerkt moet worden. Een verbinding van 2 Mbit/s kan echter slechts 30 E verkeer verwerken. Er zullen dus meer (of hogere orde) verbindingen nodig zijn.

De maximaal acceptabele blokkeringskans voor verbindingen is meestal 1% (§8.3). Hier zal steeds een blokkeringskans van ½% gehanteerd worden om een 'worst case' situatie te creëren voor het aantal benodigde erlangs voor de verbindingen. Dit betekent dat om al het verkeer in het drukste uur (1.825 E) te verwerken met een blokkeringskans van ½% 1.877 kanalen van 64 kbit/s nodig zijn tussen een MSC en de GMSC. Dit is uitgerekend met het programma in appendix G van de erlangformule. Vier verbindingen van 34 Mbit/s (of één van 140 Mbit/s) hebben 4 * 480 kanalen (zie appendix C) = 1.920 kanalen (= 1.920 erlang). Dit zou dus voldoende zijn. In tabel 5-5 staan de kosten van de vaste verbindingen van netwerkarchitectuur I bij 2, 3, 4, 5 en 6 MSC's uitgezet, in vergelijking met netwerkarchitectuur II en III.

De investeringskosten van de (G)MSC's

Voor netwerkkarchitectuur I zijn zes MSC's en één gateway MSC nodig. Dit resulteert tot kosten van $7 * 12$ miljoen gulden = 84 miljoen gulden³.

De kans op blokkering van een gateway MSC

De kans dat de gateway MSC blokkeert, hangt af van de dimensionering van de gateway. Als de gateway is gedimensioneerd voor maximaal 300.000 abonnees (met elk 0.025 erlang verkeer) zal de gateway MSC pas problemen ondervinden als

- 1) er meer dan 300.000 abonnees komen (met nog steeds per abonnee 0,025 erlang verkeer) of
- 2) als de abonnees consequent vaker of langer gaan bellen of gebeld worden
- 3) de gateway MSC om een andere reden uitvalt

Het eerste geval kan de GSM-exploitant zien aankomen door het aantal abonnees (in de HLR) bij te houden. Het tweede geval zal wat moeilijker voorspelbaar zijn, maar is te monitoren door statistieken bij te houden. Het is vrijwel onmogelijk om het derde geval aan te zien komen (stroomuitval, technische storing, aanslagen, natuurrampen, buitengewone evenementen).

Als de gateway MSC blokkeert of uitvalt, is er geen inkomend of uitgaand verkeer meer mogelijk, alleen mobiel verkeer binnen het GSM-net binnen het gebied van één MSC (als er geen verbindingen tussen de MSC's onderling zijn). Dit risico is onaanvaardbaar.

Dit risico zou zeer verkleind kunnen worden door een dubbele gateway MSC neer te zetten. Als dan de operationele gateway MSC uitvalt, kan er over geschakeld worden op de andere gateway MSC. Bij stroomuitval, aanslagen en natuurrampen (dus wanneer goede telecommunicatie juist belangrijk is) is de kans heel groot dat beide gateway MSC's uitvallen, doordat ze op dezelfde lokatie staan. De tweede gateway MSC zou dan beter op een andere plaats gezet kunnen worden. Dit leidt tot netwerkkarchitectuur II.

De mogelijkheid tot routing binnen het GSM-net

De mogelijkheid om oproepen al binnen het GSM-net richting de eindbestemming te routeren is nul. Er is maar één gateway MSC in netwerkkarchitectuur I, waar alle oproepen terecht komen ongeacht de eindbestemming.

³ De gateway MSC hoeft alleen de HLR te ondervragen, het verkeer te registreren en oproepen door te schakelen. De GMSC kan dus eventueel een simpele versie van een MSC zijn. Dit zal slechts een gering effect op de kosten hebben.

5.8 De aspecten toegespitst op netwerkkarchitectuur II

De kosten van de vaste verbindingen tussen (G)MSC's

Er zijn bij zes MSC's en twee GMSC's twaalf vaste verbindingen nodig. In tabel 5-2 staan de maandelijkse kosten van deze verbindingen weergegeven. Hier is uitgegaan van 2 Mbit/s verbindingen volgens de tarieven van [52].

Maandelijkse kosten van een 2 Mbit/s verbinding van	Gateway MSC in Amsterdam	Gateway MSC in Arnhem	Cumulatieve kosten
MSC in Amsterdam naar	f0	±f14.000	±f14.000
MSC in Arnhem naar	±f14.000	f0	±f28.000
MSC in Rotterdam naar	±f13.000	±f14.000	±f55.000
MSC in Groningen naar	±f17.000	±f17.000	±f89.000
MSC in Venlo naar	±f16.000	±f13.000	±f118.000
MSC in Breda naar	±f15.000	±f14.000	±f147.000

Tabel 5-2, kosten per maand van 2 Mbit/s vaste verbindingen tussen de MSC's en gateway MSC's volgens figuur 5-5 bij netwerkkarchitectuur II

Op **jaarbasis** betekent dit kosten voor de verbindingen van: (12 maanden * ± f147.000 =) ongeveer 1,8 miljoen. Het eerste jaar komen daar nog de kosten voor de eenmalige aansluitingen bij (= 12 * f29.250 = f351.000). Dit zijn echter de kosten voor vaste verbindingen van 2 Mbit/s. De benodigde capaciteit zal hoger liggen.

Er zullen gemiddeld maximaal 51.000 mobiele abonnees in een gebied van een MSC zitten. Dit geeft 1.825 E in- en uitgaand verkeer. We veronderstellen dat de oproepen vanaf een MSC en de oproepen vanaf het PSTN gelijkmatig over de twee gateway MSC's verdeeld zullen worden. Er zullen dan net als bij netwerkkarchitectuur I vier 34 Mbit/s verbindingen (of één 140 Mbit/s) nodig zijn om al het verkeer te verwerken. De bijbehorende kosten zijn terug te vinden in tabel 5-5.

Bij meer dan twee gateway MSC's hoeven niet alle MSC's verbonden te zijn met alle gateway MSC's (met twee is voldoende (voor de betrouwbaarheid)).

De investeringskosten van de (G)MSC's

Als we bij netwerkkarchitectuur II zes MSC's en twee gateway MSC's installeren, zullen er in totaal acht (G)MSC's nodig zijn. Dit geeft totale kosten van:

$$8 * 12 \text{ miljoen gulden} = 96 \text{ miljoen gulden}^4$$

⁴ zie voetnoot 3

De kans op blokkering van een gateway MSC

Bij netwerkkarchitectuur II is de kans aanwezig dat een gateway MSC blokkeert door de hoeveelheid verkeer. De bestemmingen van de oproepen uit het GSM-net bepalen bij welke gateway MSC een oproep terecht komt. En deze bestemmingen zijn niet van te voren bekend. Er kunnen wel met behulp van statistische verdelingen (zoals in § 5.6.1) schattingen gemaakt worden van de bestemmingen van het verkeer, maar het kan voorkomen dat de schattingen overschreden worden.

Als een gateway MSC blokkeert, kan een oproep nog uitwijken naar de andere gateway MSC. De kans dat de andere gateway MSC op hetzelfde moment ook zal blokkeren, zal zeer klein zijn, aangezien de eerste gateway MSC al het grootste deel van het verkeer afhandelt. Alleen als de **totale** hoeveelheid verkeer groter zal zijn, is deze kans aanwezig. Als beide gateway MSC's blokkeren, kan er alleen nog mobiel verkeer binnen een MSC afgehandeld worden.

Voor een oproep van het PSTN naar het GSM zal naar de gateway MSC worden gerouteerd die het dichtst bij ligt. Er geldt dan hetzelfde voor de kans op blokkering als hierboven.

De mogelijkheid tot routing binnen het GSM-net

Bij netwerkkarchitectuur II kan er vanuit het GSM-net naar 2 gateway MSC's gerouteerd worden. De routing binnen het GSM-net is dus zeer beperkt. Er kan wel een onderscheid worden gemaakt in bijvoorbeeld het westen en het oosten van Nederland. Daarvandaan kan in principe elke centrale in het PSTN bereikt worden met behulp van vaste verbindingen, gehuurd van PTT (zie figuur 5-9). De kosten van de vaste verbindingen zullen dan wel erg oplopen.

5.9 De aspecten toegespitst op netwerkkarchitectuur III

De kosten van de vaste verbindingen tussen (G)MSC's

We gaan bij de berekeningen in deze paragraaf steeds uit van zes of meer interconnectiepunten in het PSTN. Het aantal vaste verbindingen tussen de gateway MSC's in netwerkkarchitectuur III is 15. Formule 5-2 kan het aantal benodigde vaste verbindingen uitrekenen bij een maasvormige opbouw. In tabel 5-3 staan een aantal voorbeelden.

$$\text{aantal vaste verbindingen} = (\# \text{GMSC} * (\# \text{GMSC} - 1)) / 2 \quad (5-2)$$

met $\# \text{GMSC}$ = aantal GMSC's

aantal GMSC's	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
aantal vaste verbindingen	0	1	3	6	10	15	21	28	36	45	55	66

Tabel 5-3, aantal benodigde vaste verbindingen bij toenemend aantal GMSC's bij netwerkkarchitectuur III

In tabel 5-4 staan de maandelijkse kosten van de vaste verbindingen (van 2 Mbit/s) tussen de gateway MSC's. De totale kosten liggen op ongeveer f234.000 per maand, dus $(12 * \text{f}234.000 =)$ ongeveer 2,8 miljoen gulden per jaar. De eenmalige aansluitkosten in het eerste jaar komen op $(15 * \text{f}29.250 =)$ ongeveer een half miljoen gulden.

Maandelijkse kosten van een 2 Mbit/s verbinding van	GMSC in Amsterdam	GMSC in Arnhem	GMSC in Rotterdam	GMSC in Venlo	GMSC in Groningen	GMSC in Breda	Cumulatieve kosten
GMSC in Amsterdam naar	X	X	X	X	X	X	X
GMSC in Arnhem naar	≈14.000	X	X	X	X	X	≈14.000
GMSC in Rotterdam naar	≈13.000	≈14.000	X	X	X	X	≈41.000
GMSC in Venlo naar	≈16.000	≈13.000	≈16.000	X	X	X	≈86.000
GMSC in Groningen naar	≈17.000	≈17.000	≈19.000	≈20.000	X	X	≈159.000
GMSC in Breda naar	≈15.000	≈14.000	≈12.000	≈14.000	≈20.000	X	≈234.000

Tabel 5-4, kosten per maand in guldens van vaste 2 Mbit/s verbindingen tussen de GMSC's volgens figuur 5-7 bij netwerkkarchitectuur III

De capaciteit die nodig is voor het transporteren van het verkeer van de mobiele abonnees zal echter ook hier hoger zijn dan 2 Mbit/s.

Verkeer van GSM naar het PSTN

Verkeer van maximaal ongeveer 51.000 mobiele abonnees zal bij een MSC terecht komen. Gemiddeld zal $1/6^e$ deel van het mobiele verkeer zijn aangeland bij de juiste MSC⁵ (bij in totaal zes MSC's). De juiste MSC wil zeggen de MSC die in de buurt van de eindbestemming van de oproep ligt. In werkelijkheid zal het meeste verkeer lokaal verkeer zijn [55] en het deel dat bij de juiste MSC aankomt dus groot zijn. Dit betekent dat de capaciteit van de verbindingen tussen de GMSC's kleiner hoeft te zijn. Stel dat het deel dat naar één van de andere vijf GMSC's gerouteerd moet worden $1/4^e$ is en dat elke MSC evenveel verkeer krijgt. Met formule 5-3 is al berekend dat 151.000 abonnees 1.275 erlang verkeer genereren. Een verbinding van een MSC naar een willekeurig andere MSC zal dan $1/4 * 1.275 E / 5 \text{ MSC's} = 64 \text{ erlang}$ capaciteit moeten hebben voor het verkeer van GSM naar het PSTN.

Verkeer van het PSTN naar GSM

Het verkeer in het drukste uur van het PSTN naar het GSM-net zal ongeveer 550 erlang bedragen; $1/4^e$ deel zal hiervan naar de andere MSC's gerouteerd moeten worden. Dus $1/4 * 550 E / 5 \text{ MSC's}$ circa 27 E. Met een blokkeringskans van $1/2\%$ zijn voor 91 E (64 E + 27 E) verkeer in totaal 111 kanalen van 64 kbit/s nodig. Vier verbindingen van 2 Mbit/s bevatten samen 120 kanalen (appendix D). De kosten voor de vaste verbindingen bij zes GMSC's zullen dan komen op ongeveer 11,2 miljoen gulden per jaar ($f234.000 * 12 * 4$).

In tabel 5-5 zijn de kosten van de vaste verbindingen uitgezet voor netwerkkarchitectuur I, II en III. Hier is rekening gehouden met de benodigde capaciteit van de verbindingen. Voor netwerkkarchitectuur I en II zijn vier 34 Mbit/s verbindingen nodig in plaats van één 2 Mbit/s verbinding en voor netwerkkarchitectuur III vier 2 Mbit/s verbindingen.

⁵ De "juiste" GMSC wil zeggen, die GMSC (het gebied) waar de opgeroepen abonnee zich bevindt

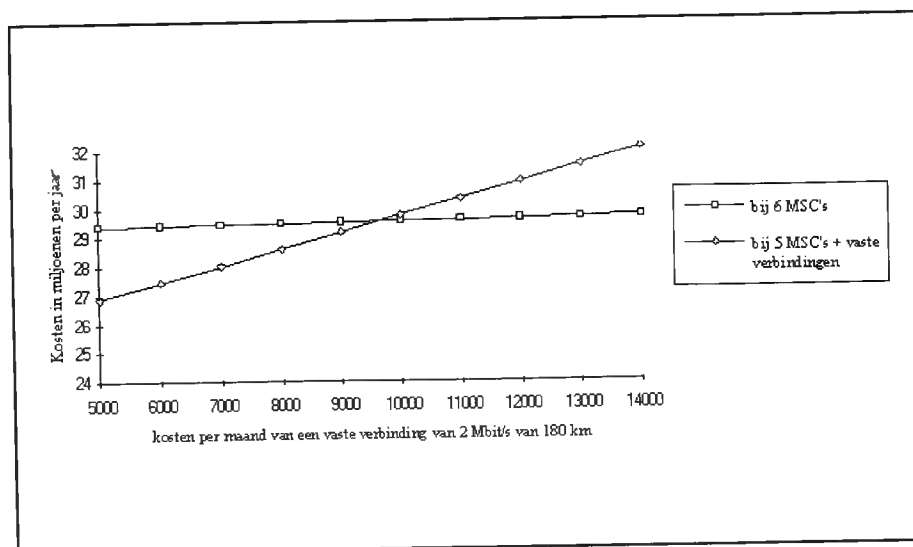
Voor 34 Mbit/s of 140 Mbit/s verbindingen bestaan geen standaardprijzen in Nederland (§2.8). In Duitsland zijn de prijzen voor 34 Mbit/s verbindingen wel standaard beschikbaar [15]. Daar is de prijs voor 34 Mbit/s verbindingen ongeveer 8x zo hoog als voor 2 Mbit/s verbindingen. Dezelfde verhouding zal hier voor Nederland aangehouden worden. Uit tabel 5-5 blijkt dat netwerkarchitectuur III voordeliger is wat betreft de vaste verbindingen dan netwerkarchitectuur I en II.

De kosten van de vaste verbindingen tussen de (G)MSC's (per jaar) bij	2 (G)MSC's	3 (G)MSC's	4 (G)MSC's	5 (G)MSC's	6 (G)MSC's
Netwerkarchitectuur I	5,4	10,4	16,9	23,0	28,8
Netwerkarchitectuur II	10,8	21,1	34,2	45,3	56,4
Netwerkarchitectuur III	0,7	2,0	4,2	7,6	11,2

Tabel 5-5, vergelijking van de kosten van de benodigde vaste verbindingen per jaar (in miljoenen guldens) bij drie netwerkarchitecturen en 2, 3, 4, 5 of 6 (G)MSC's

Kostenvergelijking van een netwerkarchitectuur van "zes MSC's" met "vijf MSC's en vaste verbindingen in plaats van de zesde MSC"

In plaats van de GMSC in Groningen kunnen er ook vaste verbindingen gebruikt worden om het verkeer uit Groningen naar de GMSC in Arnhem te leiden (en weer terug naar het interconnectiepunt in Groningen). De kosten hiervoor vergeleken met de kosten bij zes GMSC's zijn uitgezet in figuur 5-10. Hierbij is de prijs van een 2 Mbit/s verbinding variabel gemaakt. Voor een GMSC van 12 miljoen gulden is per jaar 3 miljoen gulden gerekend, bij afschrijving in vier jaar. De kosten voor de vaste verbindingen bij zes GMSC's zijn 11,2 miljoen gulden. Verder is uitgegaan van drie 34 Mbit/s vaste verbindingen van Groningen naar Arnhem bij vijf GMSC's. Het aantal abonnees in de omgeving van Groningen is ongeveer 51.000. Bij deze berekeningen is verondersteld dat de GMSC in Arnhem genoeg capaciteit heeft.



Figuur 5-10, de kosten per jaar bij 6 (G)MSC's en de kosten per jaar bij 5 (G)MSC's en vaste verbindingen uitgezet tegen de kosten per maand van een 2 Mbit/s vaste verbinding van 180 km

Uit figuur 5-10 is te zien dat bij een prijs lager dan f10.000 voor een 2 Mbit/s verbinding van 100 km het voordeliger is om vijf GMSC's te gebruiken in plaats van zes.

De investeringskosten van de (G)MSC's

Bij netwerkarchitectuur III zijn zes gateway MSC's nodig. Een gateway MSC kost gemiddeld 12 miljoen gulden [24]. Dus zes gateway MSC's kosten in totaal 72 miljoen gulden.

De kans op blokkering van een gateway MSC

De kans dat een gateway MSC blokkeert, is afhankelijk van het verkeer dat hij te verwerken krijgt. De GSM-exploitant kan veronderstellen dat al het mobiele verkeer zich uniform over de gateway MSC's zal verdelen. Hij zal dan elke gateway MSC genoeg capaciteit geven voor $(300.000 \text{ abonnees} / 6 \text{ GMSC's}) = 50.000$ abonnees. Als de abonnees zich dan niet uniform verdelen zal een gateway MSC meer verkeer moeten verwerken dan mogelijk en gaan blokkeren. De kans hierop hangt dus af van de planning van de GSM-exploitant.

Als de gateway MSC die het dichtst in de buurt is van de eindbestemming van de oproep echter blokkeert, kan er altijd nog naar vijf andere gateway MSC's gerouteerd worden. De kans dat die alle vijf ook blokkeren, is erg klein.

Eén gateway MSC kan maximaal 80.000 abonnees bedienen. Bij toename van het aantal abonnees van GSM2 van 300.000 tot 600.000 moet het aantal GMSC's uitgebreid worden tot:
 $600.000 \text{ abonnees} / 80.000 \text{ abonnees per GMSC} = 7.5 \text{ GMSC's}$. Dit betekent dus dat er minimaal 2 GMSC's bij moeten komen.

De mogelijkheid tot routing binnen het GSM-net

Bij netwerkarchitectuur III kan er naar zes verschillende gateway MSC's, ofwel lokaties, in het GSM-net gerouteerd worden. Dit houdt in dat er al binnen het GSM-net een grof onderscheid kan worden gemaakt in de bestemmingen van oproepen. Hoe meer GMSC's, hoe beter de routing in het mobiele net mogelijk is. Vanaf de GMSC's kan nog verder naar eindbestemming gerouteerd worden door naar verscheidene lokaties verbindingen te leggen.

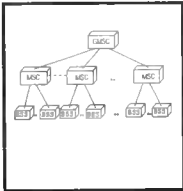
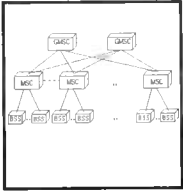
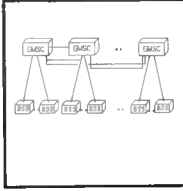
5.10 De aspecten toegespitst op een combinatie van netwerkarchitectuur II en III

Een combinatie van netwerkarchitectuur II en III is ook mogelijk. Dit houdt in dat bij netwerkarchitectuur II alle MSC's gateways zijn. Deze gateway MSC's zijn dan grotendeels met elkaar verbonden voor het routeren van oproepen van het GSM naar het PSTN. De twee (of meer) "daarboven staande" (qua hiërarchie) gateway MSC's zijn aangebracht voor oproepen van het PSTN naar het GSM en voor onrendabele verbindingen tussen MSC's. De verschillende aspecten zullen dan als volgt uitvallen:

- De kosten van de vaste verbindingen zullen iets lager zijn dan bij netwerkarchitectuur III
- De investeringskosten van de (G)MSC's zijn gelijk aan die van netwerkarchitectuur II
- De blokkeringskans ten gevolge van volledige belasting van een GMSC is voor een oproep van GSM naar PSTN gelijk aan die van netwerkarchitectuur III en voor een oproep van PSTN naar GSM aan netwerkarchitectuur II.
- De mogelijkheid tot routing in het GSM-net is gelijk aan de mogelijkheid bij netwerkarchitectuur III.

5.11 Samenvattend schema

De voor- en nadelen van de uitgewerkte aspecten bij de drie netwerkarchitecturen zijn in tabel 5-6 samengevat.

	 I	 II	 III
De kosten van de vaste verbindingen tussen (G)MSC's	28,8 miljoen per jaar ¹⁾	56,4 miljoen per jaar ²⁾	11,2 miljoen per jaar ³⁾
De investeringskosten van de (G)MSC's	84 miljoen	96 miljoen	72 miljoen
De kans op blokkering van een gateway MSC	---	+	++
De mogelijkheid tot routing binnen het GSM-net	---	-	++

Tabel 5-6, belangrijke aspecten bij de keuze tussen netwerkarchitectuur I, II en III

- 1) Bij één GMSC, zes MSC's en 300.000 GSM-abonnees zonder eenmalige aansluitkosten van f175.500 en zonder korting
- 2) Bij twee GMSC's, zes MSC's en 300.000 abonnees zonder eenmalige aansluitkosten van f351.000 en zonder korting
- 3) Bij zes GMSC's en 300.000 GSM-abonnees zonder eenmalige aansluitkosten van circa een half miljoen en zonder korting

- ++ :dit aspect valt bijzonder gunstig uit
 + :dit aspect valt gunstig uit
 - :dit aspect valt niet zo gunstig uit
 --- :dit aspect valt buitengewoon ongunstig uit

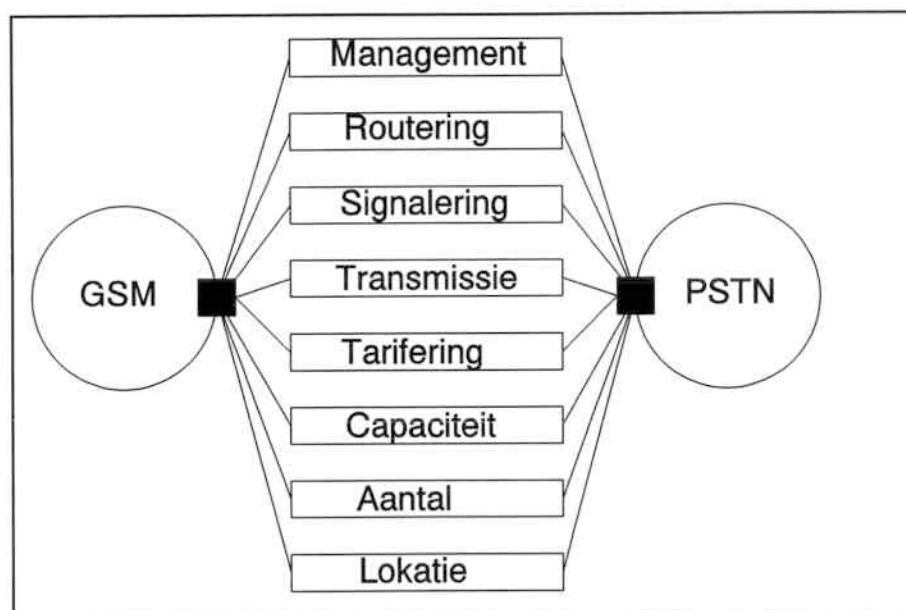
5.11 Conclusie

Netwerkarchitectuur I kent twee aspecten die buitengewoon negatief uitvallen. Eén ervan, het risico dat het hele GSM-net (behalve zuiver mobiel verkeer binnen een MSC-gebied) uitvalt bij volledige belasting van de gateway MSC, is onaanvaardbaar. Daarom zullen we netwerkarchitectuur I niet meer als optie meenemen in het vervolg van het onderzoek.

Uit tabel 5-6 kan verder de conclusie worden getrokken dat netwerkarchitectuur III de gunstigste configuratie is voor het GSM-net uitgaand van de vier besproken aspecten. Een voorwaarde bij netwerkarchitectuur III (en combinatie van II/III) is echter wel dat er zes of meer interconnectiepunten in het PSTN zijn. Een nog beter alternatief is de combinatie van netwerkarchitectuur II en III. Deze heeft de voordelen voor routing in het mobiele net en de mogelijkheid om onrendabele verbindingen te vermijden (§5.10).

6. De hoofdaspecten bij interconnectie tussen GSM en de vier niveaus van het PSTN

Dit hoofdstuk geeft de belangrijkste aspecten weer bij de interconnectie van GSM met de vier niveaus van het PSTN. In hoofdstuk 7 komen andere minder essentiële aspecten aan de orde. Steeds zullen van een aspect de gevolgen van interconnectie op een bepaald PSTN-niveau uiteen worden gezet. Soms zijn deze gevolgen afhankelijk van de GSM-netwerkarchitectuur. Drie mogelijke GSM-netwerkarchitecturen zijn beschreven in hoofdstuk 5. Aan het begin van elke paragraaf wordt aangegeven voor welke exploitant het aspect het belangrijkste is. In figuur 6-1 staan de hoofdaspecten weergegeven. In dit onderzoek wordt de interconnectie voor oproepen van het PSTN naar het GSM verondersteld via de omwegcentrales en twee PSTN-gateways te lopen (§2.4.1). Dit is echter niet noodzakelijk. De vier niveaus van het PSTN staan beschreven in hoofdstuk 2. Het aantal interconnectie-punten bij elke niveau van interconnectie wordt besproken in §6.9. We zullen in dit hoofdstuk uitgaan van de resultaten van §6.9. Dat betekent interconnectie met twee omwegcentrales, drie internationale centrales, 22 eerste-orde verkeerscentrales en meer dan 25 nummercentrales.

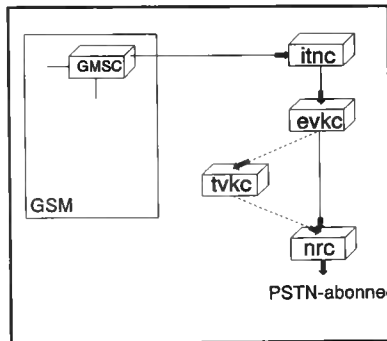


Figuur 6-1, de hoofdaspecten bij interconnectie van GSM met het PSTN

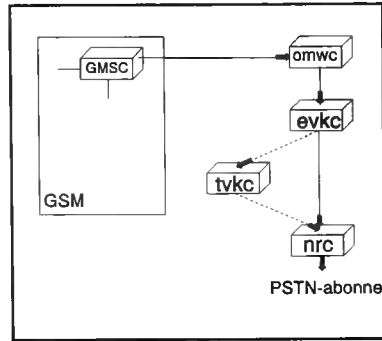
6.1 Mogelijke interconnecties

Het eerste niveau

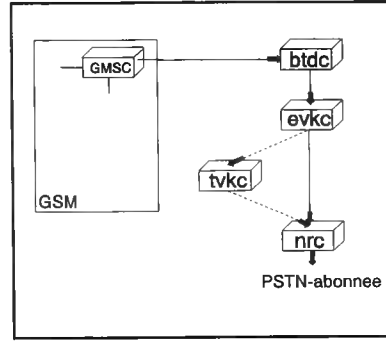
De centrales van het eerste niveau die voor interconnectie in aanmerking komen, zijn de internationale centrales (figuur 6-2), de omwegcentrales (figuur 6-3) en de 06-centrale (btde)(figuur 6-4) .



Figuur 6-2, interconnectie op het eerste niveau met de internationale centrales



Figuur 6-3, interconnectie op het eerste niveau met de omwegcentrales

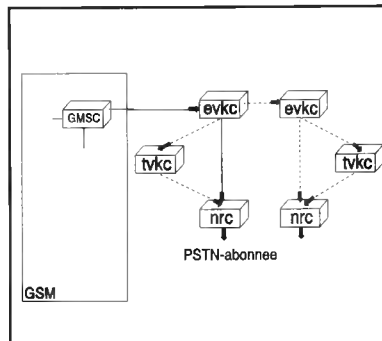


Figuur 6-4, interconnectie op het eerste niveau met de 06-centrales

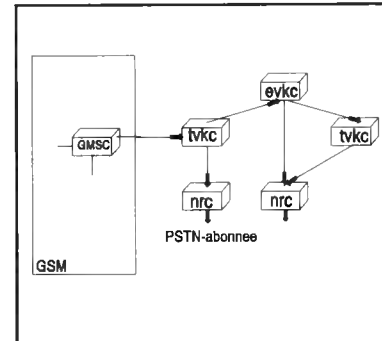
Bij interconnectie met de 06-centrale is er één groot nadeel. Er is namelijk maar één 06-centrale. Vanwege de betrouwbaarheid is het daarom niet aan te raden deze 06-centrale als interconnectiecentrale te gebruiken. Bij uitval zal er geen verkeer meer mogelijk zijn van GSM naar het PSTN. Het verdere onderzoek zal deze mogelijkheid voor interconnectie dan ook niet meer in beschouwing nemen.

Het tweede niveau

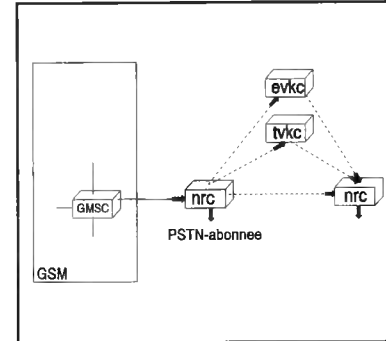
Interconnectie met het tweede niveau van het PSTN geschiedt via de eerste-orde verkeerscentrales (figuur 6-5).



Figuur 6-5, interconnectie op het tweede niveau met de eerste-orde verkeerscentrales



Figuur 6-6, interconnectie op het derde niveau met de tweede-orde verkeerscentrales



Figuur 6-7, interconnectie op het vierde niveau met de nummercentrales

Het derde niveau

Het derde niveau van interconnectie is met de tweede-orde verkeerscentrales (figuur 6-6). Deze centrales hebben dezelfde voor- en nadelen voor interconnectie als de eerste-orde verkeerscentrales. Eén extra groot nadeel is echter dat slechts 25% van de nummercentrales met de tweede-orde verkeerscentrales zijn verbonden [27]. Hierdoor zal er bij interconnectie met een tweede-orde verkeerscentrale vaak via een eerste-orde verkeerscentrales naar een nummercentrale gerouteerd moeten worden. Bovendien zullen deze centrales in de toekomst niet meer in het PSTN voorkomen [38]. We zullen deze mogelijke interconnectie daarom niet meer in het onderzoek meenemen.

Het vierde niveau

Interconnectie met het vierde niveau van het PSTN verloopt via de nummercentrales (figuur 6-7). Dit kan op twee manieren:

- 1) via een vaste verbinding van 2 Mbit/s of hoger
- 2) via aansluiting van een meervoudig systeem (PABX-aansluiting)

Optie 1 is geen algemeen gebruikte aansluiting. De aansluiting van een gateway MSC als meervoudig systeem op een nummercentrale, optie 2, geschiedt volgens de specificaties van conformiteit van randapparatuur (§3.4). Als de (G)MSC aan alle specificaties voldoet, kan hij via één of meer 2 Mbit/s verbindingen met de nummercentrale verbonden worden.

De voordelen van interconnectie via een aansluiting van een meervoudig systeem (PABX) zijn:

A de vast gedefinieerde tarieven

B overal in Nederland toepasbaar op redelijk korte termijn vanwege vast gedefinieerde aansluitingseisen

De meervoudige aansluiting zal alleen worden gebruikt voor verkeer van het GSM naar het PSTN en heeft dus alleen enkelgerichte uitgaande lijnen nodig. Voor aansluiting van een MSC als randapparaat moet deze wel gekeurd worden conform de eisen van het Ministerie van Verkeer en Waterstaat. De MSC komt dan overeen met een meervoudig systeem met niet-systeemgebonden randapparatuur (§3.10.2). Dat betekent dat alle apparatuur achter de MSC meegekeurd moet worden. De eisen voor de keuring staan samengevat in appendix F.

6.2 Management:

6.2.1 De beheersbaarheid en controleerbaarheid van de netten

Het niveau van interconnectie heeft de meeste invloed op de beheersbaarheid en controleerbaarheid in het PSTN. Dit aspect is dus hoofdzakelijk van belang voor de PSTN-exploitant. Het aantal interconnectiepunten heeft wel invloed op de beheersbaarheid en controleerbaarheid voor de GSM-exploitant.

GSM

In GSM (in het Ericsson CME-20 systeem) zit standaard in elke MSC een "verkeersregistratie-functie". Het "Operation and Maintenance Centre" kan met behulp van OMAP signalering alle benodigde gegevens van de verschillende MSC's verzamelen. De MSC's worden constant "gemonitord" om te kijken of er fouten optreden of calamiteiten zijn. Ook worden op die manier verkeerskarakteristieken bepaald. Als het aantal MSC's toeneemt, zullen er meer gegevens verzameld moeten worden. Het verzamelen gaat automatisch, alleen het verwerken kost de nodige mankracht.

Het aantal interconnectiepunten heeft geen invloed op het aantal benodigde (G)MSC's in het GSM-net. Bij 20 of meer interconnectiepunten, bij interconnectie met bijvoorbeeld de nummercentrales, wil dit niet zeggen dat het aantal (G)MSC's ook 20 of meer moet zijn. Dit kunnen er ook bijvoorbeeld twee zijn. Met vaste verbindingen kan er dan vanuit de gateway MSC's naar de

interconnectiepunten gerouteerd worden. Het niveau van interconnectie heeft dus geen invloed op het aantal (G)MSC's. Wel is het zo dat voor elke bestemming van de vaste verbindingen vanaf de GMSC de hoeveelheid verkeer bijgehouden moet worden. Dit om per interconnectiecentrale de hoeveelheid verkeer te weten voor verrekening met de PSTN-exploitant. De beheersbaarheid en controleerbaarheid hangt dus gedeeltelijk af van de GSM-netwerkarchitectuur en gedeeltelijk van het aantal interconnectiepunten.

PSTN

In het PSTN daarentegen is het aantal interconnectiecentrales gelijk aan het aantal interconnectiepunten. Bij weinig interconnectiepunten, bij interconnectie op het eerste of tweede niveau, zal de beheersbaarheid en controleerbaarheid eenvoudiger zijn. Er hoeven dan van weinig centrales gegevens bijeengebracht te worden voor de afrekening met de GSM-exploitant voor het GSM-verkeer dat gebruik heeft gemaakt van de PSTN-centrales.

De beheersbaarheid hangt ook af van de voorspelbaarheid van het verkeer van de PSTN-interconnectiecentrales en het verkeer over de vaste verbindingen tussen GSM en het PSTN. Hoe minder interconnectiepunten er zijn, des te gemakkelijker zal het zijn om de hoeveelheid mobiel verkeer, die de centrales en verbindingen te verwerken krijgen, te voorspellen (door de grotere verkeershoeveelheden). Blokkeringskansen en dergelijke kunnen dan beter berekend worden en indien nodig kunnen PSTN-centrales of verbindingen uitgebreid worden.

6.2.2 De registratie van verkeersgegevens

De GSM-exploitant en PSTN-exploitant moeten voor het verrekenen van de kosten voor het gebruik van elkaars net beschikken over de verkeersgegevens. Onder verkeersgegevens wordt verstaan de hoeveelheid uitgewisseld verkeer, de bestemming, de afkomst, het tarief en dergelijke (zie §4.1). De registratie van verkeersgegevens is voor beide exploitanten van belang. In het GSM is dit echter al geregeld. In het PSTN niet altijd.

Als er besloten wordt dat beide exploitanten de verkeersgegevens moeten bijhouden, zal dat in het GSM plaats vinden in de gateway MSC's. De (G)MSC's hebben al faciliteiten voor het registreren van het verkeer. In het PSTN kan het of in de interconnectiecentrales of in een aparte gateway onder beheer van de PSTN-exploitant. We zullen voor alle interconnecties op de verschillende niveaus nagaan of er aanpassingen nodig zijn in de PSTN-interconnectiecentrales voor het registreren van de verkeersgegevens. Hierbij wordt steeds de centrale van Ericsson, de AXE-centrale, als voorbeeld genomen.

Bij interconnectie met de internationale, omweg en eerste-orde verkeerscentrales

De interconnectie van GSM met de internationale, omweg en eerste-orde verkeerscentrales van het PSTN geschiedt met een vaste verbinding. Deze vaste verbinding komt binnen bij het Trunk Switching System (TSS) (§3.3). Hier vandaan wordt het verkeer verder het net in gerouteerd, afhankelijk van de bestemmingen. De vraag is of het TSS in staat is om verkeersgegevens te registreren.

In een AXE-centrale zit standaard de functie "Toll Ticketing". Dat wil zeggen dat de centrale van elke lijn het in- en uitgaand verkeer kan bijhouden met bestemming, afkomst, tarief en dergelijke. Deze functie kan indien nodig worden ingeschakeld. Van de binnenkomende 2 Mbit/s verbinding (of hoger) van een MSC bij het TSS kan de AXE-centrale de verkeersgegevens dus registreren.

Niet alle merken PSTN-centrales zullen standaard Toll Ticketing hebben. Alle centrales hebben wel een soort "Operation and Maintenance System". Dit systeem is in staat verkeersstatistieken bij te houden, dus de hoeveelheid verkeer voor een bepaalde lijn. De vraag is of de bestemming, afkomst en tarief van de oproep ook geobserveerd kunnen worden.

De internationale centrales hebben al een verkeersregistratiefunctie voor internationaal verkeer. Voor interconnectie met de omwegcentrales zijn twee aparte PSTN-gateways gebouwd die verkeer kunnen registreren.

Bij interconnectie met de nummercentrales via een vaste verbinding

Bij interconnectie met een nummercentrale is het mogelijk via het Trunk Switching System of via het Subscriber Switching System (SSS) met een vaste verbinding de AXE-centrale binnen te komen.

Bij het Subscriber Switching System wordt in ieder geval het verkeer en bestemming en dergelijke geregistreerd. De centrale hoeft dan niet aangepast te worden. Op het SSS zijn alleen digitale verbindingen mogelijk van 64 kbit/s of 2 Mbit/s.

Bij het TSS is verkeersregistratie niet standaard, maar is het wel mogelijk verbindingen hoger dan 2 Mbit/s aan te sluiten.

Het slimst is in te prikken bij de SSS. De centrale hoeft dan niet te worden aangepast. Twaalf verbindingen van 2 Mbit/s zijn nodig bij interconnectie van GSM met 25 nummercentrales (§6.8).

Bij interconnectie met de nummercentrales via een meervoudige aansluiting

Bij aansluiting van een meervoudig systeem (bedrijfscentrale) op een nummercentrale wordt het verkeer van de bedrijfscentrale (en bestemmingen en tarieven) bijgehouden om een rekening te kunnen sturen. De tarieven zijn standaard. De verrekening zal dus geen problemen opleveren.

6.3 Routing:

De onafhankelijkheid van de GSM-exploitant van de PSTN-exploitant

De GSM-exploitant kan als strategie kiezen zo min mogelijk afhankelijk te zijn van het PSTN (of van de PSTN-exploitant). Dit kan hij bereiken door zoveel mogelijk in het mobiele net te routeren (§5.6.4) en op een gunstig PSTN-niveau interconnectie te maken. Het is wenselijk om onafhankelijk te zijn om vijf redenen.

Eén van die redenen is de komst van een tweede infrastructuur in 1995 (§2.8.2). De GSM-exploitant kan dan ook van die infrastructuur vaste verbindingen huren. Het is dus niet verstandig om het GSM-net te sterk af te laten hangen van het vaste telefoonnet van PTT en bijbehorende eigenschappen. In 1998 zal het transport van spraak geliberaliseerd worden. De GSM-netten kunnen dan interconnectie maken met een ander vast telefoonnet.

De tweede reden is een financiële reden. De oproepen zullen gedeeltelijk over het PSTN gerouteerd worden. Hoe groter dit deel is, des te hoger zal het bedrag zijn dat de GSM-exploitant aan de PSTN-exploitant zal moeten betalen. Het nadeel hiervan is dat de GSM-exploitant geen invloed heeft op de kosten van dat deel van de oproep. Hij kan wel enigszins onderhandelen over de prijs, maar het is niet mogelijk de kosten van dat deel te drukken door bijvoorbeeld een efficiëntere routing in het PSTN of het gebruik van goedkopere transmissiemiddelen. De GSM-exploitant heeft daar totaal geen invloed op.

De derde reden is belangrijk vanwege de kwaliteit. De GSM-exploitant wil een zekere kwaliteit aan zijn abonnees kunnen garanderen. Echter doordat het PSTN een deel van de oproep routeert en afhandelt, heeft het PSTN ook invloed op die kwaliteit. De mate van invloed is aan de orde in hoofdstuk 8.

De vierde reden is het kunnen aanbieden van bepaalde diensten. De mogelijkheden tot het bieden van diensten in het GSM is nagenoeg onbegrensd. In het PSTN is (momenteel) echter lang niet alles mogelijk. Dit hangt af van de soort signalering die gebruikt wordt en van het wel of niet toepassen van een intelligent-net concept.

De vijfde reden is het risico van het niet (volledig) kunnen opereren ten gevolge van externe factoren bij PTT, stakingen of sabotages.

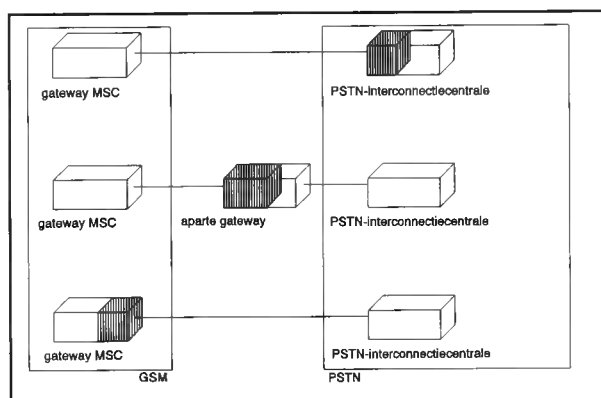
6.4 Signalering: De benodigde aanpassingen van GSM en/of PSTN-centrales voor signalering

Om twee centrales (of netten) met elkaar te kunnen laten communiceren, moet dezelfde signalering gebruikt worden. Als de centrales niet dezelfde signalering hebben, zullen er aanpassingen nodig zijn. In de onderhandelingen tussen de PSTN-exploitant en de tweede vergunninghouder zal dan bepaald moeten worden welke exploitant de kosten voor deze aanpassingen moet betalen of hoe de kosten verdeeld moeten worden tussen de exploitanten.

Signalering

In het PSTN wordt de netwerksignalering "ISUP-NL" gebruikt (§2.2). Dit is een combinatie van standaarden. De standaard GSM-signalering (en internationale signalering) is echter ISUP Q767. Er is dus een signaleringsconversie nodig om te kunnen communiceren tussen het GSM en het PSTN. Er zijn drie mogelijke plaatsen waar deze signaleringsconversie uitgevoerd zou kunnen worden, figuur 6-8:

- 1) in de PSTN-interconnectiecentrale(s)
- 2) in een aparte gateway(s) (in beheer van de PSTN-exploitant of de GSM-exploitant)
- 3) in de gateway MSC('s)



Figuur 6-8, de mogelijke plaatsen voor signaleringsconversie

De consequentie van optie 1 en 2 is dat het aantal centrales dat signaleringsconversie moet kunnen toepassen, gelijk is aan het aantal interconnectiepunten.

Bij optie 2, met de GSM-exploitant als beheerder, en bij optie 3 is het noodzakelijk dat de specificaties van de ISUP-NL signalering worden vrijgegeven door PTT. PTT zegt dit niet te willen ter beveiliging van haar net. Bovendien komt er ongeveer 1 keer per jaar een nieuwe versie uit van de ISUP-NL signalering en worden er nu al ongeveer 8 versies in het PSTN gebruikt. Volgens PTT is het geen doen voor een GSM-exploitant om al deze "updates" bij te houden. PTT zegt bereid te zijn de standaard signalering (ISUP Q767) aan de GSM-exploitant aan te bieden.

Ericsson heeft verscheidene mogelijke signaleringen voor de gateway MSC's. De volgende signaleringen zitten daarbij: ISUP Q767, TUP en R2 internationaal, maar geen ISUP-NL. De internationale centrales en gateways van het PSTN passen echter al signaleringsconversie toe van ISUP-NL naar ISUP Q767 en andersom.

Signalering bij interconnectie met de omwegcentrales en internationale centrales

PTT heeft reeds in de twee PSTN-gateways (§2.4.2), die met de twee omwegcentrales verbonden zijn, signaleringsconversie (van ISUP-NL naar Q767 en andersom) ingebouwd. Dus bij de interconnectie van GSM met de omwegcentrales zijn er geen problemen wat betreft de signalering. De internationale centrales hebben ook al deze signaleringsconversie om met buitenlandse netten te communiceren.

Signalering bij interconnectie met de eerste-orde verkeerscentrales

Bij interconnectie met de eerste-orde verkeerscentrales zal er op één van de drie hierboven genoemde plaatsen signalerings-conversie ingebouwd moeten worden. Bij optie 1 en 2 zullen bij interconnectie met de eerste-orde verkeerscentrales in totaal 22 centrales aangepast of bijgebouwd moeten worden.

Signalering bij interconnectie met de nummercentrales

Bij de interconnectie van GSM met de nummercentrales zijn er twee mogelijkheden:

- a) interconnectie via een 2 Mbit/s verbinding (of hoger)
- b) interconnectie als randapparaat

Optie a houdt in aansluiting van een vaste verbinding op het Trunk and Signalling Subsystem (TSS) van een AXE-centrale (bij het voorbeeld van een AXE-centrale hoofdstuk 4). Dit geeft hetzelfde probleem als bij interconnectie met de eerste-orde verkeerscentrales, namelijk het niet overeenkomen van de signaleringen. Het aantal aan te passen (of bij te bouwen) centrales zal (bij optie 1 en 2) 20 zijn of meer.

Bij optie b wordt een MSC (en daarachter hangende apparatuur) gezien als een meervoudig systeem (PABX). Een meervoudig systeem wordt aangesloten op de nummercentrale door middel van een 2 Mbit/s vaste verbinding. Verdere details van de aansluiting van een meervoudig systeem zijn terug te vinden in §3.4.

De signalering van een meervoudig systeem met een nummercentrale is wel standaard (ISDN30 - §2.10.2). De specificaties zijn dus in ieder geval vrij verkrijgbaar en de Signalling Terminals van de GMSC's kunnen hierop aangepast worden. Deze standaard signalering is echter een toegangssignalering (§2.2) en kan dus minder dan een netwerksignalering (zoals ISUP Q767).

Conclusie

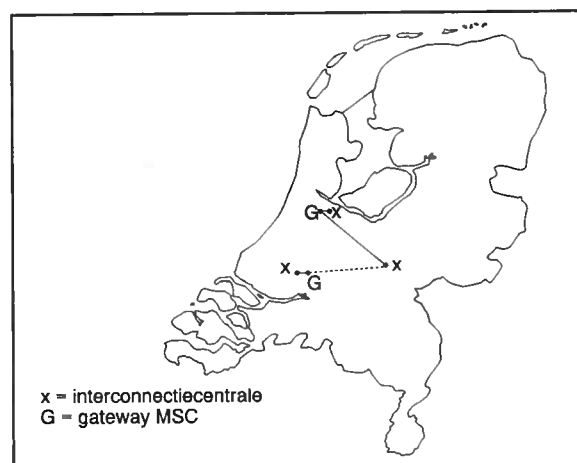
Voor interconnectie met de eerste-orde verkeerscentrales en de nummercentrales zijn er aanpassingen nodig. Bovendien moeten hetzij de specificaties van de ISUP-NL signalering worden vrij gegeven of op de PSTN-interconnectiecentrales een standaard (netwerk)signalering worden aangeboden. Bij interconnectie met de nummercentrales via aansluiting van een meervoudig systeem moet de software van de GMSC's aangepast worden aan ISDN30-signalering. Deze signalering kan minder dan een netwerksignalering. Wie deze aanpassingen zal moeten gaan betalen, moet in de onderhandelingen van PTT met de tweede vergunninghouder bepaald worden. Bij interconnectie met de omwegcentrales en internationale centrales zijn er geen problemen met de signaleringen te voorzien.

6.5 Transmissie: De 'totale' lengte vaste verbindingen (direct van PTT) tussen het PSTN en GSM-net

Dit aspect is van belang voor de GSM-exploitant. Om een goede marktpositie te kunnen veroveren, zal hij zijn prijzen voor de klant zo laag mogelijk moeten maken. Hoe goedkoper hij zijn net kan exploiteren des te lager de prijzen kunnen zijn. De belangrijkste kostenfactoren voor een GSM-net zijn investeringen in Base Stations, kosten van vaste verbindingen en de interconnectiekosten [24]. De kosten van de vaste verbindingen zijn afhankelijk van het aantal, de capaciteit en de prijs (onderhoudskosten en administratiekosten zijn inbegrepen bij de tarieven voor standaard vaste verbindingen), zie hoofdstuk 5. De interconnectiekosten hangen af van de onderhandelingen tussen PTT en de tweede vergunninghouder.

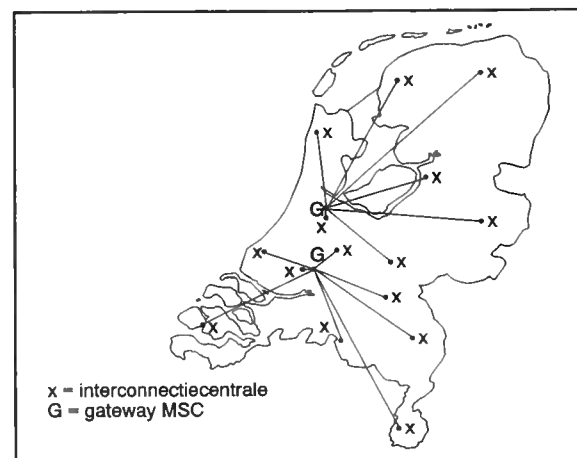
De totale lengte van de benodigde vaste verbindingen tussen het PSTN en het GSM-net hangt af van de netwerkarchitectuur (hoofdstuk 5) en van het niveau van interconnectie.

Bij netwerkarchitectuur II en interconnectie op het eerste niveau van het PSTN (met dus maximaal drie interconnectiepunten) zullen weinig vaste verbindingen nodig zijn en niet zulke lange (figuur 6-9).



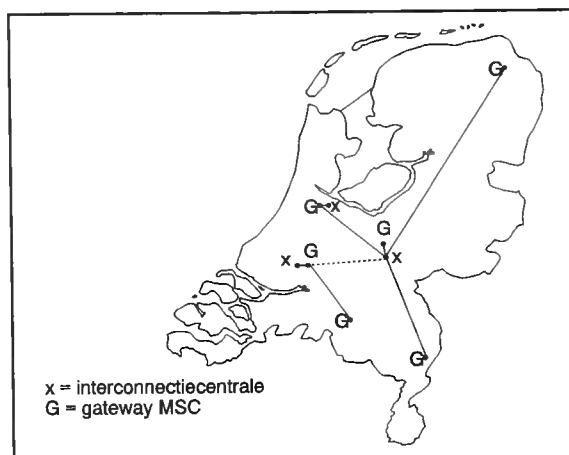
Figuur 6-9, vaste verbindingen bij netwerkarchitectuur II en 3 interconnectiepunten

Bij interconnectie op een laag niveau met meer dan 20 interconnectiepunten verspreid over het land of over een bepaald gebied (bijv. de randstad), zullen er veel en lange vaste verbindingen nodig zijn (figuur 6-10).



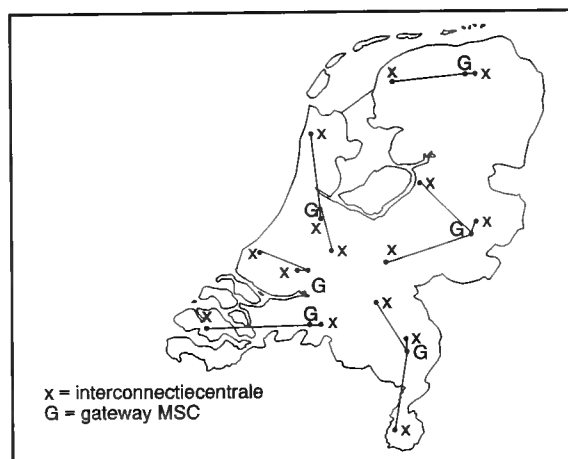
Figuur 6-10, de vaste verbindingen bij netwerkarchitectuur II en veel interconnectiepunten

Bij netwerkarchitectuur III en interconnectie op het eerste niveau zullen niet zo veel vaste verbindingen nodig zijn (figuur 6-11). Twee of drie vaste verbindingen kunnen heel kort zijn, de rest echter vrij lang (afhankelijk van de plaats van de GMSC's).



Figuur 6-11, de vaste verbindingen bij netwerkarchitectuur III en 3 interconnectiepunten

Bij de combinatie van netwerkarchitectuur III en veel interconnectiepunten zijn er veel vaste verbindingen, echter met beperkte lengte (figuur 6-12).



Figuur 6-12, de vaste verbindingen bij netwerkarchitectuur III en veel interconnectiepunten

De verschillende mogelijkheden worden in tabel 6-1 samengevat:

Interconnectie met →:	Internationale centrale	Omweg centrale	1 ^e orde verkeerscentrale	Nummer centrale
Netwerkarchitectuur II	klein	klein	groot	groot
Netwerkarchitectuur III	groot	groot	klein	klein

Tabel 6-1, indicatie voor het aantal en de totale lengte van vaste verbindingen tussen gateway MSC's en de PSTN-interconnectiecentrales

6.6 Tarifiering: Het gebruikstarief

Het gebruikstarief is het tarief dat de GSM-exploitant aan de PSTN-exploitant (en de PSTN-exploitant aan de GSM-exploitant) moet betalen voor het gebruik van het net van de ander, afhankelijk van de hoeveelheid verkeer. Het kan zijn dat er ook voor de signalering (voor de verbindingsofbouw) betaald moet worden zoals bij een ISDN-aansluiting (§2.5.2). Het gebruikstarief is vooral belangrijk voor de GSM-exploitant. Het meeste verkeer tussen het GSM en het PSTN zal namelijk van GSM naar het PSTN gaan (70%).

6.6.1 Het gebruikstarief voor de PSTN-exploitant

De PSTN-exploitant zal aan de GSM-exploitant een bedrag moeten betalen voor de routing en verwerking van PSTN-oproepen in het GSM-net. De oproepen vanuit het PSTN naar GSM zullen altijd via een omwegcentrale en een PSTN-gateway naar een gateway MSC worden gerouteerd. Het gebruikstarief is (waarschijnlijk) voor elke oproep hetzelfde, omdat niet van te voren bepaald kan worden waar een GSM-abonnee zich bevindt. Het zou theoretisch wel mogelijk zijn om bijvoorbeeld achteraf na te gaan via hoeveel MSC's er naar de abonnee is geschakeld. Dit is echter ondoenlijk vanwege inter-MSC handover.

6.6.2 Het gebruikstarief voor de GSM-exploitant

Het gebruikstarief (§4.2.2) kan op verschillende manieren worden bepaald [27]. Eén van de mogelijke manieren is het bijhouden van het aantal "gebezigde" centrales.

6.6.2.1 Het gebruikstarief afhankelijk van het aantal "gebezigde" centrales

De PSTN-exploitant zal in principe vanuit het oogpunt van de techniek het aantal gebezigde centrales door het GSM-verkeer zo klein mogelijk willen houden. Als hij echter een hogere vergoeding ontvangt per gebezigde centrale, zal een hoog aantal hem minder bezwaren opleveren. Bij weinig gebezigde PSTN-centrales vermindert de bemoeienis en daarmee de kosten van de PTT voor verwerking van het verkeer en (eventuele) vergroting van de capaciteit van centrales. De GSM-exploitant zal het aantal dus laag willen houden om een lagere interconnectieprijs bij PTT te kunnen bedingen.

In tabel 6-2 staat aangegeven welke en hoeveel PSTN-centrales een oproep aandoet bij interconnectie op verschillende niveaus¹.

¹ Hierbij zijn eventuele PSTN-gateways niet meegerekend

interconnectie met: ----- gebruikte PSTN-centrales:	internationale centrale	omweg- centrale	1 ^e orde verkeers- centrale	nummer- centrale
internationale centrale	X			
omwegcentrale		X		
1 ^e orde verkeerscentrale	X	X	X	
2 ^e orde verkeerscentrale	X(25%) ¹	X(25%) ¹	X(25%) ¹	X ²
nummercentrale	X	X	X	X
gemiddeld aantal gebruikte centrales:	3.25	3.25	2.25	2 ²

Tabel 6-2, de PSTN-centrales waarlangs gerouteerd moet worden om bij de PSTN-abonnee te komen bij verschillende niveaus van interconnectie.

- 1) 25% van de nummercentrales is aangesloten op een tvkc. Er zal dus in 25% van de gevallen via een tvkc gerouteerd worden.
- 2) Het is ondoenlijk om met alle nrc's een interconnectie te maken aangezien dit er 1400 zijn. Er zal dus via tweede-orde verkeerscentrales of hoofdwijkcentrales naar andere nummercentrales gerouteerd moeten worden. De schatting is dat er gemiddeld via twee centrales bij de PSTN-abonnee gekomen kan worden.

6.6.2.2 Het gebruikstarief afhankelijk van de bestemming van de oproep

Een andere mogelijke tariefstructuur is de tarieven laten afhangen van de eindbestemming van een oproep [27].

Als de oproep binnenkomt op een interconnectiecentrale in de buurt van de eindbestemming, zullen de kosten voor verdere routing laag zijn. Er kan bijvoorbeeld worden afgesproken dat als van een binnenkommende oproep de eindbestemming binnen het basistariefgebied (§3.5) ligt, het lokale tarief betaald moet worden en buiten het basistariefgebied het interlokale tarief.

Bij interconnectie met het eerste niveau van het PSTN zijn er maximaal drie mogelijke lokaties om een oproep heen te sturen. De meeste oproepen zullen dan ook niet binnen het basistariefgebied liggen. Bij veel interconnectiepunten (bij interconnectie met de eerste-orde verkeerscentrales of de nummercentrales) kan een oproep in de meeste gevallen zo gerouteerd worden dat een lokaal tarief betaald kan worden.

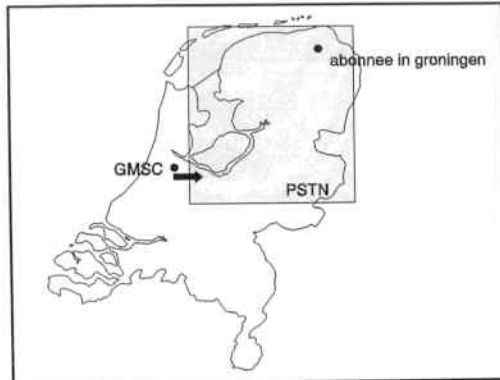
Deze nauwkeurige routing kan bereikt worden door veel gateway MSC's te verspreiden over het land of door vanaf een gateway MSC met vaste verbindingen oproepen naar een bepaald gebied te leiden (figuur 5-9). Waarschijnlijk zal een combinatie van deze twee methoden voor routing het effectiefst zijn.

6.6.2.3 Het gebruikstarief bij interconnectie via een meervoudige aansluiting

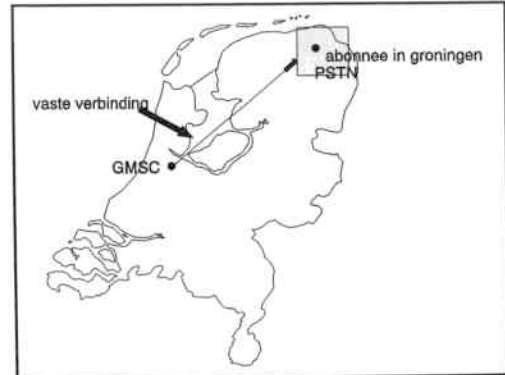
Bij interconnectie via aansluiting van het GSM-net (de gateway MSC) als PABX op een nummercentrale is het gebruikstarief standaard. Elk gesprek wordt volgens de normale telefoon-tarieven gerekend (§2.5.2).

Voorbeeld

Om de kosten voor routing via vaste verbindingen en de kosten voor het afhandelen van verkeer bij een hoger gebruikstarief te kunnen vergelijken, is het volgende voorbeeld voor 30 E verkeer uitgewerkt (de kosten voor extra processorcapaciteit zijn niet meegenomen):



Figuur 6-13, case 1



Figuur 6-14, case 2

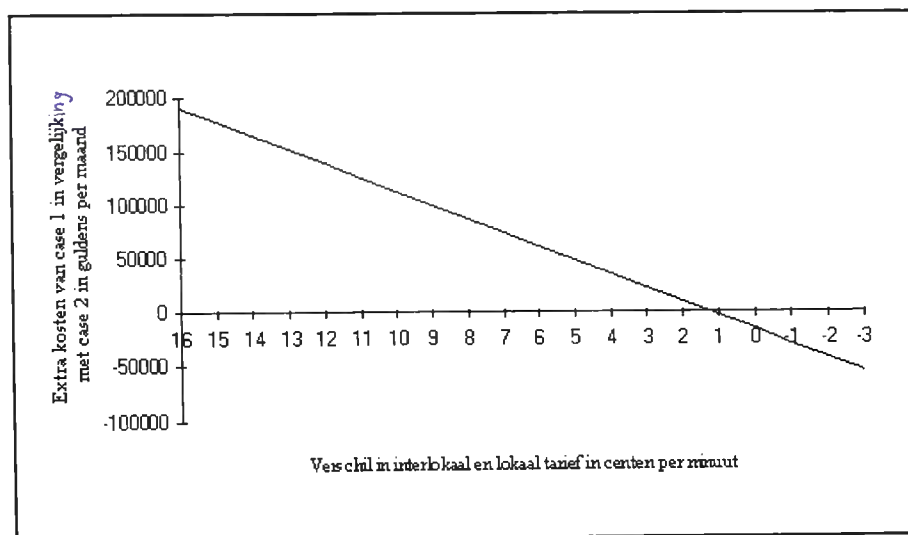
In case 1 staat er een gateway MSC in Amsterdam en wordt een oproep via het PSTN vanuit Amsterdam naar Groningen gerouteerd. In case 2 is er vanaf een gateway MSC in Amsterdam een vaste verbinding gelegd naar Groningen en wordt de oproep in Groningen aan het PSTN afgestaan.

Case 1: Bij case 1 bestaan de kosten alleen uit de kosten voor routing van Amsterdam naar Groningen over het PSTN. We nemen voor het gebruikstarief van Amsterdam naar Groningen het interlokale telefoontarief (§2.5.2), dat is f0,15 per 47 seconden voor 1 E. Voor een maand betekent dat: $30 \text{ E} * f0,15 * 1 \text{ maand in seconden} / 47 \text{ seconden} = f248.170$.

Case 2: Het gebruikstarief is nu gelijk aan het lokale telefoontarief van f0,15 per 5 minuten. In dit geval komen de kosten voor een vaste verbinding van 2 Mbit/s (30 E) er echter nog bij. Deze kosten voor een verbinding van 180 km van Amsterdam naar Groningen zijn:
 $f1.115,50 + f8.794,00 + 180 * f36,75 = f16.525$ per maand (+f29.250 eenmalig).

De lokale gesprekskosten voor een maand voor 30 E zijn:
 $30 * f0,15 * 1 \text{ maand in minuten} / 5 \text{ minuten} = f38.880$. Totaal voor een maand zijn de kosten:
 $f16.525 + f38.880 = f55.405$

Het is dus voordeliger om een gesprek naar een basistariefgebied te routeren om daar vandaan op lokaal tarief de oproep verder te laten routeren door het PSTN. Het wordt pas voordeliger een gesprek zonder vaste verbinding via het PSTN te routeren (case 1) bij een verschil van gebruikstarief van interlokaal en lokaal verkeer van minder dan 1,3 cent, zie figuur 6-15. Er is hier wel uitgegaan van een maximale benutting van de vaste verbinding.



Figuur 6-15, het verschil in kosten tussen case 1 en case 2 uitgezet tegen het verschil tussen de interlokale en lokale gesprekskosten

De tarieven die 06-nummer-exploitanten moeten betalen voor de routing van een oproep zijn:

- 1) 40 cent per minuut als een oproep vanaf de 06-centrale via het PSTN naar de 06-nummer-exploitant gerouteerd wordt
- 2) 20 cent per minuut als een oproep vanaf de 06-centrale via een huurlijn naar de 06-nummer-exploitant gerouteerd wordt (+ de kosten van de huurlijn)

In beide gevallen komt er nog f100,- bij per erlang "gereserveerde" capaciteit in de 06-centrale. Bij veel verkeer is er een korting van 45% op de tarieven.

Uit de tarieven bij 1 en 2 kan geconcludeerd worden dat de kosten om een oproep vanaf de 06-centrale via het PSTN naar de 06-nummer-exploitant te routeren 20 cent bedragen en met korting 11 cent. Dit tarief vormt een goed uitgangspunt voor de onderhandelingen tussen de GSM-exploitant en de PSTN-exploitant over het gebruikstarief bij interconnectie op een hoog niveau.

6.6.3 Conclusie

Bij beide methoden voor het bepalen van het gebruikstarief voor de GSM-exploitant zal het gebruikstarief het laagst zijn bij interconnectie met de eerste-orde verkeerscentrales en de nummercentrales (eventueel via een meervoudige aansluiting). Het hangt af van de tarieven die PTT zal vragen of de kosten voor het nauwgezet routeren van oproepen naar de juiste bestemming opwegen tegen het hogere gebruikstarief van PTT bij interconnectie op het eerste niveau. De kosten voor het routeren van een oproep naar een basistariefgebied bestaan uit de kosten voor de vaste verbindingen en de extra benodigde processorcapaciteit voor het uitvoeren van numeranalyses. Numeranalyses zijn nodig om te kunnen bepalen wat de bestemming is van een oproep.

6.7 Capaciteit: De extra belasting van PSTN-interconnectiecentrales door GSM-verkeer

Dit aspect is van belang voor de PSTN-exploitant. Bij veel extra verkeer uit het GSM-net neemt de kans toe dat de PSTN-interconnectiecentrales niet al het verkeer meer kunnen verwerken. De PSTN-exploitant zal zijn centrales dan moeten uitbreiden. Impliciet is dit aspect ook van belang voor de GSM-exploitant, omdat de PSTN-exploitant eventuele uitbreidingen kan doorberekenen aan de GSM-exploitant in de eenmalige interconnectiekosten. Alle berekeningen gaan uit van de veronderstelling dat het PSTN het verkeer naar GSM via de omwegcentrales zal routeren (zie §2.4.2).

In figuur 5-1 staan voorspellingen weergegeven voor de penetratiegraad van de GSM-netten. Hierbij is er verondersteld dat beide GSM-netten ongeveer evenveel abonnees zullen hebben. We zullen het aantal mobiele abonnees, variërend van 0 tot 600.000 als variabele in de berekeningen meenemen. De verkeerskarakteristieken staan in §1.12 en §2.10.

De centrales in het PSTN zijn gedimensioneerd voor het drukste uur van het vaste net [32]. Samen met dit gegeven en figuur 6-17 van [27] kan uitgerekend worden hoe groot de extra belasting is van het GSM-verkeer op de PSTN-centrales. Aangezien het drukste uur van het PSTN niet gelijk valt met het drukste uur van het GSM en andersom, zullen de berekeningen uitgaan van twee situaties:

- de extra belasting van PSTN-interconnectiecentrales in het drukste uur van het PSTN
- de extra belasting van PSTN-interconnectiecentrales in het drukste uur van het GSM-net

Het totale verkeer in het PSTN (T_{PSTN}) en het totale **uitgaande** verkeer in GSM (T_{GSM}) is:

$$T_{(\text{PSTN of GSM})} = 1000 * k * A \quad (\text{in E}) \quad (6-1)$$

met k = totaal aantal PSTN- (of GSM-) abonnees in duizenden
 A = verkeer per abonnee in E

Formule 6-1 resulteert met de verkeerskarakteristieken uit §1.12 en §2.10 in:

$$\begin{aligned} T_{\text{PSTN}} &= 222.000 \text{ E} && (\text{drukste uur GSM}) \\ T_{\text{PSTN}} &= 740.000 \text{ E} && (\text{in drukste uur PSTN}) \\ T_{\text{GSM}} &= 10 * k && (\text{drukste uur PSTN}) \\ T_{\text{GSM}} &= 25 * k && (\text{in drukste uur GSM}) \end{aligned}$$

Formule 6-2 rekt met behulp van formule 6-1 het verkeer in een specifieke PSTN-interconnectiecentrale uit dat gegenereerd is door PSTN- of GSM-abonnees :

$$V_i = (P_i * T_i) / (100\% * c) \quad (6-2)$$

met i = GSM of PSTN
 P_i = percentage van het totale PSTN- of uitgaande GSM-verkeer dat via specifieke centrales gaat
 T_i = totale verkeer in PSTN of GSM
 c = aantal specifieke centrales

P_{GSM} is altijd gelijk aan 100%. 100% van het uitgaande GSM-verkeer (70% van het totale GSM-verkeer) gaat naar het PSTN via de specifieke centrales (interconnectiecentrales). Formule 6-2 voor V_{GSM} wordt dus:

$$V_{\text{GSM}} = T_{\text{GSM}} / c \quad (6-3)$$

De extra belasting (B) van een interconnectiecentrale is dan:

$$B = 100\% * V_{\text{GSM}} / V_{\text{PSTN}} \quad (\text{in procenten}) \quad (6-4)$$

6.7.1 De extra belasting van PSTN-interconnectiecentrales in drukste uur van het GSM-net

In deze paragraaf is $T_{\text{PSTN}} = 222.000$ E en $T_{\text{GSM}} = 25 * k$ met k in duizenden.

Bij interconnectie met de internationale centrales

Er zijn momenteel 3 internationale centrales (c). Het percentage uitgaand en ingaand internationaal telefoonverkeer is in het PSTN $2 * 4\% = 8\%$ (P_{PSTN}) van het totale verkeer in het PSTN [14].

Het verkeer per internationale centrale, gegenereerd in het vaste net (formule 6-2), bedraagt:

$$V_{\text{PSTN}} = 8\% * 222.000 / (100\% * 3) = 5.920 \text{ E}$$

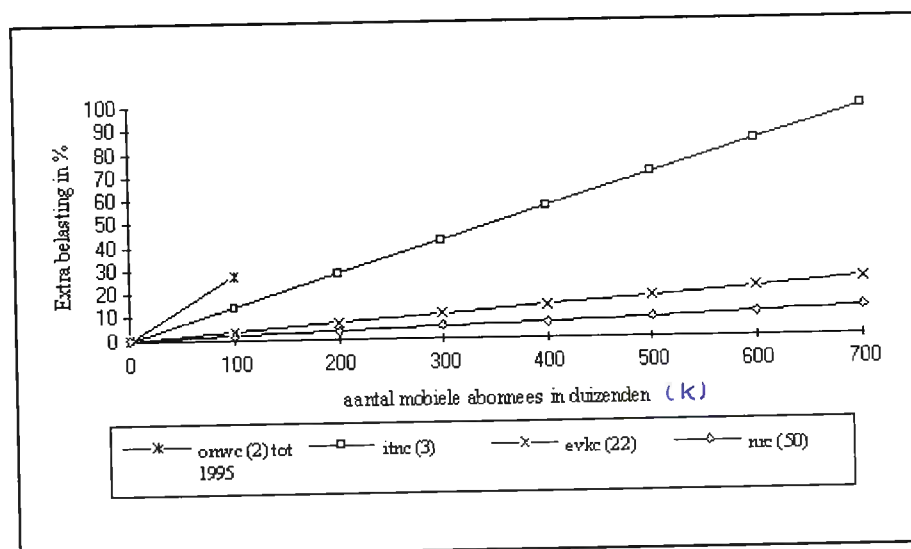
Het mobiele verkeer per internationale centrale in het busy hour is (formule 6-3):

$$V_{\text{GSM}} = 25 * k / 3 = 8,3 * k \quad (k \text{ in duizenden})$$

De extra belasting van de internationale centrale door het mobiele verkeer is dan (formule 6-4):

$$B = 0,14 * k \quad (\text{in procenten met } k \text{ in duizenden})$$

Dit staat weergegeven in figuur 6-16.



Figuur 6-16, de extra belasting van de PSTN-interconnectiecentrales door GSM-verkeer in het drukste uur van het GSM-net bij een uniforme verdeling van het verkeer

Bij interconnectie met de omwegcentrales

Het verkeer dat via de omwegcentrales gaat:

- analoge autotelefoonverkeer (atf2/3): $200.000 \text{ abonnees} \times 0,025 \text{ E} = 5000 \text{ E}$
(drukste uur GSM is gelijk met drukste uur atf2/3)
- semaфонieverkeer
 $45 \text{ miljoen oproepen} \times 10 \text{ sec.} / \text{aantal seconden per jaar} = 14 \text{ E}$. Dit is dus verwaarloosbaar.
- verkeer dat is uitgeweken wegens overbelasting (overloop) of het ontbreken van directe verbindingen (omweg) van de evkc's. Stel dat het percentage verkeer voor overloop en omweg 1 á 2% is² van het totale verkeer = 3.330 E.
- GSM2-verkeer vanuit het PSTN:
 $30\% \text{ van het aantal abonnees} \times 0,025 \text{ E} = 7,5 * k$ (k in duizenden)

Dus het PSTN-verkeer in de twee omwegcentrales ($P_{\text{PSTN}} * T_{\text{PSTN}}$) is dan:

$$(5000 \text{ E} + 3.330 \text{ E} + 7,5 * k) = 8.330 \text{ E} + 7,5 * k$$

De atf2/3-abonnees zullen waarschijnlijk geleidelijk overstappen naar GSM1 en GSM2. Uiteindelijk zal GSM1 ongeveer de ene helft (100.000 abonnees) van de atf2/3 abonnees hebben en GSM2 de andere helft. Maar GSM1 en GSM2 zullen ook abonnees krijgen die nog niet in het bezit waren van een autotelefoon. Bij onze berekeningen veronderstellen we dat het aantal atf2/3-abonnees tot 1995 niet zal afnemen.

Vanaf 1995 zullen de omwegcentrales alleen nog voor verkeersarme verbindingen tussen eerste-orde verkeerscentrales worden gebruikt, dus niet meer voor atf2/3 en GSM1 en GSM2. Het mobiele verkeer zal dan direct van de evkc's naar een PSTN-gateway gerouteerd moeten worden (en andersom). Na 1995 zal dan eventueel een extra PSTN-gateway bijgeplaatst moeten worden als de hoeveelheid verkeer voor twee PSTN-gateways te groot wordt³.

De extra belasting door GSM2 tot 1995 zal als volgt zijn:

$$V_{\text{PSTN}} = (8.330 + 7,5 * k) / 2$$

$$V_{\text{GSM}} = 25 * k / 2 = 12,5 * k \text{ (E)}$$

$$B = 100\% * 3,3 * k / (1.111 + k) \text{ (k in duizenden)}$$

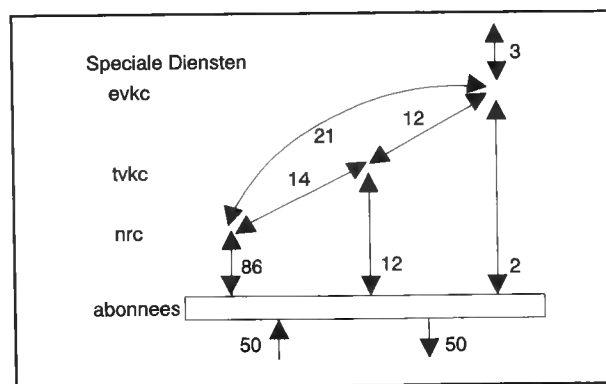
Dit is weergegeven in figuur 6-16.

Bij interconnectie met de eerste-orde verkeerscentrales

Bij interconnectie van GSM met de eerste-orde verkeers-centrales wordt uitgegaan van interconnectie met alle, dus 22 evkc's (twee evkc's in één stad gerekend voor één). Uit figuur 6-17 kan gehaald worden dat $21\% + 12\% + 2\% + 3\% = 38\%$ van het totale telefoonverkeer via een evkc geschakeld wordt.

² zie deel 2, note (6-2)

³ zie deel 2, (note 6-3)



Figuur 6-17, verkeersstromen in het openbare net in % [27]

Hieruit volgt (met formules 6-2, 6-3 en 6-4):

$$V_{\text{PSTN}} = 38\% \cdot 222.000 / (100\% \cdot 26) = 3.245 \text{ E}$$

$$V_{\text{GSM}} = 25 \cdot k / 22 = 1,14 \cdot k$$

$$B = 0,035 \cdot k \quad (B \text{ in procenten, } k \text{ in duizenden})$$

De extra belasting van de evkc's is weergegeven in figuur 6-16.

Bij interconnectie met de nummercentrales

Bij de berekeningen van de extra belasting van de PSTN-centrales bij interconnectie met de nummercentrales is het aantal nummercentrales waarmee een interconnectie wordt gemaakt, gevarieerd, namelijk 25, 50 of 100. Een nummercentrale bedient gemiddeld 6000 abonnees [27]. De grootste nummercentrale bedient circa 150.000 abonnees [37][53]. Bij interconnectie met een nummercentrale is het het voordeligst om op die nummercentrale aan te sluiten, waar veel verkeer verwacht wordt. Dit betekent dat dit de grootste nummercentrales zullen zijn. Bij de berekeningen is er van uitgegaan dat een grote nummercentrale gemiddeld 100.000 abonnees heeft.

Het PSTN-verkeer per nummercentrale (V_{PSTN}) is: $100.000 \text{ abonnees} \times 0,03 = 3.000 \text{ E}$

$$V_{\text{GSM}} = 25 \cdot k / \text{aantal interconnecties}$$

De extra belasting per nrc wordt dan: $B = 0,83 \cdot k / \text{aantal interconnecties}$

De resultaten zijn zichtbaar in figuur 6-16.

6.7.2 De extra belasting van PSTN-interconnectiecentrales in drukste uur van het PSTN

Insgelijke berekeningen kunnen gedaan worden voor het drukste uur van het PSTN-net met de formules 6-2, 6-3 en 6-4. De totale verkeershoeveelheden zijn dan $T_{\text{PSTN}} = 740.000 \text{ E}$ en $T_{\text{GSM}} = 10 \cdot k$ normaal.

Bij interconnectie met de internationale centrales

$$V_{\text{PSTN}} = 8\% \cdot 740.000 / (100\% \cdot 3) = 19.733 \text{ E}$$

$$V_{\text{GSM}} = 10 \cdot k / 3 = 3,3 \cdot k$$

$$B = 0,017 \cdot k$$

Bij interconnectie met de omwegcentrales

Het PSTN-verkeer van de omwegcentrales zal nu bestaan uit:

- analoge autotelefoonverkeer (atf2/3): 200.000 abonnees x 0,01 E = 2000 E
- omweg/overloopverkeer 1 á 2%⁴ van het totale verkeer = 3.330 E.
- GSM2-verkeer vanuit het PSTN: 30% van het aantal abonnees x 0,01 E = 3 * k (k in duizenden)

De extra belasting van GSM2 tot 1995 zal als volgt zijn:

$$V_{\text{PSTN}} = (5.330 + 3 * k) / 2$$

$$V_{\text{GSM}} = 10 * k / 2 = 5 * k \text{ (E)}$$

$$B = 100\% * 3,3 * k / (1.777 + k) \text{ (k in duizenden)}$$

Bij interconnectie met de eerste-orde verkeerscentrales

Een meervoudig systeem wordt aangesloten op de nummercentrale met een 2 Mbit/s vaste verbinding. Verdere details van de aansluiting van een meervoudig systeem zijn terug te vinden in §3.4.

$$V_{\text{PSTN}} = 38\% * 740.000 / (100\% * 26) = 10.815 \text{ E}$$

$$V_{\text{GSM}} = 10 * k / 22 = 0,45 * k$$

$$B = 0,0042 * k \text{ (B in procenten, k in duizenden)}$$

Bij interconnectie met de nummercentrales

Het PSTN-verkeer per nummercentrale (V_{PSTN}) is nu:

$$100.000 \text{ abonnees} \times 0,1 = 10.000 \text{ E}$$

$$V_{\text{GSM}} = 10 * k / \text{aantal interconnecties}$$

In tabel 6-3 staat, voor drie verschillende aantallen interconnecties (25, 50 en 100) en 600.000 GSM2-abonnees, het GSM2-verkeer per nrc weergegeven.

	GSM2-verkeer per nrc in drukste uur van PSTN
Interconnectie met 25 nrc's	240 E
Interconnectie met 50 nrc's	120 E
Interconnectie met 100 nrc's	60 E

Tabel 6-3, GSM2-verkeer per nummercentrale bij 25, 50 en 100 interconnecties

De extra belasting per nrc wordt dan: $B = 0,1 * k / \text{aantal interconnecties}$

⁴ zie deel 2, note (6-4)

6.7.3 Kunnen de PSTN-interconnectiecentrales deze extra belasting aan?

Een grote extra belasting van een PSTN-interconnectiecentrale door het mobiele verkeer wil niet meteen zeggen dat deze centrale niet meer (goed) zal werken. Het kan namelijk heel goed zijn dat de centrale nog niet aan zijn maximum hoeveelheid te verwerken verkeer zat. De maximale hoeveelheid verkeer dat een centrale momenteel verwerkt, wordt bereikt in het drukste uur van het PSTN. Dat maximum zal de centrale dus in ieder geval kunnen verwerken.

De maximale hoeveelheid verkeer dat een centrale momenteel verwerkt, is al berekend. Dit is namelijk V_{PSTN} in het drukste uur van het PSTN (kolom 1 van tabel 6-4). Het maximum voor het totale (vaste net en GSM1 en GSM2-) verkeer zal optreden in het drukste uur van het PSTN. We veronderstellen nu dat het GSM1-net interconnectie maakt met dezelfde PSTN-interconnectiecentrales en dezelfde hoeveelheid verkeer als het GSM2-net. Het totale verkeer zal dan $V_{\text{PSTN}} + 2 * V_{\text{GSM}}$ zijn. De berekeningen zijn gedaan voor 600.000 GSM1 en 600.000 GSM2-abonnees. Dit zijn het maximale aantal voorspelde abonnees volgens figuur 5-1.

Door toename van de hoeveelheid verkeer in de PSTN-interconnectiecentrales zullen de blokkeringskansen in de PSTN-centrales omhoog gaan. We gaan uit van een initiële blokkeringskans van ½%. In kolom 3 staan de nieuwe blokkeringskansen door toename van het verkeer. Deze zijn uitgerekend met het programma "erlang2" (zie appendix G).

	Momentele maximale PSTN-verkeer per centrale	Maximale PSTN+GSM1+GSM2 verkeer per centrale	Nieuwe blokkeringskansen
itnc	19.733 E	21.713 E	9,0 %
omwc ¹	2.732 E	2.957 E	5,7 %
evkc	10.815 E	11.085 E	2,0 %
nrc	10.000 E	10.240 E	1,8 %

Tabel 6-4, hoeveelheden verkeer en blokkeringskansen van de PSTN-interconnectiecentrales bij 600.000 GSM1 en 600.000 GSM2-abonnees

- 1) In 1995 (na 1995 zal GSM-verkeer niet meer via omwc gaan)
In 1995 zal volgens figuur 5-1 de penetratiegraad circa 3 promiel zijn (voorspelling 1 Nederland). Dit betekent 45.000 GSM2-abonnees (3 * 15 miljoen/1.000).

Uit tabel 6-4 blijkt dat bij interconnectie op laag niveau (evkc, nrc) het extra verkeer niet zo'n groot probleem zal zijn. De blokkeringskans in de centrale zal oplopen tot 2 % bij 600.000 abonnees. Echter bij deze berekeningen is verondersteld, dat het verkeer in kolom 1 de maximale hoeveelheid verkeer is dat deze centrales kunnen verwerken. Dit zal in de meeste gevallen niet zo zijn⁵.

⁵ zie deel 2, (note 6-5)

6.7.4 De extra belasting van de PSTN-verbindingen door GSM-verkeer

Data- en telexverkeer maken gebruik van andere PSTN-centrales dan voor de spraaktelefonie. Het dataverkeer benut wel de verbindingen tussen de PSTN-centrales. Deze verbindingen zijn over het algemeen een ordergrootte ruimer gedimensioneerd dan de centrales zelf. Eventuele capaciteitsproblemen zullen zich dus niet als eerste op de verbindingen manifesteren.

6.7.5 De invloed van het GSM-verkeer op de maximale Busy Hour Call Attempt

Een centrale heeft slechts processorcapaciteit genoeg voor een bepaald maximaal aantal oproepogingen per uur, Busy Hour Call Attempts (BHCA). Om te kijken of dit maximum overschreden wordt door het extra verkeer van het GSM-net, zullen we de zwaarst belaste centrale, de internationale centrale, als voorbeeld nemen.

Om het aantal oproepogingen (BHCA) te kunnen berekenen, moet eerst de gemiddelde duur (T) van een gesprek bekend zijn:

In het PSTN:

Er worden 8,3 miljard gesprekken per jaar gepleegd door 7,4 miljoen PSTN-abonnees [14]. Dit betekent ongeveer 1000 gesprekken per abonnee, dus 3 gesprekken per dag.

Het gegenereerde verkeer per abonnee is ongeveer 0,03 E in 8 uur, dus 0,01 E in 24 uur (§2.10).

$$T = 0,01 \text{ E} * \text{dag in minuten} / 3 \text{ gesprekken} = 4,8 \text{ minuten}$$

Het aantal (geslaagde) oproepen per uur in het drukste uur van het PSTN is:

$$\text{aantal oproepen} = 0,1 \text{ E} / 4,8 \text{ minuten} = 0,02 \text{ per minuut} =$$

1,25 per uur per abonnee. Het totaal aantal (geslaagde) oproepen is dan: aantal abonnees per itnc * 1,25 = 8% * 7,4 miljoen / 3 * 1,25 $\approx$ 246.000 per uur.

In het GSM

Er worden 117 miljoen uitgaande gesprekken per jaar gepleegd door ongeveer 166.000 mobiele abonnees [14]. Dit betekent ongeveer 700 gesprekken per mobiele abonnee, dus 2 gesprekken per dag. Het gegenereerde verkeer per abonnee is 0,01 E in 8 uur, dus 0,003 E in 24 uur (§1.12).

$$T = 0,003 \text{ E} * \text{dag in minuten} / 2 \text{ gesprekken} = 2,2 \text{ minuten}$$

Het aantal (geslaagde) oproepen per uur vanuit het GSM in het drukste uur van het PSTN is:

$$\text{aantal oproepen} = 0,01 / 2,2 \text{ minuten} = 0,0045 \text{ per minuut} = 0,27 \text{ per uur per abonnee.}$$

Het totaal aantal (geslaagde) oproepen is dan:

$$\text{aantal abonnees per itnc} * 0,27 = \text{aantal abonnees} * 0,27 / 3$$

Voor 100.000 abonnees betekent dit ongeveer 9.000 oproepen, voor 600.000 abonnees ongeveer 54.000 oproepen per uur.

Het totale aantal oproepen van de internationale centrale zal dus maximaal 300.000 zijn (BHCA = 300.000). Dit is meer dan een internationale centrale aankan bij C7-signalering⁶.

⁶ zie deel 2, (note 6-6)

Voor de andere PSTN-interconnectiecentrales zal het BHCA lager liggen, omdat deze minder verkeer afhandelen (tabel 6-4). En de extra belasting door het GSM-verkeer zal ook veel kleiner zijn (figuur 6-16) en dus weinig invloed hebben op de BHCA.

Conclusie

Alleen bij interconnectie met de internationale centrales zal de capaciteit van de PSTN-interconnectiecentrale te klein zijn om al het verkeer te verwerken. Bij interconnectie met de andere centrales zal het extra GSM-verkeer geen problemen opleveren, ook niet voor de BHCA. Doordat het verkeer dat bij de PSTN-interconnectiecentrales binnenkomt verspreid wordt over de "achterliggende" centrales, vanwege de verschillende bestemmingen, zullen de achterliggende centrales het verkeer wel aankunnen.

6.8 Aantal: Het aantal interconnecties

Voor elke interconnectie op een bepaald niveau kan gekeken worden naar het optimale aantal interconnecties.

Bij interconnectie van GSM met de internationale centrales

Bij interconnectie met de internationale centrales kan gekozen worden voor aansluiting op 1, 2 of 3 internationale centrales. Het voordeel van aansluiting op meer dan 1 centrale is dat bij uitval of volledige belasting van een centrale er uitgeweken kan worden naar een andere centrale. De oproep kan dan alsnog (eventueel via een omweg) naar de eindbestemming gerouteerd worden. In het geval van slechts één interconnectiecentrale zou er geen verkeer meer mogelijk zijn geweest van GSM naar PSTN. Een tweede reden voor interconnectie met meer dan één centrale is de mogelijkheid tot verdeling van het GSM-verkeer over de internationale centrales, zodat de belasting per centrale niet te groot wordt. Er zou dus met alle drie de internationale centrales interconnectie moeten worden gemaakt.

Bij interconnectie van GSM met de omwegcentrales

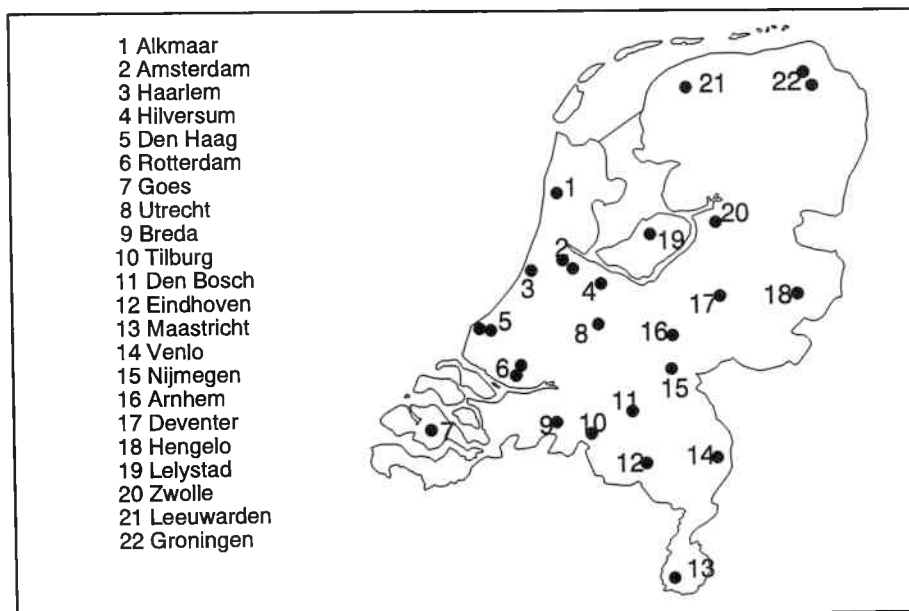
Er zijn twee omwegcentrales, zodat er gekozen kan worden voor aansluiting op 1 of 2 centrales. Ook hier geldt weer het nadeel bij uitval of volledige belasting van een centrale als er voor één interconnectiecentrale gekozen wordt. Twee centrales als interconnectiepunten zijn minimaal nodig.

Bij interconnectie van GSM met de eerste-orde verkeerscentrales

Er zijn in totaal 26 eerste-orde verkeerscentrales. In Rotterdam, Amsterdam, Den Haag en Groningen staan er twee. Er zijn dus 22 lokaties voor interconnectie met een eerste-orde verkeerscentrale. Deze lokaties staan weergegeven in figuur 6-18. Om het gebruikstarief (§6.6) zo laag mogelijk te maken (dit is natuurlijk afhankelijk van de tariefstructuur en de interconnectieprijzen van PTT) is het gunstig om alle oproepen te routeren naar het gebied waar de verdere routing van de oproep (door het PSTN) binnen het basistariefgebied blijft⁷.

⁷ Het lokale tarief zal wel gaan stijgen

Het PSTN van British Telecom in Engeland is onderverdeeld in 640 sectoren (§2.5.2). Vodafone heeft 44 interconnectie-locaties met British Telecom, zodanig gekozen dat het mogelijk is alle oproepen op lokaal tarief af te handelen (dus binnen het basistariefgebied). In Nederland is het PSTN onderverdeeld in 180 sectoren. Dit zou betekenen dat met minimaal $(44/640 * 180 =)$ 13 interconnectielocaties alle oproepen met een lokaal tarief afgehandeld kunnen worden, mits deze 13 locaties goed gekozen worden. Het zou kunnen dat vanwege de indelingen van de sectoren het niet mogelijk is met 13 locaties. Maar met 22 locaties moet het zeker wel mogelijk zijn.

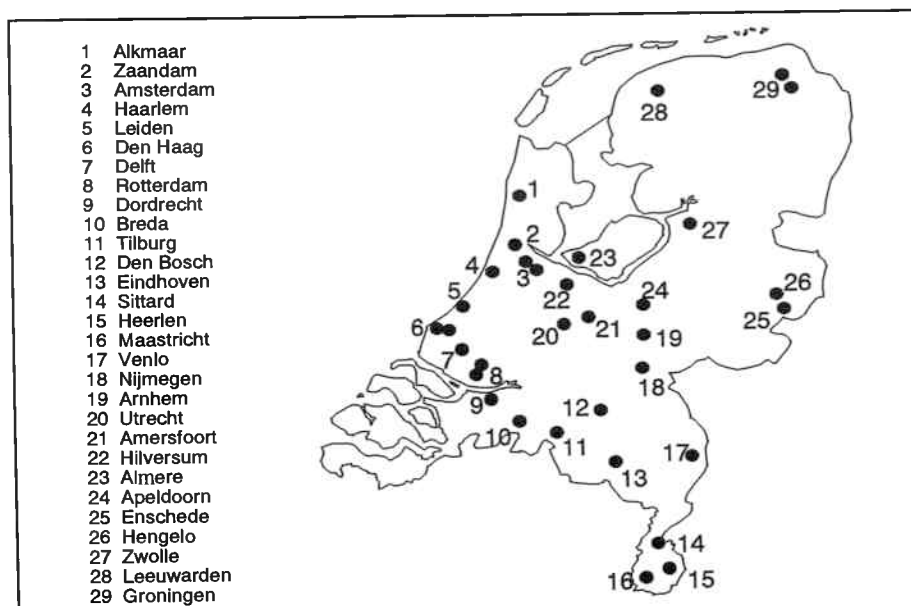


Figuur 6-18, eerste-orde verkeerscentrales in Nederland

Bij interconnectie van GSM met de nummercentrales

Er zijn 1400 nummercentrales in Nederland [27]. Bij 250 interconnectiepunten zal voor elke interconnectie een 2 Mbit/s verbinding nodig zijn. (Bij 300.000 abonnees met 0.025 E verkeer = $7500 \text{ E} / 250 = 30 \text{ E} = 2 \text{ Mbit/s}$). Verbindingen met een lagere capaciteit dan 2 Mbit/s zijn niet rendabel [40]. Dus het maximale aantal interconnectiepunten met de nummercentrales is 250.

Het is het voordeligst om interconnectie te maken met grote nummercentrales, zodat veel oproepen vanuit het GSM die nummercentrale als eindbestemming hebben. Er zijn ongeveer evenveel grote nummercentrales (> 5 cijfers, dus meer dan 90.000 abonnees) als eerste-orde verkeerscentrales (figuur 6-19) [37]. Net als bij interconnectie met de eerste-orde verkeerscentrales is het bij ongeveer 22 interconnectielocaties mogelijk om alle oproepen met een lokaal tarief te routeren. Veel meer dan 22 locaties zal alleen een negatief effect hebben, namelijk hogere kosten door meer vaste verbindingen. Per nummercentrale zullen dan $(7.500 \text{ E} / 22 = 341 \text{ E} =)$ twaalf 2 Mbit/s verbindingen of één 34 Mbit/s verbinding nodig zijn bij een uniforme verdeling van het verkeer.



Figuur 6-19, de nummercentrales met meer dan 5 abonneecijfers in Nederland

6.9 Lokatie: De lokaties van de interconnecties

Deze paragraaf gaat in op het kiezen van zo gunstig mogelijke lokaties voor de PSTN-interconnectiecentrales, de gateway MSC's en de MSC's.

Bij interconnectie van GSM met de internationale centrales

Netwerkarchitectuur II

Er zijn op het moment 3 internationale centrales, die in Amsterdam en in Rotterdam (2x) staan. Bij interconnectie van GSM met PSTN via de internationale centrales zal al het GSM-verkeer met als bestemming een PSTN-abonnee via deze centrales lopen. Het is daarom gunstig om de vaste verbindingen tussen de twee gateway MSC's en internationale centrales zo kort mogelijk te houden. Daarvoor zouden ze in Amsterdam en Rotterdam geplaatst moeten worden.

Het is gunstig om de gateway MSC's niet alleen dicht bij de interconnectiecentrales te plaatsen, maar tevens daar waar het meeste mobiele verkeer wordt gegenereerd. Dit om de afstand tussen Base Stations en MSC zo klein mogelijk te maken, zodat de totale lengte vaste verbindingen tussen BS's, BSC's en MSC's klein is. Het is zeer waarschijnlijk dat in files veel wordt getelefoneerd met de mobiele telefoon. Volgens figuur B.1 (in appendix) en tabel B.2 zijn de meeste files in de omgeving van Amsterdam, Rotterdam en Utrecht. De zwaartes = $\Sigma(\text{tijd} \cdot \text{lengte})$ per tijdstap van max. 30 minuten (in km*min.) van de files opgeteld geeft:

Amsterdam (filenrs.:6,7,8,13,16,17,19) = 295.528 km*min.
 Rotterdam (filenrs.:1,4,10,14,18) = 400.980 km*min.
 Utrecht (filenrs.:2,5,11,12) = 253.673 km*min.

Het resultaat is ook nu dat de gateway MSC's in Rotterdam en Amsterdam geplaatst zouden moeten worden, aangezien daar de "zwaarste" files zijn.

De lokatie van de overige MSC's kunnen daar gekozen worden waar het meeste GSM-verkeer gegenereerd wordt. Dit zal volgens figuur B.3 in de omgeving van Utrecht zijn en volgens figuur B.4 ook rond Nijmegen. Verder is het een kwestie van plannen om de totale lengte vaste verbindingen te minimaliseren en toch al het GSM-verkeer te kunnen verwerken.

Netwerkarchitectuur III

Alle MSC's zijn nu ook gateways, dus in totaal zes. Er zijn echter maar drie internationale centrales (en maar twee lokaties). Het voordeligst is het om twee gateway MSC's aan te sluiten op drie internationale centrales. Er is namelijk te weinig verkeer in Rotterdam om daar twee gateway MSC's neer te zetten.

De rest van de gateway MSC's kunnen net als hierboven verdeeld worden over Nederland.

Bij interconnectie van GSM met de omwegcentrales

Netwerkarchitectuur II

Er staat één omwegcentrale in Amsterdam en één in Arnhem. Om de verbindingen tussen de gateway MSC's en de omwegcentrales kort te houden, zouden de gateway MSC's ook in Amsterdam en Arnhem geplaatst moeten worden. Echter veel mobiel verkeer, ontspringt in Amsterdam en Rotterdam (figuur B.1). Dus zouden de gateway MSC's daar moeten staan.

Het maakt niet veel uit welke van de opties wordt gekozen. Het verkeer uit de omgeving van Rotterdam zal altijd op dezelfde manier gerouteerd worden (via Rotterdam en Arnhem). Door een MSC in Rotterdam te zetten (en een gateway MSC in Arnhem) kan het mobiele verkeer van Rotterdam in ieder geval zonder omweg gerouteerd worden. Voor verkeer uit andere delen van het land (niet uit de omgeving Amsterdam) is het gunstiger om de gateway MSC in Arnhem te hebben, omdat het verkeer daar uiteindelijk toch heen moet voor routing over het PSTN.

De twee gateway MSC's kunnen dus het beste in Amsterdam en Arnhem geplaatst worden. De vier overige MSC's kunnen dan in Rotterdam en elders in het land geplaatst worden.

Netwerkarchitectuur III

De zes gateway MSC's kunnen nu in Amsterdam, Arnhem en Rotterdam geplaatst worden. De drie resterende kunnen over Nederland verdeeld worden, zodat de totale lengte vaste verbindingen minimaal zal zijn.

Bij interconnectie met eerste-orde verkeerscentrales

Netwerkarchitectuur II

De twee gateway MSC's kunnen het beste in de buurt van de drukste mobiele gebieden neergezet worden (Amsterdam en Rotterdam) en zo centraal mogelijk. Amsterdam en Rotterdam zijn redelijk centraal. Daar vandaan worden dan via vaste verbindingen de eerste-orde verkeerscentrales bereikt.

Netwerkarchitectuur III

De zes GMSC's kunnen verspreid worden over Nederland. Daar waar het meeste mobiele verkeer gegenereerd wordt (in files: Rotterdam en Amsterdam) en veel oproepen hun eindbestemming hebben (in de randstad), moeten in ieder geval GMSC's staan. Verder is het een kwestie van netwerkplanning.

Bij interconnectie met de nummercentrales

Bij interconnectie met de nummercentrales is de keuze voor de lokaties van de gateway MSC's hetzelfde als bij interconnectie met de eerste-orde verkeerscentrales. De interconnectie-nummercentrales moeten zo gekozen worden dat alle oproepen afgehandeld kunnen worden op lokaal tarief. Het is voordelig om met grote nummercentrales interconnectie te maken, omdat de kans dan groter is dat de opgeroepene verbonden is met die nummercentrale. Dit heeft als voordeel dat er minder centrales en verbindingen nodig zijn om de oproep te schakelen.

Conclusie

De lokaties van de interconnecties zijn afhankelijk van de GSM-netwerkarchitectuur en van het niveau van interconnectie. Over het algemeen kunnen de lokaties het best gekozen worden daar waar de PSTN-centrales staan en daar waar het meeste mobiele verkeer te verwachten is. Dit om de kosten voor de vaste verbindingen zo laag mogelijk te maken.

6.10 Samenvattend schema

Interconnectie met: aspecten:	van belang voor	internationale centrales	omweg- centrales	1 ^e -orde verkeers-centrales	nummcentrales	nummcentrales via meervoudige aansluiting
De beheersbaarheid en controleerbaarheid van de netten	PSTN	+	+	-	-	+/-
De registratie van verkeersgegevens	PSTN	+/-	+/-	+/-	+	++
De onafhankelijkheid van de GSM-exploitant van PTT	GSM	-	-	+	+	+
De benodigde aanpassingen van GSM en/of PSTN-centra- les voor signalering	GSM + PSTN	+	+	-	-	+/-
De totale lengte vaste verbindingen (direct van PTT) ¹	GSM	-	-	+	+	+
Het gebruikstarief	GSM	-	-	+	+	+
De extra belasting van PSTN-interconnectiecentrales door GSM-verkeer	PSTN	-	+	+	+	+
Aantal interconnecties	GSM + PSTN	3	2	22	25	25
Lokaties van de interconnecties	GSM + PSTN	Amsterdam en Rotterdam	Amsterdam en Arnhem	in elk basistarief gebied	in elk basistarief- gebied	in elk basistarief gebied

Tabel 6-5, Positieve en negatieve gevolgen bij interconnectie op de vier niveaus van het PSTN

¹ Bij netwerkkarchitectuur III, bij netwerkkarchitectuur II is het respectievelijk: +, +, -, -.

Verklaring symbolen:

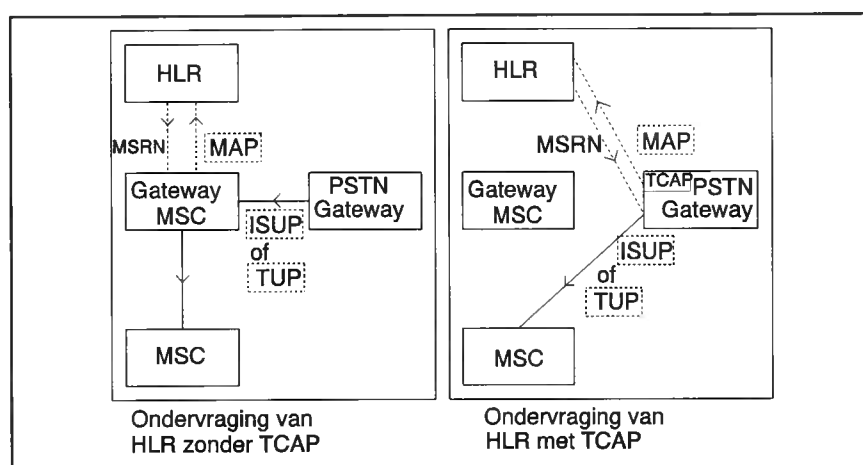
- :dit aspect valt niet gunstig uit bij deze interconnectie
- +/- :dit aspect valt redelijk gunstig uit (maar kan nog afhankelijk zijn van bepaalde dingen)
- +
- ++ :dit aspect valt gunstig uit bij deze interconnectie
- ++ :dit aspect valt bijzonder gunstig uit bij deze interconnectie

7. De nevenaspecten bij interconnectie tussen GSM en de vier niveaus van het PSTN

7.1 Mogelijkheden bij het ondersteunen van TCAP in het PSTN

TCAP is het Transaction Capabilities Application Part van het C7-signaleringssysteem (§2.2). Met TCAP is het mogelijk Mobile Application Part (MAP)-signalering te gebruiken. MAP-signalering wordt gebruikt voor het ondervragen van de HLR. Het PSTN in Nederland ondersteunt momenteel geen TCAP¹. De extra mogelijkheden met betrekking op het GSM bij ondersteuning van TCAP (en MAP) in het PSTN worden hieronder weergegeven.

7.1.1 Mogelijkheid tot ondervraging van HLR door PSTN-centrale



Figuur 7-1, ondervraging van het HLR zonder IN en met IN in het PSTN

Als de PSTN-interconnectiecentrale (of PSTN-gateway) TCAP heeft, kan deze zelf de HLR van een GSM-net ondervragen om het Mobile Station Roaming Number (MSRN §1.4) van een GSM-abonnee te verkrijgen, figuur 7-1. Dit nummer is nodig om direct naar de juiste gateway MSC in het GSM-net te kunnen routeren. Als de PSTN-centrale/gateway geen TCAP heeft, schakelt hij alle oproepen door naar de dichtstbijzijnde gateway MSC. Deze GMSC ondervraagt dan de HLR om het MSRN te verkrijgen.

Voordelen voor de GSM-exploitant van het ondersteunen van TCAP in het PSTN zijn:

- één keer minder schakelen nodig (namelijk in de GMSC)
- geen gateway MSC's meer nodig (alleen maar MSC's) als alle op GSM aangesloten netten TCAP (en MAP) zouden ondersteunen
- snellere routing in GSM

Een (mogelijk) nadeel voor de GSM-exploitant van het ondersteunen van TCAP in het PSTN is:

- toegang tot concurrentiegevoelige gegevens van het HLR
Deze vrees is ongegrond. Het is alleen mogelijk om het Mobile Station Roaming Number te krijgen via ondervraging van het HLR [20]. Er is geen gevaar dat de PSTN-exploitant

¹ zie deel 2, note (7-1)

toegang kan krijgen tot concurrentiegevoelige gegevens die in het HLR staan. Vrij toegang tot het HLR is alleen mogelijk via het "Operation and Maintenance Centre".

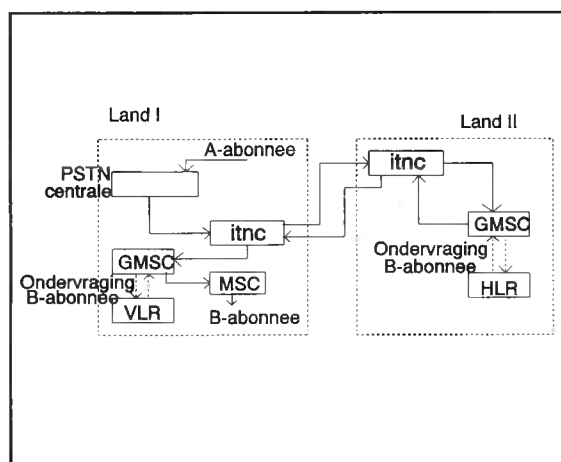
Een nadeel voor de PSTN-exploitant van het ondersteunen van TCAP in het PSTN is:

- ondersteuning van TCAP kan leiden tot ongecontroleerde toegang tot de signaleringsfaciliteiten in het vaste net. Ongeautoriseerde personen zouden dan informatie opgeslagen in databases van het PSTN kunnen manipuleren. De PSTN-exploitant zal dit willen voorkomen. De Open Network Provision (ONP) EG-richtlijn voor telefonie gaat wel de toegang voor leveranciers van toegevoegde waarde diensten ("value added services") tot het vaste net (met signalering) verplicht stellen [46]. De PSTN-exploitant zal dan wellicht geld voor de signalering gaan vragen. Dit doet zij nu al bij ISDN-aansluitingen.

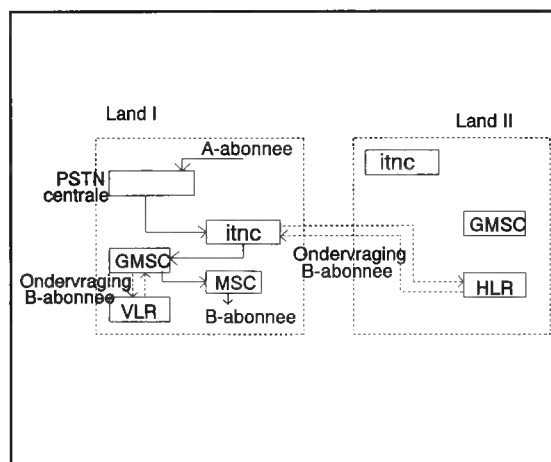
7.1.2 Mogelijkheid voor geoptimaliseerde routing in Nederland

In [29] wordt ingegaan op "Optimised Routing". Geoptimaliseerde routing wordt gebruikt voor oproepen naar buitenlandse GSM-abonnees die internationaal aan het "roamen" zijn. Er zal eerst aan het HLR van de GSM-abonnee gevraagd worden waar de abonnee zich bevindt. Als de GSM-abonnee internationaal aan het "roamen" is, kan de oproep meteen naar het goede land gerouteerd worden. Voor geoptimaliseerde routing is het nodig dat de internationale centrales TCAP (en MAP) ondersteunen om het HLR te kunnen ondervragen.

In figuur 4-1 kunnen de twee internationale verbindingen met geoptimaliseerde routing gereduceerd worden tot één verbinding. Als in figuur 4-1 land I hetzelfde land is als land III zouden twee internationale verbindingen gereduceerd kunnen worden, figuur 7-2 en 7-3.



Figuur 7-2, een internationaal "roamende" buitenlandse GSM-abonnee zonder geoptimaliseerde routing



Figuur 7-3, een internationaal "roamende" buitenlandse GSM-abonnee met geoptimaliseerde routing

Het voordeel van geoptimaliseerde routing voor de GSM-abonnee is:

- het elimineren van één of twee internationale verbindingen en dus lagere gesprekskosten voor de B-abonnee

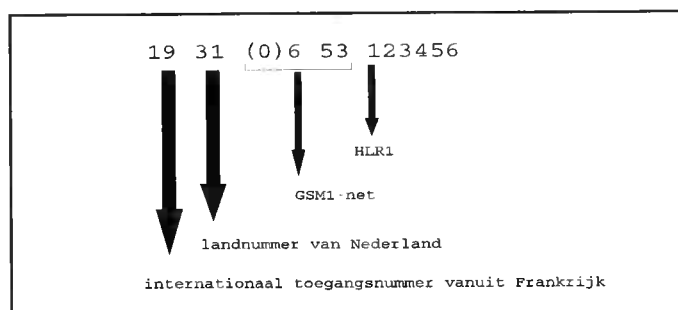
Een nadeel van geoptimaliseerde routing voor de GSM-exploitanten is:

- Bij geoptimaliseerde routing kan de tarifiering van de B-abonnee niet door het eigen GSM-net gedaan worden. Het buitenlandse GSM-net kan dit technisch wel, maar dit wordt om administratieve redenen op 't moment niet gewenst door de GSM-exploitanten. Met

behulp van voorzieningen in de "roaming-agreement" tussen GSM-exploitanten is dit te ondervangen.

Een nadeel van geoptimaliseerde routing voor de PSTN-exploitant is:

- Van alle internationale nummers moeten meer cijfers geanalyseerd worden dan gebruikelijk. Dit is nodig om te kunnen bepalen of een internationaal nummer een GSM-nummer is en bij welk GSM-net dat nummer hoort om de bijbehorende HLR te kunnen ondervragen. Bij GSM-netten met meer dan één HLR zou nog een extra cijfer geanalyseerd moeten worden om de juiste HLR te bepalen (die HLR waar de abonnee geregistreerd staat), figuur 7-4. Dit is een kostbare aangelegenheid aangezien een te analyseren cijfer 3% processor capaciteit vergt [29]!



Figuur 7-4, de benodigde nummeranalyse voor geoptimaliseerde routing

De hoeveelheid verkeer dat gebruik maakt van geoptimaliseerde routing:

- Het percentage verkeer vanuit het PSTN of GSM naar een buitenlandse GSM-abonnee, die internationaal aan het "roamen" is, zal zeer klein zijn.
Het percentage uitgaand internationaal GSM-verkeer vanuit het GSM en vanuit het PSTN is ongeveer 7% (4% [55] + 3% [14]). Maar een paar procent (zeg 5%) van de opgeroepen buitenlandse GSM-abonnees zal in het land van de oproeper internationaal aan het "roamen" zijn. Dit betekent 0.35% (5% van 7%) van het totale verkeer in Nederland zal gebruik kunnen maken van geoptimaliseerde routing.

Ondanks het kleine percentage verkeer dat gebruik maakt van geoptimaliseerde routing, is geoptimaliseerde routing een belangrijke faciliteit. De kosten voor GSM-abonnees die een abonnement hebben in een ander land dan waar ze wonen, zullen met geoptimaliseerde routing aanzienlijk lager zijn. De GSM-gebruiker kan dan echt de goedkoopste GSM-exploitant in binnen- en buitenland kiezen. Dit stimuleert de concurrentie. Nu al probeert de mobiele exploitant van Denemarken SIM-kaarten te verkopen in Duitsland. Dit zou gunstig zijn voor Duitsers vanwege de lagere Deense tarieven en voor de Deense exploitant [23].

7.2 Invloed van niveau van interconnectie op vertragingstijd

Het is belangrijk dat een oproep zo efficiënt mogelijk naar zijn bestemming gerouteerd wordt. Dit om de vertragingstijd (propagatietijd) tussen twee abonnees zo klein mogelijk te maken (§1.9). Elke component in het GSM-net en in het PSTN heeft een bepaalde vertragingstijd. Met deze vertragingstijden kan berekend worden hoe groot de invloed is van het niveau van interconnectie op de totale vertragingstijd.

7.2.1 Nationale oproepen

In appendix D staat per onderdeel van een telecommunicatienet de propagatietijd weergegeven. De propagatietijden die nodig zijn in de berekeningen zijn:
glasvezel: $0,005 \text{ ms} \cdot \text{afstand in kilometers}$.
digitale centrale: 3 ms

Bij interconnectie van GSM met het PSTN op een hoog niveau (via de omwegcentrale of internationale centrale) zullen er bij een oproep ongeveer drie centrales nodig zijn in het PSTN (§6.6). Voor het berekenen van de vertragingstijd zullen we er van uitgaan dat de gateway MSC vlak bij de omwegcentrale staat. De afstand in het PSTN tussen de omwegcentrale en de PSTN-abonnee zullen we 200 km nemen. Dit resulteert in een vertraging van:

$$3 \cdot 3 \text{ ms} + 0,005 \cdot 200 \text{ km} = 10 \text{ ms}$$

De vertragingstijd is in het GSM-net in het ideale geval 180 ms (§1.9), dit opgeteld bij de vertragingstijd in het PSTN geeft 190 ms.

Bij interconnectie op een laag niveau (met de eerste-orde verkeerscentrales of de nummercentrales) zullen over het algemeen twee PSTN-centrales nodig zijn. We veronderstellen dat de verbinding van de gateway MSC naar de eerste-orde verkeerscentrales of nummercentrales gemiddeld 50 km is. De afstand vanuit de PSTN-centrales naar de PSTN-abonnee stellen we op 10 kilometer. Dit houdt in een vertragingstijd van:

$$2 \cdot 3 + 60 \cdot 0,005 = 6,3 \text{ ms}$$

De totale vertragingstijd zal dan 186,3 ms zijn. Deze vertragingstijden liggen ruim beneden de 400 ms (§1.9). Bij een conversatie zullen deze vertragingstijden dus geen problemen opleveren.

7.2.2 Internationale oproepen

Een goede internationale verbinding is belangrijk voor internationale roaming en voor het pan-europese karakter van GSM.

Inkomende internationale gesprekken

Internationale gesprekken vanaf het buitenland naar GSM komen binnen op de internationale centrale van het PSTN en worden dan via de omwegcentrale of direct naar een PSTN-gateway gerouteerd. Het aantal inkomende internationale gesprekken voor het mobiele net zal groter worden als er meer "roaming agreements" komen. Er zullen dan namelijk meer oproepen komen voor buitenlanders, die in Nederland aan het "roamen" zijn.

De verbinding van het buitenlandse PSTN met het PSTN in Nederland kan of via kabels of via een satellietverbinding tot stand gebracht worden. Bij een geostationaire satellietverbinding is de gemiddelde propagatietijd circa 200 ms, zie tabel D.1.

De propagatie/vertrags-tijd vanaf de internationale centrale tot de gateway MSC in het GSM-net is (afstand tussen GMSC en de internationale centrale is nul):

$$3 * 3 \text{ ms (itnc, omwc, PSTN-gateway)} = 9 \text{ ms}$$

De totale propagatietijd vanaf het buitenlandse PSTN tot de GSM-abonnee is dan:

$$200 \text{ ms} + 9 \text{ ms} + 180 \text{ ms} = 389 \text{ ms.}$$

Dit is nog net binnen de limiet van 400 ms.

Uitgaande internationale gesprekken

Voor een internationaal gesprek bij interconnectie van het GSM met het PSTN op een laag niveau (met een nummercentrale) zal er om vanaf een GMSC de internationale centrale te bereiken meestal via 3 centrales (nrc, evkc, itnc) gerouteerd worden en uitgaand van een totale afstand van 200 kilometer tussen de nrc en itnc, geeft dit een vertraging van 10 ms. Bij interconnectie van de GMSC direct met de internationale centrale zal dit 6,3 ms zijn.

De totale propagatie/vertrags-tijd van de GSM-abonnee tot het land van bestemming zal dan :
 $180 \text{ ms (in GSM)} + 10 \text{ ms (of } 6,3 \text{ ms op hoog niveau)} + 200 \text{ ms (satellietverbinding)} = 390 \text{ ms}$
(of 383,7 ms op hoog niveau) zijn.

Hieruit blijkt dat het niveau van interconnectie haast niet van invloed is op de totale propagatietijd. Bovendien zal het aantal uitgaande mobiele gesprekken naar internationale PSTN's niet groter zijn dan in het vaste net (4%). En er is nog de mogelijkheid om vanaf het GSM-net direct naar een buitenlands GSM-net of PSTN te routeren zonder tussenkomst van het Nederlandse PSTN (zie GSM MoU IR.20 en EG-richtlijn ONP spraaktelefonie). Dit kan met behulp van een vaste verbinding. De mogelijkheid om direct naar een GSM-net te routeren is (nog) maar in enkele Europese landen (o.a. Nederland) toegestaan.

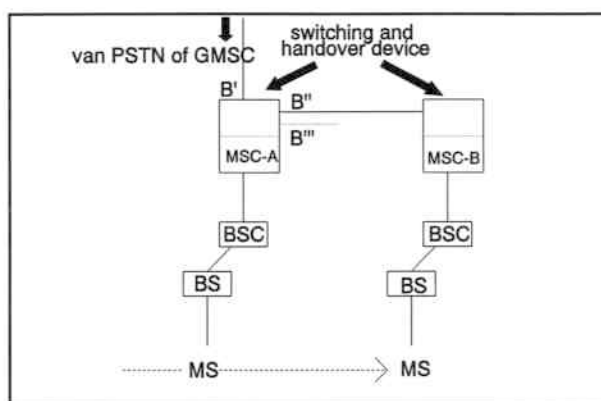
Conclusie

Het niveau van interconnectie heeft dus geen grote invloed op het internationale verkeer:

- Ten eerste omdat de propagatietijden in het PSTN klein zijn vergeleken met de propagatietijden in GSM (en satellietverbindingen)
 - Ten tweede omdat het binnenkomende (internationale) verkeer altijd via het hoogste niveau in het PSTN gaat
 - Ten derde omdat slechts 4% van het totale verkeer internationaal verkeer is
- en
- Ten vierde omdat er ook zonder tussenkomst van het Nederlandse PSTN naar het buitenland gerouteerd mag worden.

7.3 Invloed van niveau van interconnectie op inter-MSC handover

Handover wordt toegepast op het moment dat het niveau van het radiosignaal van het dienstdoende Base Station lager is dan van een ander Base Station (§1.7) of als het radiokanaal uitvalt. Handover kan plaats vinden tussen twee radiokanalen van één Base Station, tussen radiokanalen van twee Base Stations van hetzelfde MSC of tussen radiokanalen van twee Base Stations van verschillende MSC's. Het laatste geval wordt inter-MSC handover genoemd. Het niveau van interconnectie kan invloed hebben op inter-MSC handover.



Na het initiëren van een handover kan via het Mobile Station Roaming Number (MSRN) de oproep naar de MSC-B worden geleid, figuur 7-5. Als er tussen de MSC's een onderlinge verbinding aanwezig is (netwerkarchitectuur III) kan dit direct (via MAP-signalerings). Bij netwerkarchitectuur I of II zijn de MSC's met elkaar verbonden via een gateway MSC. Een oproep kan bij handover dan via de gateway MSC (via ISUP-signalerings figuur 2-2) gerouteerd worden. Als de enige verbinding tussen de MSC's via het PSTN loopt, moet er gebruik worden gemaakt van de signalering van het PSTN voor het opzetten van de verbinding tussen MSC-A en MSC-B.

Conclusie

Handover zal geen problemen geven door het niveau van interconnectie met het PSTN. Bij de drie netwerkarchitecturen van hoofdstuk 5 wordt bij handover een oproep verder gerouteerd binnen het GSM-net naar MSC-B. Als het niet mogelijk is om de oproep binnen het GSM-net naar MSC-B te leiden, kan het via het PSTN met behulp van de signalering die het PSTN gebruikt.

7.4 Gevolgen van het niet hebben van een echo control device in het PSTN

Het Nederlandse PSTN heeft geen echo control device voor nationale oproepen, wel voor internationale oproepen. Zonder echo control device in het PSTN, kunnen er problemen optreden in een gesprek (§1.9). Om dit te vermijden zal het echo control device van het GSM-net altijd ingeschakeld moeten zijn bij oproepen van of naar het Nederlandse PSTN. Gewoonlijk regelt de echo control device het wel of niet inschakelen zelf door de signalering met andere echo control devices. Als er echter geen andere echo control device is, moet de signalering enigszins aangepast worden. Vodafone in Engeland heeft de signalering ook aangepast, omdat British Telecom geen echo control device had.

8. Kwaliteit

Kwaliteit zal één van de onderwerpen zijn bij de onderhandelingen tussen de PTT en de tweede vergunninghouder. Er wordt door de overheid een minimale eis gesteld aan de blokkeringskans (bijvoorbeeld 8%). De aanbieder mag wel een gunstiger blokkeringskans aanbieden teneinde zijn kans om de vergunning te verwerven te vergroten. Deze geoffreerde blokkeringskans wordt dan het (verplichte) uitgangspunt voor de vergunninghouder.

De mobiele en PSTN-exploitant kunnen van elkaar een bepaalde kwaliteit verlangen met betrekking tot hun netten. Dit is onder andere nodig om aan de gestelde eisen in de vergunning te kunnen voldoen. Eisen kunnen worden gesteld aan synchronisatie, blokkeringskans, uitvalkans, beschikbaarheid, bitfoutenkans (BER) en spraakkwaliteit. Dit hoofdstuk behandelt deze kwaliteitsaspecten. Er wordt steeds vanuit gegaan dat het PSTN voldoet aan de standaarden van de CCITT (de "blue books").

8.1 Algemene aspecten

In [22c] staan aspecten waar rekening mee moet worden gehouden ten behoeve van de kwaliteit van het GSM-net. Een paar algemene richtlijnen worden hier aangegeven.

De transmissie- en spraakkwaliteit in het PLMN zullen meestal lager zijn dan de kwaliteit van de PSTN-connectie door storing, vertraging en dergelijke. De kwaliteit in het PLMN moet daarom zo hoog mogelijk gemaakt worden door optimale routing en optimale netwerkconfiguraties. Het is tevens gewenst om een digitale vaste verbinding te hebben tussen BSS en het MSC. De vaste verbindingen zouden, indien mogelijk, 4-draads moeten zijn. Digitale 64 kbit/s en 2 Mbit/s vaste verbindingen van de PSTN-exploitant zijn altijd 4-draads [30][31]. Deze verbindingen volgen namelijk de aanbevelingen van G.703 en G704 van de CCITT. Een ISDN30-aansluiting is ook 4-draads.

8.2 Synchronisatie

Synchronisatie (tussen twee netwerken) is het op elkaar afstemmen van de timing; op het juiste moment de juiste signalen zenden en/of ontvangen. Het GSM-net en het PSTN moeten met elkaar gesynchroniseerd worden. Bij een gebrekkige synchronisatie kunnen ontvangen signalen verkeerd geïnterpreteerd worden.

8.2.1 Synchronisatie van een MSC

Elke MSC is verantwoordelijk voor de synchronisatie [22b][22d] met het vaste netwerk waarmee het verbonden is volgens de synchronisatie-eisen van [10i].

Een centrale kan gesynchroniseerd worden door:

- a) een inkomend digitaal signaal op interface A [10h]. Interface A is een digitale koppelvlak voor verbinding met andere centrales op het eerste niveau van de digitale transmissie-hiërarchie (2 Mbit/s). Echter alleen inkomende signalen die afgeleid zijn van een hoofd referentie klok [10g] kunnen gebruikt worden.
- b) direct door een hoofd referentie klok (primary reference source), gebruik makend van een interface en de timing performances volgens [10g].

8.2.2 Synchronisatie van vaste verbindingen

Een vaste verbinding gehuurd van PTT met synchronisatie (§2.8.3) voldoet aan a). Interface A komt overeen met de interface van een MSC met een vaste verbinding van 2 Mbit/s gehuurd van PTT. Er kan gekozen worden voor vaste verbindingen zonder synchronisatie of voor het zelf verzorgen van de synchronisatie met behulp van een hoofd referentie klok. In Engeland heeft Vodafone vaste verbindingen gehuurd van British Telecom en van Mercury. Op de vaste verbindingen tussen het GSM-net van Vodafone en het PSTN van BT heeft BT de synchronisatie aangebracht. Deze synchronisatie gebruikt Vodafone voor het synchroniseren van het GSM-net met het PSTN van Mercury. Voor de eigen vaste verbindingen in het GSM-net tussen Base Stations, Base Station Controllers en Mobile Switching Centres verzorgt Vodafone zelf de synchronisatie.

Een reden van de GSM-exploitant om de synchronisatie zelf te verzorgen kan zijn: zo'n groot mogelijke onafhankelijkheid te hebben ten opzichte van de PSTN-exploitant (§6.3).

8.3 Blokkeringskansen

De totale blokkeringskans wordt bepaald door de blokkering van de (digitale) centrales en de blokkering op verbindingen tussen centrales. De blokkeringskans van de verbindingen kan geschat worden met de formule van Erlang (appendix G) bij bekend zijn van de hoeveelheid aangeboden verkeer en het aantal beschikbare lijnen. Er wordt vanuit gegaan dat verbindingen zo gedimensioneerd zijn dat de blokkeringskans circa 1% is.

De blokkeringskans van een centrale hangt af van de gebruikte schakelmatrix en van de hoeveelheid verkeer die een centrale kan verwerken. We veronderstellen steeds dat de schakelmatrix niet blokkeert ("non-blocking"). De aanbevolen blokkeringskans door de CCITT van een digitale centrale is ongeveer hetzelfde als de door de ETSI aanbevolen blokkeringskans van een MSC. De volgende berekeningen gaan uit van die aanbevolen waarden van de blokkeringskansen.

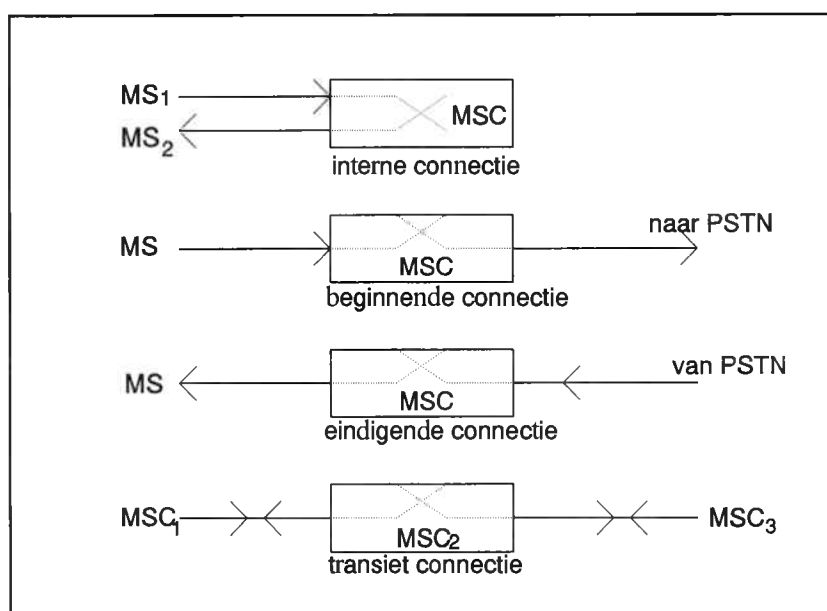
8.3.1 Blokkeringskans in het GSM

Blokkeringskans van een MSC

De kans dat een oproep onvoldoende behandeld wordt door een MSC in het drukste uur [22b], dat wil zeggen geblokkeerd wordt of een extreem grote vertraging ondervindt, is weergegeven in tabel 8-1 (zie voor de type connecties figuur 8-1).

Type connectie	Blokkering ¹
Intern	$\leq 1 \%$
Beginnend	$\leq 0.5 \%$
Eindigend	$\leq 0.2 \%$
Transiet	$\leq 0.1 \%$

Tabel 8-1, aanbevolen maximale blokkeringskansen van de MSC bij verschillende connecties[22b]



Figuur 8-1, type connecties

De totale blokkeringskans in GSM hangt niet alleen af van de blokkeringskans van de MSC, maar ook van de blokkeringskans van het radio kanaal, de BSC en de verbindingen tussen de verschillende centrales en de verbindingen tussen het MSC en het PSTN.

¹ Bij verkeerskarakteristieken voor de verbindingen als volgt:

- De gemiddelde bezetting op alle inkomende circuits van een MSC is 0,7 E met 20 oproep pogingen per uur per inkomend circuit (met 25% ineffectieve oproepen)
- De gemiddelde verkeersintensiteit voor oproepen vanaf het MS is 0.03 E per abonnee met gemiddeld 1.2 oproep pogingen per abonnee in het drukke uur

Blokkeringskans op het radio kanaal

De blokkeringskans op het radio kanaal kan door de GSM-exploitant gedimensioneerd worden en hangt af van het aantal mobiele abonnees per Base Station. Vodafone hanteert een blokkeringskans van 2 %². Hoe de kwaliteit van het radiokanaal gemeten kan worden, staat in ETS 05.05.

Blokkeringskans Base Station en verbinding BS-BSC

In het BS worden alle radiosignalen omgezet via een spraakcodec in digitale signalen van 16 kbit/s. Er is van te voren bekend hoeveel kanalen er maximaal per BS zijn. De GSM-exploitant zal dus zo dimensioneren dat het Base Station en de verbinding tussen het Base Station en de Base Station Controller nooit blokkeren.

Blokkeringskans Basis Station Controller en verbinding BSC-MSC

In het BSC worden vier 16 kbit/s signalen omgezet in 64 kbit/s. De Basis Station Controller heeft dezelfde kans op blokkering als een MSC. De verbinding tussen BSC en MSC zal geen blokkering hebben, omdat precies bekend is hoeveel kanalen maximaal nodig zijn. En we gaan er vanuit dat een GSM-exploitant er niet minder dan nodig zal nemen.

Blokkeringskans van het HLR en VLR

De kans dat de capaciteit van het HLR of VLR te klein is voor de signaleringen met de MSC veronderstellen we nul.

Een blokkering kan echter ook worden veroorzaakt, doordat een MS zich op de rand van een cel bevindt en daardoor (bij slechte propagatieomstandigheden) zich buiten het feitelijke dekkinggebied bevindt. Deze kans kan verkleind worden door het plaatsen van meer Base Stations. De kans op geen dekking is afhankelijk van tijd en plaats. Daardoor kan deze kans niet zomaar worden opgeteld bij de blokkeringskansen die berekend zijn voor het GSM³.

Totale blokkeringskans in het GSM

De totale blokkeringskans in het GSM in het drukste uur kan berekend worden door de blokkeringskansen van alle componenten op te tellen. Dit kan doordat de blokkeringskansen onafhankelijk zijn van elkaar (als de synchronisatie perfect is). Bij GSM-netwerkarchitecturen I en II zullen er voor oproepen van GSM naar PSTN en van PSTN naar GSM steeds via twee MSC's gerouteerd moeten worden. Voor netwerkarchitectuur III zal bij een oproep van PSTN naar GSM via twee MSC's gerouteerd worden. Oproepen van GSM naar PSTN zullen meestal via 1 MSC gerouteerd worden, omdat het meeste GSM-verkeer lokaal verkeer zal zijn (§5.9 [55]) en dus al in het juiste bestemmingsgebied. Voorwaarde is dan wel dat er minimaal zoveel PSTN-interconnectielocaties zijn als MSC's (§ 5.10). Een oproep van mobiel naar mobiel zal altijd via een MSC gaan om de HLR te ondervragen. Bij netwerkarchitectuur I en II zal een oproep van een mobiel naar een ander mobiel maximaal via 3 MSC's gerouteerd worden (bij netwerkarchitectuur III maximaal via 2 MSC's).

² zie deel 2 note 8.2

³ zie deel 2 note 8.3

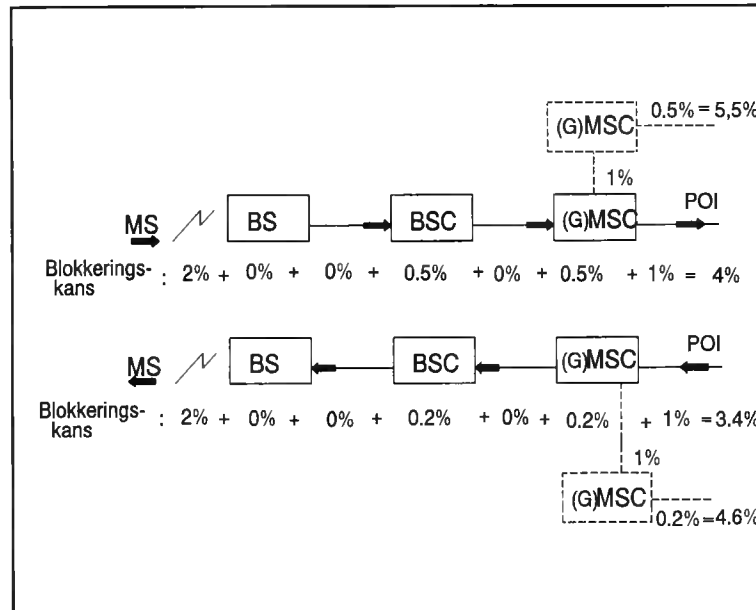
De blokkeringskans voor mobiel naar mobiel wordt dan:

$$P = p(\text{radio interface}) + p(\text{BS beginnend}) + p(\text{verbinding BS-BSC}) + p(\text{BSC beginnend}) + p(\text{verbinding BSC-MSC}) + p(\text{MSC beginnend}) + p(\text{verbinding MSC-MSC}) + p(\text{MSC transit}) + p(\text{verbinding MSC-MSC}) + p(\text{MSC eindigend}) + p(\text{verbinding MSC-BSC}) + p(\text{BSC eindigend}) + p(\text{verbinding BSC-BS}) + p(\text{BS eindigend}) + p(\text{radio interface})$$

met p = de blokkeringskans van een component

Ingevuld geeft dit:

$$P = 2\% + 0\% + 0\% + 0,5\% + 0\% + 0,5\% + 1\% + 0,1\% + 1\% + 0,2\% + 0\% + 0,2\% + 0\% + 0\% + 2\% = 7,5\%$$



Figuur 8-2, de blokkeringskans in het GSM bij een oproep van PSTN naar GSM en van GSM naar PSTN

De blokkeringskans in het GSM tot het Point of Interconnect (POI) voor een oproep van mobiel naar het PSTN heeft een blokkering van (figuur 8-2):

$$p(\text{radio interface}) + p(\text{BS beginnend}) + p(\text{verbinding BS-BSC}) + p(\text{BSC beginnend}) + p(\text{verbinding BSC-MSC}) + p(\text{MSC beginnend}) + p(\text{verbinding MSC-MSC}) + p(\text{MSC beginnend}) + p(\text{verbinding MSC-POI})$$

met p = de blokkeringskans van een component

Dit geeft een blokkeringskans van:

$$P = 2\% + 0\% + 0\% + 0,5\% + 0\% + 0,5\% + 1\% + 0,5\% + 1\% = 5,5\%$$

(4 % voor netwerkarchitectuur III)

De blokkeringskans in het GSM vanaf het POI voor een oproep van het PSTN naar mobiel is (figuur 8-2):

$p(\text{verbinding POI-MSC}) + p(\text{MSC eindigend}) + p(\text{verbinding MSC-MSC}) + p(\text{MSC eindigend}) + p(\text{verbinding MSC-BSC}) + p(\text{BSC eindigend}) + p(\text{verbinding BSC-BS}) + p(\text{BS eindigend}) + p(\text{radio interface})$

met p = de blokkeringskans van een component

Na invullen geeft dit: $P = 1\% + 0,2\% + 1\% + 0,2\% + 0\% + 0,2\% + 0\% + 0\% + 2\% = 4,6\%$

8.3.2 Blokkeringskans in het PSTN

De blokkeringskansen van de PSTN-centrales en de verbindingen tussen deze centrales in het drukste uur bepalen de totale blokkeringskans vanaf het punt van interconnectie (POI=Point of Interconnect) van het GSM met het PSTN tot aan de PSTN-abonnee. De blokkeringskans voor een verbinding is te bepalen door de exploitant. We gaan ook in het PSTN uit van een blokkeringskans voor een verbinding tussen twee centrales van circa 1%⁴. De blokkeringskansen voor een digitale centrale staan weergegeven in tabel 8-2 [10j]. We gaan er vanuit dat de centrales in het PSTN hieraan voldoen.

Type connectie	Blokkeringskans
Intern	$\leq 1\%$
Beginnend	$\leq 0,5\%$
Eindigend	$\leq 0,5\%$
Transiet	$\leq 0,1\%$

Tabel 8-2, de aanbevolen blokkeringskansen voor een digitale centrale volgens [10j]

Het is afhankelijk van het niveau van interconnectie hoe groot de bijdrage van het PSTN zal zijn op de totale blokkeringskans voor oproepen van GSM naar het PSTN.

De blokkeringskans kan steeds als volgt berekend worden:

$$P = \#V * 1\% + \#Ce * 0,5\% + \#Ct * 0,1\% \quad (8-1)$$

met $\#V$ = het aantal verbindingen
 $\#Ce$ = het aantal eindigende centrales
 $\#Ct$ = het aantal transiet centrales

Interconnectie met internationale centrale

Bij interconnectie met een internationale centrale zal er gemiddeld via 3.25 centrales ($\#Ce = 1$, $\#Ct=2,25$) (tabel 6-2) gerouteerd worden. Dit betekent dat er tussen de centrales van gemiddeld 2.25 verbindingen ($\#V$) gebruik gemaakt zal worden. Dit geeft een gemiddelde blokkeringskans vanaf het POI tot de PSTN-abonnee van (formule 8-1):

$$P = 2,25 * 1\% + 0,5\% + 2,25 * 0,1\% = 3,0\%$$

⁴ zie deel 2 (8.4)

Interconnectie met omwegcentrale

Bij de interconnectie met een omwegcentrale zijn in principe evenveel centrales en verbindingen nodig als bij interconnectie met de internationale centrale. Tussen de omwegcentrale en het GSM-net zit echter nog een extra PSTN-gateway. Hierdoor komt er nog de blokkering van 1 verbinding en 1 transitie centrale bij.

De blokkeringskans wordt dan: =4.1%.

Interconnectie met eerste-orde verkeerscentrale

Bij interconnectie met een eerste-orde verkeerscentrale worden gemiddeld 2.25 centrales (#Ce=1, #Ct=1,25) en 1.25 verbindingen (#V) van het PSTN "gebruikt". Dit geeft met formule 8-1 een gemiddelde blokkeringskans van: P = 1,9%.

Interconnectie met nummercentrale

Bij interconnectie met een nummercentrale zal er waarschijnlijk gemiddeld via 2 centrales (#Ce=1, #Ct=1) en 1 verbinding (#V) daartussen naar de PSTN-abonnee gerouteerd worden. De blokkeringskans zal dan P = 1.6% zijn.

Samengevat geeft dit tabel 8-3.

Het is mogelijk dat er bij interconnectie met de internationale, eerste-orde en nummercentrales een gateway tussen het GSM en het PSTN geplaatst zal worden. Dit zal de blokkeringskans met 1.1 % verhogen (0.1 % gateway + 1 % verbinding).

	interconnectie met itnc	interconnectie met omwc + PSTN-gateway	interconnectie met evkc	interconnectie met nrc
Blokkeringskans in PSTN in drukste uur	3.0%	4.1%	1.9%	1.6%

Tabel 8-3, de blokkeringskansen vanaf het POI tot de PSTN-abonnee in het drukste uur bij verschillende niveaus van interconnectie

De gemiddelde blokkeringskans voor een oproep van een PSTN-abonnee naar een ander abonnee in het vaste net is 2 % volgens [14].

De bijdrage van het PSTN op de blokkeringskans bij een oproep van het PSTN naar GSM zal altijd hetzelfde zijn, omdat er altijd op dezelfde manier naar het GSM gerouteerd zal worden, nl. via de omwegcentrale en een PSTN-gateway. Deze blokkeringskans is gelijk aan die bij een oproep van GSM naar PSTN bij interconnectie met de omwegcentrale via een gateway, dus 4.1%.

Hoe de blokkeringskans gemeten moet worden, staat beschreven in [10b].

8.3.3 Totale blokkeringskans

De totale blokkeringskansen (van GSM-abonnee naar PSTN-abonnee) zijn weergegeven in tabel 8-4. Deze kansen gelden als het drukste uur van het GSM-net en het drukste uur van het PSTN samenvallen. Op dit moment is dit niet het geval. Als er echter meer portable telefoons bijkomen (in plaats van autotelefoons), zoals in Duitsland, zal het tijdstip van het drukste uur in het GSM verschuiven en misschien samen gaan vallen met het drukste uur van het PSTN.

De blokkeringskans voor een oproep van mobiel naar het PSTN mag in ieder geval niet groter zijn dan 8% (als 8% de eis in de vergunning is). Uit tabel 8-4 blijkt dat voor oproepen van GSM naar PSTN alleen bij interconnectie met een eerste-orde verkeerscentrale en met een nummercentrale de blokkeringskans bij alle drie de GSM-netwerkarchitecturen beneden de 8% ligt. Bij netwerkarchitectuur III is de blokkeringskans alleen te hoog bij interconnectie met de omwegcentrale. De blokkeringskans ligt bij interconnectie op een laag niveau gemiddeld 1,8% lager. De totale blokkeringskans van het PSTN naar het GSM bij netwerkarchitectuur I, II en III is 8,7 % (soms 7,6 % als het mogelijk is om direct vanaf de GMSC naar een BSC te routeren bij netwerkarchitectuur III).

	interconnectie met itnc	interconnectie met omwc	interconnectie met evkc	interconnectie met nrc
Totale blokkeringskans van GSM naar PSTN bij netwerkarchitectuur I en II	8,5%	9,6%	7,4%	7,1%
Totale blokkeringskans van GSM naar PSTN bij netwerkarchitectuur III	7%	8,1%	5,9%	5,6%

Tabel 8-4, de totale blokkeringskans bij drie GSM-netwerkarchitecturen en interconnectie met vier niveaus van het PSTN

Deze waarden liggen vrij hoog, maar het is mogelijk de blokkeringskansen van de componenten in het GSM (bijv. van de radio interface, van verbindingen of van centrales) te verlagen door de dimensionering ruimer te maken, zodat de totale blokkeringskans omlaag gebracht kan worden. De blokkeringskansen voor vaste verbindingen in het PSTN hebben we 1% genomen, maar deze zijn misschien lager. Als we voor alle verbindingen in het PSTN en GSM-net (uitgezonderd die met een veronderstelde blokkeringskans van 0%) in plaats van een blokkeringskans van 1%, een blokkeringskans van ½% nemen, krijgen we de waarden voor totale blokkeringskansen van tabel 8-5. De totale blokkeringskans van het PSTN naar het GSM bij netwerkarchitectuur I, II en III is 6,1 %.

	interconnectie met itnc	interconnectie met omwc	interconnectie met evkc	interconnectie met nrc
Totale blokkeringskans van GSM naar PSTN bij netwerkarchitectuur I en II	6,4%	7%	5,8%	5,6%
Totale blokkeringskans van GSM naar PSTN bij netwerkarchitectuur III	4,9%	5,5%	4,3%	4,1%

Tabel 8-5, de totale blokkeringskans bij drie GSM-netwerkarchitecturen en interconnectie met vier niveaus van het PSTN bij een blokkeringskans van ½% van de verbindingen in het PSTN en GSM-net

Bij deze blokkeringskansen zit niet de kans dat door slechte propagatie-omstandigheden in het feitelijke dekkingsgebied van GSM toch geen verbinding tot stand kan worden gebracht.

8.4 Uitvalkans

De uitvalkans ("drop-out-rate") van een oproep is één van de mogelijke eisen die de exploitanten aan elkaar kunnen vragen.

De kans dat door een fout in de MSC of in een digitale centrale een gemaakte verbinding vroegtijdig wordt afgebroken moet volgens [22b] kleiner zijn dan 0,002 %. De kans op uitval van de verbinding bij een handover binnen het GSM-dekkingsgebied op een moment dat de MSC weinig verkeer afhandelt, is 1% (voor 90% van de gevallen) [22a].

Zonder handover is de uitvalkans vele orden kleiner dan de blokkeringskans en dus niet van belang. Met handover is de uitvalkans in zijn geheel te wijten aan het GSM-deel van de verbinding.

Hoe uitvalkans gemeten wordt, staat in CCITT- aanbeveling E.850.

8.5 Beschikbaarheid

De beschikbaarheid ("availability") is het percentage van de tijd dat een centrale of verbinding in werking is. Alternatief wordt ook wel gesproken van de downtime ("uitvaltijd"); de tijd dat een centrale of verbinding uitvalt per tijdseenheid. De downtime is als volgt om te rekenen in beschikbaarheid:

*$$\text{beschikbaarheid} = 100\% * [1 - [\text{downtime in uren per jaar} / (365 \text{ dagen} * 24 \text{ uur})]]$$*

8.5.1 Beschikbaarheid digitale centrales

De downtime voor een digitale centrale is volgens de CCITT-aanbevelingen bij 1 eindigende verbinding ≤ 30 minuten per jaar (= 99.9943 % beschikbaarheid) [10i]. Voor digitale centrales met meer eindigende verbindingen is de aanbevolen downtime veel lager. De downtime van een digitale centrale is een ordergrootte lager dan de downtime van vaste verbindingen en wordt dan ook in de berekeningen buiten beschouwing gelaten.

8.5.2 Beschikbaarheid vaste verbindingen

De beschikbaarheid van 2 Mbit/s vaste verbindingen in het PSTN is volgens PTT 99.2 % [30] en komt overeen met een downtime van 7 uur per jaar. De gemiddelde hersteltijd voor een vaste verbinding is 4 uur (40% binnen 2 uur, 80% binnen 5 uur en 95% binnen 36 uur). De levertijd voor een vaste verbinding is ongeveer 7 weken.

Naast storingen langer dan 5 minuten zijn er regelmatig korte onderbrekingen (200 per jaar per vaste verbinding). Dit wil PTT verminderen tot 50 per jaar eind 1993. PTT gaat bovendien de infrastructuur voor vaste verbindingen (VVIS) geheel scheiden van telefonie [7]. Dit gaat 180 miljoen gulden kosten met als resultaat minder dan 10 korte onderbrekingen per jaar. Dit zal tussen het tweede kwartaal '94 en tweede kwartaal '96 plaats vinden.

De kwaliteitsparameters die PTT voor 2 Mbit/s vaste verbindingen geeft, zijn [30]:

errored seconds (een seconde met 1 of meer bitfouten)	$\leq 1.12\%$
severely errored seconds (een seconde waarin de bitfoutenkans groter is dan 1/1000)	$\leq 0.055\%$
korte onderbrekingen (< 5 min.)	max. 2 per 24 uur
minimale beschikbaarheid per jaar	99.2%
Mean Time Between Failures (>5 min.)	0.5 jaar
Mean Time To Repair	4 uur

8.5.3 Beschikbaarheid van straalverbinding van 38 GHz

De beschikbaarheid van een 38 GHz verbinding [51] is te dimensioneren op 99.95%. Dit betekent een downtime van 4.4 uur per jaar.

De beschikbaarheid en downtime van de vaste verbindingen en straalverbindingen zijn samengebracht in tabel 8-5. Straalverbindingen van 38 GHz hebben de hoogste beschikbaarheid.

	Beschikbaarheid	Downtime (per jaar)
38 GHz	99.95%	4.4 uur
2 Mbit/s	99.92%	7 uur

Tabel 8-5, de beschikbaarheid en downtime van verbindingen

8.5.4 Beschikbaarheid van het GSM-net

De beschikbaarheid van het GSM-net hangt voor het grootste deel af van de beschikbaarheid van de vaste verbindingen tussen de centrales (MSC's, BSC's en BS's). Dit is ook het geval bij Vodafone in Engeland en bij Mannesmann in Duitsland.

8.6 Bitfoutenkans

De Bitfoutenkans (Bit Error Rate (BER)) geeft de gemiddelde kans weer dat een bit van een digitaal signaal foutief ontvangen wordt. De BER is voor digitale signalen een belangrijke kwaliteitsparameter.

De schade die een bitfout aanricht is afhankelijk van de soort digitale boodschap. Sporadische bitfouten in digitale spraaksignalen zullen door het menselijk oor niet of nauwelijks waarneembaar zijn. Computers zijn veel gevoeliger voor sporadische bitfouten.

8.6.1 Bitfoutenkans in GSM

De aanbevelingen voor de BER in [22a] voor het verbindingsdeel van het GSM varieert van 10^{-8} tot 10^{-3} , afhankelijk van de snelheid van de modems (9.6 kbit/s, 4.8 kbit/s of 2.4 kbit/s), half-rate (LM) of full-rate spraakcodering (BM) en het transparant zijn van een verbinding.

8.6.2 Bitfoutenkans van centrales

De kans dat de transmissie kwaliteit van een verbinding door een digitale centrale of MSC onacceptabel is, dat wil zeggen een BER groter heeft dan de alarm conditie, moet volgens de standaarden kleiner zijn dan 0.001 %. Deze kans is zo gering dat er vanuit zal worden gegaan dat de BER altijd voldoende klein is.

8.6.3 Bitfoutenkans van vaste verbindingen

Uit de kwaliteitsparameters van een 2 Mbit/s verbinding blijkt dat:

het percentage errored seconds $\leq 1.12\%$

hieruit volgt $P(\text{BER} \geq (1/2.048.000)) \leq 98.88\%$

oftewel $P(\text{BER} < 4.9 \cdot 10^{-7}) \geq 98.8\%$

en

het percentage severely errored seconds (een seconde waarin de bitfoutenkans groter is dan 10^{-3}) $\leq 0.055\%$

hieruit volgt $P(\text{BER} > 10^{-3}) \leq 0.055\%$

Er kan worden uitgegaan van een BER van circa $5 \cdot 10^{-7}$ voor een 2 Mbit/s vaste verbinding.

Volgens G.956 is de BER van een glasvezel van 2 Mbit/s, 8 Mbit/s, 34 Mbit/s, 139 Mbit/s of 4 x 139 Mbits maximaal $1 \cdot 10^{-10}$.

8.6.4 Bitfoutenkans van 38 GHz straalverbinding

De BER van een 38 GHz verbinding [21] is te dimensioneren tussen $10\text{E-}3$ en $10\text{E-}6$.

8.6.5 Invloed van PSTN en GSM op de bitfoutenkans

Met een BER in GSM van 10^{-8} tot 10^{-3} en van vaste verbindingen van $0.5 \cdot 10^{-8}$ kan er geconcludeerd worden dat de vaste verbindingen geen negatieve invloed hebben op de BER voor een mobiele oproep. In tegenstelling daarmee kan het GSM-deel van een oproep een negatief effect hebben op de totale bitfoutenkans voor een oproep van het PSTN naar GSM of andersom.

Bij het gebruik van 38 GHz straalverbindingen hangt het af van de BER in GSM of de straalverbindingen een negatieve invloed hebben op de BER. De bitfoutenkans staan weergegeven in tabel 8-6.

	Bitfoutenkans
in GSM-deel	$10^{-8} - 10^{-3}$
38 GHz straalverbinding	$10^{-8} - 10^{-6}$
2 Mbit/s verbinding van PTT	0.5×10^{-8}

Tabel 8-6, de bitfoutenkans van verschillende verbindingen

8.7 Foutieve tarifiering

De kans op een foutieve tarifiering van een oproep door de fout van een MSC of digitale centrale zou 0.01% moeten zijn [10]. Met behulp van de volgende gegevens:

gemiddelde rekening per maand	f200,- (\$122 [24])
gemiddelde gespreksduur	100 seconden
gesprekskosten per minuut	f0.90 (atf3 [27])
abonnementskosten per maand	f80,- (atf3 [27])

kan aangenomen worden dat een gesprek gemiddeld:

$(100 \text{ seconden} / 60 \text{ seconden}) * f0.90 = f1.50$ kost. Dit geeft $(f200 - f80) / f1.50 = 80$ gesprekken per maand. Een foutkans van 0.01% betekent dat bij 1 van de 10.000 gesprekken de tarifiering fout zal gaan. Het bereiken van 10.000 oproepen duurt 125 maanden ($10.000/80 = 125$ maanden). Een abonnee dient dus hooguit eens in de tien jaar een rekening te ontvangen met verkeerde gesprekskosten van één gesprek.

De kans op een foutieve rekening is dus in principe zeer klein. Bovendien kan over een kennelijk foutieve rekening de exploitant een klacht verwachten (juridisch staat de klager overigens niet sterk, omdat hij niets kan bewijzen). En een abonnee kan natuurlijk naar de concurrent gaan als zijn vertrouwen in de GSM-exploitant is geschaad.

De kans dat de accounting kosten die tussen de GSM-exploitant en de PSTN-exploitant uitgewisseld worden foutief zijn, is even groot. Dit betekent bij 100.000 abonnees met elk 80 gesprekken per maand = 8 miljoen gesprekken $\times$ 0.01% (kans op een fout) = 800 gesprekken met een foutieve afrekening. Verondersteld dat de grootte van de fout maximaal de kosten van 1 gesprek is en dat de accounting kosten even groot zijn als de gesprekskosten voor een abonnee (gesprekskosten zijn eigenlijk hoger dan accountingskosten, omdat in de gesprekskosten ook kosten voor de centrales, verbindingen e.d. doorberekend worden) heeft dit als gevolg $800 \times f1.50 = 1200$ gulden verschil op een rekening van totaal 12 miljoen (8 miljoen gesprekken $\times$ f1.50).

In Duitsland worden de verschillen van het gemeten verkeer tussen Mannesmann en DBP (als PSTN-exploitant) over het algemeen gedeeld. In Engeland heeft alleen Vodafone faciliteiten voor het registreren van verkeersgegevens. Dit wordt gecontroleerd door Coopers & Lybrandt. De meet- en registratiekosten worden verdeeld over BT en Vodafone.

8.8 Spraakkwaliteit

Voor het bepalen van de kwaliteit van spraak zijn er verschillende parameters. Een aantal parameters worden hier behandeld. Andere parameters en meetmethoden zijn terug te vinden in [22b][22c] voor GSM en [10a] voor het PSTN.

Send en Receive Loudness Rating

Send Loudness Rating (SLR) wil zeggen het vermogen van het uitgezonden signaal en Receive Loudness Rating (RLR) het vermogen van het ontvangen signaal in dB. Bij digitale routing tussen het PLMN en internationale verbindingen zullen de Send en Receive Loudness Rating (SLR en RLR), van het nationale deel grotendeels bepaald worden door de SLR en RLR van het PLMN [22c]. De belangrijkste factoren die de SLR en RLR bepalen zijn de AD-converter en DA-converter in het mobiele station (MS).

In [22c] staat aangegeven wat de SLR en RLR eisen in het PLMN zijn en hoe ze gemeten kunnen worden. In [10e] staan de grenzen voor de SLR en RLR voor het PSTN-deel van de verbinding.

Echo

Het effect van echo cancellers en de maximaal toegestane vertraging staan beschreven in §1.9.

Idle Channel Noise

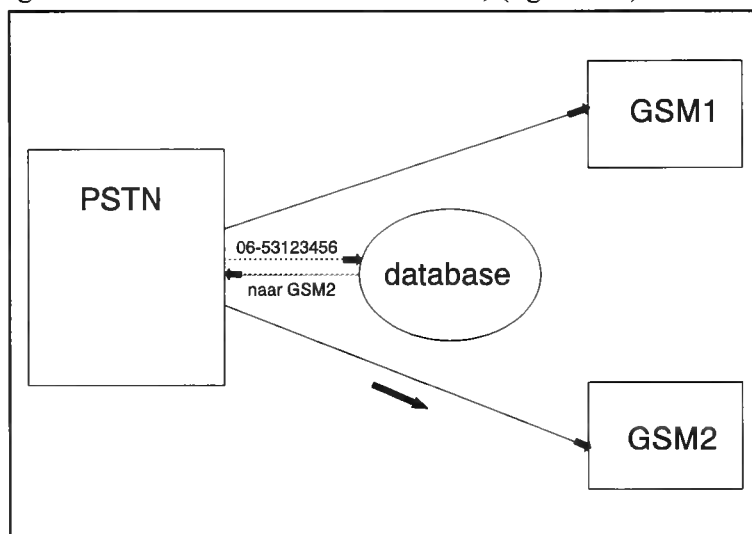
De eisen wat betreft "Idle Channel Noise", oftewel ruis op een verbinding op het moment dat er niet gesproken wordt, zijn terug te vinden in [22e] (sending) en [22f] (receiving). Bij een connectie met het PSTN kan bij het Point Of Interconnect ruis condities worden verwacht volgens [10c].

9. Nummerportabiliteit

Om de overgang van abonnees naar het andere GSM-net te vergemakkelijken en zodoende onderlinge concurrentie tussen GSM-aanbieders te vergroten, overweegt de overheid een mogelijkheid voor nummerportabiliteit. Dat wil zeggen dat een abonnee van het ene GSM-net naar het andere GSM-net kan overstappen met behoud van zijn eigen nummer. Daardoor zal een abonnee die al klant is van GSM1 geen nadelen ondervinden van een overstap naar GSM2 (vooral voor zakelijke klanten is het erg belangrijk hetzelfde nummer te houden). Bovendien zal door nummerportabiliteit de nadelige concurrentiepositie van GSM2, die naar verwachting ruim een jaar later dan GSM1 operationeel wordt, in principe gemakkelijker in te halen zijn.

De overheid geeft blokken nummers uit voor GSM1 (06-53) en GSM2 (06-54). Bij het ondersteunen van nummerportabiliteit kan niet meer onmiddellijk aan het nummer gezien worden naar welk mobiel net een oproep doorgeschakeld moet worden. Om toch bij het juiste net terecht te komen, zijn er verschillende mogelijkheden¹:

- 1) Het raadplegen van een database vanuit het PSTN, (figuur 9-1)



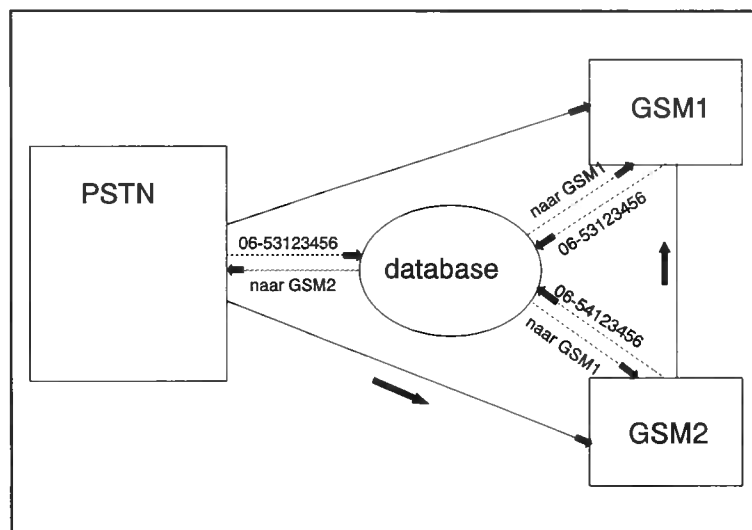
Figuur 9-1, nummer portabiliteit door raadplegen van een database vanuit het PSTN

Bij oproepen van mobiel naar mobiel kan dan echter niet geconstateerd worden of een GSM-abonnee van GSM-net is veranderd als er niet via het PSTN gerouteerd wordt. Bovendien zijn er dan ook geen inkomende internationale oproepen mogelijk zonder tussenkomst van het PSTN.

¹ Het rapport "A Perspective On Number Portability" van Southwestern Bell International Development geeft vier noodzakelijke punten aan voor totale nummerportabiliteit (GSM1, GSM2, atf3 en PSTN) met :

- een gecentraliseerde database (met een SCP, STP en SMS) met de kosten gedeeld door de netwerkexploitanten (GSM1, GSM2, atf3 en PSTN)
- een onafhankelijke instelling die de database beheert
- continue nummer portabiliteit
- implementatie GSM2 niet afhankelijk van nummerportabiliteit

2) Het raadplegen van een database vanuit het PSTN en vanuit de mobiele netten (figuur 9-2)



Figuur 9-2, nummer portabiliteit door raadpleging van een database vanuit het PSTN en het GSM

Bij deze optie kan bij een nationale oproep van mobiel naar mobiel wel gecontroleerd worden of een abonnee van GSM-net is veranderd. Maar internationale inkomende oproepen kunnen niet direct naar het juiste mobiele net gerouteerd worden.

Bij opties 1 en 2 zijn er verschillende mogelijkheden voor het beheer van de database en het soort gegevens van de database, te weten:

Database in beheer van:

- a. PSTN-exploitant
- b. GSM-exploitant(en)
- c. onafhankelijke instelling

Met in de database:

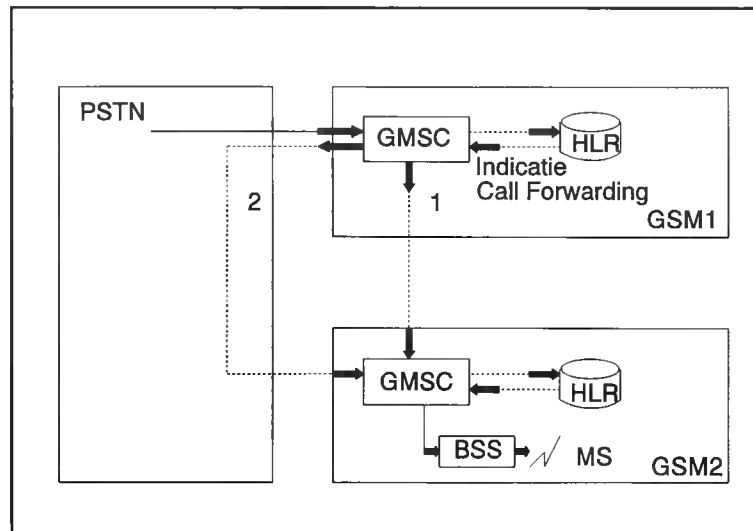
- d. de nummers van alle abonnees van GSM1 en GSM2
- e. de nummers van alle abonnees van één GSM-net
- f. de nummers van alle overstappers

Nadelen:

- bij a. Oppassen voor doorsluizing van gegevens van PSTN-exploitant naar GSM1-exploitant (misbruik van dominante positie)
- bij b. Toegang tot gegevens van concurrent
- bij c. Moeilijkheden kiezen onafhankelijke instelling
- bij d. Veel gegevens, concurrentiegevoelig
- bij e. Afhankelijk van beheerder concurrentiegevoelig en extra routing voor niet-bestaande abonnees
- bij f. Bij een oproep met een verkeerd nummer (voor een niet-bestaande abonnee) wordt de oproep toch gerouteerd in tegenstelling tot optie a

De kosten voor het opzetten, beheren en raadplegen van een database zou eerlijk verdeeld moeten worden over de GSM-exploitanten.

- 3) Het instellen van een definitieve "Unconditioned Call Forwarding" in de oude HLR (figuur 9-3)



Figuur 9-3, nummerportabiliteit d.m.v. Call Forwarding

Call Forwarding is een dienst die al in de eerste fase van GSM (de startfase) geïmplementeerd moet zijn. Als een abonnee overstapt naar de andere GSM-exploitant, houdt bij deze optie de oude GSM-exploitant het nummer van die klant in zijn HLR met een permanente "Unconditioned Call Forwarding". De call forwarding verwijst dan naar het nieuwe nummer van de abonnee op het andere GSM-net. Het tweede deel van de oproep wordt gezien als een aparte oproep (in dit geval van mobiel naar mobiel).

Bij een normale Unconditioned Call Forwarding wordt dit deel van de oproep betaald door de opgeroepen abonnee. Bij nummerportabiliteit moet de nieuwe exploitant de additionele kosten betalen die de oude exploitant maakt voor een oproep van een abonnee die niet meer van hem is, te weten de kosten voor:

- het in de database (HLR) houden van de oude abonneegegevens
- het ondervragen van de HLR door de gateway MSC
- de routing en transmissie naar het andere net

De exploitanten kunnen hier een standaard bedrag voor afspreken, want de handelingen zullen altijd hetzelfde zijn. De oude GSM-exploitant kan in zijn HLR bijhouden hoeveel er naar de overgestapte abonnee gebeld wordt. De nieuwe GSM-exploitant houdt dit standaard al bij.

De vertraging van oproepen naar abonnees die gebruik hebben gemaakt van de nummerportabiliteit zal klein zijn, aangezien slechts via één extra gateway MSC gerouteerd zal worden (bij netwerkarchitectuur III moeten dan wel alle GMSC's aansluitingen hebben met het andere GSM-net).

Een nadeel bij optie 3 is dat alle oude abonnees in het bestand gehouden moeten worden. De capaciteit van de HLR zal dus groter moeten zijn. Waarschijnlijk zal het aantal abonnees dat zal overstappen niet zo groot zijn, tenzij de GSM-exploitant zijn klanten niet goed bedient. Dit nadelige effect kan derhalve worden gezien als een prikkel tot goede dienstverlening.

Algemene nadelen van nummerportabiliteit zijn:

- administratief moeilijke en dure voorzieningen vooraf (volgens het rapport van Southwestern Bell: f10,4 miljoen voor hun databaseconfiguratie)
- extra kosten voor schakelen, signaleren en transmissie van de relevante gesprekken
- het niet kunnen hergebruiken van nummers als een abonnee zijn abonnement opzegt
- de GSM-exploitanten zijn afhankelijk van de goede werking van het net van de ander. Dit is echter ook het geval bij roaming.
- PSTN-abonnee betaalt het tarief van GSM1 in plaats van het tarief van GSM2 (of andersom) (dit is te ondervangen door het tarief via de signalering door te geven, net als bij internationale en 06-gesprekken).

Alternatieve mogelijkheden om het een abonnee gemakkelijker te maken van GSM-net te veranderen zijn:

- na het veranderen van GSM-net kan via een bandje het nieuwe nummer van de abonnee doorgegeven worden door de oude GSM-exploitant. Dit zal tijdens de onderhandelingen al afgesproken moeten worden. De oproeper moet dan wel twee gesprekken betalen.
- het aanbieden van gratis visitekaartjes en dergelijke door de nieuwe GSM-exploitant (als marketing instrument)
- zodanig toewijzen van nummerblokken dat het verschil tussen het oude nummer en het nieuwe nummer slechts 1 cijfer is²

Voorbeeld:

GSM1 krijgt 06-53..... 000000 t/m 499999

GSM2 krijgt 06-54..... 500000 t/m 999999

Conclusie

Nummerportabiliteit is technisch gezien mogelijk, maar brengt extra kosten met zich mee. Er zou eerst onderzocht moeten worden hoe belangrijk een GSM-abonnee het vindt zijn eigen nummer te houden bij het overstappen naar een ander GSM-net en wat een abonnee daar voor over heeft. Bovendien moet bekeken worden of de extra lage prijzen door effectievere concurrentie opwegen tegen de extra kosten voor nummerportabiliteit, die uiteindelijk toch op alle GSM-abonnees verhaald zullen worden. Ook zou een schatting moeten worden gemaakt van het te verwachten aantal abonnees dat over zal stappen. Dit zal zeer moeilijk zijn, omdat het verschil in kwaliteit en service van de GSM-netten niet van te voren bekend is.

² Te zijner tijd zal door nummer-capaciteitsgebrek dit systeem verlaten moeten worden, maar in de eerste (voor GSM2 moeilijke) jaren is het goed bruikbaar.

Conclusies

De technisch-operationele aspecten die mogelijk problemen en belangenconflicten kunnen veroorzaken bij interconnectie van het Nederlandse PSTN en de GSM-netten zijn hieronder aangegeven.

Hierbij gaan we er vanuit dat oproepen van het PSTN naar het GSM altijd via de omwegcentrales en twee speciaal voor GSM aangebrachte centrales (gateways) van het PSTN verlopen.

1) het niveau in het PSTN waarop interconnectie plaats zal vinden:

De GSM-exploitant wenst interconnectie op een zo laag mogelijk niveau (tweede (met evkc's) of vierde (met nrc's)) vanwege:

- onafhankelijkheid ten opzichte van PTT
- een zo laag mogelijk gebruikstarief
- een zo laag mogelijke blokkeringskans voor een oproep

De PSTN-exploitant wenst interconnectie op een zo hoog mogelijk niveau (het eerste niveau (met omwc's)) vanwege:

- de beheersbaarheid en controleerbaarheid van zijn net
- de eventuele extra kosten voor aanpassing van de signalering (zie 2)
- de eventuele extra kosten voor registratie van het verkeer voor kostenverrekening

2) de te gebruiken signalering tussen het GSM en het PSTN:

Het huidige Nederlandse PSTN gebruikt geen standaard (netwerk)signalering. Het is kostbaar voor de PSTN-exploitant om alle signaleringen op de PSTN-interconnectiecentrales aan te passen aan de standaarden, vooral als er interconnectie geëist wordt op het derde of vierde niveau van het PSTN. Het aantal PSTN-interconnectiecentrales zal dan namelijk groot zijn (20 of meer). Het toelaten van interconnectie met de signalering die intern gebruikt wordt in het PSTN wil de PSTN-exploitant echter niet, omdat het dan niet meer mogelijk is controle te houden op de signalen die toegang tot het PSTN krijgen.

De signaleringen van het PSTN zijn in principe niet beschikbaar voor de GSM-exploitant. Het is dus alleen mogelijk interconnectie te maken met de standaard signaleringen, die op dit moment slechts worden toegepast op de omwegcentrale (met ISUP Q767) of op de nummercentrales via een meervoudige aansluiting (met toegangssignalering). Toegangssignaleringen kunnen echter minder dan netwerksignaleringen.

3) de beschikbaarheid en reparatietijd van de vaste verbindingen van het vaste net (en bijkomende kosten)

De beschikbaarheid van het GSM-net hangt grotendeels af van de beschikbaarheid van de verbindingen tussen de verschillende GSM-centrales. Een gedeelte van het totale aantal verbindingen zal van de PSTN-exploitant gehuurd zijn. Het is voor de GSM-exploitant dus heel belangrijk vaste verbindingen te kunnen huren die een hoge beschikbaarheid hebben en waarvan de hersteltijd bij uitval zo kort mogelijk is.

Het leveren van vaste verbindingen met een hoge beschikbaarheid betekent voor de PSTN-exploitant extra kosten. Voor een hogere beschikbaarheid dan normaal moet de PSTN-

exploitant verbindingen dubbel routeren. Vaste verbindingen met een hogere beschikbaarheid en kortere reparatietijd zijn wel verkrijgbaar (digiline). Er zijn echter alleen standaard tarieven hiervoor bij 64 kbit/s verbindingen of lagere snelheden. Verbindingen met lage capaciteiten zijn niet voldoende voor (de opbouw van) een GSM-net.

4) het verplicht gebruiken van TCAP (indien aanwezig) door de PSTN-exploitant

Als het PSTN TCAP (Transaction Capabilities Application Part), een onderdeel van C7-signalering, ondersteunt, is het PSTN in staat MAP (Mobile Application Part)-signalering te gebruiken. De beleids-relevante vraag is of de PSTN-exploitant dan verplicht wordt deze signalering te gebruiken ten behoeve van de GSM-exploitant. TCAP (en MAP) geven ongecontroleerde toegang tot de signaleringsfaciliteiten in het PSTN en vormen dus een nadeel voor de PSTN-exploitant.

De GSM-exploitant hoeft bij gebruik van TCAP in het PSTN de oproepen hieruit één keer minder te schakelen, heeft geen gateway MSC's meer nodig (wel MSC's), kan sneller routeren en heeft de mogelijkheid voor geoptimaliseerde routing.

Aanbevelingen

Aan de GSM-exploitanten:

Het is belangrijk dat de beschikbaarheid en kwaliteit van de verbindingen tussen de GSM-centrales voldoende groot is. Bij het huren van de vaste verbindingen van de PSTN-exploitant is het aan te bevelen eventueel een hoger tarief te accepteren in ruil voor een hogere beschikbaarheid en een kortere reparatietijd. Dit bepaalt namelijk voor een groot deel de kwaliteit van het net zoals die door een abonnee wordt waargenomen. Eventueel kan de GSM-exploitant om een hoge beschikbaarheid te krijgen zelf dubbel routeren. De ruimte voor de PSTN-exploitant om prijsverhogingen te bedingen is afhankelijk van de vrijheid die de GSM-exploitant door de overheid wordt gegund om alternatieve vaste infrastructuur aan te leggen of van derden te huren.

Het is aan te bevelen voor de netwerkarchitectuur van het GSM-net een gunstige combinatie te kiezen van netwerkarchitectuur II en netwerkarchitectuur III, beschreven in hoofdstuk 5-10. Dit geldt echter alleen als er meer dan zes interconnectiepunten in het PSTN zijn. Netwerkarchitectuur III biedt de voordelen van de mogelijkheid tot routing in het mobiele net. Netwerkarchitectuur II reduceert het aantal kostbare verbindingen tussen gateway MSC's.

Aan de PSTN-exploitant

Tijdens dit onderzoek is gebleken hoe belangrijk het is om technische standaarden aan te houden, ook intern in het 'eigen' net. In de toekomst zal het volgen van standaarden een steeds belangrijker rol gaan spelen vanwege liberalisatie, interconnectie-eisen van concurrenten en de ONP- EG richtlijn voor telefonie. Het is dan ook aan te bevelen aan de PSTN-exploitant zich zoveel mogelijk aan de internationale standaarden te houden, mede omdat kosten van latere modificaties redelijkerwijze niet (uitsluitend) op een exploitant, die zich wel geheel aan internationale standaarden houdt, afgewenteld kunnen worden.

Aan het Ministerie van Verkeer en Waterstaat:

Voor een snelle start van de tweede vergunninghouder is het belangrijk dat de onderhandelingen zo snel mogelijk verlopen. De mogelijke belangenconflicten op de hierboven genoemde punten zouden dus vermeden moeten worden. Dit kan door het een en ander vast te leggen in bijvoorbeeld een AMvB (Algemene Maatregel van Bestuur). Eén van de keuzes die bekeken zou moeten worden, is of de PSTN-exploitant verplicht wordt standaard signaleringen te leveren (bijvoorbeeld ISUP Q767), en als dit niet het geval is, of de PSTN-exploitant verplicht wordt de specificaties van de eigen PSTN-signalering vrij te geven, opdat de GSM-exploitanten dit als een alternatief zouden kunnen aanwenden.

Nummerportabiliteit heeft een effectievere concurrentie tot gevolg. Het is alleen dan gunstig nummerportabiliteit in te voeren als de daling van GSM-prijzen door deze concurrentie groter zal zijn dan de extra kosten (per GSM-abonnee) die nodig zijn voor nummerportabiliteit. Alvorens te besluiten nummerportabiliteit in te voeren, zou eerst een marktonderzoek gehouden moeten worden hoe belangrijk GSM-abonnees het vinden om hetzelfde telefoonnummer te houden bij het overstappen naar een ander GSM-net en hoeveel ze daar extra voor zouden willen betalen.

Bovendien zou een schatting moeten worden gemaakt hoeveel abonnees zullen overstappen.

Dit is echter (onder andere) afhankelijk van het verschil in kwaliteit en service van de twee GSM-netten en dus moeilijk te voorspellen.

Eveneens is te overwegen welke infrastructurele alternatieven de tweede vergunninghouder wordt gegund om niet geheel afhankelijk te zijn van de prijsstelling en aansluitkosten van de PSTN-exploitant. Dit valt mede te bezien in het licht van de voorgenomen herziening van de WTV, die alternatieve huurlijnen in het vooruitzicht stelt.

Referenties

- [1] Ballard, M., Issenman, E.,
"Digital Cellular Mobile-Radio System ECR 900", *European Transaction on Telecommunications and related technologies*, vol. no.1 Jan-feb. 1990
- [2] Ballard, M., Verhulst, D.,
"ECR900 Digital Cellular Mobiel Radio System", *Electrical Communication*, vol. 63, no.1, 1989
- [3] Barrois, e.a.,
Beschrijving interface netwerkaansluiting telefoonnet van PTT Telecom, mei 1991
- [4] Beekhuis, A.T.,
Nummerplan, PTT Telecom, juni 1993
- [5] Beukers, R.A.,
Elektronische Automatische Telefonie, Delft, september 1989, faculteit der Elektrotechniek TU Delft
- [6] Björndahl, P. and Lind, B.,
"CME20-A total solution for GSM networks". *Ericsson Review* no.3 1991
- [7] Bedrijfsvereniging Telecommunicatie Grootgebruikers (BTG), bedrijfsblad
- [8] Calhoun, G.,
Digital Cellular Radio, Artech house inc, 1988
- [9] Carrie, A., Cellmer, J., Marciguy, M.,
"Matracom 9200 and AXE 10: A flexible system for GSM networks", *Communication & transmission*, no.1 1991, pag. 10-11.
- [10] CCITT Recommendations from the International Telecommunications Union, the international telegraph and telephone consultative committee, Geneve 1989 (blue books)
 - [10a] E en G serie
 - [10b] E 845
 - [10c] G 103
 - [10d] G 114
 - [10e] G 121
 - [10f] G 704
 - [10g] G 811
 - [10h] Q 511
 - [10i] Q 541
 - [10j] Q 543
- [11] Chia, S.T.S.,
"Beyond the Second-Generation Mobile Radio Systems", *British Telecommunications Engineering*, Vol. 10, jan.1992
- [12] Clark, M.P.,
Networks and Telecommunications, Design and Operation
(Hoofdstuk: The CCITT 7 signalling system)
- [13] Coenders, L.A. en Kuijpers, J.H.M.,
"De AXE-10-telefooncentrale", *Studieblad PTT* 1980,
pag.321-345
- [14] Concessierapportage Koninklijke PTT Nederland N.V., 1992
- [15] "Price cap regulation for monopoly services for purposes of digital cellular mobile radio",
The federal Minister of Posts and Telecommunications, *Information series on regulation issues*, Bonn, maart 1993
- [16] Ekkelenkamp, H., Verstraaten, I., Wybrands, R.

-
- Het ISDN-boek*, Tutein Nolthenius, Amsterdam 1992
- [17] Eklund, M., Larson, C.G., Sörme, K.,
"AXE 10 - System Description", *Ericsson Review*, No.2, 1976
- [18] Ericsson,
Cellular Mobile Telephone System CME 20, system description, pag.33
- [19] Ericsson Connexion, maart '93
- [20] Ericsson medewerkers
- [21] "Ericsson minilink 38", folder
- [22] European Telecommunication Standards, ETSI Technical Reports, GSM specifications
- [22a] 2.08
- [22b] 3.05
- [22c] 3.50
- [22d] 11.30
- [22e] 300 085 (sectie 6.2.8.1)
- [22f] 300 085 (sectie 6.2.8.2)
- [23] Evagora, A en Blau, J.,
"Roaming blocked", *Communications Week International*, 11 october 1993
- [24] Frost & Sullivan,
Digital cellular telephony, juni 1991
- [25] Funke, G.,
"Universeel signaleringssysteem SS7 voor vandaag, morgen en... overmorgen (I)", *Digitale-Analoge Technologie*, februari 1992
- [26] Geppaart, G.A.M.,
De telecommunicatie-infrastructuur in Nederland, PTT Nederland BIDAATA i.s.m. PTT Telecom, District Den Haag, maart 1991
- [27] Geus, J. de,
Tariefstructuren voor interconnectie bij een mobiel telecommunicatie duopolie, Delft, 1992.
Faculteit der elektrotechniek van TU Delft
- [28] *GSM in commercial operation*, report from D2-privat
- [29] GSM MoU document IR.20
- [30] Handboek Vaste Verbindingen, PTT Telecom
- [31] HDTP medewerkers
- [32] Hemert, D. van, Kuin, J.,
Automatische telefonie, Den Haag 1979
- [33] Huber, J.,
"Advanced equipment for an advanced network", *Telcom report international*, vol.15 1992, no.3-4.
- [34] InfraStructuur RandApparatuur boek (ISRA)
- [35] Jong, C.de,
Telecommunicatie, strategieën voor openbare structuren, sept. 1991, faculteit der Wijsbegeerte en Technische Maatschappijwetenschappen, TU Delft
- [36] Kegel, A, Arnbak, J.C., e.a.
Communicatie-systemen b.o., Delft, jan.1991, Faculteit der Elektrotechniek , vakgroep Telecommunicatie- en Verkeersbegeleidingssystemen, TU Delft
- [37] Klanten InformatieVoorziening InfraStructuur (KIVIS),
PTT Telecom, september 1993
- [38] KPN meerjaren beleid (pag.85), 1991
- [39] Li, M., Nichols, E.,
Intelligent Networks: Strategies for customised global services, Ovum Ltd, London 1993
-

-
- [40] Mannesmann medewerkers
 - [41] *Mannesmann Mobilfunk, the D2 privat operator*, fact sheet (feb. 1993)
 - [42] Matthijssen, R.L. en Truijens, J.H.J.M.
Computers, datacommunicatie en netwerken, hoofdlijnen en praktijk, Academic Service, 1988
 - [43] Nationaal telefoneren (boekje PTT), juni 1993
 - [44] Nederlandse specificaties van conformiteit, Ministerie van Verkeer en Waterstaat,
HDTP: T 11-50 t/m 11.55
 - [45] Nederlandse specificaties van conformiteit, Ministerie van Verkeer en Waterstaat,
HDTP: T 14-03, 14-08 en 14- 09
 - [46] PA Consulting Group,
Study on the application of ONP to Mobile Telephony, Data Networks and Paging services, London december 1992, Commission of the European Communities
 - [47] Parsons,
Personal and mobile radio systems
 - [48] PTT Nederland, brief 93-U-00472-RvB
 - [49] PTT Studieblad,
(o.a. *De toekomst van de autotelefoondienst: GSM het vierde generatie autotelefoonnet (in 4 delen)*)
 - [50] Schoute, F.C.,
Prestatie-analyse van telecommunicatiesystemen, Deventer, Kluwer, 1989
 - [51] Southwestern Bell Rapport
 - [52] Staatscourant nr. 46, 8-3-1993
 - [53] TU medewerkers
 - [54] Turner, S.,
"Technical Advances in Mobile Data Communications", *Telecommunications, international edition*, nov. 1991
 - [55] Vodafone medewerkers

Appendix A

A.1 De situatie van GSM2 in Duitsland medio 1993

In Duitsland opereren twee GSM-exploitanten: Deutsches BundesPost Telekom (D1) en Mannesmann (D2). Deutsches BundesPost Telekom (DBP) is tevens de nationale PSTN-exploitant.

De wet in Duitsland bepaalt dat de GSM-exploitanten zoveel mogelijk in het mobiele net moeten routeren. Dat betekent dus dat mobiel verkeer vanuit het GSM-net zo laat mogelijk aan het PSTN doorgegeven moet worden en mobiel verkeer vanuit het PSTN zo snel mogelijk naar het GSM-net toe moet.

Het D2-net

Het D2-net is opgebouwd uit 19 Mobile Switching Centres (+ 3 gepland) en twee transit centrales (centrales die een niveau hoger liggen in de hiërarchie van het GSM-net) in Frankfurt en Düsseldorf. De transit centrales worden gebruikt als internationale gateway en voor een extra C7-signaleringsweg voor de betrouwbaarheid. De transit centrale voor C7-signaling is een Signal Transfer Point (STP) en staat in Düsseldorf.

De MSC's zijn allen gateway MSC's en zijn, als er voldoende verkeer is tussen de MSC's, met elkaar verbonden, meestal met 2 Mbit/s verbindingen. Het is niet rendabel om verbindingen lager dan 2 Mbit/s te gebruiken. Het verkeer zal dan via de transit centrales gaan. Deze worden ook gebruikt als overloopcentrales (als de verbindingen tussen de MSC's "vol" zijn).

Er zijn MSC's in het D2-net die niet met de maximale capaciteit werken als dat voordeliger is vergeleken met lange vaste verbindingen om naar een verdergelegen MSC te routeren (§5.9).

Verder bestaat het D2-net momenteel uit 25 BSC's en 1.100 Base Station Systems (2.000 eind 1993).

Verbindingen van de GSM-netten

Voor de verbindingen tussen MSC's en het PSTN moeten vaste verbindingen van DBP gehuurd worden. Voor de verbindingen in het GSM-net mogen straalverbindingen van 7 GHz, 23 GHz en 38 GHz gebruikt worden. Straalverbindingen van 38 GHz kunnen een afstand van 5 tot 10 km halen (afhankelijk van de propagatie-omstandigheden: slecht weer e.d.). Straalverbindingen van 7 GHz kunnen een afstand van ongeveer 50 km overbruggen. Een probleem bij vaste verbindingen van DBP is de levertijd en de beschikbaarheid. Er zijn veel service onderbrekingen (vooral in Oost-Duitsland). In het weekend kunnen die zelfs 48 uur zijn. Een oplossing is meer straalverbindingen gebruiken of meer betalen voor een betere service.

Interconnectie

Mannesmann geeft steeds zijn verkeersvoorspellingen op korte en lange termijn door aan DBP. DBP moet dan zorgen dat het verkeer verwerkt kan worden. Hoe ze dat doen maakt niet uit. Als Mannesmann verkeer in Düsseldorf aflevert, wordt al het verkeer voor Düsseldorf als lokaal verkeer behandeld (ook qua tarifiering). Mannesmann moet betalen voor het gemeten werkelijke verkeer, maar minimaal 50% van de opgegeven verkeersvoorspellingen.

DBP zorgt ervoor dat de signalering op de interconnectiepunten gelijk is aan de standaard ISUP Q767. Dit doet DBP door het plaatsen van zogenaamde VE:N's tussen de gateway MSC's en de PSTN-centrales. Dit zijn volledige centrales voor spraak en signalering. Elke MSC en VE:N houdt de hoeveelheid inkomend en uitgaand verkeer bij. De verkeersgegevens worden elke maand vergeleken.

Het Duitse PSTN heeft vier hiërarchische niveaus. Er zijn 50 tot 100 centrales op het tweede niveau en 10.000 lokale centrales. Er wordt meestal interconnectie gemaakt met het eerste niveau en soms met het tweede niveau. De tarieven zijn hier niet van afhankelijk. De plaats waar het GSM-verkeer afgeleverd wordt, is bepalend voor het tarief.

Onderhandelingen

Mannesmann schat dat 6 maanden de minimale duur is voor het voltooien van interconnectiebesprekingen. In juni 1990 zijn Mannesmann en DBP begonnen met de onderhandelingen over signaleringen, interfaces en protocollen, in december 1990 met testen en in april 1991 was het D2-net in werking.

A.2 De situatie van GSM2 in Engeland medio 1993

In Engeland zijn er twee PSTN-exploitanten: British Telecom (BT) en Mercury. Er zijn ook twee GSM-exploitanten: Vodafone en Cellnet. Een voordeel van het kunnen kiezen tussen BT en Mercury is dat in geval van staking of uitval van het ene net, er met het andere net nog een interconnectie gemaakt kan worden.

Vodafone heeft 55 % van de cellulaire markt met 920.000 TACS-abonnees (het analoge cellulaire net). Het GSM-net van Vodafone heeft een 90 % populatiedekking op dit moment en de planning is 95 % in de lente van 1994. Het GSM-net is in december 1991 in testfase (pilot) gegaan. Op dit moment is Vodafone bezig met de marketing van GSM. De redenen om nu met GSM te beginnen zijn:

- de capaciteit van TACS wordt te klein
- om een goede toekomstige concurrentiepositie te verwerven

Het GSM-net van Vodafone

Het al hebben van een analogo net is een voordeel voor het opzetten van het GSM-net wat betreft cell sites, interconnectiepunten en transmissie.

TACS heeft vijf HLR's (in Newbury) en 34 schakelcentrales:

- 26 TACS (gateway) Mobile Switching Centres
- 6 transit centrales
- 2 operator centrales

Dit zijn allen Ericsson centrales. Elke transit MSC heeft 2 routes naar het PSTN van British Telecom. Alle transit centrales zijn met elkaar verbonden en met het PSTN. Ze hebben zelf geen Base Stations en zijn niet in staat een HLR te ondervragen. Alle GMSC's zijn met het PSTN verbonden.

Inkomende GSM-oproepen komen binnen op TACS en gaan via TACS naar de GSM-centrale (daar is er 1 van) en andersom. De GSM-centrale is direct aangesloten op de internationale centrales van BT, niet via TACS, omdat de signalering van TACS niet alle GSM-functies ondersteunt (zoals echo-cancelling). De signalering tussen de GSM-centrale en de internationale centrales gaat via TUP.

Verbindingen van de GSM-netten

De vaste verbindingen van Vodafone zijn 50% van Mercury en 50% van BT (British Telecom). Vodafone heeft een vergunning om straalverbindingen van 28 GHz in het net te gebruiken.

Interconnectie

Niveau

Het PSTN van British Telecom bestaat uit drie niveaus. Aanvankelijk had Vodafone interconnectie met oude analoge centrales van British Telecom. In 1987 ging alles in het PSTN van BT over op C7. Nu wordt de interconnectie met BT altijd gedaan via het hoogste niveau in het PSTN (in totaal 73 centrales). Vodafone heeft een directe verbinding met de concurrent Cellnet. Het verkeer van het PSTN naar het GSM wordt afgeleverd op de dichtstbijzijnde MSC.

Signalering

BT gebruikt NUP (National User Part) -signalering in zijn PSTN. Dit is een eigen signalering. In 1997 zal er worden overgegaan op een tweede ISUP versie voor de signalering. Vodafone heeft £70.000 betaald aan BT voor de specificaties van de NUP-signalering. Ericsson heeft de TACS-centrales geschikt gemaakt voor NUP-signalering.

Aantal interconnecties

TACS heeft 6 punten van interconnectie met Mercury. De interconnectie met Mercury is alleen voor internationale verbindingen, vanwege de lagere tarieven, en voor oproepen van Mercury naar Vodafone. Dus het heeft geen gevolgen dat Mercury nog geen totale dekking heeft. Bovendien kan er in het GSM-net niet bepaald worden of een nummer bij een Mercury-abonnee of een BT-abonnee hoort. Sommige Mercury-abonnees zitten aangesloten op BT-centrales, omdat Mercury nog niet genoeg centrales heeft voor totale dekking.

Vodafone heeft 16 interconnectiepunten met British Telecom.

Lokaties van de interconnecties

BT heeft 640 "charge areas" (sectoren in Nederland). Vodafone heeft 44 lokaties om oproepen af te leveren. Deze lokaties zijn zo gekozen dat alle oproepen op lokaal tarief afgehandeld kunnen worden.

Een oproep naar Glasgow vanuit Londen wordt via vaste verbindingen naar Glasgow geleid, omdat daar de oproep tegen lokaal tarief afgehandeld wordt. In Glasgow zelf staat geen MSC. Dit wordt een RPOC, Remote Point Of Connection genoemd. Dit wordt gedaan, omdat het goedkoper is.

Voorspellingen

Vodafone moet aan de PSTN-exploitanten verkeersvoorspellingen op korte en lange termijn doorgeven. De PSTN-exploitanten willen gedetailleerde informatie van de GSM-exploitanten over de hoeveelheid signaleringsverkeer voor roaming per land, omdat ze bang zijn voor overbelasting. Vodafone zegt dat niet van te voren te kunnen voorspellen.

TCAP

Het PSTN van BT heeft geen TCAP (en SCCP) om het HLR van Vodafone te ondervragen.

De transit centrales van TACS zijn direct aangesloten op de internationale centrales van BT. De internationale centrales van BT zijn aangesloten op een International Signalling Switching Unit (ISSU) van Northern Telecom. Deze Unit is speciaal geschikt voor de signalering bij roaming, aangezien hij SCCP en TCAP ondersteunt.

De internationale centrale van het PSTN (de ISSU) van British Telecom kan een HLR van de GSM-netten in Australië ondervragen. De internationale centrale van Australië ondersteunt geen MAP en kan dus niet het HLR ondervragen. Hij stuurt met behulp van C7-signalering de oproepen door naar het HLR.

Synchronisatie

Op 2 Mbit/s vaste verbindingen tussen GSM en PSTN is synchronisatie aangebracht door BT door middel van tijdslots (ook bij de interconnectie met Mercury). Op de interne vaste verbindingen tussen de centrales in het GSM-net van Vodafone zit geen synchronisatie.

Alarmfuncties

Er zijn 48 alarmcentrales voor 48 gebieden, die allen een code hebben. Er kan via de code en een database opgezocht worden waar een alarm vandaan komt. Er komen ongeveer 70.000 oproepen per week binnen.

Onderhandelingen

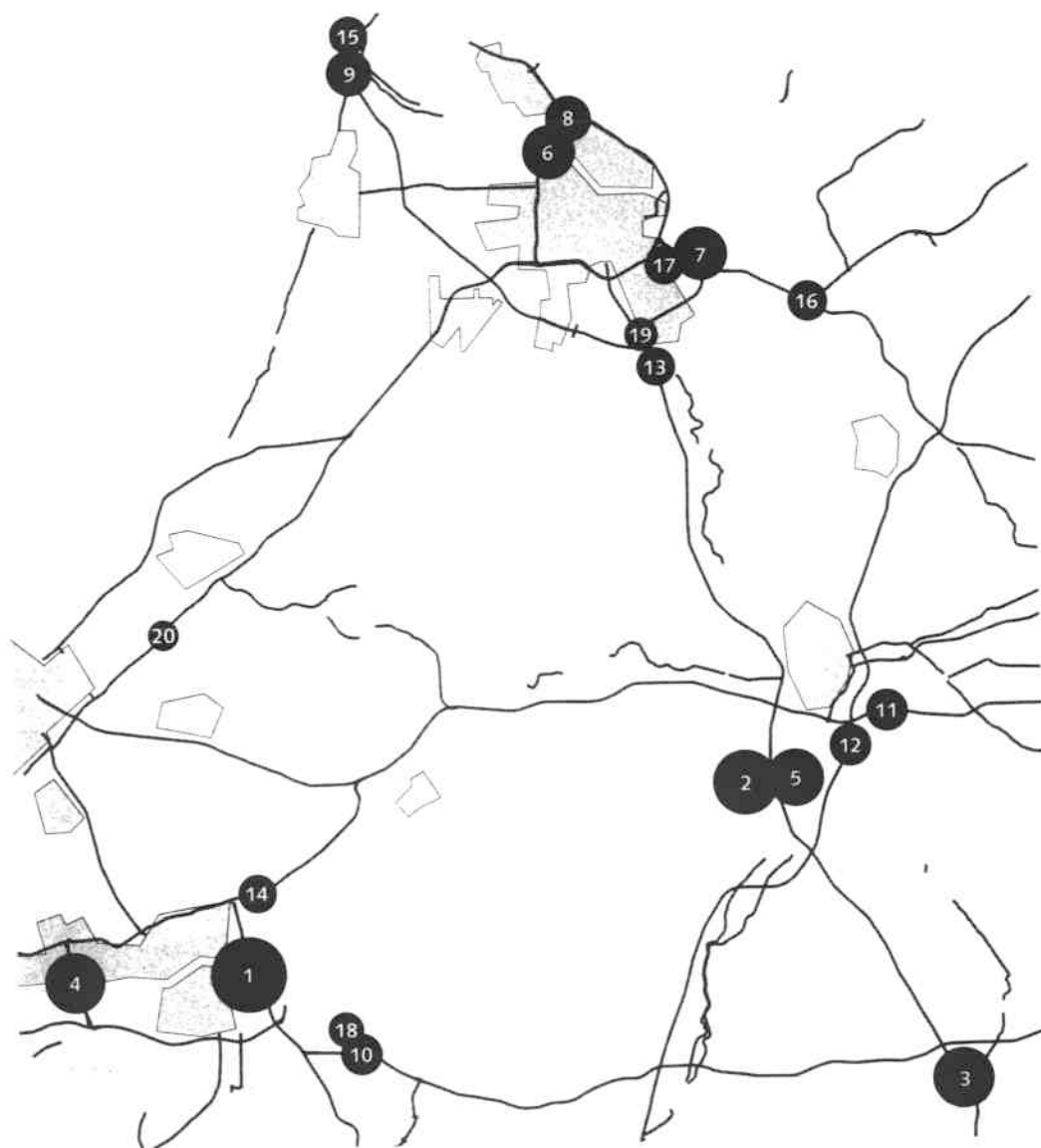
De tijd vanaf het begin van de onderhandelingen tussen Vodafone en Telstra (Australië) tot de eerste testverbinding was 6 maanden (in Griekenland ± 7 maanden). Dit was vooral te wijten aan de levertijd van de centrales door Ericsson en de levertijd van de vaste verbindingen door BT.

Oftel heeft geen enkele rol gespeeld in de onderhandelingen tussen Vodafone en BT of Mercury! De engelse overheid (afdeling DTI) heeft alleen de licentie uitgegeven.

Appendix B, Figuren en tabellen voor verkeersdruk in Nederland

Figuur B1 File Top 20 van 1991

De omvang van de cirkels
geeft de zwaarte van de
file weer



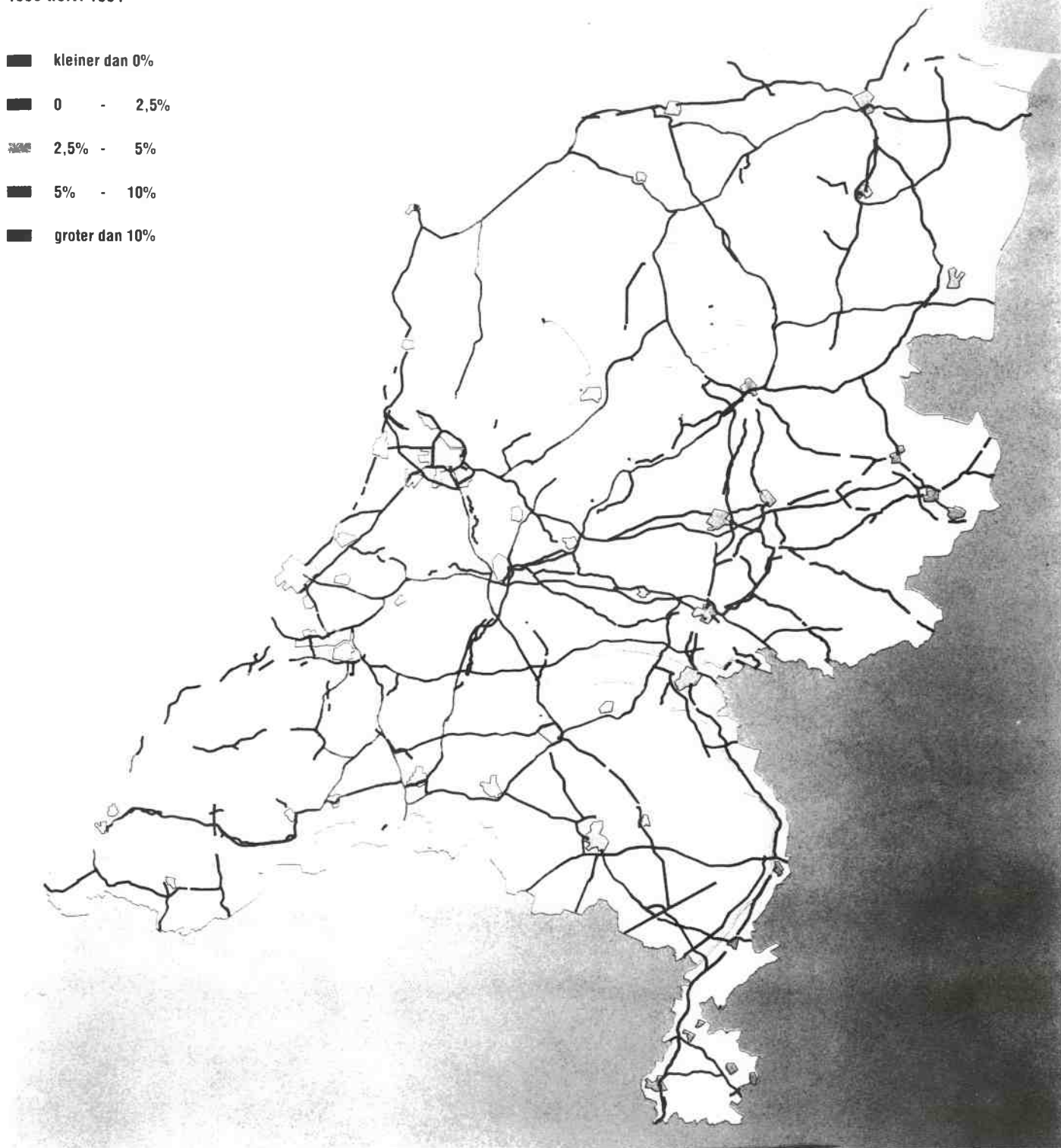
Tabel 82 File Top 20 1991

Nr.	Omschrijving locatie	Richting	Aantal files	Som gem. lengte	Totaal duur	Totaal zwaarte
1	Brienenoordbrug (A16)	Rotterdam	382	1663.9	46753	220100
2	A2 Kp.Everdingen-Oudenrijn	Utrecht	162	841.4	17415	103262
3	A2 voor de brug bij Zaltbommel	Maastricht	199	782.9	20215	86898
4	Beneluxtunnel (A4)	Schiedam	263	930.2	23778	85105
5	Lekbrug bij Vianen (A2)	Den Bosch	172	745.4	16015	74602
6	Coentunnel	Zaandam	190	697.0	17626	67228
7	Op de A1 nabij Diemen	Amsterdam	125	595.3	12524	62320
8	Coentunnel	Amsterdam	154	591.7	13263	51784
9	Velsertunnel (A9)	Velsen	116	459.1	9529	41784
10	A15 Brug over de Noord	Gorinchem	135	537.6	9536	39097
11	A12 voor Kp.Lunetten	Utrecht	106	520.9	7138	38044
12	A27 nabij Laagraven	Utrecht	94	460.0	7350	37765
13	A2 nabij Kp.Holendrecht	Amsterdam	84	417.4	6053	32905
14	A20 voor Terbregse Plein	Rotterdam	72	359.4	5809	30457
15	Velsertunnel (A9)	Haarlem	100	426.5	6775	29935
16	A6 Hollandse Brug - A1	Muiden	83	326.2	6940	28495
17	Op de A1 nabij Diemen	Amersfoort	80	314.8	6891	27796
18	A15 Brug over de Noord	Ridderkerk	64	302.6	4846	26221
19	A2 nabij Bullewijk & Holendrecht	Utrecht	67	314.8	4759	25000
20	A4 Leiderdorp - Leidschendam	Rijswijk	76	405.4	4216	23655
	Subtotaal		2724		247431	1132453
	Totaal		6949		575834	2650235

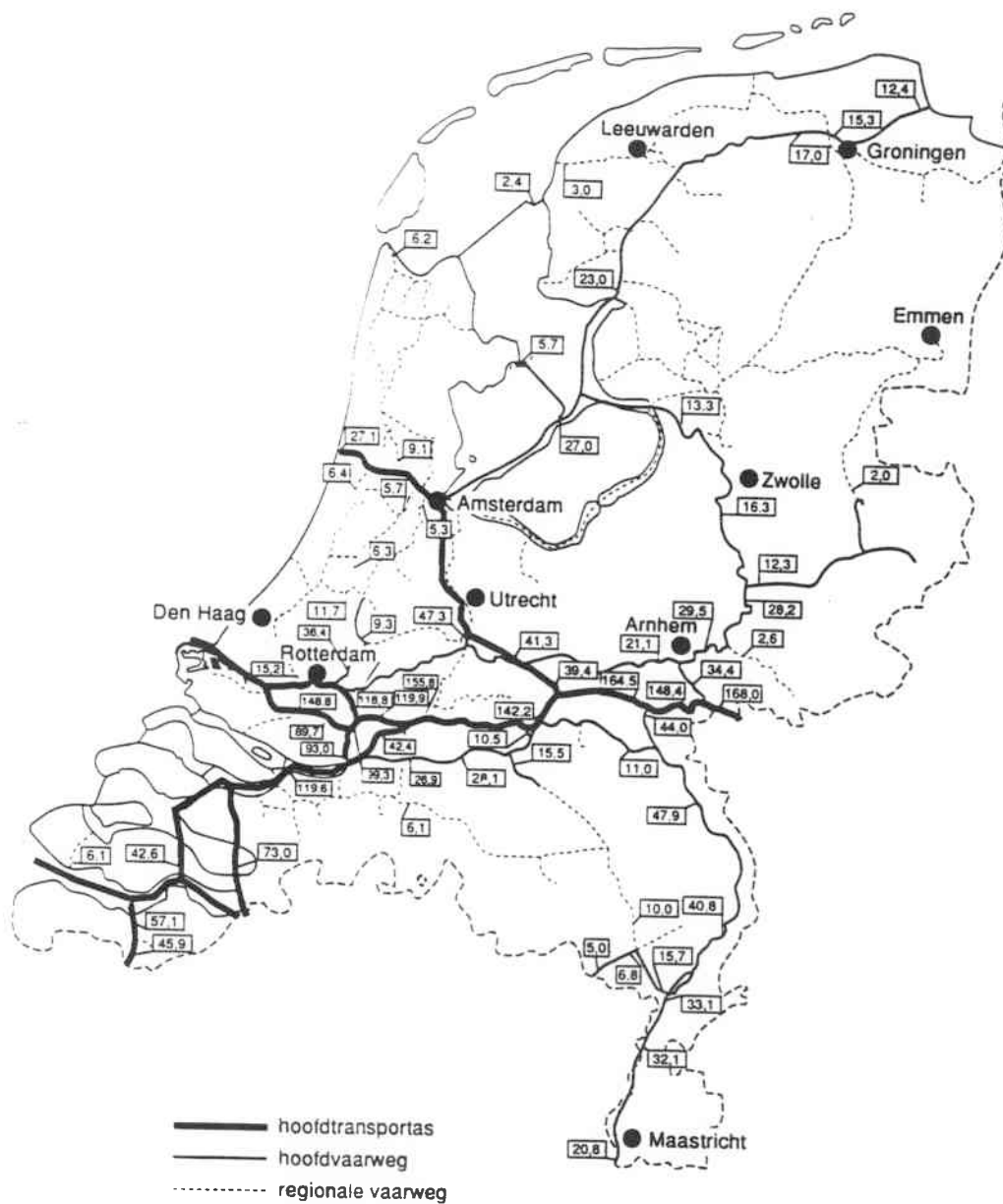
Bron: Algemene Verkeersdienst Rijkspolitie

Groei gemiddeld aantal voertuigen
op werkdagen in procenten
1990 t.o.v. 1991

- kleiner dan 0%
- 0 - 2,5%
- 2,5% - 5%
- 5% - 10%
- groter dan 10%



Figuur B3 Groei verkeersintensiteit 1990 - 1991



Figuur B4. Intensiteiten beroepsvaart (aantallen $\times 10^3$) in 1990

Appendix C, Het aantal kanalen van 64 kbit/s bij verschillende orde verbindingen

Soort verbinding	Aantal kanalen van 64 kbit/s
1 ^e orde: 2 Mbit/s	30 kanalen
2 ^e orde: 8 Mbit/s	120 kanalen
3 ^e orde: 34 Mbit/s	480 kanalen
4 ^e orde: 140 Mbit/s	1920 kanalen
5 ^e orde: 565 Mbit/s	7680 kanalen

Tabel C-1, het aantal kanalen van hogere orden verbindingen (CCITT multiplex hiërarchie [35])

Appendix D, Propagatietijden van transmissie componenten [10d]

Transmission medium	Contribution to one-way propagation time	Remarks
Terrestrial coaxial cable or radio relay system; FDM and digital transmission	4 μ s/km	Allows for delay in repeaters and regenerators
Optical fibre cable system; digital transmission	5 μ s/km	Allows for delay in repeaters and regenerators
Submarine coaxial cable system	6 μ s/km	
Satellite system – 14 000 km altitude – 36 000 km altitude	110 ms 260 ms	Between earth stations only
FDM channel modulator or demodulator	0.75 ms ^{a)}	Half the sum of propagation times in both directions of transmission
FDM companded channel modulator or demodulator	0.5 ms ^{b)}	
PCM coder or decoder	0.3 ms ^{a)}	
PCM/ADPCM/PCM transcoding	0.5 ms	
Transmultiplexer	1.5 ms ^{c)}	
Digital transit exchange, digital-digital	0.45 ms ^{d)}	
Digital local exchange, analogue-analogue	1.5 ms ^{d)}	
Digital local exchange, analogue subscriber line-digital junction	0.975 ms ^{d)}	
Digital local exchange digital subscriber line-digital junction	0.825 ms ^{d)}	
Echo cancellers	1 ms ^{e)}	

^{a)} These values allow for group-delay distortion around frequencies of peak speech energy and for delay of intermediate higher order multiplex and through-connecting equipment.

^{b)} This value refers to FDM equipments designed to be used with a compandor and special filters.

^{c)} For satellite digital communications where the transmultiplexer is located at the earth station, this value may be increased to 3.3 ms.

^{d)} These are mean values: depending on traffic loading, higher values can be encountered, e.g. 0.75 ms (1.950 ms, 1.350 ms or 1.250 ms) with 0.95 probability of not exceeding. (For details, see Recommendation Q.551.)

^{e)} Echo cancellers, when placed in service, will add a one-way propagation time of up to 1 ms in the send path of each echo canceller. This delay excludes the delay through any codec in the echo canceller. No significant delay should be incurred in the receive path of the echo canceller.

Appendix E, Eisen randapparatuur voor aansluiting op 2 Mbit/s vaste verbindingen

- 1 In het aangeboden signaal moet een **framestructuur** aangebracht zijn. Dit wil zeggen dat één frame van het signaal onderverdeeld moet zijn in 32 tijdsleuven van 64 kbit/s (0 t/m 31). Eén frame heeft een lengte van 256 bits, zodat één tijdsleuf uit 8 bits bestaat.
- 2 De **klokinformatie** voor het zendsignaal moet uit het ontvangsignaal kunnen worden afgeleid.
- 3 De **jitteroverdracht** mag niet groter zijn dan
 - * 0,5 dB in het frequentiegebied van 20 Hz tot 18 kHz
 - * $0,5 - [20 \log (f \text{ (in kHz)} / 18)]$ dB in het frequentiegebied van 18 kHz tot 100 kHz
 - * -14,4 dB voor frequenties boven 100 kHz
- 4 De **maximaal toegestane jitter** mag niet groter zijn dan 48,8 ns top-top gemeten via een banddoorlatend filter met afsnijfrequenties van 20 Hz en 100 kHz (G.823).
- 5 De **interfacecodering** is de High Density Bipolar 3 (HDB3)-code (G.703).
- 6 Het interfacesignaal moet een bepaalde gespecificeerde **pulsvorm** hebben.
- 7 Andere **interface-gegevens** staan vermeld in tabel E-1.

Transmissiesnelheid	2048 kbit/s $\pm$ 50 ppm
Test impedantie	75 Ω
Nominale spanning '1'	2,37 V
Nominale spanning '0'	0 V
Nominale impulsbreedte	244 ns
Onderlinge verhouding van de amplitudes van positieve en negatieve impulsen	0,95 tot 1,05
Onderlinge verhouding van de breedtes van positieve en negatieve impulsen	0,95 tot 1,05

Tabel E-1, de interface-gegevens voor vaste verbindingen van 2.048 kbit/s

Appendix F, Eisen meervoudige systemen met systeemgebonden randapparatuur

Eisen digitaal signaleren

De signalering is een kanaalgebonden 2-bits digitale abonneelijnsignalering, tussen digitale randapparatuur en digitale openbare telefooncentrales via digitale transmissie met 2048 kbit/s [44]. Het 2048 kbit/s koppelvlak is gespecificeerd in de CCITT-aanbevelingen: G.703, G.704, G.705, G.732. Hierbij wordt gebruik gemaakt van de voor signalering bestemde bits in het PCM raster in tijdsleuf 16 van elk PCM raster (G.704, tabel 7) afgeleid van de R2 lijnsignalering volgens CCITT Q.421, Q.422 en Q.424. De verschillende signaalcodes en welke verplicht of optioneel zijn en welke in overleg met PTT vastgesteld worden, staan in [44] .

Voor uitgaande lijnen wordt in het geheel de R2-signalering gebruikt. Deze moet wel worden afgestemd op de lokale centrale wat betreft de kiesimpulsen, de kostentelling en de 'register recall', aangezien de lokale centrales verschillende signaleringsvarianten hebben.

Eisen transmissie

Hoe de verschillende metingen uitgevoerd moeten worden staat in T11-54 [44].

- De apparatuur die aan de gebruikerszijde van het meervoudige systeem (met systeemgebonden apparatuur) aangesloten wordt, moeten voldoen aan de eisen in de **T10 en T11-series**.
- Het signaalniveau in de gestoorde verbinding t.g.v. **overspraak** mag aan netlijnzijde niet hoger zijn dan -67 dBm. Aan gebruikerszijde moet het signaalniveau in de gestoorde verbinding 67 dB lager zijn dan het signaalniveau in de storende verbinding.
- Op de netlijntoegangen moet gebruik worden gemaakt van **pulscodemodulatie** volgens de A-wet (CCITT G.711).
- Op **vrije PCM-kanalen** moet het constante bitpatroon 01010100 worden gezonden (CCITT Q.513).
- De **tussenschakeldemping**, gemeten van gebruikerszijde naar netlijnzijde moet liggen tussen -0,3 en +0,7 dB; gemeten van netlijnzijde naar gebruikerszijde tussen +6,7 en +7,7 dB.
- De dempingsvervorming gemeten tussen gebruikerszijde en netlijnzijde moet liggen binnen een bepaald aangegeven kader.
- De **stabiliteitsdemping** in de frequentieband van 200 Hz tot 3600 Hz moet tenminste 6 dB bedragen.
- Het **zend-luidheidsgetal** (SLR) moet liggen tussen +2 en +12 dB. Het **ontvang-luidheidsgetal** (RLR) moet liggen tussen -4 en +6 dB.

Appendix G.1, Erlang berekeningen voor aantal benodigde lijnen

- * Dit programma rekent het aantal lijnen uit die nodig zijn bij een gegeven hoeveelheid aangeboden verkeer en verschillende blokkeringskansen. De blokkeringskansen lopen van 0,5% tot 2%. De invoer voor het programma 'Erlang' is de hoeveelheid aangeboden verkeer. *

```
{Sr+}
PROGRAM Erlang{};
Uses
Crt;

VAR
  E,I,v,A,w:real;
  N,k:integer;
  stop,nogeens:boolean;
  vari:char;

BEGIN { hoofdprogramma }

ClrScr;
nogeens:=true;
while nogeens=true do
begin
  writeln;
  write('aangeboden verkeer? ');readln(A);
  E:=0;
  writeln('De blokkeringskans is:      Het aantal benodigde lijnen is:');
  for k:=1 to 4 do
  begin
    stop:=false;
    E:=E+0.005;
    I:=1;N:=0;
    while stop=false do
    begin
      N:=N+1;
      I:=I*N/A+1;
      v:=1/I;
      if v<E then
        stop:=true;
      end;
      v:=E*100;write('      ');
      write(v:2:1);write('%      ');writeln(N);
    end;
    writeln;writeln;
    writeln('Wilt u nog een berekening uitvoeren(j/n)?');readln(vari);
    if vari='j' then
      nogeens:=true
    else nogeens:=false;
  end;
end;

END.
```

Appendix G.2, Erlang berekeningen voor de nieuwe blokkeringskans

* Dit programma heeft als invoer drie parameters:
1) de oude blokkeringskans van een oproep
2) de oude hoeveelheid aangeboden verkeer in erlang
3) de nieuwe hoeveelheid aangeboden verkeer in erlang
Met deze gegevens berekent het programma "Erlang2" de nieuwe blokkeringskans van een oproep
uit bij gelijk blijven van het aantal beschikbare lijnen *

```
{ $r+ }
PROGRAM Erlang{ };
Uses Crt;

VAR
  E,I,v,A,A2,w:real;
  N,k:integer;
  stop,nogeens:boolean;
  vari:char;

BEGIN { hoofdprogramma }
nogeens:=true; ClrScr;
while nogeens=true do
begin
  writeln; write('Wat is de blokkeringskans (in %) ? ');readln(E);
  write('Wat was eerst de hoeveelheid aangeboden verkeer (in erlang)? ');readln(A);
  write('Hoeveel is nu de aangeboden hoeveelheid verkeer (in erlang)? ');readln(A2);
  E:=E/100;

  begin
    stop:=false;
    I:=1;N:=0;
    while stop=false do
      begin
        N:=N+1;
        I:=I*N/A+1;
        v:=1/I;
        if v<E then
          stop:=true;
        end;
        I:=1;
        for k:=0 to N do
          I:=I*N/A2+1;
        v:=100/I;
        write('De blokkeringskans is nu: ',v:2:3);
        writeln(' %');
      end;
      writeln;writeln;
      writeln('Wilt u nog een berekening uitvoeren(j/n)?');readln(vari);
      if vari='j' then
        nogeens:=true
      else nogeens:=false;
    end;
  END.
```

Appendix G.3, berekeningen voor de binomiale verdeling

* Dit programma is in staat voor grote getallen ($k=300.000$) een benadering van de binomiale verdeling uit te rekenen. De gesommeerde uitkomsten schrijft hij naar de file 'nijtest.csv'. *

```
#include <stdio.h>
#include <math.h>
#include <conio.h>

long double gammaln(xx)
long double xx;
{
    long double stp = (long double) 2.50662827455;
    long double x,tmp,ser;
    x = xx-(long double)1.0;
    tmp = x+(long double)5.5;
    tmp = (x+(long double)0.5)*logl(tmp)-tmp;
    ser = (long double)1.0+(long double)76.18009173/(x+(long double)1.0);
    ser = ser - (long double)85.50532033/(x+(long double)2.0);
    ser = ser +(long double)24.01409822/(x+(long double)3.0);
    ser = ser - (long double)1.231739516/(x+(long double)4.0);
    ser = ser + (long double)0.120658003e-2/(x+(long double)5.0);
    ser = ser -(long double)0.536382e-5/(x+(long double)6.0);
    tmp = tmp+logl(stp*ser);
    return (tmp);
}

long double betacf(a,b,x)
long double a,b,x;
{
    int itmax = 200;
    long double eps = (long double)3.0E-7;

    long double tem,qap, qam,qab,em,d;
    long double bz,bpp,bp,bm,az,app;
    long double am,aold,ap;
    int m;

    am = (long double) 1.0;
    bm = (long double) 1.0;
    az = (long double) 1.0;
    qab = a+b;
    qap = a + (long double) 1.0;
    qam = a - (long double) 1.0;
    bz = (long double)1.0-qab*x/qap;
    for (m=1; m <= itmax; m++) {
        em = m;
        tem = em + em;
        d = em*(b-m)*x/((qam+tem)*(a+tem));
        ap = az+d*am;
        bp = bz+d*bm;
        d = -(a+em)*(qab+em)*x/((a+tem)*(qap+tem));
        app = ap+d*az;
```

```

        bpp = bp+d*bz;
        aold = az;
        am = ap/bpp;
        bm = bp/bpp;
        az = app/bpp;
        bz = (long double)1.0;
        if (abs(az-aold) < eps*abs(az))
            break;
    }
    if (abs(az-aold) < eps*abs(az))
        return (az);
    else
    {
        printf("pause in betacf");
        printf("a or b too big, or itmax too small");
    }
}

long double betai(a, b, x)
long double a, b, x;
{
    long double bt;

    if ((x < (long double)0) || (x > (long double)1)) {
        printf("pause in routine BETAI");
        getch();
    }
    if ((x == (long double)0) || (x == (long double)1)) {
        bt = (long double)0;
    }
    else
        bt = exp(gammln(a+b)-gammln(a) - gammln(b)+a*logl(x)+b*logl(1.0-x));
    if (x < (a+(long double)1.0)/(a+b+(long double)2.0))
        return (bt*betacf(a,b,x)/a);
    else
        return ((long double)1.0 - bt*betacf(b,a,(long double)1.0-x)/b);
}

main ()
{
    long double k,totaal;

    FILE *out;
    out = fopen("c:\\nijtest.csv", "w");
    for (k=148800;k<=151200;k++) {

/*      printf("%Le\n", ((long double)1 - betai(k, (long double)(300000-k +1), (long double)0.5)));*/
        totaal= betai(k, (long double)(300000-k +1), (long double)0.5);
/*      fprintf(out, "n = %Lg: ", n);          */
        fprintf(out, "%Lg\n", totaal);
/*      fprintf(out, "\n\n\n\n");*/
    }
    fclose(out);
}

```

Afkortingenlijst

A

ABN	Abonnee Network
ACM	Address Complete Message
AJ	A-Junctor
AJC	A-Junctor Circuit
atf1/2/3	autotelefoonnet 1, 2 en 3 van PTT Telecom
atfc	autotelefoon centrale
AUC	Authentication Centre
AXE-10	Telefooncentrale van Ericsson

B

BJ	B-Junctor
BJC	B-Junctor Circuit
BRA	Basic Rate Access
BS	Base Station
BSC	Base Station Controller
BSIC	Base Station Identity Code
BSS	Base Station System = BS + BSC
BT	British Telecom
btdc	bijzonder tellende diensten centrale

C

CA	Charging Analysis
CC	Country Code
CCITT	The international telegraph and telephone consultative committee
CEPT	Conférence Européenne des Administrations des Postes et Télécommunications
CF	Call Forwarding
CGI	Cell Global Identity
CHS	Charging Subsystem
CL	Call supervision
CPS	Central Processor Subsystem
CR	Code Receiver
CS	Code Sender
CT	Cordless Telephony

D

D2	het GSM-net van Mannesmann in Duitsland
DA	Digit Analysis
DUP	Data User Part

E

SESS	Telefooncentrale van AT&T
E	erlang
ECD	Echo Control Device
EIR	Equipment Identity Register
ETC	Exchange Terminal Circuit
ETSI	European Telecommunications Standards Institute
evkc	eerste-orde verkeerscentrale

G

GMSC	Gateway Mobile Switching Centre
GS	Group Switch
GSN	Group Switching Network
GSS	Group Switching Subsystem
GSM	Global System for Mobile communications
GSM1	het GSM-net geëxploiteerd door PTT in Nederland
GSM2	het GSM-net geëxploiteerd door een nog te kiezen tweede vergunninghouder in Nederland

H

HDTP	Hoofd Directie Telecommunicatie en Post
HLR	Home Location Register

I

IAM	Initiated Address Message
IMEI	International Mobile station Equipment Identity
IMSI	International Mobile Subscriber Identity
IOS	Input/Output Subsystem
ISDN	Integrated Services Digital Network
ISUP	ISDN Services User Part
IT	Incoming Trunk functions
ITC	Incoming Trunk Circuit
itnc	internationale centrale
IWF	InterWorking Functions

K

KAN	Korte Afstands Net
KR	Keyset code Receiver

L

LAAN	LAnge Afstands Net
LAI	Location Area Identity
LI	Line Interface
LIC	Line Interface Circuit

M

MAN	Middellange Afstands Net
MAP	Mobile Application Part
Mas	Maintenance Subsystem
MCC	Mobile Country Code
MFC	Multi-Frequency Code
MNC	Mobile Network Code
MoU	Memorandum of Understanding
MP	Metering Pulse
MS	Mobile Station
MSC	Mobile Switching Centre
MSIN	Mobile Subscriber Identity Number
MSISDN	Mobile Station ISDN Number
MSRN	Mobile Station Roaming Number
MTP	Message Transfer Part

N

NDC	National Destination Code
nrc	nummercentrale

O

OMAP	Operation and Maintenance Application Part
OMS	Operation and Maintenance Subsystem
omwc	omwegcentrale
OT	Outgoing Trunk functions
OTC	Outgoing Trunk Circuit

P

PABX	Private Automatic Branche Exchange
PCM	Puls Code Modulatie
PLMN	Public Land Mobile Network
PRA	Primary Rate Access
PRX-A	Telefooncentrale van Philips
PSTN	Public Switched Telephone Network

R

RA	Route Analysis
RE	Register functions
RP	Regionale Processor
RPS	Regional Processor Subsystem

S

SC	Subscriber Categories
SCCP	Signalling Connection and Control Part
SIM-kaart	Subscriber Identity Module - kaart
smfc	semafonie centrale
SN	Subscriber Number
SPC	Stored Program Controlled
SS	Subscriber Switch
SSN	Subscriber Switching Network
SSS	Subscriber Switching Subsystem
ST	Signaling Terminal
STP	Signal Transfer Point
SUS	Subscriber Services Subsystem

T

TCAP	Transaction Capabilities Application Part
TCS	Traffic Control Subsystem
TMSI	Temporary Mobile Subscriber Identity
TSS	Trunk and Signalling Subsystem
TUP	Telephone User Part
tvkc	tweede-orde verkeerscentrale

V

VLR	Visitor Location Register
-----	---------------------------