

Studieblad

11 | 45e JAARGANG
NOVEMBER 1990



Studieblad

Uitgave

PTT Telecom (voorheen
AbvaKabo en CFO)

Hoofredacteur

drs. Y.M. van der Veen

Redactie

E. J. Boessenkool,
P. J. Boomgaard,
ing. N. Herwig,
ing. B. Kieboom,
J. M. de Rijk
A. Welling

Secretariaat

mw. F. Stulp-Huttema
tel. 050-853732

Correspondentie-adres

PTT Telecom Opleidings-
centrum, Postbus 13000,
9700 EA Groningen
Telefax 050-140990; telex
77053; Memocom NPS 1452

Abonnement

f 18,— per jaar. Voor niet-
PTT-ers f 90,— per jaar.
Verschijnt maandelijks

Vormgeving

Studio Dorèl, Groningen

Druk

Ten Brink, Meppel

Fotografie

N.V. Nederlandse Spoorwegen
PTT Telecom

© PTT Telecom

*Overname van (gedeelten van)
artikelen alleen na vooraf
verkregen toestemming van de
redactie en met uitdrukkelijke
bronvermelding: auteur, titel,
Studieblad PTT Telecom en
aflevering
ISSN 0165 8913*

Inhoud

- Pagina 533 **Digitalisering tussen de rails**
Deel 2: Van onderzoek naar globaal ontwerp
P. J. Segers
- Pagina 551 **Planning van mobiele communicatienetten**
Deel 1: Van handbedrijf naar geautomatiseerd
proces
*Ir. J. Boot, Ing. W.A.M. Schelvis, Ir. B. J. M.
Stortelder, Ir. H. Witberg*
- Pagina 559 **Elementaire kennis**
Deel 1: Algemene inleiding op de reeks
Redactie
- Pagina 563 **De verre toekomst van de mobiele
communicatie: het Universeel Mobiel
Telecommunicatie-systeem (UMTS)**
Ir. M. G. J. Meijer
- Pagina 580 **Het OSI model**
Deel 3: V32 een voorbeeld van laag 1
A. Hermelink



Basiskennis



Projecten / Achtergrondinformatie



Onderzoek & Ontwikkeling

Bij de omslagfoto

Om te komen tot een up-to-date dienstverlening aan de klant investeert NS momenteel grootscheeps in een nieuwe telecommunicatie-infrastructuur. In het tweede deel van *Digitalisering tussen de rails* leest u meer over dit plan Telecom'95.

Kijken we nog verder in de toekomst, dan wordt zo rond de eeuwwisseling de introductie van een mobiel systeem verwacht waarmee iedereen vanuit o.a. de trein zal kunnen telecommuniceren, het artikel over het *Universeel Mobiel Telecommunicatie-systeem* (UMTS) vertelt u er meer over.

In dit nummer van PTT Telecom Studieblad wordt van start gegaan met een bijzonder project, dat naar de redactie hoopt in de behoefte van zeer veel lezers zal voorzien: de reeks *Elementaire Kennis*. In deze ook voor niet-technici opgezette serie artikelen zal een zo volledig mogelijk overzicht worden gegeven van de technieken die binnen PTT Telecom worden gebruikt. U kunt deze artikelenreeks dan ook beschouwen als een soort naslagwerk die u zal helpen om op een groot aantal vragen op telecommunicatiegebied snel een antwoord te vinden. Elders in dit Studieblad wordt uitgebreid uit de doeken gedaan hoe dit langlopende project (twee jaar) precies is opgezet en wat u ervan mag verwachten.

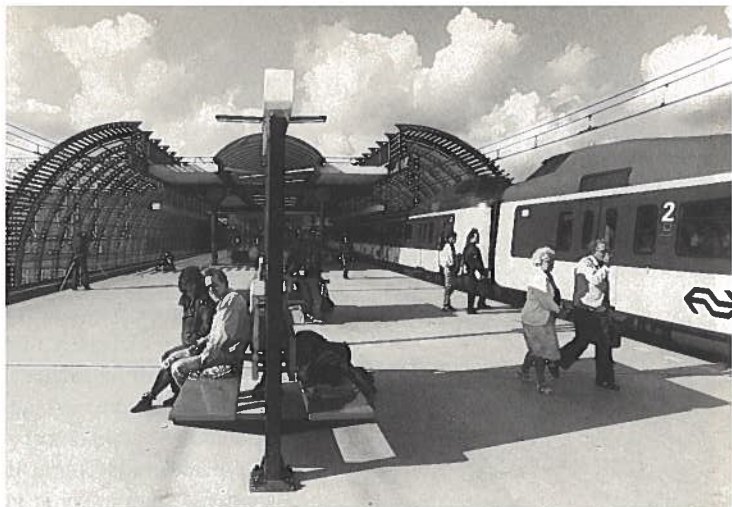
- De stormachtige ontwikkeling van de mobiele communicatie heeft ertoe geleid dat de *Planning van mobiele communicatienetten* sinds 1987 geautomatiseerd plaatsvindt. PTT Telecom beschikt daartoe over hulpmiddelen die door PTT Research zijn ontwikkeld. Hoe die hulpmiddelen precies werken, wordt in een volgend nummer van het Studieblad beschreven. In dit nummer belichten de auteurs de verschillende aspecten die bij de planning een rol spelen: de capaciteitsbepaling, de bedekkings- en de interferentieanalyse en de frequentietoewijzing. Het artikel geeft een helder inzicht in wat er bij het opzetten van mobiele netwerken allemaal komt kijken.

- Met als doel het verbeteren van de dienstverlening door NS, werken de N.V. Nederlandse Spoorwegen en PTT Telecom momenteel koortsachtig aan de realisering van een omvangrijk investeringsprogramma op telecommunicatiegebied: Telecom'95. Hoe het bestaande dienstlijnnet van NS in het kader van Telecom'95 wordt omgetoverd in een modern bedrijfstelecommunicatienet is onderwerp van dit tweede deel van *Digitalisering tussen de rails*. In het bijzonder besteedt P.J. Segers, National Account Manager van PTT Telecom, daarbij aandacht aan het model dat is gehanteerd om de toekomstvastheid van het nieuwe NS-netwerk te kunnen berekenen.

- In een vorig nummer van het Studieblad werd in het kader van de reeks artikelen over *Het OSI model* ingegaan op de transmissiemedia voor datacommunicatie. In dit nummer komen de middelen aan bod die nodig zijn om computerdata over het telefoonnet te kunnen versturen. Aan de hand

van het V32 modem legt A. Hermelink van PTT Telecom Opleidingscentrum (OCT) u uit waar modems toe dienen en hoe deze werken.

- Een uitermate boeiende blik in de toekomst van de mobiele telecommunicatie vindt u in het artikel *De verre toekomst van de mobiele telecommunicatie: het Universeel Mobiel Telecommunicatie-systeem (UMTS)*. Hoe men er binnen een jaar of tien in denkt te slagen semafoonie en autotelefonie te integreren met mobilofonie en koordloze telefonie, wordt u uit de doeken gedaan door Marcel Meijer van PTT Research. Bent u ook benieuwd hoe rond de eeuwwisseling ongeveer de helft van alle telefoongesprekken zal worden afgewikkeld, gaat u dan beslist voor dit artikel zitten.



Digitalisering tussen de rails

Deel 2: Van onderzoek naar globaal ontwerp



P.J. Segers*

* Dit artikel is voor PTT Telecom Studieblad bewerkt en van aantekeningen voorzien door drs. Y.M. van der Veen en Ir. R. van Vliet.

NS investeert in het kader van haar plan Telecom'95 momenteel grootscheeps in de telecommunicatie-infrastructuur van het bedrijf. In 1995 zal NS (machtiginghouder) daarmee in eigen beheer kunnen beschikken over een landelijk, volledig digitaal informatietransportnet. Optische verbindingen, digitale centrales en toepassing van elektronische documentuitwisseling (EDI) zijn enkele van de zaken die hierbij spelen. Doel van Telecom'95 is om met inzet van moderne telecommunicatiemiddelen de dienstverlening door de N.V. Nederlandse Spoorwegen krachtig te verbeteren.

In een tijdsbestek van enkele jaren zal NS – naast PTT Telecom – als enig bedrijf in Nederland een eigen landelijk dekkend, digitaal transmissie- en schakelnet in beheer hebben. In het eerste deel van deze artikelenreeks¹ is reeds ingegaan op het belang van dit net voor de toekomstige bedrijfsvoering van de Spoorwegen.

In dit vervolgdeel wordt dieper ingegaan op de wijze waarop een en ander tot stand gaat komen, met als vertrekpunt de studie zoals die in nauwe samenwerking tussen NS en PTT Telecom is verricht naar de meest gewenste infrastructuur voor NS.

¹ PTT Telecom Studieblad
juli/augustus 1990, pp. 356-366.

Inventarisatie van de bestaande situatie

In het kader van bedoelde studie is van het huidige bedrijfstelecommunicatienet van NS een nauwkeurige analyse gemaakt. Deze analyse is uitgemond in een aantal conclusies voor wat betreft in het net aanwezige knelpunten.

- De NS-verbindingen langs de baan hebben in een aantal situaties onvoldoende capaciteit. Aanvulling vindt momenteel plaats middels huurlijnen van PTT Telecom.
- Het verbindingsnet is gevoelig voor elektromagnetische beïnvloeding door de tractie-energievoorziening en is grotendeels onversterkt. In de spraakcommunicatie geeft dit hinderlijke storingen en slechte verstaanbaarheid. Datacommunicatie is onder deze omstandigheden eenvoudig onmogelijk en wordt afgewikkeld via huurlijnen.
- Bedrijfstelefooncentrales zoals die tot en met 1983 geïnstalleerd zijn, moeten anno 1990 voor een deel als technisch en voor een groot deel als functioneel verouderd worden beschouwd. Ze bieden de gebruiker te weinig mogelijkheden (doorschakelen, groepsverbanden, etc.) en ook de faciliteiten voor de netwerkbeheerder (wijzigingen, verkeersmetingen, etc.) zijn gering.
- De beschikbaarheid is in het algemeen voldoende. Indien er evenwel schakel- of transmissiemiddelen uitvallen, zijn de mogelijkheden tot functieherstel beperkt.
- De huidige netstructuur volgt niet altijd de functionele behoefte. Dit heeft een negatieve invloed op de transmissiekwaliteit en belast de schakel- en transmissiemiddelen onnodig.
- De huidige koppelvlakken zijn niet gestandaardiseerd, waardoor uitbreidingen en aanpassingen alleen tegen relatief hoge kosten kunnen worden gerealiseerd.

Verkeersontwikkelingen

Behalve een inventarisatie van bovengenoemde knelpunten, is tevens onderzocht wat de communicatiebehoefte van NS in de toekomst zal zijn. Drie primaire vragen staan bij een dergelijk onderzoek centraal.

- Om welke soort communicatie gaat het: spraak, data, tekst of mobiel.
- Van waar naar waar lopen verkeersstromen: relaties tussen

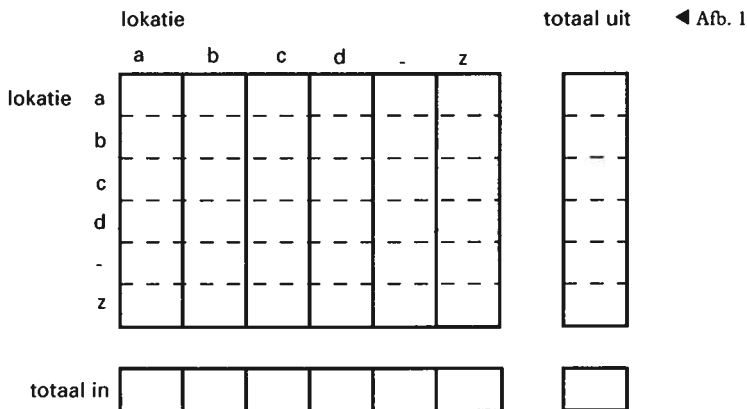
locaties.

- Wat is het verkeersaanbod: in welke hoeveelheden (erlang, bits per sec.).

De conclusies die naar aanleiding van de uitkomsten op deze vragen te trekken zijn, hebben uiteraard een grote betekenis indien het erom gaat een sterk op de toekomst gerichte telecommunicatie-infrastructuur (*Telecom '95*) te ontwikkelen. Een korte beschrijving van onderzoeksmethode en -resultaten treft u hieronder aan.

Onderzoeksmodel

Op basis van een model dat is ontwikkeld door het Neher laboratorium van PTT Research, is voor de Nederlandse Spoorwegen een prognose gemaakt van omvang en te verwachten patronen in het informatietransport. In essentie bestaat het model uit een *matrix* waarbij op zowel de horizontale als de verticale as de (relevante) *locaties* van NS vermeld staan. De matrix wordt gebruikt om inzicht te verkrijgen in de *informatiestromen* tussen locaties (zie afb. 1).



Het model kan op meerdere *aggregatieniveaus* worden gebruikt, bijvoorbeeld voor: alle 350 NS locaties, de 80 NS locaties met schakelmiddelen voor telefonie, de 30 locaties waar de sturing van de bedrijfsprocessen in hoofdzaak plaatsvindt (concentratiefuncties) of de toekomstige 8 regio's.

Als optimaal aggregatieniveau is gekozen voor een clustering naar de 30 NS-locaties met stuur- en concentratiefuncties.

Behalve naar het aggregatieniveau is het ook van belang vast te stellen wat voor *soort communicatie* er binnen of tussen de locaties plaatsvindt. Hier is onderscheid gemaakt naar 3 soorten communicatie:

- spraak
- data
- tekst.

In de analyse zijn deze communicatiesoorten zo lang mogelijk uit elkaar gehouden omdat de communicatiepatronen (van waar naar waar) per communicatiesoort verschillen.

De mobiele communicatie (autotelefoon, semafoon) is buiten beschouwing gebleven omdat deze via de openbare infrastructuur wordt afgehandeld.

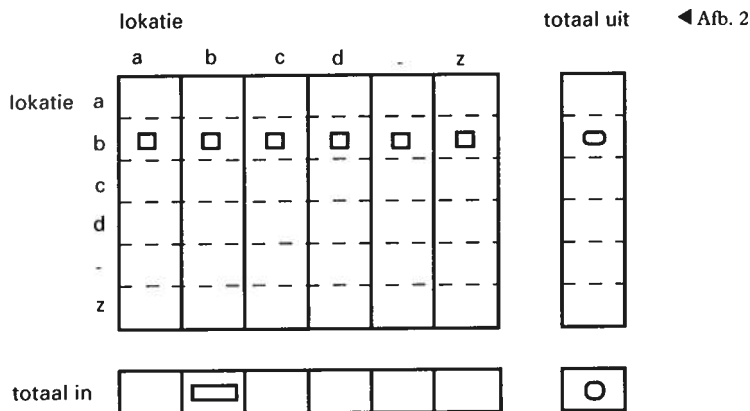
Voor het berekenen van de *verkeerswaarden* (erlang, bits per sec.) tussen locaties is uitgegaan van de aantallen communicatiepunten (bijv. telefoontoestel, telex, communicerende pc, mainframe e.d.) en van ervaringscijfers voor de verkeersintensiteit (hoeveel erlang of bits per sec.) zoals deze door de diverse communicatiepunten worden gegenereerd.

Met betrekking tot de *tijdhorizon* is gekozen voor een drietal relevante jaren, te weten 1988, 1995 en 2005.

Het jaar 1988 geldt als startpunt. De modeluitkomsten zijn voor dat jaar namelijk te toetsen aan de uitkomsten van verkeersmetingen, waardoor de betrouwbaarheid van het model wordt verhoogd. Deze toetsing heeft overigens uitsluitend voor spraak plaatsgevonden. Voor de overige communicatiesoorten geldt dat in dat jaar de verkeersintensiteiten binnen NS nog onvoldoende representatief waren om van een zinvolle ijking van het model te kunnen spreken.

In de prognoses is voor 1995 gekozen, omdat de mogelijkheden tot het maken van kwantitatief onderbouwde schattingen voor zowel NS als voor PTT Telecom niet verder dan tot dat jaar reiken.

Op basis van marktonderzoeken voor de lange termijn is tenslotte van het jaar 2005 uitgegaan om de globale richting van de trends verder aan te kunnen duiden.



○ = totale communicatie van NS (bedrijfstotaal).

○ = totale uitgaande communicatie van lokatie b (randtotaal).

□ = verdeelfactoren voor communicatie van b naar andere locaties

▢ = totaal inkomende communicatie van lokatie b (randtotaal)

Vierstappenplan

Het onderzoek naar de verkeersontwikkelingen binnen NS is volgens een vierstappenplan opgezet².

Stap 1 – Bepaling totale communicatie (bedrijfstotaal). Het ‘bedrijfstotaal’ heeft betrekking op het totaal aantal communicatiepunten dat binnen NS wordt aangetroffen. Zo’n communicatiepunt kan een telefoontoestel zijn voor spraakcommunicatie, maar het kan eveneens een pc zijn die voor zowel data- als tekstcommunicatie wordt gebruikt. Communicatiepunten zijn soms specifiek op één soort communicatie gericht, soms ook zijn ze multi-functioneel en gericht op meerdere soorten communicatie.

Voor het jaar 1988 is het totale aantal communicatiepunten gebaseerd op een inventarisatie. De groeicijfers voor de verdere jaren zijn gebaseerd op twee marketing-onderzoeken. Aanpassing van de trends uit deze meer algemene onderzoeken

² Op de onderzoeksmethode van PTT Research (vierstappenplan en het gebruik van de matrix) wordt meer gedetailleerd ingegaan in de verdiepingsstof aan het slot van dit artikel.

aan de specifieke situatie bij NS vond plaats aan de hand van een workshop (januari 1988), interviews en gegevens van de Spoorwegen zelf.

Stap 2 – Verdeling van communicatie naar locatie (randtotaal). Het bovengenoemde bedrijfstotaal van communicatiepunten is in deze stap verdeeld naar de (30) locaties (randtotaal).

Voor het jaar 1988 is net als in de voorgaande stap uitgegaan van een inventarisatie. Voor de verder gelegen jaren is deze verdeling vooral gebaseerd op een gegevensverzameling die betrekking heeft op de toekomstige NS organisatie en waarbij per locatie bekend is welke bedrijfsprocessen en taken er vervuld zullen worden, hoeveel personeelsleden er werkzaam zijn, hoeveel terminals er staan etc.

De aantallen communicatiepunten (toestellen, terminals etc.) worden aan de hand van ervaringscijfers (hoeveelheid verkeer per communicatiepunt) omgezet in verkeerswaarden die het totale uitgaande verkeer van een locatie (randtotaal) vastleggen.

De ervaringscijfers zijn gebaseerd op internationaal onderzoek. De uitkomsten zijn voor het jaar 1988 geïkht aan verkeersmetingen en aan beschikbare informatie over de datacommunicatie binnen NS.

Stap 3 – Bepaling van communicatierelaties tussen locaties. Vervolgens worden de factoren bepaald waarmee het randtotaal valt onder te verdelen, waarbij is aangegeven welke locatie met welke andere communiceert.

Het inzicht in de communicatierelaties is gebaseerd op een analyse van de bedrijfsprocessen, op kennis van toekomstige stuurpunten in de organisatie en op gegevens met betrekking tot het gebruik van de verschillende soorten communicatie per afdeling alsmede de richting daarvan.

Voor het jaar 1988 is voor wat betreft de spraakcommunicatie gebruik gemaakt van de verkeersanalyse van het telefoonnet.

Stap 4 – Berekening verkeerswaarden tussen locaties. In de vierde stap wordt aan de hand van de randtotalen uit stap 2 en de verdeelfactoren uit stap 3 de hoeveelheid informatietransport (verkeersinteresse) tussen de verschillende locaties berekend.

Onderzoeksresultaten

Het resultaat van de uitgebreide studie naar de telecommunicatiebehoefte van NS bestaat onder andere uit een *aantal matrixen*:

- voor de jaren 1988, 1995 en 2005,
- voor spraak, data en tekst,
- voor 30 locaties.

De in het onderzoek gevonden *verkeerswaarden* vormen de basis voor het ontwerp van de nieuwe telecommunicatie-infrastructuur van NS.

De belangrijkste *conclusies* hebben betrekking op de omvang van het spraak-, tekst- en dataverkeer voor NS als geheel. Op deze conclusies zal in het onderstaande nader worden ingegaan.

Algemeen. In grafieken is de verwachte ontwikkeling van het totale spraak-, tekst- en dataverkeer in erlang weergegeven. De waarden voor het jaar 2005 zijn te beschouwen als verzadigingsvarianten, waarbij steeds de maximale waarden zijn ingevoerd (maximum scenario).

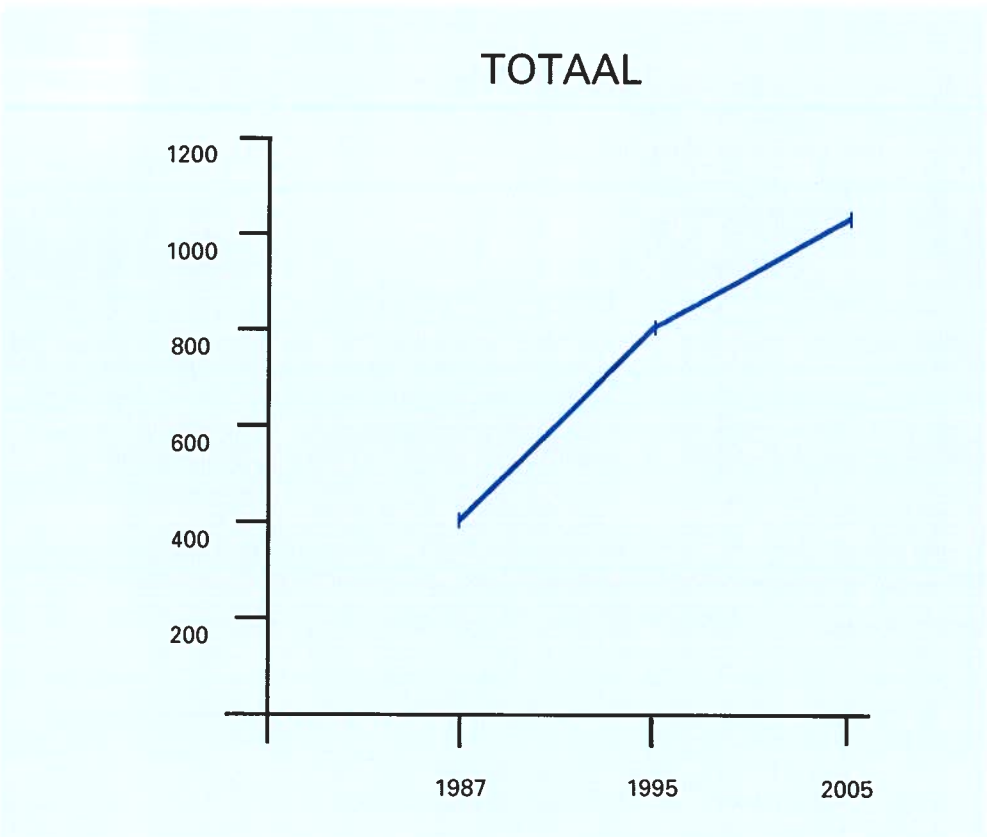
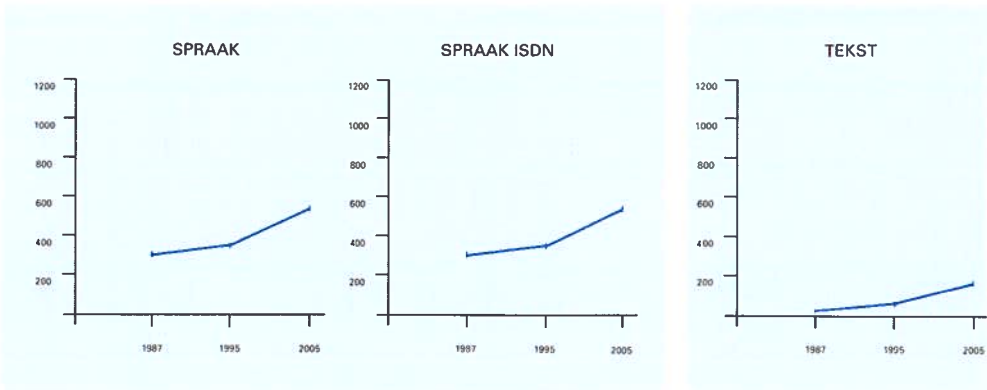
De waarden van de ISDN-variant vallen aanzienlijk lager uit omdat hierin voor tekst- en datacommunicatie van '2B + D'-aansluitingen³ is uitgegaan. Dankzij deze aansluitingen zijn gelijke hoeveelheden informatie (data) sneller over de lijn te transporteren en treedt derhalve een geringere lijnbelasting op. In de berekeningen bedraagt de effectieve transmissiesnelheid vanuit de PC of terminal 9600 bit/sec .

Huidige situatie. De belangrijkste conclusies voor de huidige situatie zijn:

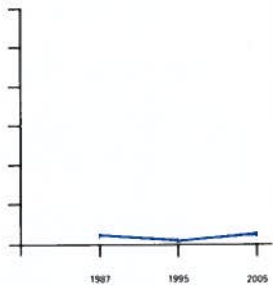
- verreweg de meeste spraakcommunicatie vindt plaats binnen de regio en in mindere mate naar naburige regio's en naar Utrecht,
- spraakcommunicatie is in omvang veel groter dan datacommunicatie,
- er is nog weinig tekstcommunicatie,
- voor het dataverkeer zijn over het algemeen toepassingen op mainframe aangetroffen, die in een sterstructuur rondom Utrecht zijn uitgevoerd,

³ 2B staat voor 2 verbindingen van 64 kbits t.b.v. informatietransport. D staat voor een 16 kbits-kanaal t.b.v. de signalering. Meer informatie hierover vindt u in PTT Telecom Studieblad van januari en februari 1990, pp. 15-22; 78-84.

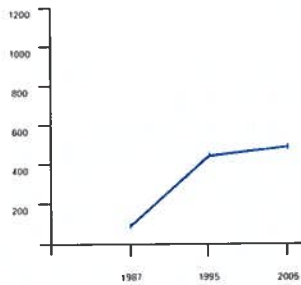
▼ Afb. 3



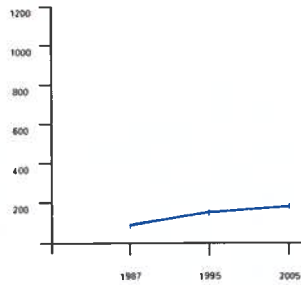
TEKST ISDN



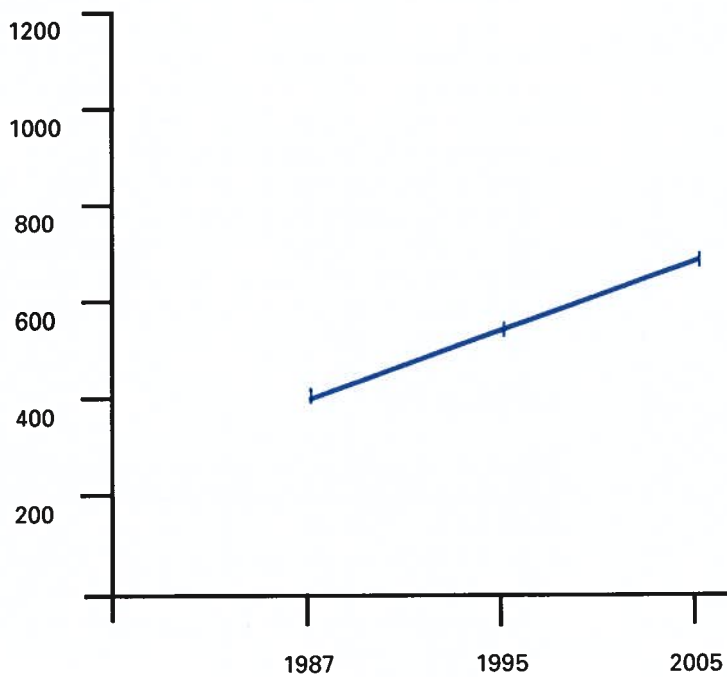
DATA



DATA ISDN



TOTAAL ISDN



- de technische opbouw van het huidige automatische telefoonnet correspondeert niet altijd met de functionele behoefte.

Toekomstige situatie. De belangrijkste uitgangspunten en aannames voor de toekomst zijn:

- een nagenoeg stabiele rail-infrastructuur,
- decentralisatie van bevoegdheden van Utrecht naar de regio's,
- er zullen binnen de NS-organisatie ca. 30 belangrijke stuurpunten zijn,
- het aantal bureaufuncties vermindert met zo'n 20%,
- het aantal veldwerkfuncties blijft ongeveer gelijk,
- terminals en grotere computersystemen vertonen een belangrijke groei.

Geordend naar de soort communicatie zijn de belangrijkste conclusies voor de toekomstige communicatiebehoefte:

- spraakcommunicatie blijft in omvang het grootst, de groei is gering, wel verandert het communicatiepatroon (relatief meer communicatie binnen de regio),
- tekstcommunicatie zal vooral in de jaren tussen 1995 en 2005 in omvang toenemen, het communicatiepatroon volgt de ontwikkeling van de spraakcommunicatie,
- datacommunicatie groeit in omvang sterk tussen 1988 en 1995, waarbij ook het relatief belang toeneemt (vooral zichtbaar in aantal pc's en mini's); het communicatiepatroon wijzigt zich in de richting van minder nadruk op de stervormige communicatie met Utrecht naar meer datacommunicatie binnen de regio.

Globaal ontwerp

Kijken we op basis van het voorgaande naar de oplossingsrichtingen, dan zijn er een aantal belangrijke gevolgtrekkingen te maken.

- De netstructuur moet worden geënt op een patroon van bron-bestemmingsrelaties en wel zodanig dat kleine wijzigingen in deze relaties op relatief eenvoudige en goedkope wijze zijn op te vangen.
- In de groeiende verkeersbehoefte (n.l. van tekst- en datacommunicatie) kan worden voorzien door gebruik te ma-

ken van digitale transmissiewegen.

- De verdere optimalisatie van de verkeersafwikkeling en een vergroting van de flexibiliteit zijn te bereiken door toepassing van ISDN waarbij met name de 'pakketfunctie' (pakket switching) belangrijk is.

In het globaal ontwerp zijn de uitkomsten van het onderzoek vertaald naar een toekomstige telecommunicatie-infrastructuur van de Spoorwegen. Dit globaal ontwerp bevat de volgende elementen:

- (hoofd)verbindingswegen en (hoofd)locaties met schakelfuncties,
- maatregelen ten behoeve van beschikbaarheid,
- de koppeling met andere infrastructuren.

Verbindingswegen en schakelfuncties

Het globaal ontwerp kent een semi-vermaasde structuur. Schakelpunten zijn steeds op die plaatsen aangebracht waar zich belangrijke regionale en/of landelijke verkeersconcentraties voordoen.

Verder zijn de volgende ontwerpcriteria gehanteerd:

- de routing van het verkeer is gebaseerd op verkeersinteresses (bron-bestemmingsrelaties),
- doorschakelpunten worden tot een minimum beperkt,
- beperkte complexiteit ten behoeve van een goede beheersbaarheid.

Maatregelen ten behoeve van beschikbaarheid

Het hiervoor beschreven globaal ontwerp, gebaseerd op de functionele behoefte, heeft twee kenmerken die de beschikbaarheid bevorderen:

- door de semi-vermaasde structuur zijn de hoofd regiolocaties drievoudig bereikbaar,
- de hoofd en deel regiolocaties zijn dubbel gerouteerd.

Hiermee is echter nog geen voldoende beschikbaarheid verzekerd. Rekening moet worden gehouden met de mogelijke uitval van één van de volgende netwerkelementen:

- bedrijfstelecommunicatiecentrale (btcc) op perifere locatie (eindcentrale),

- verbinding op perifere netvlak,
- btcc op hoofd of deel regiolocatie (centrale met doorschakelfunctie),
- verbinding op hoger netvlak.

De beschikbaarheid wordt niet alleen door meer algemene maar ook door een aantal specifieke maatregelen gewaarborgd. Algemene maatregelen zijn bijvoorbeeld de kwaliteitseisen voor de btcc en de inrichting van een goede beheerorganisatie.

Per netvlak zijn hieronder de specifieke maatregelen aangegeven.

- Bij uitvallen van de btcc in een perifere locatie kunnen de lijnen naar het openbare net automatisch op aparte toestellen worden doorgeschakeld. Via het openbare net blijft hierdoor verkeer met andere NS locaties mogelijk.
- Bij uitvallen van een verbinding in het perifere netvlak wordt eveneens van het openbare net gebruik gemaakt. Ook indien er op deze analoge verbindingen met modems dataverkeer plaatsvindt, is dit verkeer over het openbare net af te wikkelen.
- In Utrecht wordt de btcc met meerdere nodes opgebouwd⁴. Het risico van gelijktijdige uitval is verwaarloosbaar. De nodes worden ieder afzonderlijk met het NS-net en de openbare infrastructuur verbonden. Vitale spraak- en dataverbindingen worden steeds op beide nodes afgewerkt. De beschikbaarheid is hiermee voldoende gewaarborgd. Wel neemt bij uitval van een node de verkeersverwerkende capaciteit af. Dit effect is ondervangen door maatregelen te treffen voor de routing van het verkeer door het netwerk.
- De gevolgen van het uitvallen van een verbinding in een hoger netvlak worden opgevangen door hiervoor tijdelijk vaste verbindingen in te zetten. Dit kan zowel binnen het eigen NS-net als via huurlijnen.

⁴ Node = een binnen het netwerk zelfstandig werkende PABX (btcc) wordt soms een node genoemd.

Ten einde een nog hogere beschikbaarheid te realiseren is een tweetal aanvullende maatregelen genomen:

- volledig sluiten van de maasvormige structuur op het hogere netvlak,
- het overdimensioneren van de capaciteit van de verbindingswegen waardoor een te voren vastgesteld gedeelte van het verkeer kan worden geherrouteerd.

Koppeling met andere infrastructuren

Op grond van de prognose zijn in het globaal ontwerp koppelingen voorgesteld naar het openbare telefoon-, data- en telexnet, naar buitenlandse spoorwegnetten en naar HERMES (het internationale datanet voor de spoorwegen).

Een aantal van deze koppelingen bestaat ook al in het huidige NS-net:

- vanuit iedere bedrijfstelecommunicatiecentrale naar het *openbare telefoonnet*,
- naar *buitenlandse spoorwegnetten* in de vorm van een centrale koppeling vanuit Utrecht en een beperkte koppeling op de landsgrenzen.

Nieuw zijn de koppelingen die voorgesteld zijn:

- naar het *openbare datanet* op hoofd regioniveau en op andere locaties indien daar een specifieke aanleiding toe is,
- naar het *openbare telexnet* (zie datanet; in de huidige situatie zijn op vele plaatsen losse telexaansluitingen beschikbaar).
- naar HERMES conform nog te maken afspraken in internationaal verband.

Telecom'95

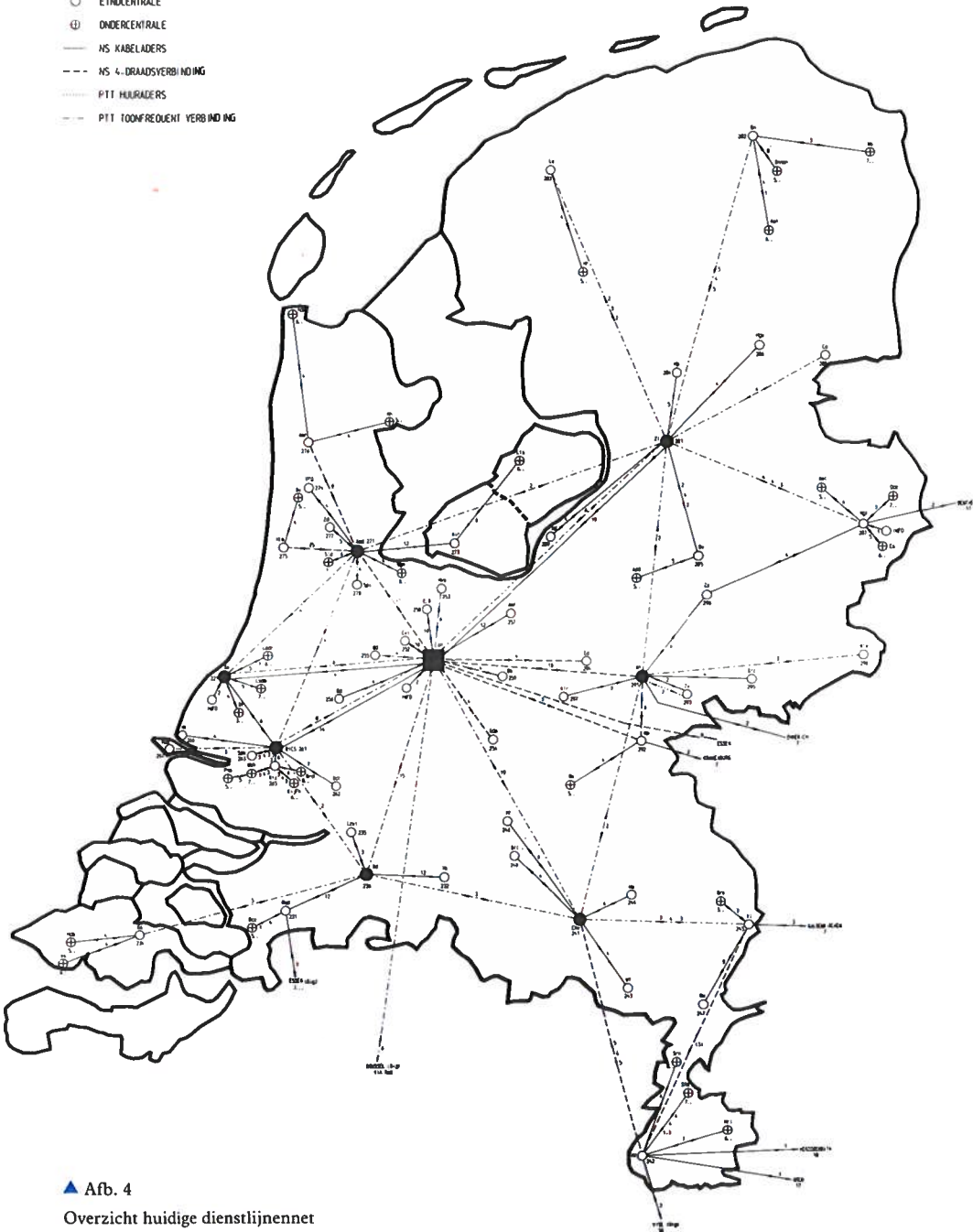
Het globaal ontwerp uit de studie is door NS vertaald naar het plan *Telecom'95*. In de afbeeldingen 4 en 5 is de structuur van het huidige net weergegeven naast die van het net dat op dit moment in het kader van Telecom'95 wordt gerealiseerd.

Het tempo van de vernieuwing is daarbij vrij hoog. Als redenen voor dat hoge tempo zijn onder andere te noemen de organisatie-verandering, automatisering, beschikbare mankracht en kosten.

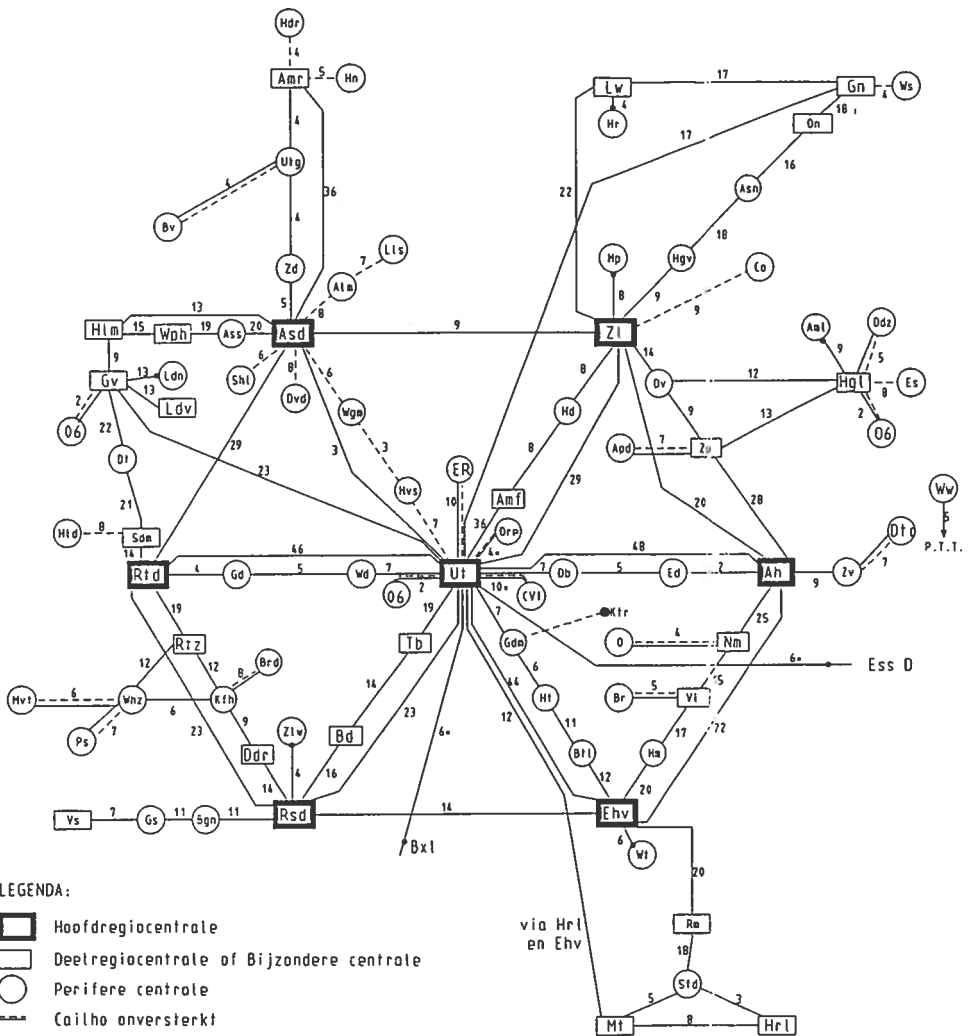
In de regio's vereisen de decentralisatietendens en de automatiseringsplannen goede voorzieningen op het gebied van informatieverwerking en communicatie. De huidige middelen zijn niet toereikend.

Er is geen realistisch technisch alternatief voor het digitaliseren van de bedrijfstelecommunicatiecentrales en de hoofdverbindingswegen. De enige openstaande keuze is nog het tempo waarin. Aangezien de centrales grotendeels aan vervanging toe zijn en het beperkte aantal dataverbindingen tegen beperkte meerkosten daarbij kan worden meegenomen, is voor een integrale aanpak gekozen. Omdat de gewenste netwerk-

- DISTRICTCENTRALE
- KNOOPPUNTCENTRALE
- EINDCENTRALE
- ⊕ ONDERCENTRALE
- NS KABELADERS
- - - NS 4-DRAADSVERBINDING
- ⋯ PTT HUIJRADEERS
- · - PTT TOONFREQUENT VERBINDING



▲ Afb. 4
 Overzicht huidige dienstlijnnet
 NS



LEGENDA:

- Hoofdregiocentrale
- Deelregiocentrale of Bijzondere centrale
- Perifere centrale
- Cailho oversterkt
- DPNSS op PCM
- DPNSS deel of L1 op PCM
- L1 op Dgf

functies (faciliteiten, herrouteringsmogelijkheden etc.) pas in volle omvang ter beschikking komen op het moment dat het net totaal is vernieuwd, stimuleert dit een aanpak in hoog tempo.

Over die uiteindelijke aanpak alsmede over een aantal technische aspecten van het nieuwe net van NS leest u meer in een van de volgende nummers van PTT Telecom Studieblad, waarmee tevens de reeks 'Digitalisering tussen de rails' zal worden besloten.

▲ Afb. 5
Infrastructuur NS volgens
Telecom'95

Verdiepingsstof: Onderzoeksmodel van PTT Research t.b.v. netwerkplanning

Stap 1 – Bepalen totale communicatie (bedrijfstotaal)

► Afb. 6

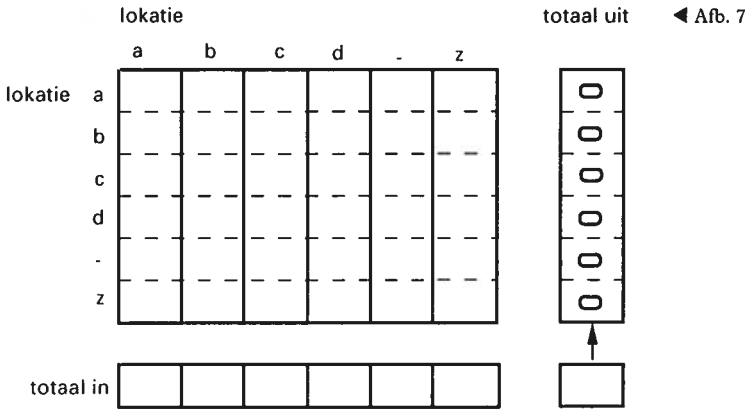
		lokatie						
		a	b	c	d	-	z	totaal uit
lokatie	a							
	b							
	c							
	d							
	-							
	z							
totaal in								<input type="text"/>

= totale communicatie van NS (bedrijfstotaal).

- Bepalen van het totale aantal communicatiepunten per communicatiesoort.
- Berekenen van de totale hoeveelheid communicatieverkeer. Voor deze berekening wordt het totale aantal communicatiepunten vermenigvuldigd met de gemiddelde hoeveelheid verkeer per communicatiepunt in het drukke uur. De vaststelling van deze gemiddelde hoeveelheid verkeer per communicatiepunt en per communicatiesoort (spraak, data, tekst) geschiedt aan de hand van voor de branche representatieve gegevens.

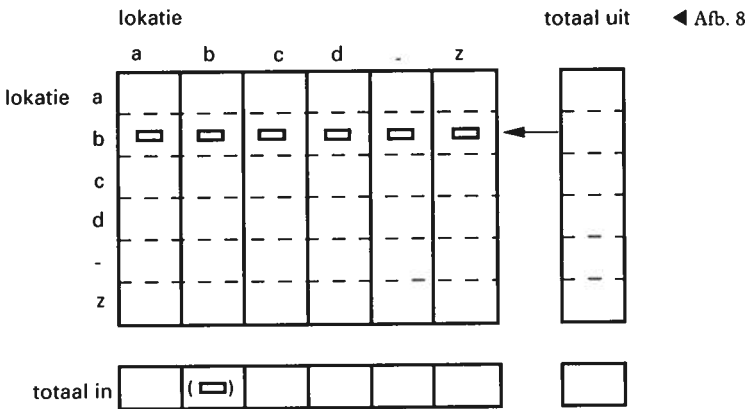
Stap 2 – Bepalen totale uitgaande communicatie per locatie

- De totale uitgaande communicatie per locatie ontstaat door de totale communicatie (bedrijfstotaal) over de locaties te verdelen. De verdelingsfactoren worden bepaald door een afweging van: aantal communicatiepunten, aantal medewerkers, uitgaande verkeersmetingen en bedrijfsprocessen (locaties met typische communicatie-concentratie).



○ = totale uitgaande communicatie per lokatie (randtotaal)

Stap 3 – Bepalen van communicatie-relaties tussen locaties

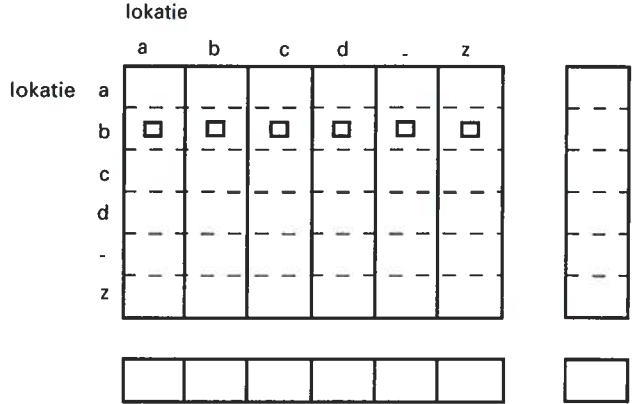


□ = verkeerswaarden voor communicatie van b naar andere locaties

- Per lokatie worden verdeelfactoren bepaald voor het uitgaande verkeer van deze lokatie naar de andere locaties. Als verdeelfactoren worden gebruikt: aantal communicatiepunten, aantal medewerkers, verkeersinteresse-metingen en bedrijfsprocessen.

Stap 4 – Bepalen verkeersinteresse tussen locaties

► Afb. 9



□ = verdeelfactoren voor communicatie van b naar andere locaties.

- Per locatie wordt de verkeersinteresse berekend aan de hand van de verdeelfactoren (uit stap 3) en de totale uitgaande communicatie per locatie (randtotaal).
- Sommatie van het op een locatie inkomende verkeer levert de totale inkomende communicatie per locatie.
- Deze inkomende communicatie wordt locatiegewijs afgezet tegen het aantal communicatiepunten, het aantal medewerkers, inkomende verkeersmetingen en bedrijfsprocessen. Indien de gevonden verhoudingen ongewenst zijn, is bijstelling noodzakelijk. Dit kan door verdeelfactoren op te stellen voor de totale inkomende communicatie per locatie, aan de hand waarvan – als afgeleide van het bedrijfstotaal – de totale inkomende communicatie per locatie berekend kan worden.
- Pas methode van Kruithof toe voor het berekenen van de verkeersinteresse tussen de locaties. De methode van Kruithof past de elementen in de verkeersinteressematrix aan overeenkomstig de randtotalen (totalen inkomende en uitgaande communicatie per locatie).

Planning van mobiele communicatienetten



Deel 1: Van handbedrijf naar geautomatiseerd proces

J. Boot
W.A.M. Schelvis
B.J.M. Stortelder
H. Witberg

In de jaren tachtig is het aantal gebruikers van mobiele telecommunicatiediensten stormachtig toegenomen. Voor de jaren negentig wordt zelfs een nog sterkere groei verwacht. De voorspellingen luiden dat het aantal gebruikers jaarlijks met zo'n veertig procent zal toenemen, wat wil zeggen dat er bijna elke twee jaar een verdubbeling kan plaatsvinden. Om aan deze gigantische vraag te kunnen voldoen, zijn en worden er door PTT Telecom voortdurend nieuwe mobiele systemen geïntroduceerd. Het is natuurlijk onmogelijk om al deze nieuwe netten met hun vele gebruikers handmatig te ontwerpen en te plannen. Vandaar dat PTT Telecom sinds 1987 beschikt over geautomatiseerde hulpmiddelen voor de planning van de mobiele communicatie-infrastructuur.

Het mobiel communiceren heeft in het laatste decennium een enorme ontwikkeling doorgemaakt. Tien jaar geleden bestond er in Nederland alleen nog maar een zeer eenvoudig, grotendeels handmatig bediend openbaar mobiel communicatienet (OLN). Nu, in 1990, zijn er drie netten voor autotelefonie, er is semafoonie en er zijn talloze gesloten netten ('bedrijfs-mobiele netten').

Bovendien wordt er op dit moment hard gewerkt aan de implementatie van nieuwe diensten: openbare trunking, digitale autotelefonie (ATF-4/GSM) en (digitale) koordloze telefonie (DECT, CT-2).

Richten we de blik naar het eind van de jaren negentig, dan is de komst te verwachten van het Uniform Mobiel Telecommunicatie Systeem (UMTS). In het UMTS zullen semafoonie, mobilofonie, koordloze systemen en autotelefonie in één systeem worden samengevoegd¹.

De snelle groei van het dienstenaanbod en de explosieve groei van het aantal abonnees, vooral vanaf de tweede helft van de tachtiger jaren, had tot gevolg dat de wijze van planning van de mobiele communicatie-infrastructuur een grondige verandering moest ondergaan. Het handmatige planningsproces voldeed niet langer door de complexe planningsvraagstukken

¹ In de jaargang 1990 van PTT Telecom Studieblad is aan een groot aantal ontwikkelingen in de mobiele communicatie aandacht besteed, o.a. in de vorm van een themanummer (september) over maritieme communicatie. Een overzichtartikel van de ontwikkelingen in de autotelefonie vindt u in het aprilnummer. Daarnaast is dit jaar in het Studieblad (mei t/m oktober) de meerdelige reeks

over GSM/ATF-4 gepubliceerd. Elders in dit nummer vindt u bovendien een artikel over de verre toekomst van de mobiele communicatie: het Uniform Mobiel Telecommunicatie Systeem (UMTS).

In het kader van de rubriek 'Studieblad Kort' hebben wij u in 1990 daarnaast nog geïnformeerd over Trunking (pp. 193-194; 469), Koordloos telefoneren (pp. 196; 247-248; 390-391, Maritieme communicatie-apparatuur (pp. 463-464) en nieuwe ontwikkelingen in de semafofonie (pp. 248-249).

die zich begonnen aan te dienen. In 1986 werd daarom binnen PTT Research gestart met het ontwikkelen van geautomatiseerde planningsgereedschappen.

In dit artikel zal uitleg worden gegeven over hoe in het begin van de jaren tachtig de handmatige planning in z'n werk ging. Ook zal de huidige planningsfilosofie ten aanzien van de mobiele communicatie aan de orde komen. Tevens zal een vooruitblik op de toekomstige ontwikkeling van het planningsgereedschap worden gegeven.

In het tweede deel – dat verschijnt in het novembernummer van het Studieblad – zal de werking worden beschreven van de thans bij PTT Telecom in gebruik zijnde, geautomatiseerde instrumenten voor de planning van mobiele communicatienetten.

Probleemstelling eenvoudig weergegeven

Om het mobiele telefoonverkeer te kunnen verwerken is een uitgebreid radionetwerk nodig dat het gehele land bedekt. Overal in Nederland moet het mogelijk zijn om met een auto-telefoon een verbinding met een basisstation tot stand te brengen.

Nu lijkt het het eenvoudigst om ergens in het midden van het land één basisstation neer te zetten, met een flinke mast en uitgerust met een groot zendvermogen zodat het gehele land in één klap bedekt is.

Dit ware een oplossing indien er slechts weinig mobiel verkeer zou zijn. Het aantal gesprekken dat tegelijk over één basisstation gevoerd kan worden is namelijk beperkt. Via één radiokanaal of frequentie kan immers slechts één gesprek worden overgestuurd en het totale aantal kanalen in het mobiele net is aan een (beperkt) maximum gebonden.

Er moeten dus meerdere basisstations komen. Maar dit levert weer andere problemen op.

Als twee basisstations, die dicht bij elkaar staan, hetzelfde kanaal gebruiken, kan interferentie optreden. Het mobiele station (bijvoorbeeld een autotelefoon) zou de beide basisstations dan tegelijk kunnen ontvangen, wat een radioverbinding onmogelijk maakt. De twee basisstations dienen dus verschillende kanalen te gebruiken.

Voor twee basisstations die ver uit elkaar liggen is het wel mo-

gelijk om hetzelfde kanaal te gebruiken. Het signaal van het verste station is dan immers zoveel verzwakt, dat het niet meer van invloed is op het gewenste signaal.

Uit het bovenstaande volgt dat de planning van de mobiele communicatie-infrastructuur in vier onderdelen valt op te splitsen.

De bedekkingsanalyse. Het vaststellen van de gebieden waar het signaalniveau hoog genoeg is om een goede radioverbinding tot stand te brengen.

De capaciteitsbepaling. Het voor elke locatie in Nederland bepalen van de verwachte hoeveelheid mobiel telefoonverkeer en vervolgens de vaststelling van de voor elk basisstation benodigde capaciteit.

De interferentieanalyse. Het bepalen van dié combinaties van basisstations die geen gebruik mogen maken van dezelfde kanalen, omdat er in zo'n geval interferentie op zou kunnen treden.

De frequentietoewijzing. Het zodanig aan de basisstations toewijzen van kanalen, dat combinaties die kunnen interfereren niet dezelfde kanalen krijgen toegewezen.

Planning vroeger

Zoals in de inleiding reeds is beschreven, gebeurde de infrastructurale planning van mobiele communicatienetten tot 1987 handmatig. De autotelefoonnetten ATF-1 en ATF-2 zijn nog op deze wijze doorgerekend en gebouwd.

Een dergelijke handmatige planning komt in een zestal stappen tot stand.

- Allereerst moet voor het te plannen systeem een schatting worden gemaakt van het verwachte aantal abonnees.
- Vervolgens wordt geprobeerd een betrouwbare schatting te geven van de geografische verdeling van de abonnees. Hierdoor ontstaat een indruk van de geografische spreiding van de benodigde capaciteit.
- Het aantal te bouwen zenders kan aan de hand van de nu beschikbare gegevens worden bepaald.

- Mogelijke zenderlocaties worden uitgezocht, waarna een berekening moet worden uitgevoerd om de meest geschikte antenne en het benodigd vermogen te bepalen. Hiervoor is een analyse van de bedekking nodig, waarbij gebruik wordt gemaakt van een eenvoudig rekenmodel met als belangrijkste invoer de afstand tussen zender en beschouwd ontvangstpunt. Voor deze afstandsbepaling is men bij een handmatige planning aangewezen op kaart en lineaal. Door bestudering van hoogtekarten (visueel) valt vervolgens vast te stellen of er eventueel nog correcties nodig zijn als gevolg van heuvels en dalen. Op basis van een voor bedekking gedefinieerde norm, is het eindresultaat dan een contour die de begrenzing schat van het door een zender/basisstation bedekte gebied.
- Gegeven het zenderpark zal ten slotte de toekenning van de verschillende frequenties aan de zenders kunnen plaatsvinden. De projectering van de clusters en de verdeling van de frequenties is er daarbij steeds op gebaseerd dat drukke gebieden de cellen met de meeste frequenties krijgen. Hierbij wordt uitgegaan van een vaste herhaalstructuur. In ATF-2 is de herhaalstructuur bijvoorbeeld die van een 9-celcluster. Eenmalig moet de verdeling van de frequenties over de negen cellen van zo'n cluster worden vastgesteld, waarna de cluster herhaald valt toe te passen. De hele legpuzzel wordt vanzelfsprekend volledig bepaald door het vastleggen van de eerste cluster. Vanwege de onverwacht snelle groei van het aantal abonnees ontstonden in ATF-2 regelmatig regionale knelpunten voor wat betreft de capaciteit. Deze konden enkel worden 'opgelost' door te schuiven met de frequenties van naburige cellen met overcapaciteit. Vaak bleek dit een uitermate moeizaam proces.
- Zodra het zenderpark of een deel ervan geïnstalleerd is, wordt een meetprogramma op touw gezet ter controle van de bedekkingsberekeningen en voor eventuele correcties.

Bezwaren van het handmatig plannen

Aan de hiervoor beschreven wijze van handmatig plannen kleven een aantal bezwaren.

Allereerst is deze methode alleen geschikt voor netwerken met een niet al te groot aantal cellen (maximaal 30 tot 50 zen-

ders). De celgrootte mag vooral ook niet te klein worden (straal minimaal 10-15 km) omdat anders de relatieve onnauwkeurigheid onacceptabel groot wordt².

Verder zijn de resultaten nogal persoonsafhankelijk. Zo is bijvoorbeeld het bepalen van correcties in de bedekking als gevolg van heuvels en dalen erg subjectief. Daarnaast is de kennis van het planningsproces voornamelijk aanwezig in de hoofden van de uitvoerenden.

De flexibiliteit van een handmatige planning is tamelijk gering. In een eenmaal vastgelegde toewijzing van frequenties is het nu eenmaal zeer lastig om nog wijzigingen aan te brengen. Onverwachte afwijkingen in geraamde aantallen en locaties van abonnees zijn daardoor moeilijk te verwerken. Dit nu komt juist in de praktijk veel voor. Het voorspellen van de spreiding en van de aantallen abonnees is immers altijd al moeilijk.

Ten slotte is het totale planningsproces zeer tijdrovend. Dit betekent dat het bepalen en het vergelijken van oplossingsalternatieven bijna nooit aan de orde is. Daar is simpelweg geen tijd voor.

De computer te hulp roepen

Uit het bovenstaande zal duidelijk geworden zijn, dat er voor wat betreft de planning van mobiele communicatienetten iets moest gebeuren. In 1986 is PTT Research daarom begonnen met de ontwikkeling van computer ondersteunde hulpmiddelen voor het plannen van mobiele communicatiesystemen.

Via gefaseerde oplevering is uiteindelijk in 1989 een planningsgereedschap beschikbaar gekomen, dat is geïmplementeerd op een pc-configuratie³. Hiermee is de integrale planning van cellulaire mobiele communicatienetten mogelijk.

Door gebruik te maken van de op het Neher Laboratorium ontwikkelde software, heeft PTT Telecom een aantal van de hierboven genoemde bezwaren kunnen opheffen.

- De grootte van de netten vormt (voorlopig) geen probleem meer. Er kunnen planningen worden uitgevoerd voor netten tot maximaal 512 zenders.
- De ontwikkelde rekenmodellen zijn te gebruiken voor cellen vanaf ongeveer 2 km straal.

² Het betreft hier de onnauwkeurigheid in de veldsterkte-predictie, een basisgrootte voor de bedekkingsanalyse.

³ Het planningsgereedschap (computerprogramma) dat voor dit doel door PTT Research is ontwikkeld, heet CAESAR (= Computer Aided Evaluation of the Service Area for Radionetworks).

- Het planningsproces is enorm versneld waardoor het mogelijk wordt om allerlei alternatieven eveneens te onderzoeken.
- De flexibiliteit is sterk vergroot. Tussentijdse aanpassingen zijn eenvoudig uit te voeren.
- De planningsresultaten zijn minder persoonsgebonden. Natuurlijk blijft het instellen van normen e.d. wel de verantwoordelijkheid van de planner.
- De expertise in het maken van planningen is voortaan vastgelegd in een geautomatiseerd systeem.

Huidige planningsfilosofie

Een belangrijk uitgangspunt voor de planning van mobiele communicatienetten is dat het niet zinvol is om de optimale locaties van zenders te bepalen met behulp van een geautomatiseerd planningsinstrument. In de praktijk is het vinden van toegestane zenderlocaties namelijk een zodanig probleem dat de selectie van mogelijke vestigingsplaatsen een apart, aan de planning voorafgaand, tijdrovend proces is. Het feit dat voldaan moet worden aan allerlei bijzondere voorwaarden van lokale overheden en dat bovendien allerlei procedures moeten worden gevolgd, betekent dat de selectie van zenderlocaties meer een politiek dan een planningsprobleem is.

Planningsgereedschappen kunnen daarom beter ontworpen worden met het doel het voorgestelde radionetwerk te evalueren. De beoordeling valt daarbij uiteen in een aantal fasen welke hiervoor reeds eenvoudig zijn weergegeven, te weten de bedekkingsanalyse, de capaciteitsbepaling, de interferentieanalyse en de frequentietoewijzing. Deze fasen moeten in het evaluatieproces ook grotendeels in die volgorde worden doorlopen.

Allereerst wordt onderzocht of het voorgestelde radionetwerk de gewenste bedekking geeft. Is hieraan niet voldaan, dan moet de opzet van het netwerk gewijzigd worden totdat uiteindelijk de gewenste bedekking wel kan worden verkregen. De volgende stap is de capaciteitsbepaling. Op grond van verkeersschattingen en de vastgelegde verzorgingsgebieden, kan de zendercapaciteit van alle basisstations worden bepaald. Indien daar een capaciteitsbehoefte uit volgt die niet realiseerbaar is of zeer onevenwichtig, dan moet worden teruggegaan naar de vorige fase. Door daarin nieuwe aanpassingen te ma-

ken, veranderen de verzorgingsgebieden van de basisstations en daarmee de capaciteitsverdeling in het radionetwerk.

Nadat de capaciteitsverdeling akkoord is bevonden, kan worden doorgedaan met de interferentie-analyse. In deze fase moet vastgesteld worden bij welke basisstations welke frequenties te installeren zijn; waar dezelfde frequenties gebruikt kunnen worden en waar dat beslist niet mag. Voor alle combinaties van twee zenders uit het radionetwerk moet dit worden bepaald. Hierbij wordt gebruik gemaakt van de uitkomsten van vorige fasen, namelijk de hoeveelheid verkeer per locatie en de verzorgingsgebieden van de zenders. Als deze interferentie-uitkomsten onbevredigend zijn, kan voor het aanbrengen van wijzigingen opnieuw worden teruggegaan naar een eerdere fase. Uiteindelijk zal zo een acceptabele interferentie-situatie verkregen worden.

Ten slotte moet in de laatste fase nog een verdeling van de frequenties naar de behoeftes en rekeninghoudend met de interferentie-voorwaarden worden opgesteld. Dit frequentieplan is het tastbare resultaat van de planning.

Als er geen acceptabel frequentieplan wordt verkregen zal wederom teruggegaan moeten worden naar eerdere fasen in het planningsproces. Via wijzigingen aldaar zal dan een acceptabel frequentieplan tot stand kunnen komen.

Hiermee is de evaluatie van het zenderplan voltooid.

Toekomstige ontwikkelingen

Deze filosofie van het gefaseerd evalueren van radionetwerken wordt ondersteund met het door PTT Research ontwikkelde, geautomatiseerde planningsstelsel CAESAR. Hiermee beschikt PTT Telecom over een praktisch en effectief instrument voor het plannen en ontwerpen van mobiele telecommunicatienetten.

Toekomstig ontwikkelwerk van PTT Research richt zich met name op aanpassingen en uitbreidingen die zijn gericht op nog te realiseren netten zoals het Autotelefoonnet 4 (GSM) en het openbare trunkingnet.

Daarnaast wordt gewerkt aan de koppeling van CAESAR met een veldsterktemeetsysteem, waardoor metingen en voorspellingen van de veldsterkte met elkaar kunnen worden vergeleken.

Behalve aan deze planningsgereedschappen wordt er op het Neher Laboratorium sinds kort ook gewerkt aan het ontwikkelen van instrumenten voor het evalueren van de netprestaties (performance). Hierdoor zal in de toekomst niet alleen gebruik gemaakt kunnen worden van statische planningsmodellen, maar tevens van instrumenten die het uiteindelijke, dynamische proces toetsen.

Het inzicht in de verkeersperformance van het mobiele net in relatie tot de mobiliteit van gebruikers en de verkeersdrukten in het net, zal met een dergelijk instrument worden verscherpt. Doordat de waarden van de instel- en drempelparameters van het netwerk onderzocht kunnen worden, is een betere weging hiervan mogelijk. Het doel is daarbij de kwaliteit van mobiele verbindingen steeds een zo hoog mogelijke te laten zijn.

Ir. J. Boot studeerde wiskunde aan de TU Delft. Sinds 1987 is hij in dienst van PTT Research (hoofdafdeling Toegepaste Wiskunde en Signaalbewerking). De heer Boot is werkzaam als technisch wetenschappelijk medewerker in het werkveld Operations Research op het gebied van mobiele communicatienetten.

Ing. W.A.M. Schelvis studeerde computertechniek (HTS Enschede). Sinds 1986 is hij verbonden aan PTT Research (hoofdafdeling Radiocommunicatie en EMC) en werkzaam als technisch wetenschappelijk medewerker op het gebied van de planning van mobiele communicatienetten.

Ir. B.J.M. Stortelder, sinds 1983 in dienst van PTT Research (hoofdafdeling Toegepaste

Wiskunde en Signaalbewerking), studeerde wiskunde aan de TU Twente. Momenteel is de heer Stortelder projectleider van PROMOTE, project voor planning en evaluatie van mobiele netwerken. Na 1 oktober a.s. zal de heer Stortelder de overgang maken naar PTT Telecom, Business Unit Internationale Telecommunicatie (BU IT) als coördinator planning en beheer.

Ir. H. Witberg studeerde informatica aan de TU Delft en is sinds 1985 als technisch wetenschappelijk medewerker verbonden aan PTT Research (hoofdafdeling Toegepaste Wiskunde en Signaalbewerking). Hij zal de heer Stortelder per 1 oktober opvolgen als projectleider van PROMOTE.

Deel 1: Algemene inleiding op de reeks



Een mens kan niet alles weten en zeker wanneer het gaat om een sterk veranderend en in hoge mate gespecialiseerd bedrijf als PTT Telecom, is de kans groot dat u zichzelf tijdens het lezen van artikelen regelmatig vragen stelt als 'Wat betekent dit precies?', 'Hoe werkt dat?' of 'Hoe zit het daar ook weer mee?'. Om u met de beantwoording van dit soort vragen te helpen, zal het Studieblad in de loop van de komende twee jaar een zo compleet mogelijk overzicht proberen te geven van de technieken die binnen PTT Telecom worden gebruikt. Om het doel 'naslagwerk' optimaal te bereiken, zullen belangrijke vaktermen, begrippen en feiten in een trefwoordenregister worden opgenomen.

Onder de titel 'Elementaire kennis' gaat het Studieblad met een nieuwe serie artikelen van start. Een reeks artikelen waarin naast elementaire kennis van wiskunde, natuurkunde en elektrotechniek met name kennis van de telecommunicatie centraal zal staan.

Aan de hand van de reeks 'Elementaire kennis' kan inzicht worden verkregen in de technieken die binnen andere werkvelden worden gebruikt. Tevens zal met deze serie de technische basiskennis van het eigen werkveld kunnen worden opgefrist.

Het is de bedoeling van de redactie van het Studieblad dat zowel nieuwe medewerkers als zij die al langer bij PTT Telecom werkzaam zijn, in de serie 'Elementaire kennis' een waardevol naslagwerk herkennen.

Ook voor niet-technici

De serie 'Elementaire kennis' behandelt de techniek van PTT Telecom.

Elementaire kennis: fundament. Om deze techniek ook voor niet-technici toegankelijk te maken zal er, voor zover de redactie dat noodzakelijk acht, eveneens aandacht zijn voor de elementaire kennis van wiskunde, fysische natuurkunde en elektronica. Dit onderdeel van de reeks zal verschijnen onder de titel 'Fundamentele kennis'.

Elementaire kennis: communicatietechniek. Aansluitend hierop worden de principes van de telecommunicatie uiteengezet.

Gevolgd door een inventarisatie van de bij PTT Telecom in gebruik zijnde communicatietechnieken alsmede de hierop gebaseerde produkten en diensten.

Behalve elementaire kennis over telecommunicatie zal in specifieke artikelen worden ingegaan op telematica en informatica.

Elementaire kennis: telematica. Telematica is een dienst die leunt op de beschikbare communicatiemodellen. Van dit hoofdonderdeel komen netwerken, protocollen en het beheer-aspect van de in gebruik zijnde middelen aan de orde.

In *Elementaire kennis: informatica* worden ten slotte de hoofdlijnen van de informatica belicht. Niet alleen zullen de bij PTT Telecom in gebruik zijnde middelen aan de orde komen, maar ook de dienstekant van de informatica komt aan bod.

Volgorde van verschijnen

Teneinde de reeks voor iedereen interessant te houden, zullen de vier hoofdonderdelen afwisselend, en soms tegelijk, aan de beurt komen. Elke maand zal minstens één deel van de reeks Elementaire kennis gepubliceerd worden.

Om de stof overzichtelijk te houden zal bij elk artikel van de serie duidelijk worden aangegeven welke plaats het heeft in het totaal. Bij elk artikel wordt in ieder geval vermeld tot welk hoofdonderdeel (fundamentele kennis, communicatietechniek, telematica, informatica) het behoort en welke plaats het behandelde onderwerp binnen het hoofdonderdeel inneemt. In de inleiding tot ieder hoofdonderdeel zal voor het desbetreffende hoofdonderdeel de indeling van de artikelen/onderwerpen worden aangegeven.

Voor wie is de elementaire kennis bestemd?

De reeks 'Elementaire kennis' richt zich zowel op de technici als op de niet-technici binnen PTT Telecom. Waar dat nodig is, worden onderwerpen zodanig toegelicht dat de stof ook voor niet-technici toegankelijk blijft.

Bovendien zullen zaken die verregaand specialistisch zijn uitgewerkt (verdiepingsstof), herkenbaar worden gemaakt zodat de meer oriënterende lezer ze desgewenst kan overslaan.

Sommige onderdelen zullen voornamelijk worden beschre-

ven in termen van 'wat is', terwijl andere meer ingaan op het 'hoe werkt'.

Onder de noemer 'fundamentele kennis' komen een aantal elementaire rekenregels uit wiskunde, natuurkunde en elektrotechniek aan de orde. Uitwerkingen en bewijzen van deze rekenregels worden daarbij niet gegeven, hier zijn speciale leerboeken voor. Wel zullen de rekenregels regelmatig terugkeren in de artikelen over communicatietechniek, telematica en informatica, maar dan in de vorm van voorbeelden met betrekking tot het behandelde onderwerp.

Samenvattend kan worden gesteld dat 'Elementaire kennis' voor in feite iedere medewerker van PTT Telecom met een middelbaar werk/denkniveau toegankelijk en bruikbaar zal zijn.

Duur en doel van de reeks

Over ongeveer twee jaar is de serie voltooid. Dan zullen de volgende doelen gerealiseerd zijn:

- er is een (informeel) leermiddel ontstaan dat medewerkers van PTT Telecom op weg helpt om zich de basisbegrippen eigen te maken van de verschillende technische werkvelden binnen het bedrijf,
- er ligt een technische beschrijving van PTT Telecom waarmee nieuwe medewerkers, stagiair(e)s e.d. zich kunnen oriënteren op de techniek van het bedrijf en dat tevens ondersteuning kan bieden bij een heroriëntatie in geval van bijvoorbeeld een reorganisatie,
- er is een technisch naslagwerk tot stand gekomen over en voor PTT Telecom.

Wat wordt er allemaal beschreven?

Zoals hiervoor al is gemeld, worden in de reeks 'Elementaire kennis' de technieken beschreven die binnen PTT Telecom in gebruik zijn.

In de inleiding tot elk hoofdonderdeel staat aangegeven welke onderwerpen binnen dat hoofdonderdeel aan de orde komen.

In grote lijnen betreft dit de volgende zaken:

Algemene inleiding. Wat, waarom, voor wie is de serie 'Elementaire kennis' bestemd.

Fundamentele kennis. De belangrijkste rekenregels en begrippen uit wiskunde, fysische natuurkunde en elektronica. Daarnaast globale beschrijvingen van de deelgebieden en wat deze inhouden.

Telecommunicatie. Vormen van transmissie wat betreft gebruikte media, techniek, modulatie etc. en daaraan gerelateerd de produkten/diensten van PTT Telecom. Bovendien de verschillende relevante schakeltechnieken en apparaten.

Telematica. Netwerken, protocollen en het beheer en de beveiliging daarvan.

Informatica. Hardware, software, toepassingen en taalgebruik.

Wie schrijven de reeks?

Voor de artikelen in de reeks 'Elementaire kennis' worden deskundige auteurs aangetrokken uit de desbetreffende vakgebieden. Vaak zijn dit medewerkers die ook anderszins betrokken zijn bij het schrijven van vakliteratuur en/of het geven van opleidingen. Dit verzekert u (en ons) ervan dat de geboden kennis correct èn actueel is.

Index op de reeks

Om het doel 'naslagwerk' optimaal te bereiken zullen de belangrijkste termen, begrippen en feiten in een trefwoordenregister worden opgenomen.

Voor elk van de vier hoofdonderdelen van 'Elementaire kennis' komt er een index die op alfabet is gerangschikt. Daarnaast zal een index worden opgemaakt waarin de termen, begrippen en feiten uitsluitend alfabetisch worden opgesomd, ongeacht het hoofdonderdeel waar ze bij horen.

In de algemene index staat de verwijzing via het hoofdonderdeel naar onderwerp en naar bladzijde.

In die gevallen waarin een term, begrip of feit voor meerdere hoofdonderdelen van betekenis is, zullen verwijzingen worden aangebracht.

Te allen tijde zal de betekenis van de in de index opgenomen termen, begrippen en feiten in het desbetreffende artikel moeten worden nagezocht.

De verre toekomst van de mobiele telecommunicatie: het Universeel Mobiel Telecommunicatie-Systeem (UMTS)



Marcel Meijer

Het werken aan UMTS en aan dit artikel is mede mogelijk gemaakt door subsidie van de EG in het kader van het RACE-programma.

In Europees verband (RACE) wordt momenteel onderzoek gedaan naar het Universeel Mobiel Telecommunicatie-Systeem (UMTS). Dit systeem moet de opvolger worden van een aantal huidige en toekomstige vormen van mobiel communiceren. UMTS gaat de integratie betekenen van onder andere cellulaire en koordloze telecommunicatiesystemen, waardoor er rond de eeuwwisseling met één zaktelefoon in alle omgevingen (binnenshuis, buitenshuis en in de bedrijfsomgeving) gecommuniceerd kan worden. Marktstudies laten zien dat rond het jaar 2000 meer dan 50% van alle spraakcommunicatie met behulp van mobiele communicatie zal kunnen plaatsvinden. Voor UMTS betekent dit dat in Europa gerekend moet worden op een capaciteit van zo'n 150 miljoen zaktelefoons. Bovendien zal UMTS meer diensten dan alleen spraak moeten gaan bieden, bijvoorbeeld datadiensten op een hogere snelheid dan binnenkort mogelijk zal zijn in het nieuwe autotelefoonnet ATF-4 (GSM). Daarbij komen dan nog enkele diensten die typisch zijn voor mobiele communicatie zoals verkeersinformatie- en verkeersbegeleidingssystemen.

In voorgaande afleveringen van PTT Telecom Studieblad is uitgebreid ingegaan op de ontwikkeling van de autotelefoon-dienst¹. Daarin is een nabij toekomstbeeld geschetst in de vorm van het GSM-systeem (ATF-4). Wat waarschijnlijk echter niemand zal verbazen, is dat er op dit moment in Europa al weer enige jaren gewerkt wordt aan de fase na het GSM: het zogenaamde Universeel Mobiel Telecommunicatie-Systeem (UMTS) dat naar verwachting rond de eeuwwisseling geïntroduceerd zal kunnen worden.

Dit artikel gaat in op de ontwikkelingen in de mobiele telecommunicatie die uiteindelijk moeten leiden tot UMTS. Het geeft een overzicht van de geschiedenis van het UMTS-project, waarna vervolgens een aantal inhoudelijke aspecten van UMTS uitgebreid wordt behandeld.

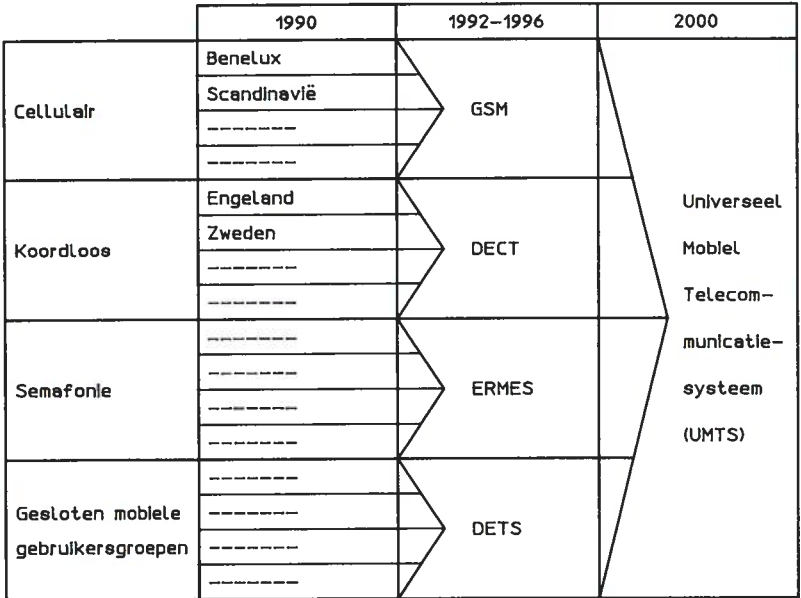
¹ E.F. Sommer, *De ontwikkeling van de autotelefoon-dienst: het aanbod op de Nederlandse markt*, PTT Telecom Studieblad, april 1990, pp. 166-173.
W. van Blitterswijk, A.A.M v.d. Krogt, M.G.J. Meijer, A. Wilhelmus, *De toekomst van de autotelefoon-dienst: GSM het vierde generatie autotelefoonnet (3 dln.)*, PTT Telecom Studieblad, mei-juli/augustus-oktober 1990, pp. 234-242; 367-384, 497-509.

**Ontwikkelingen in de mobiele telecommunicatie:
huidige systemen**

Om het ontstaan van UMTS te kunnen begrijpen is het nodig een overzicht te hebben van de recente ontwikkelingen op het gebied van de mobiele telecommunicatie.

Afbeelding 1 vat voor de periode 1990-2000 een aantal vormen en systemen van mobiele telecommunicatie samen. De vier belangrijkste *vormen* van mobiele telecommunicatie zijn in de afbeelding weergegeven.

▼ Afb. 1
Toekomstige ontwikkelingen



- GSM = Groupe Spéciale Mobile
- DECT = Digital European Cordless Telecommunications
- ERMES = European Messaging System
- DETS = Digital European Trunking System

Cellulaire systemen. Dergelijke systemen worden tot nu toe voornamelijk gebruikt ten behoeve van autotelefonie. Cellulaire systemen zijn ontworpen en voornamelijk geschikt voor mobiele telecommunicatie buitenshuis. Het zijn volwaardige telecommunicatiesystemen, wat wil zeggen dat zowel inkomende als uitgaande gesprekken mogelijk zijn en dat er sprake is van een nagenoeg volledige geografische bedekking.

Cellulaire systemen maken gebruik van relatief hoge vermogens en de benodigde randapparatuur is zwaar en duur. Wel komen er steeds meer 'hand-helds' op de markt die met lagere vermogens werken en dus niet een gegarandeerde volledige bedekking genieten.

De cellulaire systemen die momenteel op de markt zijn maken gebruik van analoge radiotechnieken en zijn regionaal dek-kend, dat wil zeggen nationaal of binnen een kleine groep van landen².

Koordloze systemen. Deze systemen worden toegepast bij draadloze telecommunicatie in huis, binnen bedrijven en op druk bezochte openbare plaatsen zoals stations.

De reikwijdte van koordloze systemen bedraagt slechts enige tientallen meters. De geografische bedekking is dus beperkt, waar tegenover staat dat de apparatuur relatief goedkoop is. Bij de koordloze systemen wordt nu nog gebruik gemaakt van analoge radiotechnieken.

In Nederland zijn er op het ogenblik nauwelijks koordloze systemen op de markt. PTT voert de 'Sydney' in haar assortiment en verder is er illegale apparatuur te koop (geweest). In andere landen, met name in Engeland en de VS, zijn koordloze systemen wijdverbreid. In Engeland zijn ze gebaseerd op de standaard CT2 (Cordless Telephony 2)³.

Semafoniesystemen. Semafonie is éénrichtingverkeer. Een semafoonabonnee kan op een semafoon (pager, pieper) opgeroepen worden. Reageren moet via andere communicatiekanalen.

Eenvoudige semafoons kunnen alleen 'piepen', maar er bestaan al mogelijkheden voor de overdracht van een beperkte hoeveelheid cijfers en alfanumerieke gegevens.

De huidige semafoniesystemen zijn gebaseerd op analoge radiotechniek. Hun geografisch bereik is bijna volledig. De toepassing van de semafoniesystemen is net als van de voorgaande regionaal.

Systemen voor gesloten mobiele gebruikersgroepen. Grote bedrijven en organisaties zoals luchthaven Schiphol, politie en brandweer beschikken voor hun interne communicatie over eigen gesloten mobiele netten. Het gaat hierbij om analoge systemen, die per gebruiker kunnen verschillen.

² Zie: E.F. Sommer, *De ontwikkeling van de autotelefoondienst: het aanbod op de Nederlandse markt*, PTT Telecom Studieblad, april 1990, pp. 166-173.

³ *Nieuwe vorm van koordloos telefoneren in huis, bedrijf en op straat*, PTT Telecom Studieblad, juli/augustus 1990, pp. 390-391.

Ontwikkelingen in de mobiele communicatie: 1992-1996

Wat afbeelding 1 eveneens aangeeft, is dat er in de periode 1992-1996 voor al deze vormen van mobiele telecommunicatie nieuwe systemen ontstaan. Ten eerste is dit het gevolg van *digitalisering*; de huidige vormen zullen namelijk alle vier overgaan op digitale radiotechnieken met uiteraard koppeling aan digitale vaste netten (ISDN). Ten tweede vindt voor alle vier vormen van mobiele communicatie een *schaalvergroting* plaats. In principe wordt gewerkt aan Europese standaarden.

⁴ Zie: W. van Blitterswijk, A.A.M. v.d. Krogt, M.G.J. Meijer, A. Wilhelmus, *De toekomst van de autotelefoondienst: GSM het vierde generatie autotelefoonnet* (3 dln.), PTT Telecom Studieblad, mei-juli/augustus-oktober 1990, pp. 234-242; 367-384, 497-509.

- In eerdere artikelen⁴ is in verband hiermee al uitgebreid ingegaan op de eerste Europese standaard voor cellulaire systemen: het GSM-systeem.
- Voor koordloze systemen wordt aan de DECT-standaard gewerkt (Digital European Cordless Telecommunications). Rond 1993 zal dit systeem operationeel moeten zijn.
- ERMES (European Radio MESSaging System) is de Europese digitale semaforie-standaard die eveneens rond 1992-1993 operationeel moet zijn.
- Ten slotte wordt er momenteel gewerkt aan DETS (Digital European Trunking System) voor gesloten mobiele gebruikersgroepen. Rond 1996 zou een en ander operationeel kunnen zijn.

Doel van de Europese schaalvergroting is ten eerste dat de randapparatuur in ieder aangesloten land gebruikt kan worden (hetgeen met ATF-3 nu bijvoorbeeld niet het geval is). Ten tweede kunnen infrastructuur en randapparatuur door de schaalvergroting goedkoper worden.

Samenvattend kan geconstateerd worden dat er in Europa voor alle vier vormen van mobiele telecommunicatie twee trends zijn waar te nemen: digitalisering en schaalvergroting.

Achtergronden en ontstaansredenen van UMTS

De ontwikkeling van GSM en DECT toont aan dat beide gesignaleerde trends – digitalisering en schaalvergroting – in Europa van harte ondersteuning vinden. Daarnaast wilde men echter ook een ontwikkeling in gang zetten die de vier mobiele communicatievormen uiteindelijk in één systeem doet opgaan.

Feitelijk vormt dit de basis voor het Universeel Mobiel Telecommunicatie-Systeem (UMTS), waarbij universeel niet zozeer slaat op wereldwijd (of universumwijd) maar op bruikbaar in *alle* omgevingen en aldus de huidige vier gespecialiseerde vormen vervangend.

Met één 'zaktelefoon' zal over heel Europa zowel binnenshuis, buitenshuis als in kantooromgevingen gebeld moeten kunnen worden. Gezien de eerdere ervaringen met standaardisatie en ontwikkeltijd kan introductie van UMTS waarschijnlijk rond de eeuwwisseling plaatsvinden.

In 1988 startte een Europees consortium van 25 bedrijven, PTT's en universiteiten met het RACE-project 1043⁵. Het doel van dit project is onderzoek te verrichten naar het UMTS en naar het nog verder in de toekomst gelegen Mobiel Breedbandig Systeem (MBS). Dit RACE-project loopt in eerste instantie 5 jaar, waarna de resultaten bij de standaardisatieorganen ingebracht zullen moeten worden.

Doel van het UMTS

De laatste jaren zijn er op het gebied van de mobiele telecommunicatie heel wat marktverkenningen uitgevoerd. Onveranderlijk blijkt daaruit dat wanneer de prijs van de randapparatuur het toelaat aan het begin van de volgende eeuw ten minste 50% van alle spraakcommunicatie via draadloze systemen verloopt, wat in Europa neerkomt op ongeveer 150 miljoen zaktelefoons.

Voor het UMTS-project betekent het hiervoor genoemde dat:

- UMTS de integratie moet bewerkstelligen van vier verschillende vormen van mobiele telecommunicatie,
- UMTS over voldoende capaciteit moet beschikken om circa 150 miljoen zaktelefoons te bedienen,
- UMTS meer moet bieden dan uitsluitend spraakdiensten.

Cruciale onderwerpen voor het onderzoek naar UMTS zijn:

- minimalisatie van het signaleringsverkeer ten behoeve van mobiele telecommunicatie,
- ontwikkelen van micro-cellulaire omgevingen,
- ontwikkelen van een radio-interface voor diensten met variabele transmissiesnelheden,
- realiseren van lage kosten, dus technologie-onderzoek.

⁵ RACE = Research and development in Advanced Communication technologies in Europe. Zie voor meer details over RACE 1043: M.G.J. Meijer, *Op weg met de zaktelefoon*, Informatie en Informatiebeleid, vol.7(4), pp. 49-55.

Een aantal van de technisch-inhoudelijke aspecten van UMTS komen in de volgende paragrafen aan bod. Op de netwerkaspecten zal wat meer de nadruk liggen.

Diensten

De diensten die UMTS de gebruiker gaat bieden, moeten zoveel mogelijk aansluiten bij die van bestaande of toekomstige netten.

Voor de gebruiker mag het dienstenpakket van de verschillende systemen (zoals GSM, ISDN, Breedband-ISDN, DECT en UMTS) bij voorkeur niet verschillen. Vooral de gebruikerinterface en het type diensten zouden hetzelfde moeten zijn. Zo is voor UMTS gesteld dat het systeem minstens de GSM- en de ISDN-diensten moet bieden; de laatste althans naar functionaliteit en niet noodzakelijkerwijs naar bitsnelheid⁶.

UMTS biedt dus tenminste de GSM-diensten (via $B_{\text{mobiel}} + D_{\text{mobiel}}$), maar ook de ISDN-diensten (via $2B_{\text{mobiel}} + D_{\text{mobiel}}$). Deze beide toegangen moeten geografisch overal gerealiseerd kunnen worden. Onderzocht wordt of ook een volledige ISDN-toegang via $2B + D$ geboden kan worden. Het is echter duidelijk dat dit vooral in plattelandsgebieden moeilijk haalbaar zal zijn, omdat inclusief codering de bitsnelheid per toegang in de orde van grootte van 1 à 2 Mbit/s zal zijn. Transmissie over grote afstand met een dergelijke hoge snelheid vraagt een (te) hoog zendvermogen.

Daarnaast moet UMTS ook een aantal breedband-ISDN-diensten kunnen bieden. UMTS wordt namelijk geïntroduceerd ten tijde van de eerste introductieperiode van het breedband-ISDN. Het betreft dan uiteraard wel diensten met een lage bitsnelheid.

Ten slotte moet UMTS enige typische mobiele diensten kunnen bieden. Er wordt daarbij met name aan verkeersinformatie- en verkeersbegeleidingssystemen gedacht.

Omgevingen en capaciteit

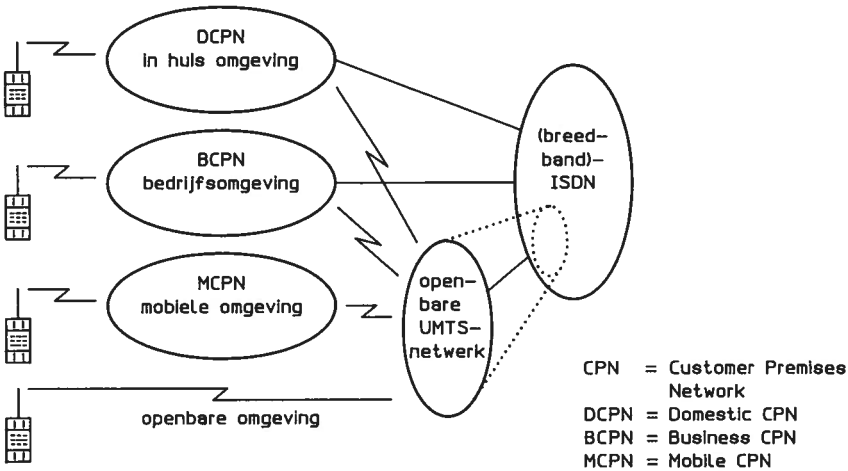
UMTS zal deze diensten in een aantal omgevingen moeten aanbieden. Afbeelding 2 laat de vier omgevingen zien.

UMTS-terminals kunnen ook thuis of op kantoor gebruikt worden. Daar kunnen ze gekoppeld zijn aan de huiscentrale, die in het breedband-tijdperk Customer Premises Network

⁶ GSM biedt een zogenaamde $B_{\text{mobiel}} + D_{\text{mobiel}}$ toegang, dat wil zeggen één B-kanaal en één D-kanaal, specifiek ontwikkeld voor mobiel communiceren, die van de gelijknamige ISDN-kanalen afwijken in hun bitsnelheid: 13 kbit/s voor B_{mobiel} , 1 kbit/s voor D_{mobiel} in GSM ten opzichte van 64 kbit/s B-kanalen en 16 kbit/s D-kanalen in ISDN. Zie: W. van Blitterswijk, M.G.J. Meijer, *De toekomst van de autotelefoondienst: GSM het vierde generatie autotelefoonnet*, Deel 1: Diensten en faciliteiten, PTT Telecom Studieblad, mei 1990, pp. 234-242.

(CPN) genoemd wordt. Deze CPN's kunnen via draadgebonden communicatie verbonden zijn met het ISDN of het breedband-ISDN, maar ook via een tweede radiopad aan het openbare UMTS-netwerk.

▼ Afb. 2
UMTS omgevingen



De afbeelding laat ook nog een zogenaamde Mobile CPN (MCPN) zien. Bijvoorbeeld kan dit de CPN in een trein zijn, die via een radiopad aan het openbare UMTS-netwerk gekoppeld is. Gebruikers in de trein zijn op hun beurt weer via een radiopad gekoppeld met de MCPN. In UMTS kan een randapparaat dus via twee radiopaden in serie toegang tot het vaste net krijgen. Beide radiopaden behoren tot de UMTS-standaard.

Ten slotte kan een UMTS-terminal ook direct toegang tot het openbare UMTS-netwerk krijgen, bijvoorbeeld op straat of met een autotelefoon.

Het is in principe mogelijk dat in iedere omgeving de UMTS-dienst door een andere dienstleverancier wordt geëxploiteerd. Bijvoorbeeld exploitatie door een groot bedrijf in een bedrijfsomgeving (BCPN), door de spoorwegen in een MCPN-omgeving, door PTT in de openbare omgeving enzovoort.

De cellen waarmee de diverse omgevingen bedekt worden, hebben elk hun eigen karakteristiek.

- In huis- en bedrijfsomgevingen worden cellen met stralen

van 10 tot 50 meter voorzien. Deze worden pico-cellen genoemd en leveren een capaciteit van 40.000 tot 500.000 E/km² (dus bijvoorbeeld 40.000 gelijktijdige gesprekken per vierkante kilometer).

- In de buitenomgeving komen drie soorten cellen:
 - Macro-cellen met een straal van 1 tot 35 km ter bedekking van kleinstedelijke en plattelandsgebieden. Deze cellen zijn het meest te vergelijken met de cellen in het GSM-systeem. In GSM is de capaciteit 25 E/km², in UMTS 100 tot 600 E/km².
 - Micro-cellen. Dit zijn cellen die een deel van een straat bedekken (20 bij 200 meter). De zenders/ontvangers worden op lantaarnpalen gedacht. De capaciteit varieert van 1.700 tot 8.500 E/km².
 - Snelweg-cellen zijn cellen die 2 à 5 km lang zijn en die om het aantal hand-overs te verminderen over een snelweg heen liggen. De capaciteit is 10 tot 150 E/km².

Tevens is in het project uitgerekend wat het benodigde spectrum is om in alle omgevingen de noodzakelijke capaciteit te kunnen bieden. Voorlopig wordt verwacht dat 230 MHz voldoende zou moeten zijn.

Spraak en vertraging

Volgens het oorspronkelijke onderzoeksvoorstel zou gewerkt worden aan 4 kbit/s spraakcodecs. In GSM wordt een 13 kbit/s spraakcodec gebruikt en wordt onderzoek gedaan naar de zogenaamde 'half-rate codec', die op 6,5 kbit/s werkt. Derhalve vermoedde men dat met de technologische vooruitgang een 4 kbit/s spraakcodec met dezelfde kwaliteit als de 'GSM full rate codec' in het verschiet zou liggen.

In de loop van het UMTS-project zijn er echter twee ontwikkelingen voor het voetlicht getreden die het onwaarschijnlijk maken dat UMTS een 4 kbit/s spraakcodec kan gaan bevatten.

- De lagere bitsnelheid betekent een hogere vertragingstijd voor spraak, hetgeen meer echo tot gevolg heeft.
- Er is behoefte ontstaan aan een hogere kwaliteit van de spraak, die desnoods ten koste mag gaan van de spectrumefficiëntie (dus een hogere bitsnelheid)⁷.

Omdat men in UMTS spectrumefficiëntie wil opofferen ten

⁷ Wederom ten gevolge van het feit dat UMTS zo wijdverbreid zal zijn, is het besef ontstaan dat gebruikers een spraakkwaliteit willen die vergelijkbaar is met die van vaste netten (bijvoorbeeld ISDN). Om een betere kwaliteit te kunnen garanderen neemt men derhalve zo nodig met een wat hogere bitsnelheid genoegen.

Vertragingstijd

In GSM is de vertraging van een randapparaat naar het net ongeveer 90 ms. Dit is het gevolg van de TDMA-framestructuur (5 ms), het spraakcoderings-algoritme (25 ms), interleaving op het radiopad (40 ms) en multiplexing naar het vaste net van vier 16 kbit/s-stromen in één 64 kbit/s-stroom (20 ms). In het GSM-systeem is de kans op een gesprek tussen twee mobiele gebruikers nog erg klein, vanwege de relatief beperkte penetratie van

GSM. Mocht zich dit echter wel voordoen, dan ontstaat er een serieus vertragingprobleem als beide mobiele gebruikers via een satelliet met elkaar verbonden zijn. De satelliet veroorzaakt namelijk nog eens 270 ms vertraging, zodat de totale vertraging 450 ms bedraagt. Dit levert onoverkomelijke communicatieproblemen op. Aangezien in UMTS de kans op twee met elkaar communicerende mobiele gebruikers veel groter is (50% van de spraakterminals is mobiel) en aangezien in UMTS

één toegang tot het net uit twee radiopaden kan bestaan, zou de totale vertraging bij dezelfde GSM-cijfers al 360 ms bedragen (exclusief satelliet). Voor een systeem dat zo wijdverbreid zal zijn, wordt dit niet acceptabel geacht.

In DECT bedraagt de vertraging slechts 10 ms, ten gevolge van alleen de TDMA-framestructuur en het zeer simpele 32 kbit/s ADPCM spraakcoderings-algoritme. DECT kent geen interleaving en geen GSM-specifieke multiplexing.

behoefte van minder echo en een betere kwaliteit van de spraak, is een hogere spraakcodec-bitsnelheid onvermijdelijk. Momenteel lopen de verwachtingen voor de codec met lage vertraging en hoge spraakkwaliteit uiteen tussen 8 en 16 kbit/s. Overwogen zou nog kunnen worden om daar waar het spectrum schaars is (buitenomgeving) en technieken als interleaving⁸ haast noodzakelijk zijn (platteland) een codec met lagere bitsnelheid te gebruiken dan in binnenomgevingen waar de kwaliteit veel belangrijker is. Het nadeel daarvan is wel dat de randapparatuur duurder wordt vanwege het moeten ontwikkelen en produceren van twee codecs.

Netwerkarchitectuur

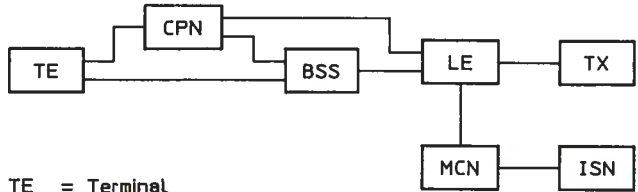
Afbeelding 3 laat een eerste netwerkarchitectuur voor UMTS zien. In deze netwerkarchitectuur zijn de gebruiksmogelijkheden van het systeem in elke soort omgeving duidelijk te herkennen.

Sommige netwerkelementen vereisen een nadere toelichting.

- **BSS.** Het 'Base Station Subsystem' (BSS) is in feite opgebouwd uit meerdere fysieke netwerkelementen. Allereerst is het UMTS-netwerk evenals het GSM opgebouwd uit een Base Station Controller (BSC) en een Base Transceiver Station (BTS). Eén BSC bestuurt meerdere BTSs. BTSs moe-

⁸ Interleaving is het proces waarbij de informatie die verstuurd moet worden, op het radiopad verdeeld wordt over meerdere segmenten. Dus i.p.v. alle informatie chronologisch achter elkaar te versturen, wordt de informatie 'geschud'. Zou er geen interleaving worden toegepast, dan zou bij het optreden van een fout een aaneengesloten blok informatie verminkt zijn. Met kanaalcoderingstechnieken zijn dergelijke fouten slechter te herstellen. Nadeel van interleaving is de extra vertraging die optreedt omdat het 'schudden' tijd kost: aan de zenzijde moet gewacht worden omdat er van een segment steeds maar een beetje informatie verstuurd mag worden.

► Afb. 3
UMTS netwerkachitectuur



TE = Terminal
 CPN = Customer Premises Network
 BSS = Base Station Subsystem
 LE = Local Exchange
 TX = Transit Exchange
 MCN = Mobile Control Node
 ISN = Information Storage Node

⁹ In GSM bestaat een dergelijke onderverdeling niet: er is maar één type Basisstation dat alle functies uitvoert. Het zou te ver voeren om in dit artikel alle redenen te beschrijven die in UMTS hebben geleid tot het maken van de onderverdeling, zie daarvoor M.G.J. Meijer, *The role of the fixed infrastructure in UMTS*, RACE Mobile Telecommunications Project 1043, RMTP:FN/H134, 1990 Annual Conference, Cambridge, 24-26 January 1990.

¹⁰ Zie: M.G.J. Meijer, A. Wilhelmus, *De toekomst van de autotelefoondienst: GSM het vierde generatie autotelefoonnet*, Deel 3: Netwerkaspecten, PTT Telecom Studieblad, oktober 1990, pp. 497-509.

ten in het UMTS zo simpel mogelijk zijn, omdat ze bovenop lantaarnpalen gebruikt moeten kunnen worden. Daarnaast kent het UMTS verschillende typen Basisstations (BSs)⁹.

- Een basisstation voor interactieve diensten (tweerichting-verkeer, zoals spraak).
- Een basisstation voor distributieve diensten (eenrichting-verkeer, zoals verkeersinformatie- en verkeersbegeleidingsdiensten).
- Een basisstation voor paging (om een mobiel randapparaat op te kunnen roepen);
- Een basisstation voor signalering.
- *LE*. De lokale UMTS-centrale (LE) zou zoveel mogelijk identiek moeten zijn aan LE's in ISDN resp. breedband-ISDN.
- *MCN*. De Mobile Control Node (MCN) bevat de specifieke 'mobiele' functionaliteiten, zoals lokatieregistratie, beveiliging en hand-over¹⁰.
- *ISN*. De Information Storage Node (ISN) is het netwerkelement waarin alle benodigde gegevens opgeslagen zijn, zoals locatie-informatie van alle mobiele abonnees, terminalinformatie, abonnee-informatie en dienstinformatie. Deze ISN is een gedistribueerde database¹¹.

Deze drieling LE/MCN/ISN is vergelijkbaar met de verdeling zoals die ook in het 'Intelligente Netwerk' concept gemaakt wordt: schakelfuncties, besturing en gegevens¹².

De UMTS-netwerkachitectuur garandeert door z'n opzet zoveel mogelijk de integratie van het systeem in (breedband-)

ISDN. De extra 'mobiele' functionaliteiten zijn opgeslagen in aparte 'mobiele' netwerkelementen, in het bijzonder de MCN.

Het GSM-concept met twee systemen (HLR en VLR) voor de abonneeregistratie die onderling een master-slave verhouding hebben¹³, wordt in UMTS niet toegepast. Om redenen van betrouwbaarheid, snelheid en beschikbaarheid is gekozen voor een gedistribueerde database, waarin alle databases ten opzichte van elkaar een gelijkwaardige status hebben.

Hand-over

Hand-over is het overschakelen van een gesprek van het ene basisstation naar het volgende basisstation. Hand-over is om de volgende redenen één van de moeilijkste problemen in UMTS.

- Hand-over moet plaats kunnen vinden van de ene omgeving naar de andere, bijvoorbeeld van binnenshuis naar buitenshuis. Het probleem wordt nog vergroot door het feit dat meer dan één dienstleverancier de besturing over hetzelfde gesprek kan krijgen.
- Door de micro-cellulaire omgevingen neemt het aantal hand-overs enorm toe. Voor een gemiddeld gesprek per autotelefoon kan het aantal hand-overs tot tien oplopen. De gebruiker mag hier hoegenaamd niets van merken¹⁴.
- Het gebruik van mobiele CPNs levert enorme hand-overproblemen op. Wanneer bijvoorbeeld meerdere treinen elkaar naderen (zoals bij een station) is het aantal hand-overs erg groot.
- Het gebruik van micro-cellen veroorzaakt ook een ander probleem, namelijk wanneer een terminal snel de hoek van een straat om gaat. De veldsterkte van het oude BS valt dan plotseling af en er is dus maar weinig tijd om de hand-over naar een nieuw BS te initiëren en uit te voeren.

Een aantal mogelijke oplossingen voor bovengenoemde problemen wordt in het kader van het UMTS-project bekeken.

Het eerstgenoemde probleem is voornamelijk een bestuursprobleem. In GSM blijft de Mobiele diensten Schakel Centrale (MSC) die de verbinding tot stand heeft gebracht, voor die verbinding verantwoordelijk totdat het gesprek is afgelopen.

¹¹ Vergelijken we de GSM-netwerkkarchitectuur met die van UMTS-structuur met LE/MCN/ISN, dan valt op dat de Mobiele diensten Schakel Centrale (MSC) in het GSM zowel de LE-functionaliteiten als de meeste MCN-functionaliteiten bevat. De GSM-locatieregisters bevatten de ISN-functionaliteiten en sommige MCN-functionaliteiten.

¹² In de loop van 1991 zal PTT Telecom Studieblad op meer uitgebreide wijze aandacht besteden aan het Intelligente Netwerk-concept.

¹³ Zie: M.G.J. Meijer, A. Wilhelmus, *De toekomst van de autotelefoondienst: GSM het vierde generatie autotelefoonnet*, Deel 3: Netwerkaspecten, PTT Telecom Studieblad, oktober 1990, pp. 497-509.

¹⁴ In GSM is de onderbrekingstijd inderdaad nog redelijk klein (hooguit een paar honderd ms), maar de tijd vooraleer de procedure in het netwerk is afgerond duurt zo lang dat in UMTS allang een nieuwe procedure gestart had moeten worden.

Indien in UMTS de besturing van een gesprek wordt overdragen op het moment dat hand-over plaatsvindt van de ene naar de andere omgeving en dus naar een andere netwerkbeheerder, kan de kostenverrekening keurig plaatsvinden en wordt het netwerk efficiënter gebruikt.

De tweede probleemstelling, de snelheid waarmee hand-overs uitgevoerd moeten worden, is op te lossen door de BTSs door middel van een Metropolitan Area Network (MAN) te koppelen. Het netwerk hoeft bij een hand-over dan bijna geen actie te ondernemen. Nadeel van deze oplossing is natuurlijk wel dat de BTSs (op de lantaarnpalen) ingewikkelder worden.

Kijken we naar het derde aandachtspunt dan kan een ander snelheidverhogend mechanisme bereikt worden door macro-diversity toe te passen. Macro-diversity is een techniek waarbij een terminal gelijktijdig met bijvoorbeeld drie BSs communiceert. Het net kiest dan steeds de BS met het beste signaal. Hand-over vindt vervolgens alleen plaats van de ene groep van drie BSs naar de volgende groep van drie.

Door nu deze groepen van drie dynamisch te veranderen en hieraan steeds een nieuwe BS toe te voegen ten koste van het basisstation met het zwakste signaal, vindt hand-over op een niet-tijdkritische manier plaats. Men noemt dit 'soft hand-over'.

Deze techniek kan ook worden toegepast voor het vierde probleem dat is gesignaleerd. Een andere mogelijke oplossing voor dit probleem is om aparte basisstations (BSs) voor de signalering te gebruiken (zoals hiervoor al is aangegeven onder het kopje 'Netwerkarchitectuur-BSS'). Als zo'n signalerings-BS een grotere bedekking heeft, zal de veldsterkte niet zo snel afvallen. De hand-over procedure zal dan in ieder geval via het signalerings-BS afgerond moeten worden. De gesprekscommunicatie blijft via de BSs in de micro-cellen gevoerd worden.

Propagatie

UMTS zal ergens in de 1,7 – 2,3 GHz band werkzaam zijn. De beslissing over hoeveel spectrum en waar precies, zal naar verwachting op de WARC'92 (World Administrative Radio Conference) worden genomen. Op deze conferentie wordt het spectrum van 1 tot 3 GHz wereldwijd herverdeeld. Dit soort

WARC's vindt ongeveer eens in de tien jaar plaats.

In het kader van het UMTS-project zijn een aantal propagatiemetingen gedaan om te zien wat de verschillen zijn tussen de 900 MHz-band van GSM en de UMTS-band. Kort samengevat zijn er in het gedrag van de radiostraling in deze twee frequentiebanden geen grote verschillen. Wel moet aandacht worden besteed aan het verschil in lokatie van de antennes. In GSM worden antennes hoog boven daken opgesteld, terwijl in UMTS de antennes van de micro-cellen laag boven de grond en onder de daken opgesteld worden. Dit geeft uiteraard andere propagatiekarakteristieken.

Het project besteedt daarnaast vanzelfsprekend ook aandacht aan de propagatiekarakteristieken binnenshuis en bij de overgang van de ene naar de andere omgeving. Dit laatste is noodzakelijk om ongewenste hand-overs van de ene naar de andere omgeving te kunnen voorkomen.

Radio-interface

Op het gebied van de radio-interface zijn er vele onderwerpen die nauw met elkaar samenhangen en waarover nog geen concrete beslissingen zijn genomen¹⁵.

De keuzes die gemaakt moeten worden, zijn moeilijk omdat beslissingen ten aanzien van één onderdeel van invloed zijn op en soms zelf strijdig zijn met de andere onderdelen (bijvoorbeeld pakketschakelen en dynamische kanaaltoewijzing).

Beveiliging

Bij het toepassen van radiotransmissie zijn de netwerk- en de gegevensbeveiliging uiteraard kwetsbaarder dan wanneer de transmissie in vaste en met name in optische netten plaatsvindt.

Voor UMTS is daarom een aantal veiligheidseisen opgesteld waaraan het systeem zal moeten voldoen:

- wederzijdse identificatie tussen de netwerkelementen aan elke kant van de radiolink; gezien de mogelijkheid van twee radiopaden binnen één toegang tot het netwerk (bijv. in de MCPN-situatie) is deze eis aanzienlijk verscherpt ten opzichte van het GSM-systeem,
- bescherming van informatie inzake de identiteit en de lokatie van een gebruiker,

¹⁵ Enige indicatie over de radio-interface kan echter wel gegeven worden, zie hiervoor de verdiepingstof aan het eind van dit artikel en: P.G. Andermo, *Spectrum efficient and flexible use of the radio path*, RACE Mobile Telecommunications Project RACE 1043, 1990 Annual Conference, Cambridge, 24-26 January 1990.

- bescherming van gebruikers- en signaleringsinformatie;
- onbetwistbare kostentelling; deze eis is bedoeld om elk mogelijk dispuut over de kostentelling tussen gebruikers en dienstleveranciers te voorkomen. Het kan bereikt worden door digitale handtekeningen (deze komen in GSM niet voor).

Deze eisen zijn zo scherp geformuleerd vanwege de te verwachten veranderingen in de soort informatie (meer vertrouwelijke informatie) die in UMTS zal worden overgedragen. De eisen kunnen voor een deel weliswaar ingewilligd worden door een zogenaamd 'Secret Key'-beveiligingssysteem (zoals in GSM), echter niet volledig. Daarom is in het project gekozen voor een 'Public Key'-beveiligingssysteem. Deze vorm van beveiliging kan aan alle eisen voldoen.

Gespreksopbouw en kostenverrekening

In de in het Studieblad verschenen reeks over GSM/ATF-4 is uitvoerig uitgelegd hoe de gespreksopbouw in het GSM-systeem verloopt en welke problemen zich kunnen voordoen bij internationale gesprekken naar mobiele abonnees toe.

Oorzaak van deze problematiek is dat er in GSM geen scheiding bestaat tussen gespreksopbouw en verbindingsoopbouw. Door in UMTS dit onderscheid wel te maken, zal kostenverrekening altijd plaatsvinden op basis van de verbindingsoopbouw en dus steeds de werkelijk gemaakte kosten reflecteren. Het in de GSM-artikelen genoemde voorbeeld van opbouw van twee internationale verbindingen voor een in feite lokaal gesprek, behoort daarmee straks tot het verleden.

Gespreksopbouw wil in dit verband zeggen dat bij een verzoek tot communicatie met een mobiele abonnee eerst wordt nagegaan waar deze abonnee zich bevindt en dan wat zijn/haar status is (bezet, doorschakelen aangezet, vrij). Pas als alles in orde is, wordt overgegaan tot verbindingsoopbouw; dat wil zeggen dat eerst dan de feitelijke fysieke verbinding via het kortste pad door het netwerk wordt opgebouwd.

Met behulp van het CCITT signaleringssysteem no. 7 (C7) vindt de gespreksopbouw in UMTS in de besturingslaag (MCN) en de gegevenslaag (ISN) plaats. De verbindingsoopbouw is gereduceerd tot het instellen van de 'schakelaars' in de schakellaag (LE).

Het in deel 3 van de GSM-reeks gesignaleerde kostenverrekeningsprobleem is hiermee eenvoudig op te lossen.

Batterijen

Als laatste een onderwerp waarover weinig nieuws te melden valt.

In vergelijking met de andere technologische ontwikkelingen, blijft de ontwikkeling van de batterij sterk achter. Vooral als de UMTS-zaktelefoon ook op het platteland op grote afstand (20 km) van zenders/ontvangers gebruikt moet kunnen worden, is de levensduur van de batterijen een probleem. Onderzoek laat zien dat een oplaadbaar batterijblok van 4 bij 10 bij 1,5 cm op zich een redelijke levensduur kan hebben (variërend van een dag tot een week bij veel vermogen consumerende toepassingen). Toch zal in de komende tien jaar veel op dit gebied moeten gebeuren om de zaktelefoon betaalbaar te krijgen.

Bij massaproductie van randapparatuur zullen dan ook met name de niet-elektronische componenten een steeds groter deel van de terminalkosten gaan bepalen.

Conclusies

Het voorgaande moet duidelijk gemaakt hebben dat de nieuwe Europese systemen GSM en DECT in het laatste decennium van deze eeuw hun functie als cellulair respectievelijk koordloos systeem prima zullen vervullen, maar dat aan de horizon alweer een volgende generatie opdoemt: UMTS.

UMTS dat als basis het beste van beide systemen gebruikt, zal oplossingen bieden voor problemen die in alle eerdere systemen niet of nauwelijks opgelost zijn.

Er wordt wel eens gevraagd waarom UMTS eigenlijk nodig is. Waarom zouden GSM en DECT niet gecombineerd kunnen worden? Uit het voorgaande blijkt hopelijk dat GSM en DECT voor totaal andere doeleinden zijn ontworpen en daardoor op een gegeven moment beslist niet meer zullen voldoen; hetzij door capaciteitsproblemen; hetzij door nieuwe diensten die niet meer ingepast kunnen worden; hetzij door technologische achterstand. Er komt dus zeker een moment waarop er vraag ontstaat naar UMTS, alleen het moment wanneer is dus eigenlijk nog een vraag.

Ten slotte, om aan te geven dat UMTS evenmin het eindstation is: in RACE 1043 wordt ook al zeer voorzichtig onderzoek gedaan naar het Mobiel Breedbandig Systeem (MBS). Dit systeem zal zelfs breedbandige diensten (bijvoorbeeld mobiele TV voor zowel camera als toestel en versturen van hoge kwaliteit afbeeldingen) aan mobiele gebruikers moeten bieden en werken in de 39 of 60 GHz (!) band. Introductie van MBS mag echter niet voor 2005 verwacht worden.

Verdiepingsstof: oplossingsrichtingen voor de radio-interface in het UMTS

Interleaving zou gebruikt kunnen worden om de informatie beter tegen fouten op het radiopad te beschermen. Fouten die in blokken optreden, wanneer dus een aantal aaneengesloten bits wordt verminkt, kunnen door interleaving over meerdere blokken verspreid worden en door middel van kanaalcodering hersteld. Het grote nadeel van interleaving is echter de extra vertraging die optreedt.

Pakket- en circuitschakelen zijn nog opties. Pakketschakelen heeft als voordeel dat diensten met wisselende capaciteitsbehoefte goed gemengd kunnen worden (bij spraak wordt een kanaal bijvoorbeeld voor minder dan de helft van de tijd gebruikt) en dus het medium efficiënter kunnen gebruiken.

Wederom is echter het grote nadeel de extra vertraging die optreedt voor spraak, terwijl daarnaast een mindere garantie bestaat dat er voor elk pakket daadwerkelijk ruimte is.

Deze nadelen treden niet op bij circuitgeschakelde verbindingen, maar deze zijn dan ook minder efficiënt.

Een andere optie is een mengvorm met circuitschakelen voor spraak en pakketschakelen voor datadiensten.

Ten aanzien van de *framestructuur*, waarbij men uitgaat van TDMA, wordt ook gedacht aan een 'adaptive bit rate', dat wil zeggen een dynamische bruto bitsnelheid voor de TDMA-frames, waardoor in grote cellen lagere bitsnelheden verwezenlijkt kunnen worden (hogere bitsnelheden geven in grote cellen vermogensproblemen) en in kleinere cellen hogere bitsnelheden om aan de vraag naar nieuwe diensten met hogere snelheden te kunnen voldoen.

Tevens wordt in UMTS uitgegaan van Time Division Du-

plex (TDD), dat wil zeggen dat zowel de radiolink van terminal naar net en andersom op dezelfde draaggolf zitten. In GSM wordt Frequency Division Duplex (FDD) gebruikt, dus twee draaggolven; het voordeel in UMTS is dat de spectrumtoewijzing eenvoudiger is.

Een ander, belangrijker uitgangspunt is *dynamische kanaal-toewijzing*. Dit betekent dat er geen vaste toewijzing van kanalen aan de verschillende BSs plaatsvindt, maar dat de mobiele terminal zelf op ieder moment het kanaal met de minste interferentie uitzoekt. Het grote voordeel is dat geen frequentieplanning noodzakelijk is (wat in GSM wel het geval is, in DECT niet). Het systeem kan zichzelf op eenvoudige wijze aanpassen aan veranderende verkeerssituaties en nieuwe BSs kunnen geïnstalleerd worden zonder nieuwe frequentieplanning.



Om computers van verschillende makelij met elkaar te kunnen laten communiceren, zijn er afspraken en regels nodig. Deze regels en afspraken voor datacommunicatie zijn vastgelegd in het OSI-model; de meest uiteenlopende soorten computersystemen kunnen elkaar hierdoor begrijpen.

A. Hermelink

Het OSI-model is opgebouwd uit een zevental lagen. In de lagen 1 tot en met 4 regelt het OSI-model de feitelijke communicatie tussen computers. Dat verschillende computers elkaar bovendien kunnen begrijpen, is mogelijk dankzij de afspraken en regels die zijn vastgelegd in de lagen 5, 6 en 7. Daarnaast wordt soms nog gesproken van laag 0 waarmee de transmissiemedia worden bedoeld. In het juli/augustusnummer van het Studieblad is als voorbeeld van laag 0 het bekabelingssysteem Premises Distribution System (PDS) behandeld; een ander voorbeeld van een transmissiemedium is het telefoonnet. Met welke middelen computerdata over het telefoonnet te transporteren zijn, daarover gaat dit artikel.

In het eerste artikel uit deze reeks over OSI *Een raamwerk voor datacommunicatie* is het OSI-model in zijn geheel beschreven (zie het meinummer van PTT Telecom Studieblad). Wat binnen laag 0 precies onder fysieke media verstaan wordt, is aan de orde gesteld in het tweede deel van de reeks *PDS een voorbeeld van laag 0* (Studieblad juli/augustus). Behalve koperaders, coaxkabel en glasvezelkabel, worden ook systemen als straalverbindingen en satellietverbindingen onder deze fysieke media begrepen.

In dit derde artikel zal dieper in worden gegaan op aspecten van laag 1, de fysieke laag, van het OSI-model. Binnen deze laag 1 worden standaarden voor het transport van computerdata over de fysieke media beschreven.

Fysieke laag

In OSI is het aantal standaarden binnen de fysieke laag erg groot. Voor dit grote aantal standaarden zijn twee redenen aan te wijzen.

De eerste reden ligt in de ontwikkeling van de techniek zoals die zich sinds het ontstaan van de datacommunicatie heeft

applicatie laag	laag 7
presentatie laag	laag 6
sessie laag	laag 5
transport laag	laag 4
netwerk laag	laag 3
datalink laag	laag 2
fysieke laag	laag 1
medium	laag 0

◀ Afb. 1

voorgedaan. De technologische ontwikkeling maakt het mogelijk steeds betere apparatuur te maken. De verbeteringen hebben vaak betrekking op hogere zendsnelheden en vergroting van de betrouwbaarheid. Ondanks de introductie van steeds weer nieuwe standaarden, blijven de oude echter van kracht.

De tweede reden voor het grote aantal standaarden ligt in het aantal verschillende transmissiemedia en het grote aantal netwerktypen, waarbij elk soort transmissie-medium zijn eigen kenmerken heeft en de verschillende netwerken ieder hun eigen eisen stellen. Een datanetwerk brengt bijvoorbeeld andere eisen met zich mee dan het telefoonnet, terwijl een Local Area Network eveneens andere eisen stelt. In dit artikel beperken we ons tot één type netwerk, het telefoonnet.

Datacommunicatie via het telefoonnet

Ondanks de technische ontwikkeling van het telefoonnet is aan de dienst die ermee wordt geleverd in ruim honderd jaar niet veel veranderd. Nog steeds is de dienst gericht op het transport van spraaksignalen.

Alleen door het inzetten van extra apparatuur is het mogelijk om het telefoonnet ook voor andere diensten te gebruiken. De basisfunctie van de extra apparatuur is het signaal zodanig aan te passen, dat transport over het telefoonnet mogelijk wordt. Voor computerdata betekent dit, dat de digitale sig-

naalvorm moet worden omgezet naar een analoge signaalvorm. Aan de zijde waar het digitale signaal wordt verzonden, vindt de omzetting van het digitale computersignaal naar een analogoog signaal plaats. Aan de andere zijde moet het ontvangen signaal weer worden omgezet van analogoog naar digitaal. De techniek die het omzetten van een digitaal signaal naar een analogoog signaal mogelijk maakt heet moduleren. De techniek die het analoge signaal weer omzet in een digitaal signaal noemen we demoduleren. Omdat het veelal noodzakelijk is om aan beide zijden zowel te zenden als te ontvangen, zijn beide technieken in één apparaat verenigd. Dit apparaat noemen we een *modem*. Deze benaming is ontstaan door het samentrekken van de woorden *MOD*uleren en *DEM*oduleren.

▼ Afb. 2



De twee belangrijkste aspecten van modems zijn: de wijze waarop het digitale signaal wordt gemoduleerd en de wijze waarop het modem met de computerapparatuur wordt verbonden.

Dit artikel beperkt zich tot een beschrijving van het V32-modem. In deze aanduiding staat de V voor Voiceband (*spraakband*). Hieruit blijkt dat dit modem voor het telefoonnet bedoeld is; de aanduiding 32 is een volgnummer. In de volgende tabel worden de meest bekende modems en hun kenmerken voor verkeer in twee richtingen over het telefoonnet genoemd.

► Tabel 1

Type-aanduiding	Snelheid in bit/sec.	modulatietechniek
V21	300/ 300	FSK
V22	1200/1200	DPSK
V22 bis	2400/2400	QAM
V23	1200/ 75	FSK
V26 ter	2400/2400	DPSK
V32	9600/9600	QAM

Uit de tabel blijkt, dat er verschillende *modulatietechnieken* bestaan. Zo zijn er modems die gebruik maken van Frequency Shift Keying (FSK), andere maken gebruik van Differential Phase Shift Keying (DPSK). Het V32-modem maakt gebruik van Quadrature Amplitude Modulation (QAM).

De snelheid waarmee data verstuurd worden is afhankelijk van de gebruikte modulatietechniek.

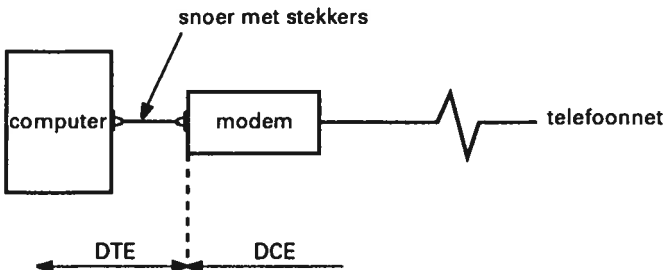
In de tabel zijn de snelheden voor zenden en ontvangen in bits per seconde (bit/sec.) weergegeven. Hierbij valt op dat met uitzondering van het V23-modem steeds met dezelfde snelheid wordt gezonden als ontvangen.

Een relatief eenvoudige wijze van moduleren is FSK. Afhankelijk van de waarde van een bit wordt een hoge dan wel een lage frequentie verstuurd. Bij DPSK wordt de richting van de fase veranderd. De modulatietechniek volgens QAM maakt gebruik van fase- en amplitudeveranderingen op een draaggolf. De draaggolf is een sinusvormig signaal waarop fase- en amplitudeveranderingen worden aangebracht.

Koppelingen

Behalve aan het telefoonnetwerk wordt het modem natuurlijk ook aan de computer gekoppeld. Deze koppeling wordt gerealiseerd door middel van een snoer met aan beide zijden stekkers. De computer en bijbehorende apparatuur wordt aangeduid met DTE (Data Terminal Equipment). De verbinding noemen we de DCE (Data Communication Terminating Equipment).

De *koppeling* tussen modem en computer staat daarom bekend als het DTE/DCE koppelvlak.



De scheiding tussen DTE en DCE ligt bij het koppelvlak van het modem. Om misverstanden uit te sluiten moeten er goede afspraken gemaakt zijn over de wijze waarop de koppeling tussen DTE en DCE wordt gerealiseerd.

De koppeling tussen DTE en DCE is te vergelijken met de stekker van een elektrisch apparaat. De stekker past in de contactdoos, dit betekent dat de fysieke vorm van stekker en contactdoos ooit exact is vastgelegd. De spanning op de contactdoos bedraagt ongeveer 220 Volt wisselspanning (kleine afwijkingen zijn toegestaan). Ook de pennen van de stekker hebben een functie, zoals dit bijvoorbeeld geldt voor de randaarde. De functionaliteit van de randaarde is het apparaathuis met het aardpotentiaal te verbinden.

Het koppelvlak (= *interface*) van computer met modem kunnen we in drie elementen onderverdelen:

- fysieke vorm; hoe ziet het koppelvlak (stekker/contrastekker) eruit,
- elektrische eigenschappen; welk spanningsniveau geeft een bit met de logische waarde '0' en welke spanning geeft een bit met de logische waarde '1' weer,
- functionele eigenschappen; welke functie heeft een pen.

Het V32 modem

Met het V32 modem kunnen op de draaggolf 32 verschillende veranderingen worden aangebracht¹. Per verandering kunnen hierdoor 5 bit worden verstuurd ($2^5 = 32$). Van deze 5 bit wordt 1 bit gebruikt voor foutdetectie, hierdoor zijn 4 bit voor datatransport te gebruiken.

Op een telefoonlijn kunnen we per seconde 2400 signaalveranderingen transporteren. Per signaalverandering worden 4 bit overgebracht, waardoor de *transmissiesnelheid* 9600/bit/sec. (4×2400) bedraagt. De snelheid van 9600 bit/sec. geldt voor zowel de zend- als de ontvangstrichting. Vooral bij deze hoge transmissiesnelheden hebben *verstoringen* op de transmissieweg grote gevolgen. De meest minimale verstoring heeft al het verminken van tenminste 4 bit tot gevolg. Dit is de reden dat het V32 modem werkt volgens de trelliscodering. Deze trelliscodering zorgt ervoor dat fouten die tijdens het transport optreden, kunnen worden gecorrigeerd. Het ontvangende modem kan aan de combinatie van de

¹ De modulatietechniek volgens QAM in samenwerking met de trelliscodering maakt het mogelijk om op de draaggolf deze 32 verschillende veranderingen aan te brengen.



◀ Foto

Recent werd op de Efficiencybeurs dit V32 modem door PTT Telecom geïntroduceerd.

vijf bit zien of deze combinatie goed dan wel fout is. Is de combinatie niet mogelijk, dan kan de ontvanger zelf een correctie uitvoeren.

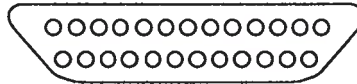
V32 modems werken in twee richtingen (zenden en ontvangen) met 9600 bit/sec. Een verbinding waarover gelijktijdig wordt gezonden en ontvangen, wordt *fullduplex* genoemd. Bij oudere modemtechnieken is de snelheid bij fullduplex lager. Het V22bis modem kan 'slechts' 2400 bit/s fullduplex halen. Bij de toegepaste techniek in dit V22bis modem wordt de beschikbare frequentieband in twee delen gesplitst. Over het ene deel wordt gezonden, over het andere deel ontvangen. Bij het V32 modem wordt de hele beschikbare frequentieband gebruikt om te zenden en te ontvangen. Aan zowel zenzijde als ontvangzijde wordt een frequentie van 1800 Hz als draaggolf gebruikt. Dit houdt in dat bij fullduplex-gebruik het uitgezonden en het ontvangen signaal door elkaar op de verbinding staan. Met toepassing van echocancellers kunnen deze beide signalen uit elkaar worden gehaald. Bij echocancelling onthoudt het modem welk signaal hij zelf zendt, dit signaal wordt 'afgetrokken' van het totale signaal dat op de transmissieweg staat. Na deze bewerking blijft het te ontvangen signaal over.

Vrouwetjes en mannetjes

De koppeling van het modem met de computer (DTE/DCE

interface) is uitgevoerd volgens de V24/V28 standaard (deze standaard wordt vaak aangeduid met RS 232 C). Bij de interface tussen de DTE en de DCE wordt uitgegaan van het koppelvlak op het modem, hier bevindt zich de koppeling (of interface) tussen DTE en DCE. De normen en aanbevelingen gaan alle uit van het koppelvlak op het modem. De normen van het International Standardisation Organisation (ISO) worden gehanteerd als het gaat om de fysieke vorm van de DTE/DCE koppeling. ISO gaat uit van een zogenaamd D-type connector. Een veel toegepast D-type connector is het ISO-nr. 2110. In afbeelding 4 ziet u hoe deze 25 pins connector eruit ziet.

► Afb. 4



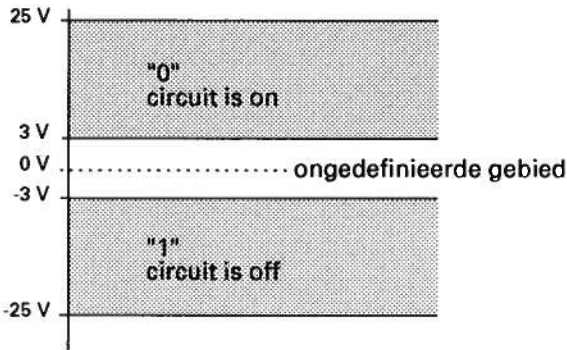
De tekening toont de stekker vanaf de voorkant gezien. Deze stekker wordt in de contrastekker van het modem geplugd. ISO spreekt echter niet van stekkers of contrastekkers maar van *male* (mannelijk) en *female* (vrouwelijk). De male uitvoering heeft pennen, de female uitvoering heeft bussen. Volgens de geldende afspraken heeft het modem een female uitvoering, de computer (DTE) heeft een male uitvoering.

1 en 0 herkennen

Als er gesproken wordt over bits met een logische waarde '1' of '0', dan is daarmee nog niet het erbij horende *spanningsniveau* vastgelegd. Met andere woorden, met welk spanningsniveau wordt een bit met de waarde 1 aangegeven en welk spanningsniveau hoort bij een bit met de waarde 0. Voor deze spanningsniveaus bestaan een aantal vaste afspraken.

De meest bekende is wel de V28 aanbeveling van CCITT voor modems die over het telefoonnet werken. De spanningsniveaus bij V28 liggen tussen +3 Volt en +25 Volt en tussen -3 Volt en -25 Volt. Een logische '0' ligt tussen de +3 Volt en +25 Volt. Een logische '1' tussen de -3 Volt en -25 Volt. Voor circuits die een besturingsfunctie hebben betekent een spanning tussen de +3 Volt en de +25 Volt dat het circuit aan (ON) is en derhalve geldig. Een spanning tussen de -3 Volt

en de -25 Volt betekent dat het circuit uit (OFF) is en dus niet geldig. Het gebied tussen +3 Volt en -3 Volt is het ongedefinieerde gebied. Deze ruimte is gelaten om enige onafhankelijkheid ten opzichte van verstoringen te krijgen.



◀ Afb. 5

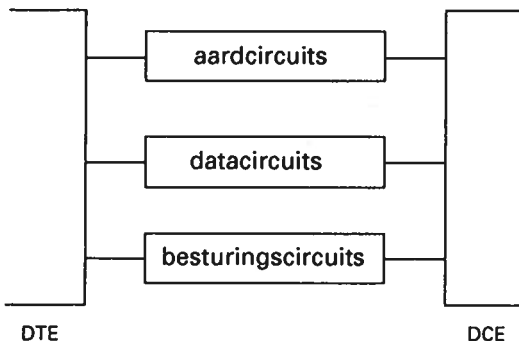
Circuits

De functionele eigenschappen of *specificaties* zijn beschreven in V24. V24 heeft betrekking op de functies van de circuits op het DTE/DCE koppelvlak. In afbeelding 6 wordt een globale indeling gegeven naar onderscheidbare functiegroepen.

De aardcircuits hebben daarbij twee functies:

- beschermaarde,
- gemeenschappelijke signaalaarde (common return).

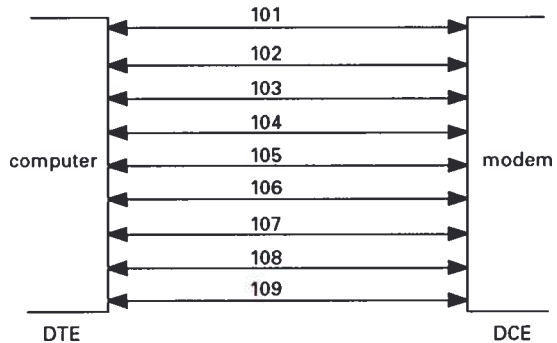
De datacircuits zijn het meest belangrijke element. Deze circuits dragen de informatie over van DTE naar DCE en van DCE naar DTE.



◀ Afb. 6

Met behulp van de besturingscircuits bestuurt de DTE (computer) de verbinding. De betekenis van de circuits is getekend in afbeelding 7.

► Afb. 7



Circuit	Betekenis
101	protective ground, schermaarde van de connectoren en de toegepaste kabel tussen DTE en DCE. Doorverbinding van het chassis van DTE en DCE.
102	Signal ground, de gemeenschappelijke signaal retourleiding. Dit circuit heeft een spanningsniveau van 0 Volt. Alle spanningen op het koppelvlak worden gerelateerd aan dit punt.
103	transmitdata, de data die door de DTE wordt verzonden.
104	receive data, de data die door de DTE wordt ontvangen.
105	request to send, besturingssignaal van de DTE, de aanvraag om te zenden.
106	ready for sending, de status van de DCE, het modem geeft aan gereed te zijn, de DTE kan gaan zenden (reactie op 105).
107	data set ready, bij een normale telefoonverbinding is dit circuit actief als de telefoonlijn aan het modem is geschakeld.
108	connect dataset to line, besturingssignaal van de DTE om de telefoonlijn aan het modem te schakelen. Het modem reageert hierna met circuit 107.
109	datacarrier detect, van het andere modem wordt een draaggolf ontvangen. Dit impliceert dat de verbinding met het andere modem is gemaakt.

Andere functies in het V32 modem

Modems bieden tegenwoordig een aantal extra mogelijkheden. Deze extra mogelijkheden ontstaan doordat het modem over een microprocessor beschikt waardoor gebruik kan worden gemaakt van interne geheugens.

Voorbeelden van extra functies in modems zijn:

- Multimode
- Autodial
- Autoanswer
- Autodial back
- Interspeeder/autobaud
- Hayes commandoset
- Microcom Networking Protocol (MNP)

Multimode. Doordat er verschillende soorten modems zijn (zie tabel 1) bestaat er de kans dat een gebruiker over een aantal modems moet beschikken. Voor een relatie met een V22 modem kan alleen met een V22 modem worden gewerkt. Weer een andere relatie heeft misschien een V23 modem, deze kan alleen worden bereikt met een V23 modem. Multimode houdt in, dat in één behuizing verschillende modems zijn ondergebracht. Als de verbinding met het andere modem tot stand is gekomen, stelt het multimode modem zich automatisch in op het type modem dat zich aan de andere zijde van de telefoonlijn bevindt.

Autodial. Als het modem een geheugen heeft voor een aantal telefoonnummers, dan kan vanuit de computer opdracht worden gegeven om een bepaald telefoonnummer te kiezen. De modems die deze functie ingebouwd hebben zijn autodial.

Autoanswer. Een telefoonoproep wordt in het modem kenbaar, doordat er een wisselspanning binnenkomt die de telefoonbel over laat gaan. Een modem met autoanswer reageert op de wisselspanning, beantwoordt de oproep, koppelt de telefoonlijn aan het modem en geeft aan de computer door dat er een oproep is.

Autodial back. Bescherming van computerbestanden heeft in veel bedrijven een hoge prioriteit. Een mogelijkheid om computerbestanden tegen ongewenste bezoekers af te schermen, is autodial back in het modem. Een oproeper krijgt eerst contact met het modem. Het modem vraagt om een identificatie (bijvoorbeeld: gebruikersnaam en password). Na identificatie

verbreekt het modem de verbinding. In het geheugen van het modem bestaat een verband tussen de gebruiker en een telefoonnummer. Het modem kiest daarna automatisch het betreffende telefoonnummer. Een oproeper die zich niet juist bekend maakt wordt niet teruggebeld.

Interspeeder/Autobaud. Bepaalde computerapparatuur werkt met van elkaar afwijkende zend- en ontvangselheden. Een interspeeder zorgt ervoor dat de snelheid waarmee een computerpoort werkt en de snelheid waarmee het modem ontvangt op elkaar worden afgestemd.

Een autobaud modem past verschillende snelheden automatisch aan. Autobaud wordt vooral gebruikt bij telefoonverbindingen waarvan de kwaliteit sterke verschillen vertoont. Is de kwaliteit laag, dan wordt de snelheid waarmee het modem werkt ook lager. Wordt de kwaliteit van de transmissieweg beter, dan wordt de transmissiesnelheid verhoogd.

Hayes commandoset. Soms kunnen modems met commando's vanaf de computer worden ingesteld. Zo kan met ATD 012.3456 opdracht worden gegeven om het genoemde telefoonnummer te kiezen. Een andere opdracht volgens Hayes is ATH; verbreek de verbinding.

MNP. Fouten tijdens het transport van data zijn erg hinderlijk en daarom ongewenst. Een methode om fouten in de data te herstellen is beschreven in MNP (Microcom Networking Protocol). Data worden door het zendende modem in blokken verdeeld en daarna verstuurd. Aan een blok wordt een aantal extra bits toegevoegd waardoor de ontvanger kan controleren of de data foutloos zijn. Bevat het blok een fout, dan vraagt het ontvangende modem om hertransmissie.

Het telefoonnet als digitaal netwerk

Momenteel wordt hard gewerkt aan de digitalisering van het openbare telefoonnet. Als er over een aantal jaren sprake is van het Integrated Services Digital Network (ISDN), dan zijn digitale signalen zoals computerdata direct te versturen. De snelheden waarmee data verstuurd zijn, is dan maximaal 64 kbit/sec. De interfaces tussen het ISDN netwerk en de gebruikersapparatuur zoals computers moeten dan voldoen aan de eisen die dit andere netwerk stelt. Voor ISDN zijn daarom nieuwe interfaces ontwikkeld.

HOEVEEL TELECOMMUNICATIE GAAT ER IN DE TOEKOMST?

Als je stilstaat bij de mogelijkheden op het gebied van telecommunicatie, word je duizelig. Toch begint Nederland er al een beetje aan te wennen.

Vrijwel gedachteloos bellen we naar Australië, verzenden we per fax of telex berichten over de hele wereld en kunnen onze kinderen nog het snelst overweg met de personal computer.

En de ontwikkelingen gaan door. Zo zullen teleshopping en telebanking binnenkort net zo gang-

baar zijn als het uitschrijven van een cheque.

PTT Telecom is in feite de architect en bouwmeester van deze ontwikkelingen. Door bijvoorbeeld satellieten boven de aarde te hangen en ultramoderne glasvezelnetten aan te leggen.

Veel jonge mensen werken daar graag aan mee. Vrouwen en mannen die soms even het gevoel krijgen de wereld in hun handen te hebben. Wie een tiktje van die overmoedigheid bezit belt voor meer informatie:

VOOR TELECOMMUNICATIE IS ER DE PTT. 06-0550.



ptt | telecom
■■■■

2tudiebut?
baldeibut?