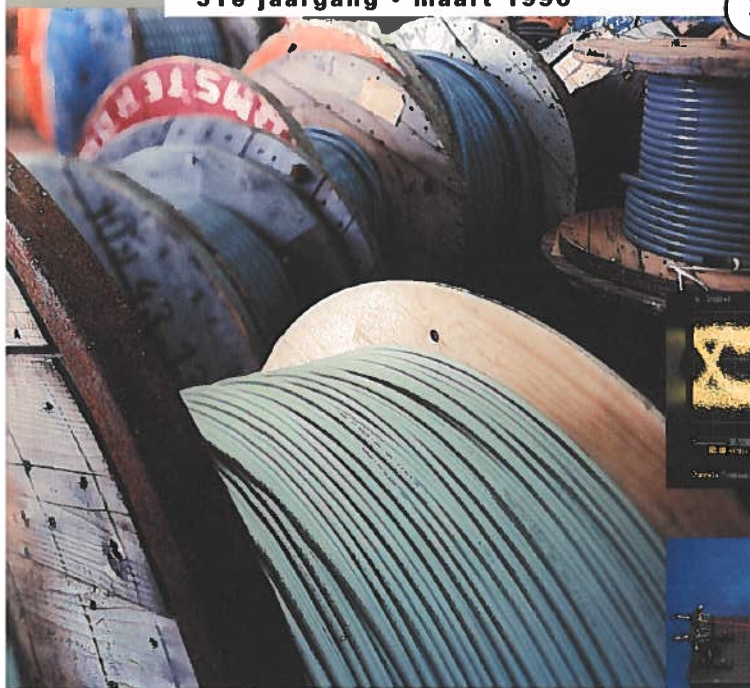


vijftig jaar Studieblad

51e jaargang • maart 1996

3



ptt telecom

PTT Telecom Studieblad is een uitgave van PTT Telecom Opleidingen (OT)

Hoofdredacteur

drs. Y.M. van der Veen

Eind- en tekstredactie

drs. A. Kok

ing. B.M. Franke

Redactieraad

Ing. B.W. Bos

Ing. C.P. Bosman

Prof. dr. J. Bruijning

Ir. L.H.M. Crousens

Dr. P. Licht

Secretariaat

mw. F. Stulp-Huttema

tel. 050-5853732

Correspondentie-adres

PTT Telecom Opleidingen

t.a.v. Studieblad MW 1526

Postbus 13000

9700 EA Groningen

Telefax 050-5853015

Abonnement

f 18,- per jaar. Voor niet-

PTT-ers f 90,- per jaar.

Verschijnt 11x per jaar (dubbelnummers voorbehouden)

Vormgeving

Studio Dorèl, Groningen

Tekeningen

Sieger Zuidersma

Fotografie

Het Nederlandse PTT Museum

te Den Haag

KPN Research

Omslagfoto's

KPN Research, Thom Segers en

Fred de Jager

© 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

Pagina 129 **Modulatie bij draaggolftelefonie en radiotelefonie**

Redactie

Pagina 143 **Het Service Creatie Lab: proeftuin voor nieuwe telecomdiensten**

Ir. L.M.P. Gorissen, Ir. A. Lensink

Pagina 170 **Optische multiplextechnieken: maximale capaciteit en flexibiliteit**

Dr. ir. P.J.M. Peters

Pagina 197 **Studieblad kort**



Basiskennis



Projecten



Onderzoek & Ontwikkeling



Achtergronden

In maart 1946 verscheen het allereerste nummer van het Studieblad. Officieel bestaat het blad nu dus vijftig jaar. In de afgelopen 50e jaargang hebben we aan de hand van een reeks historische artikelen uitgebreid aandacht besteed aan dit jubileum. We sluiten deze reeks in dit nummer af met een heruitgave van het eerste artikel dat ooit in het Studieblad verscheen.

Opmerkelijk is dat het onderwerp waarmee het Studieblad haar pagina's in 1946 opende nog altijd actueel is. De techniek voor draaggolftelefonie die het artikel beschrijft, wordt in het moderne Universeel Transport Net (UTN) van PTT Telecom nog altijd toegepast voor het tot stand brengen van analoge vaste verbindingen. Gezien de onstuitbare opmars van de digitalisering mag echter worden verwacht dat aan dit soort analoge verbindingen op afzienbare termijn een einde zal komen.

Overigens betekent dit niet dat het artikel daarmee elk actualiteitsgehalte verliest. Nog veel belangrijker dan de techniek die wordt beschreven is namelijk de reden waarom deze technologie in 1946 zo in de aandacht stond: de capaciteit van het netwerk vergroten zonder nieuwe kabels bij te hoeven leggen. Ook nu speelt deze kwestie weer, zij het dat in plaats van slimme, krachtiger oplossingen voor analoge transmissie over koper ditmaal wordt omgezien naar nieuwe, krachtiger technieken voor optisch informatietransport over glas. Draaggolven nemen hierbij opnieuw een belangrijke plaats in.

Dat de ontwikkelingen in de telecommunicatiewereld op het ogenblik heel snel gaan blijkt hier duidelijk uit. Amper tien jaar na de veel bejubelde introductie van glasvezelkabels in het Nederlandse telecommunicatienet moet al naar krachtiger technieken worden omgezien om de snel groeiende verkeersstroom op een economisch aantrekkelijke manier te kunnen blijven afwickelen. In dit nummer laten we u zien welke optische multiplextechnieken hiervoor beschikbaar zijn.

Maar niet alleen speelt de groei van het telecommunicatieverkeer een rol als het gaat om het moeten uitbreiden van de transmissiecapaciteit. Minstens zo belangrijk is dat klanten steeds hogere eisen stellen aan de beschikbaarheid van hun diensten. Om aan de huidige verlangens op dit gebied tegemoet te kunnen komen, is in het netwerk een

aanzienlijke overcapaciteit noodzakelijk om gestoorde verbindingen gemakkelijk te kunnen herrouteren. Rest nog een derde actueel thema dat momenteel in de infrastructuur speelt: het aanbieden van een steeds omvangrijker, gevarieerder en flexibeler dienstenpakket. In het Service Creatie Lab (SC-lab) van KPN Research wordt, in een omgeving waarin de infrastructuur van PTT Telecom realistisch is nagebootst, onderzoek gedaan naar deze nieuwe diensten. Zowel de vormgeving van een nieuwe dienst als de manier waarop klanten hier flexibel mee om kunnen gaan wordt in het SC-lab onderzocht. Ook wordt vooronderzoek gedaan naar de obstakels die PTT Telecom bij de daadwerkelijke implementatie van zo'n nieuwe dienst in haar netwerk kan tegenkomen.

Al met al denken we als redactie dat dit jubileumnummer van het Studieblad een waardige vertegenwoordiger is van de reputatie die het blad in haar vijftigjarig bestaan heeft opgebouwd. Mocht u daar als lezer anders over denken en behoort u tot de groep die deze maand een lezersonderzoekformulier heeft toegezonden gekregen, laat dan de kans niet voorbij gaan om ons uw mening kenbaar te maken. Uiteraard komen we in een volgend nummer van het Studieblad uitgebreid op de uitkomsten van dit lezersonderzoek terug.

Redactie*

* Overgenomen uit:
1e Jaargang No. 1 en 2,
*Studieblad PTT – door en voor
technisch personeel*, pp. 3-6;
20-22.

Het eerste nummer van het Studieblad verscheen een halve eeuw geleden, om precies te zijn op 15 maart 1946. Als slot van de serie 'Vijftig jaar' drukken we hieronder het openingsartikel uit dit nummer af. De in het artikel beschreven techniek voor draaggolftelefonie, de zogenaamde ringmodulator, wordt in het Universeel Transport Net (UTN) van PTT Telecom nog steeds gebruikt voor het realiseren van analoge vaste verbindingen. Een actuele techniek dus, wat ook geldt voor het centrale thema van het artikel: 'Hoe vergroten we de capaciteit van het telecommunicatienet zonder een spa in de grond te hoeven steken'. Een kwestie die vijftig jaar geleden speelde en zich ook nu weer voordoet, zoals u elders in deze editie van het Studieblad kunt lezen in het artikel 'Optische multiplextechnieken: maximale capaciteit en flexibiliteit'.

Verantwoording. Om het leesgemak te vergroten is de interpunctie van het oorspronkelijke artikel aangepast aan moderne normen voor het leestekengebruik. Tevens zijn (vette) tussenkopjes aangebracht om het leesgemak te bevorderen. Om dezelfde reden zijn ook enkele afkortingen voluit geschreven. Foto's werden in de beginperiode van het Studieblad nauwelijks toegepast. De foto's bij het artikel zijn door de huidige redactie toegevoegd om het tijdsbeeld van de eerste na-oorlogse jaren voor u op te roepen. De oude spelling hebben we bewust in tact gelaten om de authenticiteit van het verhaal niet al te zeer aan te tasten.

Een interessant onderwerp uit de radiotechniek is zeker wel modulatie. We zullen hier echter niet zozeer modulatie zoals deze plaatsvindt bij een radiotelefoniezender aan een beschouwing onderwerpen, doch ons meer verdiepen in de vraag: 'Wat is het verschil en de overeenkomst tusschen modulatie zoals bij onzen Dienst [PTT Telecom, red.] gebruikelijk en modulatie toegepast bij radiotelefonie¹⁾'

Besparing van kabels

Allereerst zullen we eens nagaan wat het doel is van modulatie. Willen we hiervan een verklaring geven, dan zou deze ongeveer aldus luiden: het doel van modulatie is in het algemeen dat twee trillingen, waarvan de eene van lage frequentie en de andere van een veel hogere frequentie is,

¹ Radiotelefonie is aan de orde gesteld in: P.M. Denters, *Radiocommunicatie in de koloniale tijd: een nieuwe weg naar Indië*, PTT Telecom Studieblad, september 1995, pp. 578-590.

Draaggolftelefonie of Frequency Division Multiplexing (FDM) is het Studieblad behandeld in: J. Seesink, *Elementaire kennis – Telecommunicatie, techniek en toepassingen*, Deel 7: Overbrengen van het signaal, (1991) pp. 288-308.

zoodanig worden samengevoegd dat zij a.h.w. samensmelten. Om de twee trillingen weer te scheiden is een speciale schakeling nodig. Dit kan niet eenvoudig geschieden door de frequenties door middel van filters weer te scheiden.

Hoewel het strikt genomen niet noodzakelijk is dat de trillingen veel in frequentie verschillen, zullen we, om tot een goed begrip te kunnen komen, aannemen dat het verschil wél groot is. In de praktijk immers is het steeds de bedoeling dat de trilling met lage frequentie wordt overgedragen door de trilling met hoge frequentie. Bij draaggolftelefonie varieert de lage frequentie van 300-3400 Hz, de hoge frequentie van 60 kHz-116 kHz. Bij radiotelefonie resp. van 20-4500 Hz en van 150 kHz-300 MHz. Verder bestaat nog het verschil dat bij draaggolftelefonie gebruik gemaakt wordt van kabels, terwijl bij een radiotelefoniezender de overdracht 'draadloos' plaats vindt. Omdat dit echter met de modulatie zelf geen verband houdt, laten we het verder buiten beschouwing.

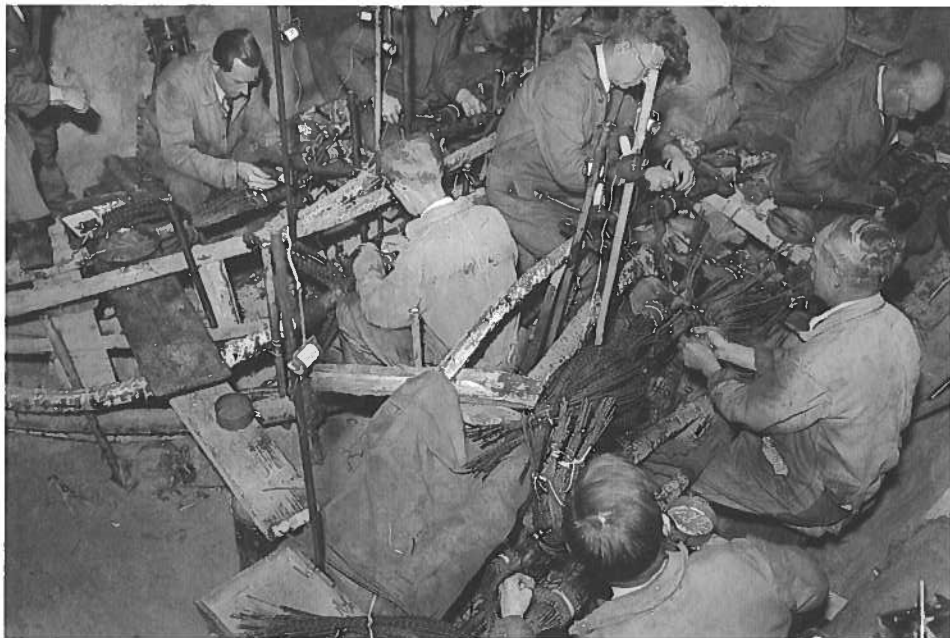
We moeten goed in het oog houden dat het doel in beide gevallen hetzelfde is, nl. het overbrengen van hoorbare trillingen door middel van een trilling die ver buiten het hoorbare gebied valt. Bij radiotelefonie is dit gewenscht om de eenvoudige reden dat een hoorbare frequentie zich niet in den aether kan voortplanten. Bij draaggolftelefonie is de reden van economischen aard, nl. besparing van kabels.

Verschillende gesprekken over één aderpaar

Met het draaggolfsysteem is het mogelijk over één aderpaar verschillende gesprekken te voeren. Wanneer we twee gesprekken, waarvan bij elk de frequentie varieert van 300-3400 Hz, over een kabelader zouden voeren, is het duidelijk dat deze gesprekken aan de ontvangzijde niet te scheiden zijn. Dit komt omdat de frequenties der gesprekken niet verschillen. Bij draaggolftelefonie wordt elk gesprek dat we willen overbrengen, eerst door modulatie omgezet in een veel hogere frequentie. Door b.v. tien gesprekken te moduleren met tien verschillende hogere frequenties (draaggolven genaamd), kunnen we alle gesprekken over één aderstel

WIE GEEN TIJD HEEFT OM TE LEEREN,
HEEFT OOK GEEN TIJD OM TE SLAGEN.

overbrengen. Aan de ontvangzijde wordt dan, door elke draaggolf opnieuw te moduleeren met een hoge frequentie gelijk aan die bij de zenzijde, het gesprek weer in hoorbare trillingen omgezet.



Dit is een korte beschrijving van het doel van draaggolftelefonie. Hoe een en ander precies geschiedt, zal nu worden uiteengezet.

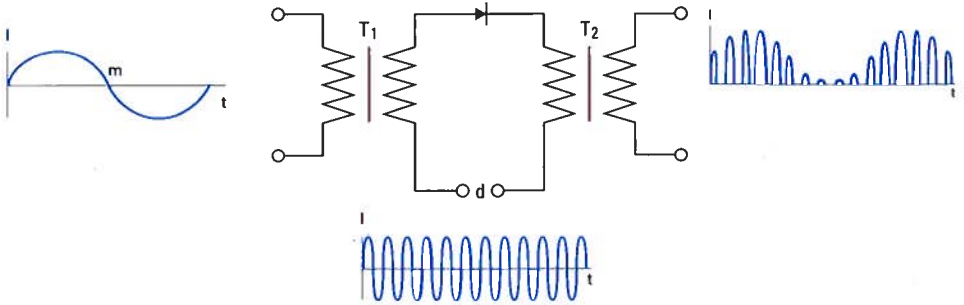
Techniek van de draaggolftelefonie: sperlaagcellen

Bij draaggolftelefonie wordt modulatie verkregen met behulp van sperlaagcellen. Dit zijn koperen plaatjes waarop een laagje koperoxyde is aangebracht. Hierdoor verkrijgt het plaatje de eigenschap aan een elektrischen stroom in de eene richting meer weerstand te bieden dan in de andere richting. De stroom wordt in één richting 'geblokkeerd', in de andere doorgelaten. Leggen we een positieve spanning aan de cel dan komen we in het gebied van den lagen weerstand; bij een negatieve spanning daarentegen is de weerstand groot. Bij de sperlaagcel is het verband tusschen de

▲ Foto 1

Kabelput aan de Delftselaan te Den Haag. Het lassen van een 112 dubbeldraadstelefoonkabel.

spanning en stroom dus niet lineair (rechtlijnig), dat wil zeggen een b.v. tweemaal zoo groote spanning heeft niet altijd een tweemaal zoo grooten stroom tengevolge. We spreken in dit verband van niet-lineaire vervorming



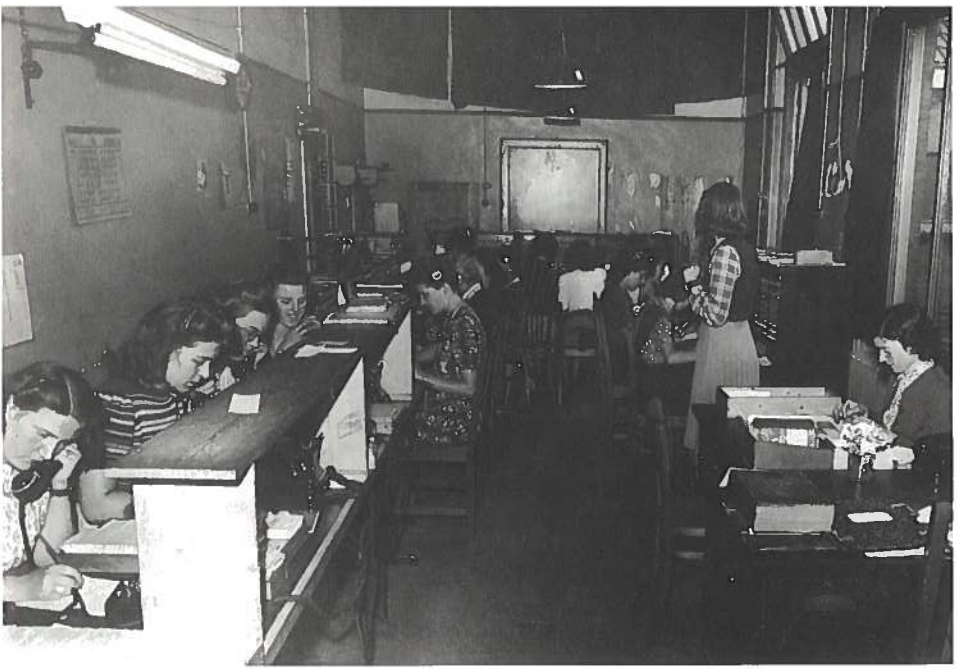
▲ Afb. 1

De eenvoudigste manier waarop met een sperlaagcel modulatie verkregen wordt, is aldus (afb. 1). Van de hooge frequentie d worden door de cel de positieve toppen doorgelaten en de negatieve gesperd. De lage frequentie m , welke het gesprek voorstelt dat overgebracht moet worden, zal in de secundaire ontwikkeling van T_1 een stroom induceren, die in zijn positieve toppen de draaggolf d versterkt en in de negatieve verzwakt. De gemoduleerde draaggolf heeft dan een vorm zooals rechts in afbeelding 1 aangegeven. De laag frequente trilling (het gesprek) is nu omgezet in een trilling van veel hogere frequentie, n.l. $d + m$.

Zooals reeds eerder opgemerkt wordt deze frequentie de lijn opgezonden en aan de ontvangzijde weer gemoduleerd met een frequentie gelijk aan d . Hierdoor komt de hoorbare trilling m weer vrij.

Nu heeft deze modulatieschakeling het nadeel dat er ook veel ongewenschte frequenties ontstaan, de z.g. harmonischen van de draag- en moduleerende trilling. Dit zijn b.v. de frequenties $d - 2m$, $d - 3m$, $d + 2m$, $d + 3m$, $2d - m$, $2d + m$ enz. Het is duidelijk dat al deze storende frequenties door een filter moeten worden onderdrukt, wil het gesprek goed overgebracht kunnen worden.

Nu zal het filter eenvoudiger kunnen zijn, naarmate minder harmonischen optreden. Een zeefketen zal altijd noodzakelijk zijn, want behalve de frequentie $d + m$ die we willen



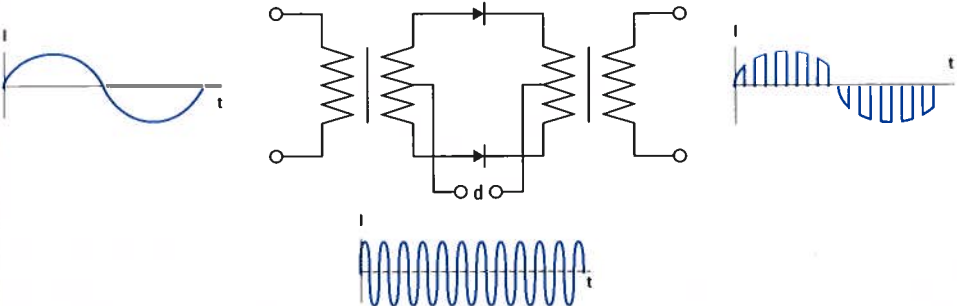
overbrengen, zal ook steeds de frequentie $d - m$ optreden. Ook deze frequentie is ongewenscht.

▲ Foto 2
De oude interlokale
noodcentrale te Nijmegen
(1946)

Techniek van de draaggolftelefonie: balansmodulatie

Een schakeling waarbij aanmerkelijk minder ongewenste frequenties optreden, is de balansmodulatie. De draaggolf doorloopt de wikkelingen der beide transformatoren differentiaal, d.w.z. de stroom in beide richtingen is even groot zoodat in de secundaire wikkeling van T_2 geen stroom geïnduceerd wordt. Alleen een stroom geleverd door de stroombron van m , zal de kern van T kunnen bekrachtigen en daardoor ook in T_2 een stroom kunnen veroorzaken. Deze stroom heeft dan een vorm als in afbeelding 2 is aangegeven.

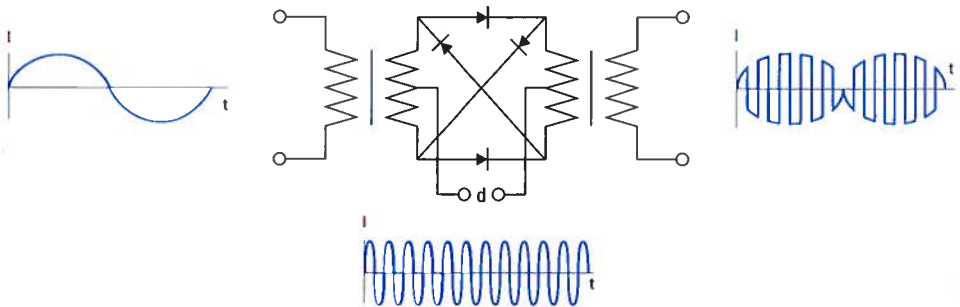
▼ Afb. 2



Het groote verschil van deze schakeling met de vorige is dat het een modulatie-systeem is met 'onderdrukte draaggolf', d.w.z. in het frequentiespectrum komt de frequentie d niet meer voor en er treedt slechts een gemoduleerde draaggolf op wanneer een lage frequentie m aanwezig is.

Techniek van de draaggolftelefonie: ringmodulator

Het aantal ongewenschte frequenties is nog vrij groot, reden waarom in de praktijk niet de schakeling uit afb. 2 doch die van de z.g. ringmodulator wordt toegepast. Hierbij zijn 4 cellen in den vorm van een ring in dezelfde richting verbonden. We kunnen deze ringmodulator denken te zijn ontstaan door het kruiselings samenvoegen van twee balansmodulatoren, waarvan de cellen verschillend gericht zijn (afb. 3).



▲ Afb. 3

De gemoduleerde draaggolf is weer rechts in de afbeelding geteekend. Omdat de ringmodulator is samengesteld uit 2 balansmodulatoren, is ook het beeld van de gemoduleerde draaggolf het dubbele van dat bij deze schakeling. Het aantal harmonischen is gering: behalve $d + m$ en $d - m$ ontstaan er nog 6 frequenties, waarvan de meesten echter ver verwijderd liggen van de gewenschte frequentie $d + m$.

ER ZOU HEEL WAT MINDER DRUKTE ZIJN,
ALS ER MEER ACTIVITEIT WAS (Chesterton).

Wat verder nog bij draaggolftelefonie te pas komt, zullen we onbesproken laten. Geïnteresseerden mogen verwezen worden naar het *Handboek voor monteurs en instrumentmakers* waar op blz. 500 t/m 515 uitvoerig op een en ander wordt ingegaan.

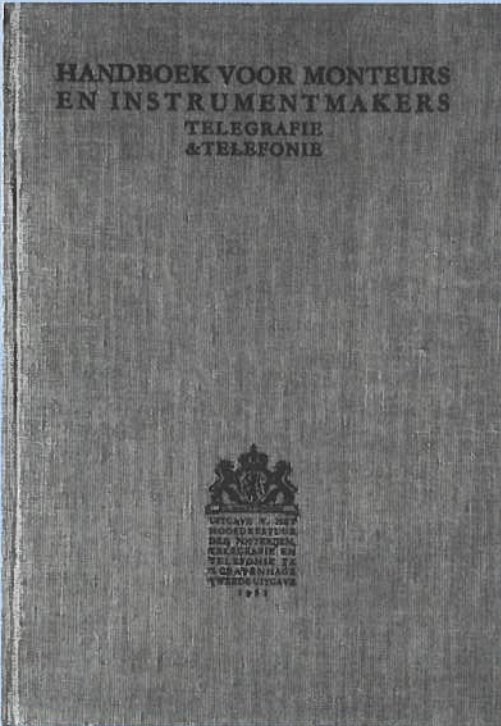


Foto 3 *Handboek voor monteurs* (2e druk, 1952)

Eigenschappen ringmodulator

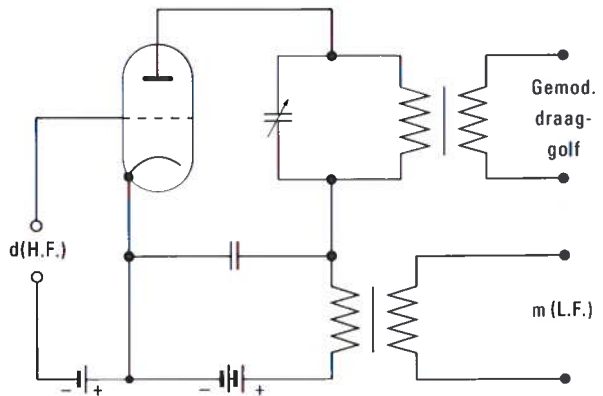
Om straks het verschil tusschen beide modulatiesystemen [voor draaggolftelefonie en radiotelefonie, red] goed te begrijpen zullen we nu de eigenschappen van het modulatiesysteem met sperlaagcellen (ringmodulator) in volgorde opsommen, om straks deze eigenschappen te vergelijken met het modulatiesysteem dat bij de radiotelefonie wordt toegepast.

1. Modulatie ontstaat door gebruikmaking van de niet-lineaire vervorming in de sperlaagcellen.
2. Er ontstaat alleen een gemoduleerde draaggolftrilling I^s , wanneer er een modulatiefrequentie m is (z.g. onderdrukte draaggolf).
3. Behalve de frequenties $d - m$ en $d + m$ ontstaan er nog 6 frequenties, welke niet gewenst worden.
4. Aan de ontvangzijde kan de modulatiefrequentie (de spraakband) teruggekregen worden door de gemoduleerde draaggolf weer te mengen met een trilling, welke een frequentie heeft gelijk aan de draaggolf aan de zenzijde. Hierdoor ontstaan weer eenige ongewenste frequenties. Deze worden echter door een filter dat alleen de spraakband doorlaat onderdrukt.
5. Een andere manier om de lage frequenties hoorbaar te maken, is niet bekend.

Modulatie bij een radiotelefoniezender

Gaan we nu eens na hoe bij een radiotelefoniezender de h.f. trilling, afkomstig van een oscillerende buis, wordt toegevoegd aan een tweede buis welke geschakeld is als h.f. versterker. In de anodeketen is een afgestemde kring opgenomen, welke een resonantiekring vormt voor de toegevoerde frequentie aan het rooster.

► Afb. 4

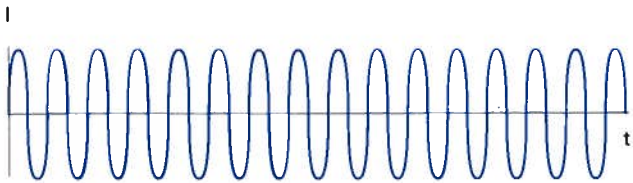


Met de zelfinductie van de afgestemden kring is een andere spoel gekoppeld waarin de h.f. energie, welke in den afgestemden kring wordt opgewekt, gedeeltelijk wordt overge-

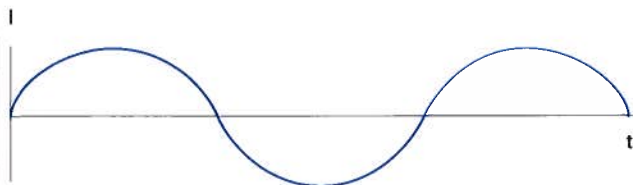
dragen. Nu is de kenmerkende eigenschap van een dergelijke schakeling dat de stroom in den parallelkring binnen wijde grenzen recht evenredig is met de anode gelijkspanning. Immers, de energie wordt beurtelings in de zelfinductie en in den condensator opgehoopt. Wanneer nu de gelijkstroom die door de zelfinductie vloeit klein is, kan er natuurlijk niet veel energie in den kring worden opgewekt. Is daarentegen de stroom b.v. 5 x zoo groot dan kan ook de h.f. stroom, die in den parallelkring rondgaat, 5 x zoo groot worden.

Een bekende eigenschap van een triodebuis is dat de anodestroom recht evenredig toeneemt met de anodespanning. Wanneer dus in de geteekende schakeling de anodespanning varieert zal ook de h.f. stroom in de trillingsketen veranderen en dus ook in de daarmee gekoppelde spoel. Het veranderen van de anodespanning geschiedt door aan den transformator in de anodeleiding een wisselspanning aan te leggen, en wel in het rythme van de l.f. trillingen welke we wenschen uit te zenden. Deze l.f. wisselspanning zal in zijn positieve toppen de anodespanning versterken en in zijn negatieve verzwakken. De stroom in de koppelspoel zal dus beurtelings groter en kleiner worden.

Wanneer we de l.f. trilling voorstellen als een sinusvormig veranderlijken stroom (afb. 5) en de h.f. draaggolf eveneens (afb. 6), dan ziet de gemoduleerde draaggolf eruit als in afbeelding 7.

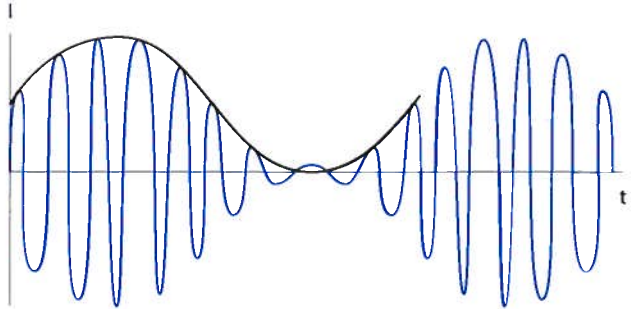


◀ Afb. 5



◀ Afb. 6

► Afb. 7



Overeenkomst en verschil

Nu gaan we vaststellen, wat er voor overeenkomst en verschil is tusschen de eigenschappen van modulatie bij draaggolftelefonie en de modulatie bij radiotelefonie.

1. Er ontstaat modulatie door de instelling van de buis te wijzigen door de anodespanning te laten variëren; we kunnen hier dus niet spreken van een lineaire vervorming, zooals bij draaggolftelefonie. Het is zelfs noodzakelijk dat geen vervorming optreedt indien we de draaggolf 100% willen moduleeren, d.w.z. om de sterkte van de draaggolf te laten variëren van nul tot 2 x de sterkte in ruststelling.

2. Bij radiotelefonie wordt blijvend een draaggolf uitgezonden, ook wanneer geen modulatiefrequentie aanwezig is. Dit is geheel anders dan bij draaggolftelefonie; daar wordt juist in rust geen draaggolf uitgezonden.

3. De gemoduleerde draaggolf kan worden ontbonden in 3 componenten: a). de oorspronkelijke draaggolf; b). de som van de frequenties van draag- en moduleerende trilling; c). het verschil van dezen (de goniometrische afleiding hiervan kan in het bestek van dit artikel achterwege blijven).

Ook op dit punt is er enig verschil te constateeren: bij draaggolftelefonie komt in het frequentiespectrum de draaggolftrilling niet voor, wel de som- en verschilfrequenties. Ook zijn er nog eenige andere frequenties, onder andere $d - 3m$ en $d + 3m$, welke bij draaggolftelefonie wel optreden, bij het andere systeem niet.

4. Theoretisch is het mogelijk om op dezelfde wijze als bij draaggolftelefonie de l.f. trilling weer hoorbaar te maken, n.l. door bijmenging van de oorspronkelijke h.f. draaggolf. Practisch is deze methode niet te verwezenlijken, immers elk station zendt op een andere frequentie uit. Om dus ont-

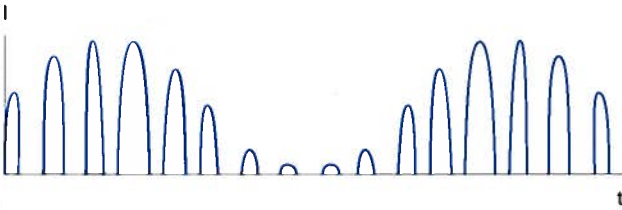


▲ Foto 4
Wandtoestel (1947)

vangst te verkrijgen, zou aan den demodulator steeds een frequentie moeten worden toegevoegd gelijk aan die waarop het te ontvangen station uitzendt.

De demodulator, in de radiotechniek detector genaamd, doet in werkelijkheid niets anders dan de gemoduleerde draaggolf gelijkrichten, m.a.w. de eene helft, hetzij boven hetzij onder de nullijn, geheel laten verdwijnen.

We krijgen dan (bij een modulatie diepte van 100%) het beeld zooals weergegeven in afbeelding 8. De gemoduleerde draaggolf is nu een pulseerenden gelijkstroom geworden en pulseerend in het rythme van de l.f. trilling. Na uitfiltering van de resterende hoge frequenties houden we weer de lage frequentie over (afb. 9).



◀ Afb. 8

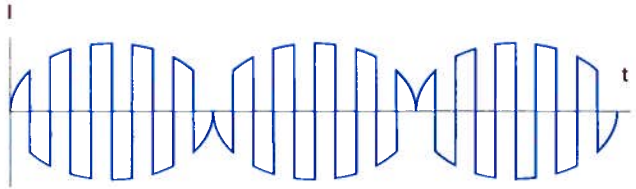


◀ Afb. 9

Bij draaggolftelefonie hebben we opgemerkt, onder punt 5, dat we geen andere manier kennen om de lage frequentie weer terug te krijgen dan door bijmenging van een trilling gelijk aan de oorspronkelijke draaggolf. Wat zou er gebeuren wanneer we deze gemoduleerde draaggolf eens gingen detecteren, zooals in een radio-ontvanger geschiedt? Er zou dan een soort frequentieverdubbeling optreden, zooals uit afbeelding 10 blijkt.

VECHT VOOR IETS,
IN PLAATS VAN TEGEN IETS!

▶ Afb. 10

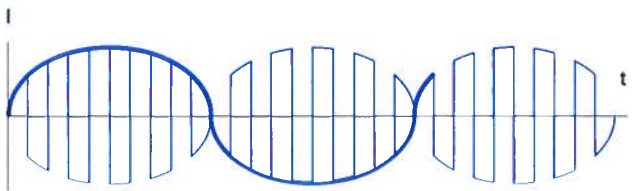


Hier treedt het groote verschil tusschen beide modulatiesystemen naar voren: bij modulatie zooals toegepast bij draaggolftelefoonie is de l.f. trilling nl. als in afbeelding 11 met de draaggolf samengevlochten en bij modulatie zooals toegepast bij radiotelefoonie als in afbeelding 12.

▶ Afb. 11

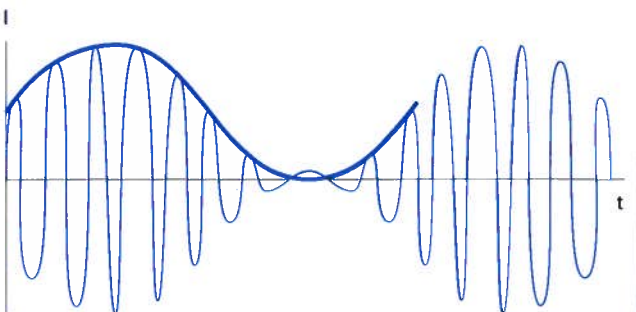


▶ Afb. 12



Met de dikke lijn is ter verduidelijking de lage frequentie voorgesteld. Duidelijk is te zien, dat we in afbeelding 11 de gemoduleerde draaggolf niet mogen detecteeren, bij radiotelefoonie wel (afb. 12).

▶ Afb. 13



Kleine en grote energie

Men zal nu vragen: waarom wordt bij draaggolftelefonie uitsluitend het modulatie-systeem met sperlaagcellen en bij radiotelefonie het systeem met versterkerbuizen toegepast? Hiervoor zijn verschillende redenen. Bij draaggolftelefonie worden steeds geringe energieën overgedragen; bij een radiozender zijn dit bijna steeds kilowatts. Voor het ontwikkelen van een geringe energie zijn sperlaagcellen uitstekend geschikt. Hiervoor buizen te gebruiken zou zeer oneconomisch zijn; de gloeistroomenergie alleen zou al groter zijn dan het vermogen dat ontwikkeld moet worden. De voedingsapparatuur voor de anodespanning zou vrij kostbaar zijn. Ook hebben sperlaagcellen een vrijwel onbeperkten levensduur, hetgeen van buizen niet gezegd kan worden.

Bij een radiotelefoniezender gelden geheel andere overwegingen. Het gewenschte vermogen bedraagt bij een normalen omroepzender minstens 25 kilowatt; een dergelijk vermogen kan alleen met buizen ontwikkeld worden. Wel zou het mogelijk zijn het schema van den ringmodulator toe te passen, waarbij dan in plaats van 4 cellen, 4 buizen gebruikt

▼ Foto 5
Internationale telefoniezaal te
Rotterdam (1953).



moeten worden. Dit systeem zou een groote energiebesparing beteekenen. Er wordt dan immers slechts een draaggolf uitgezonden wanneer er een l.f.-modulatiespanning optreedt. Met een dergelijk systeem zijn inderdaad proeven genomen; het is echter niet geschikt om voor normale omroepzenders gebruikt te worden.

Zooals reeds is opgemerkt bestaat het groote bezwaar dat bij ontvangst van een dergelijk gemoduleerde draaggolf deze niet normaal gedetecteerd kan worden, maar gemengd moet worden met een frequentie gelijk aan die van de gemoduleerde draaggolf.

Wanneer het dus gaat om een kleine energie, dan is de methode met de sperlaagcellen te prefereeren. Bij groote energie kan alleen de methode met versterkerbuizen worden toegepast.



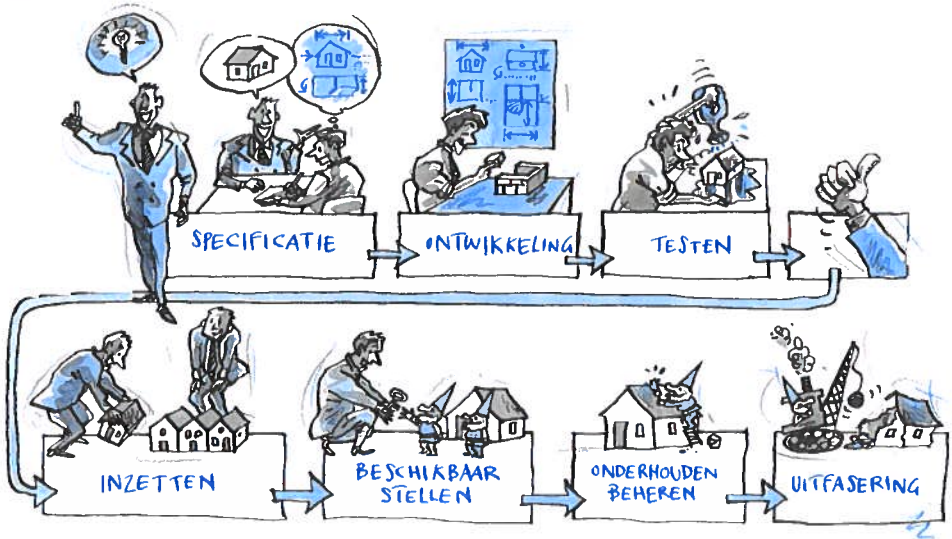
Luc Gorissen
André Lensink

KPN Research beschikt sinds een kleine twee jaar over een technologisch geavanceerd praktijklaboratorium voor nieuw in te voeren telecomdiensten. In dit Service Creatie Lab kunnen prototypes van nieuwe diensten in een zo realistisch mogelijke omgeving worden gebouwd en getest. De aanwezigheid van op kleine schaal nagebouwde telecomnetwerken en -platforms maakt dat mogelijk. De werkzaamheden in het praktijklaboratorium richten zich vooral op de beginfase van de dienstontwikkeling. Projecten binnen KPN Research kunnen van de faciliteiten van het SC-lab gebruik maken om nieuwe diensten te demonstreren en nieuwe architecturen voor dienstbesturing te onderzoeken. Een belangrijke plek dus in deze tijd van toenemende concurrentie.

Door de toenemende concurrentie in de telecommunicatiemarkt neemt het belang van aanvullende telecomdiensten toe. Deze diensten vergroten de gebruiksmogelijkheden van bekende basisdiensten zoals (mobiele) telefonie, semafonie en datacommunicatie. Bekende voorbeelden zijn *21, 06-diensten, Semavoice en EasyConnect. Het aanbieden van nieuwe geavanceerde diensten stelt KPN in staat zich van haar concurrenten te onderscheiden en de markt op een doelgroepgerichte manier te benaderen.

De nieuwe diensten moeten voor een individuele klant belangrijke toegevoegde waarde hebben, waarbij het prijskaartje van de dienst en de praktische gebruikswaarde met elkaar in evenwicht dienen te zijn. Een vergroting van het dienstenaanbod alleen is dan ook niet genoeg. Het gaat erom diensten-op-maat te leveren aan klanten met eigen wensen. Wensen die bovendien niet statisch zijn, maar die voortdurend veranderen. Zeker voor zakelijke klanten is het belangrijk dat diensten over een grote mate van flexibiliteit beschikken. Ook onder consumenten groeit echter de vraag naar diensten die eenvoudig geconfigureerd kunnen worden. Met dergelijke diensten kan een gebruiker zelf bepalen waar, wanneer en hoe hij bereikbaar is en hoe hij anderen kan bereiken.

Op dit moment werken de meeste aanvullende diensten slechts op één netwerk. Interessante nieuwe mogelijkheden ontstaan wanneer de diensten meerdere netwerken bestrijken. KPN kan haar klanten bijvoorbeeld optimale bereik-



▲ Afb. 1

De service life cycle

baarheid bieden door diensten voor mobiele en vaste netwerken te integreren. Ook de integratie van diensten via privé-netwerken en openbare netwerken is interessant. Een dergelijke integratie zorgt ervoor dat klanten zowel thuis, onderweg als op kantoor een dienst op dezelfde manier kunnen gebruiken. Van technische verschillen tussen de achterliggende netwerken hoeven zij geen weet te hebben.

Ook concurrenten van KPN zullen natuurlijk hun best doen allerlei op-maat-gesneden diensten op de markt te brengen. Snelheid wordt van doorslaggevend belang. Er is marktvoordeel te behalen door het bedrijf dat een belangrijke nieuwe dienst eerder dan zijn concurrenten weet te introduceren. Ofwel, een korte time-to-market is van doorslaggevend belang. Dit kan alleen als de diensten op een efficiënte manier worden ontworpen en geïmplementeerd.

Het Service Creatie Lab is opgericht om KPN Research in staat te stellen andere KPN-onderdelen efficiënt te ondersteunen bij de ontwikkeling van nieuwe dienstconcepten. Het SC-lab bevat een kleine maar, op bestuursniveau, realistische afspiegeling van diverse communicatienetwerken van KPN. Het gaat hierbij om vaste en mobiele netten, om privé en openbare netten. De systemen in het SC-lab bieden zelfs meer flexibiliteit dan de 'echte' telecommunicatienetwerken die ze simuleren. In het SC-lab zijn ontwikkelingen en experimenten mogelijk die in de huidige praktijk vaak nog niet uitgevoerd kunnen worden. Hierdoor zullen problemen aan het licht komen die anders waarschijnlijk pas in een veel later stadium zouden worden ontdekt.

Levenscyclus van diensten

Een dienst doorloopt een aantal fasen. Deze fasen vormen samen de zogenaamde dienst-levenscyclus (ofwel service life cycle). Na identificatie van de behoefte aan een dienst volgen de service-creatie (ontwikkeling), invoering, operationele fase en ten slotte de uitfasering. Bij elke fase zijn weer andere aspecten van belang, zijn andere organisatieonderdelen betrokken en spelen andere vragen en problemen een rol. KPN Research ondersteunt de verschillende onderdelen van KPN bij het vinden van antwoorden op de vragen die opkomen tijdens de complete levenscyclus van een dienst. Dit artikel richt zich vooral op dat deel van de service creatie fase waarin de concepten van een nieuwe dienst worden ontwikkeld.

Levenscyclus van een dienst

- *Identificatie van een nieuwe dienst.* Tijdens de identificatie-fase ontstaat het idee voor een nieuwe dienst. Zo'n idee kan op allerlei manieren ontstaan; als reactie op een vraag van een klant, door een combinatie van bestaande diensten, of als resultaat van een brainstorm. Niet elk idee resulteert natuurlijk in een nieuwe dienst. Voordat besloten wordt om te starten met de service-creatie worden allerlei vragen gesteld. Zijn er klanten die behoefte hebben aan deze dienst? Lijkt het mogelijk om deze dienst te realiseren? Is het commercieel aantrekkelijk om deze dienst op de markt te brengen? Wat zullen de kosten zijn? Wanneer deze en/of andere vragen positief beantwoord kunnen worden volgt de volgende fase in de levenscyclus: de service creatie fase, ook wel de ontwikkelingsfase genoemd.

- *Service creatie/service concepten.* Ideeën voor nieuwe diensten worden in de service creatie fase verder uitgewerkt in service concepten. In deze fase komen allerlei vragen over de realisatie van de dienst aan de orde. Hoe moet de dienst er precies uitzien? Wat kan er wel en wat kan er niet? Werkt de dienst goed samen met andere diensten? Kunnen potentiële klanten goed omgaan met de nieuwe dienst en zijn ze tevreden over de gebruikersvriendelijkheid? Aan welke eisen moet de imple-

mentatie van de nieuwe dienst voldoen? Op welke manier is de dienst het best te realiseren?

Om antwoord te krijgen op veel van de bovenstaande vragen wordt in deze fase vaak een prototype van een dienst gerealiseerd of wordt er een pilot gehouden. Aan het eind van de service creatie fase is duidelijk hoe de nieuwe dienst er uit gaat zien.

- *Service creatie/operationele ontwikkeling.* In deze fase worden verschillende aspecten van de dienst verder ontwikkeld. Het gaat hierbij om diverse technische aspecten zoals de wijze van implementeren in het operationele netwerk en het beheer van de dienst. Naast deze technische aspecten spelen ook de operationele en commerciële aspecten een belangrijke rol. Zo moeten de processen voor onderhoud, voorraadvorming en charging/billing worden ingevuld en moeten de verantwoordelijkheden hiervoor in de organisatie worden vastgelegd. Verder moeten de tariefstructuren, de prijzen en de hele verdere marketing voor de dienst worden ingevuld.
- *Invoering.* Na de ontwikkeling van een dienst moet deze ook daadwerkelijk worden ingevoerd en beschikbaar worden gesteld aan de klanten. De invoering van een dienst vergt vaak allerlei netwerkaanpassingen, maar ook veranderingen op commercieel en operationeel gebied.
- *Operationeel gebruik.* De operationele fase is de fase waarin klanten de dienst daadwerkelijk kunnen gebruiken. Ook in deze fase kunnen er nog allerlei vragen opdoemen. Kan de dienst nog efficiënter gerealiseerd worden? Op welke manier is een uitbreiding van functionaliteit mogelijk? Hoe is het systeem aan te passen zodat het maximale aantal gebruikers groter wordt? Leveren we de verwachte kwaliteit en performance?
- *Uitfasering.* Uiteindelijk kan een dienst in de fase van de uitfasering terechtkomen. In deze fase wordt de dienst verwijderd uit het netwerk en worden de gebruikers van de dienst daarvan op de hoogte gesteld. Na afronding van deze fase is een dienst niet meer beschik-

baar. Ook de uitfasering heeft zijn eigen specifieke problemen. Welk alternatief is er te bieden aan gebruikers van de uit te faseren dienst? Heeft de uitfasering consequenties voor andere diensten?

Service creatie fase

Omdat het steeds belangrijker wordt nieuwe diensten snel en efficiënt te kunnen leveren wordt er binnen PTT Telecom en dus ook binnen KPN Research veel aandacht besteed aan de beginfasen van de service life cycle. We hebben het dan over de identificatie, service creatie en de invoering van nieuwe diensten.

Het ontwikkelen van nieuwe serviceconcepten is, net als de levenscyclus van diensten, weer onder te verdelen in een aantal deelfasen: startend bij een idee, via de analyse van eisen, het opstellen van de specificatie, de implementatie van een prototype tot en met het testen van het prototype. Tijdens deze verschillende deelfasen is het belangrijk om niet alléén aandacht te besteden aan de nieuwe dienst op zich. Het is ook van belang om een concrete en praktische vertaling te kunnen maken naar de platforms, technieken en architecturen die nodig zijn voor realisatie van een nieuwe dienst.

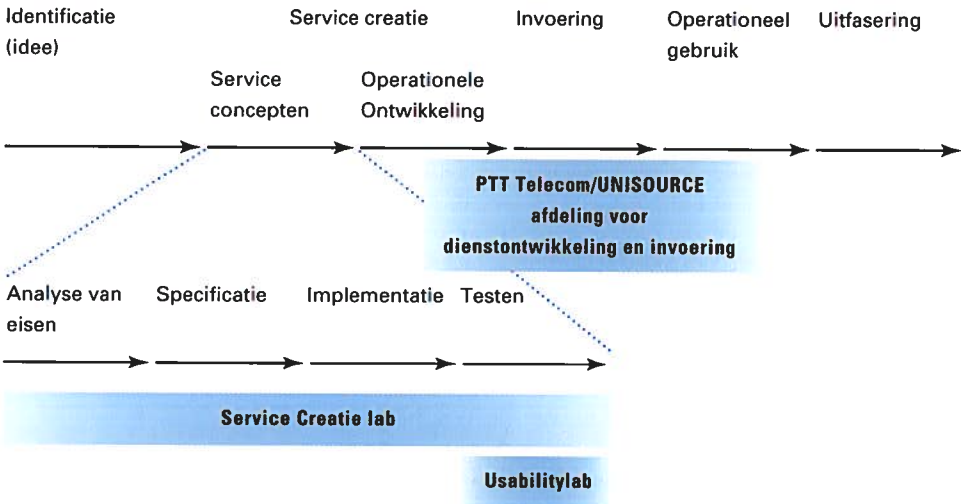
Het Service Creatie Lab kan een ondersteunende rol spelen bij het ontwikkelen van deze nieuwe dienstconcepten. Dankzij een realistische afspiegeling van de verschillende telecommunicatienetwerken kunnen nieuwe concepten op een natuurgetrouwe en veilige manier uitgetest worden. De faciliteiten van het SC-lab worden in de praktijk onder andere gebruikt om prototypes van nieuwe diensten te realiseren, die vervolgens gedemonstreerd kunnen worden aan geïnteresseerden binnen of buiten KPN. De architectuur in het SC-lab biedt mogelijkheden nieuwe netwerkarchitecturen of -besturingen te implementeren en te bestuderen. Ook alternatieve implementatietrajecten voor een nieuwe dienst kunnen hierdoor geëvalueerd worden. Vaak bestaat de realisatie van een nieuwe dienst uit het toevoegen van extra functionaliteit aan het openbare en/of een bedrijfsnetwerk. Omdat in het SC-lab beide mogelijkheden als prototype snel te implementeren zijn, biedt het lab mogelijkheden om een goede evaluatie van de twee alternatieven te maken. Verder

¹ Zie voor meer informatie over de werkzaamheden van het Usabilitylab: J. Aasman e.a. *Mens en communicatie-technologie*, deel 4: Human factors binnen KPN, PTT Telecom Studieblad, februari 1994, pp. 86-113.

leveren experimenten in het SC-lab vaak zinvolle informatie voor innovatie- en migratiestudies.

Soms gaan de in het SC-lab gerealiseerde prototypes naar het Usability-lab van KPN Research in Groningen, om door toekomstige gebruikers te worden getest. Het Usability-lab biedt mogelijkheden om de gebruikers en hun reacties op een dienst te observeren, waarna de specificaties van de geteste diensten zonodig aangepast kunnen worden¹.

De kennis die in het SC-lab in de service creatie fase is opgedaan wordt toegepast bij de afdelingen binnen PTT Telecom of Unisource die verantwoordelijk zijn voor de operationele ontwikkeling en werkelijke invoering van nieuwe diensten of nieuwe architecturen (afbeelding 2).



▲ Afb. 2
SC-lab, Usability lab en PTT
Telecom in service-life-cycle.

De service creatie fase en de mogelijkheden van het SC-lab

Het SC-lab heeft dus tot doel de ontwikkeling van nieuwe diensten te ondersteunen door bij te dragen aan de ontwikkeling van concepten voor nieuwe diensten. Hieronder volgt een beschrijving van de manier waarop dat kan.

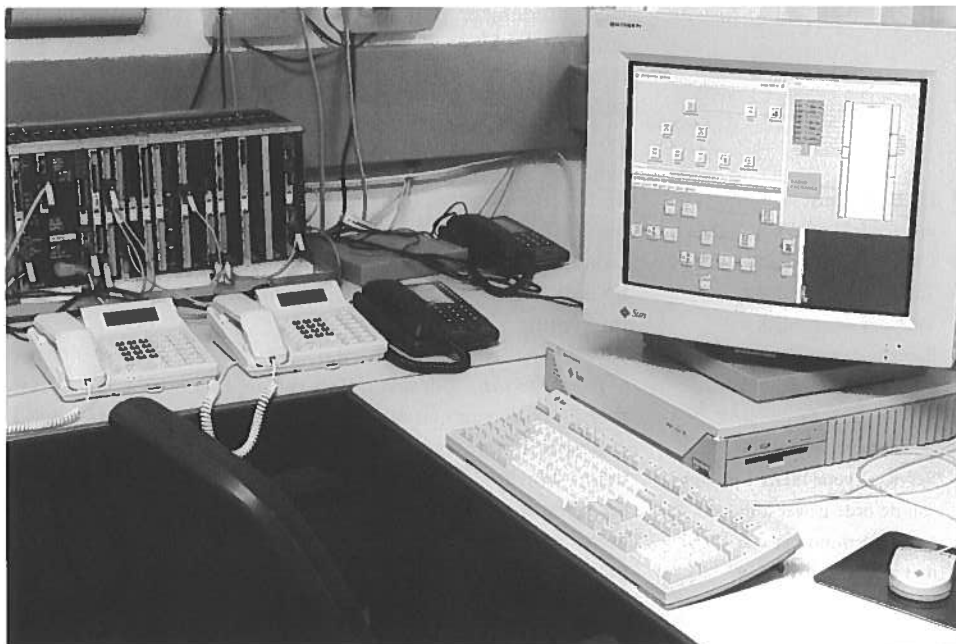
• *Identificatie nieuwe diensten.* Hoewel het SC-lab zich vooral richt op de service creatie fase kan het lab ook al eerder een rol spelen, namelijk in de identificatiefase. In deze fase wor-

den ideeën voor nieuwe diensten gegenereerd en verzameld. Vaak gebeurt dit door middel van een groepsdiscussie of een brainstorm met een groep betrokkenen.

Om dit te vergemakkelijken beschikt het SC-lab over een zogenaamde Group Decision Support Tool (GDST). Hiermee is het mogelijk een groep mensen interactief te laten brainstormen met behulp van PC's. Alle deelnemers kunnen tegelijkertijd hun ideeën intikken op een eigen PC en ze kunnen reageren op elkaars gedachtenspinsels. Op deze manier heeft iedere gebruiker gelijke rechten om zijn mening te geven; ook deelnemers die in een normale vergadering wat minder snel hun mond open doen, krijgen nu volop de gelegenheid hun ideeën naar voren te brengen. Een ander voordeel is dat deelnemers tegelijkertijd kunnen reageren. In een 'normale' vergadering van een uur met 12 deelnemers kan elke deelnemer gemiddeld slechts 5 minuten het woord voeren. In een discussie waarbij de beslissingsondersteunende tool wordt gebruikt kan elke deelnemer bij wijze van spreken een uur lang 'aan het woord' zijn. Hierdoor is een goede brainstorm dus ook in een zeer korte tijd uit te voeren. Het Group Decision Support Tool is dan ook een prima hulpmiddel om te gebruiken in de identificatiefase en in andere fasen van het service creatie proces.

▼ Foto 1

In het SC-lab wordt onder andere gewerkt met een afspiegeling van het vaste net.



- *Analyse van eisen.* Na de identificatie van een nieuwe dienst begint de werkelijke service creatie fase met het inventariseren en analyseren van eisen voor de nieuwe dienst. Ook in deze fase is het zojuist beschreven beslissingssysteem goed te gebruiken. In een brainstorm of groepsdiscussie kunnen de vertegenwoordigers van de verschillende onderdelen van KPN die betrokken zijn bij een nieuwe dienst samen nadenken over allerlei aspecten van de dienst, zoals de user-interface, mogelijke interacties met andere diensten, en de benodigde functionaliteit.

Een voordeel van deze aanpak is ook dat voor diensten waarbij meerdere onderdelen van KPN betrokken zijn al in een vroeg stadium afstemming tussen deze onderdelen mogelijk is. Problemen die nu vaak pas in een later stadium aan het licht komen, kunnen zo sneller worden gesignaleerd.

- *Specificatie.* Na de inventarisatie en analyse van de eisen voor de nieuwe dienst worden deze eisen uitgewerkt in een concrete specificatie. Een dergelijke specificatie moet het gewenste gedrag van de dienst zo volledig mogelijk beschrijven. Het SC-lab kan dit proces ondersteunen met behulp van animaties waarin de dienst gesimuleerd wordt. Door zo'n animatie kan een duidelijker beeld worden verkregen; vaak duidelijker dan het beeld dat de opdrachtgevers en anderen hadden op grond van de beschreven eisen. Het komt dan ook nogal eens voor dat men op grond van een animatie opnieuw gaat discussiëren over het gewenste gedrag van een dienst. Dit kan dan weer leiden tot aanpassingen in de eisen aan de dienst, bijvoorbeeld omdat bepaalde functionaliteiten of de manier van bediening toch niet zo handig blijken als gedacht. In het SC-lab zijn onder meer animaties gemaakt voor de UPT-dienst, voor de ISDN Packet Mode Bearer Service en voor een teksttelefoonbestedingssysteem².

² De UPT-dienst is beschreven in: H.P.J. Hecker e.a., *UPT: Universele Persoonsgebonden Telecommunicatie*, PTT Telecom Studieblad, themanummer Intelligente Netwerken, april/mei 1992, pp. 232-243. De dragerdiensten (Bearer Services) voor ISDN zijn kort aan de orde geweest in het septembernummer van 1995, met name pp. 615-616.

- *Implementatie.* Na afronding van de discussies, die al dan niet op basis van een animatie zijn gevoerd, is er uiteindelijk een specificatie van de dienst beschikbaar en kan er een begin worden gemaakt met de implementatie. De flexibele en open apparatuur maakt het mogelijk in korte tijd een goed werkend prototype te fabriceren. Vaak kan daarbij gebruik worden gemaakt van bestaande bouwstenen en van

kennis en ervaring die bij eerdere projecten is opgedaan. Dankzij de aanwezigheid van de in het klein nagebouwde telecommunicatienetwerken en -platforms kunnen de ervaringen die worden opgedaan bij het implementeren van het prototype leiden tot een snellere en betere invoering van de werkelijke dienst.

- *Testen.* Het prototype wordt vervolgens uitvoerig en op uiteenlopende manieren getest. Zo zullen in veel gevallen de mogelijke interacties van de nieuwe dienst met bestaande diensten onderzocht worden, evenals de volledigheid en correctheid van de dienstspecificatie. In het usability-lab kan worden getest hoe klanten reageren op de dienst, of ze er enthousiast over zijn en of ze de dienst eenvoudig kunnen bedienen.

Kortom, het SC-lab kan waardevolle ondersteuning bieden bij de ontwikkeling van nieuwe diensten. In korte tijd kan het hele traject worden doorlopen, van dienstidee tot en met implementatie en evaluatie van een kleinschalig prototype. Het wordt mogelijk om veel eerder dan voorheen problemen te signaleren. Ongeacht of die nu gaan over de dienstspecificatie, de dienstinteracties of de gebruikersinterface. Dergelijke problemen kwamen tot voor kort vaak pas aan het licht wanneer een business unit van PTT Telecom al een eind gevorderd was met de implementatie van de dienst. Waardoor het dus ook moeilijker en duurder was om aanpassingen uit te voeren. Door de vroegtijdige tests in het SC-lab kan KPN een dienst nu uiteindelijk sneller implementeren, met minder fouten en tegen lagere kosten.

Een Group Decision Support Tool in het SC-lab

Bij de totstandkoming van nieuwe diensten zijn vaak meerdere partijen betrokken – elk met eigen wensen en eisen. In een ideaal scenario vindt er een discussie plaats met vertegenwoordigers van alle betrokken groepen, waarbij valt te denken aan dienstontwerpers, netwerkbeheerders, maar ook de eindgebruikers van een dienst. Zulke discussies verlopen meestal moeizaam, met als risico dat niet ieders mening de aandacht krijgt die zij verdient. Group Decision Support Tools (GDST) bieden de mogelijkheid om, via computers,

structuur te geven aan discussies waaraan een aanzienlijk aantal deelnemers met verschillende achtergronden meedoet. Zo kan er via de computer gebrainstormd of gestemd worden.

Een brainstorm via computers blijkt een zeer effectieve activiteit binnen een discussie-sessie te zijn. De ideeën kunnen namelijk parallel worden gegenereerd, zodat niet iedereen op zijn beurt hoeft te wachten. Hierdoor kan men sneller zijn eigen gedachten spuien. Daarnaast worden de ideeën geprojecteerd op een scherm, zodat iedereen deze kan zien. Iedereen kan dan reageren op ideeën die worden geprojecteerd, waardoor het interactieve karakter van een brainstorm behouden blijft.

Elektronisch stemmen leidt tot anonimiteit binnen het stemproces: in sommige situaties zal dat gewenst zijn om tot een meer onbevangen stemgedrag te komen.

Group decision support tools genieten een snel toenemende populariteit en worden steeds vaker ingezet, ook binnen KPN. De installatie van zo'n tool in het SC-lab is dan ook tweeledig. Enerzijds is het, zoals we zagen, een nuttig onderdeel van het SC-lab, anderzijds kan er zo binnen KPN ervaring worden opgedaan met dergelijke beslissingsondersteunende systemen. Het systeem waar KPN Research voor gekozen heeft biedt ruimte aan 11 deelnemers plus een discussieleider. De tool wordt geëxploiteerd door het Instituut voor Toegepast Bedrijfsonderzoek (ITB) van KPN Research: zij levert de discussieleiders en de verdere ondersteuning. Behalve uit een dertiental PC's (waarvan één fungeert als server) en een printer is in de configuratie een projector opgenomen waarmee het beeldscherm van de PC van de discussieleider op een scherm wordt afgebeeld.

Het GDST is inmiddels al met veel succes gebruikt, ook door groepen mensen met sterk verschillende achtergronden. De sessies hebben echter wel geleerd dat het gebruik van een GDST-tool geen garantie is voor een succesvolle discussie: bepaalde onderwerpen en discussieonderdelen lenen zich nu eenmaal beter voor een 'klassieke' manier van discussiëren. Daar komt bij dat een computerondersteunde discussie valt of staat met een goede voorbereiding.

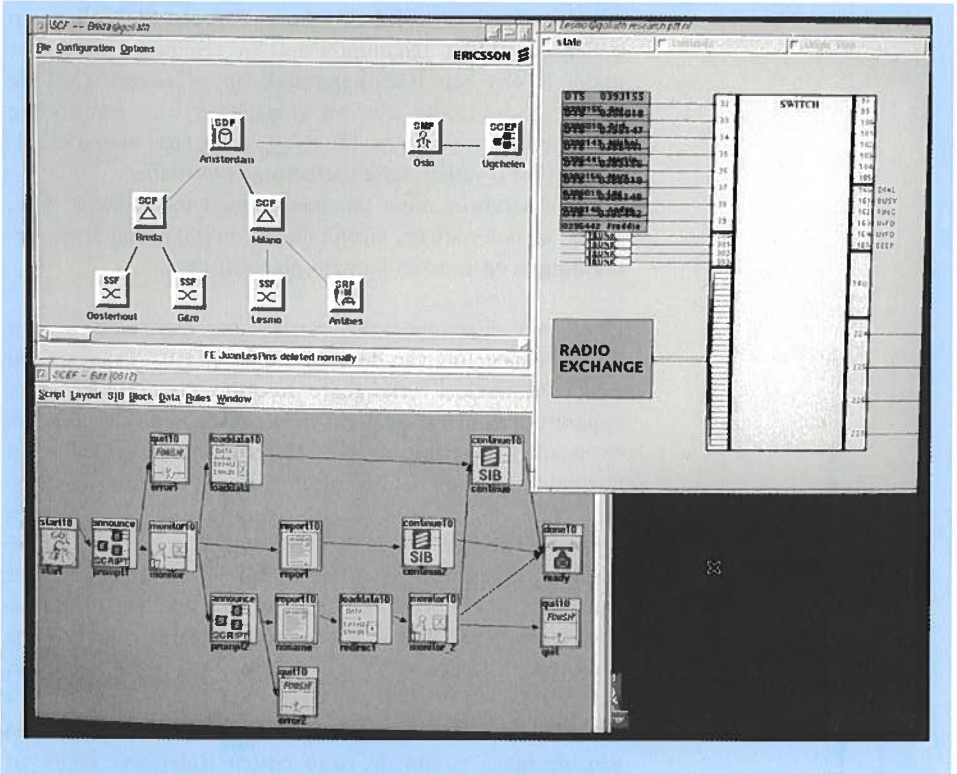


Foto 2
 Beeldscherm van het werkstation waarop te zien is hoe de diensten worden gecreëerd.

Opbouw SC-lab

De apparatuur in het SC-lab voldoet aan een tweetal eisen:

- De apparatuur moet een goede afspiegeling zijn van de netwerken van PTT Telecom. Hierbij gaat het om bijvoorbeeld mobiele, vaste en bedrijfsnetwerken. Omdat het niet haalbaar is alle aspecten van deze netwerken mee te nemen is de focus beperkt tot 'een realistische afspiegeling van het besturingsaspect' in de betrokken netwerken. Met besturing, of signalering, in een netwerk bedoelen we berichten die in het netwerk uitgewisseld worden tijdens het activeren of het gebruik van de dienst³. Berichten worden hierbij uitgewisseld over een interface, volgens een aantal gedragsre-

³ Zie voor meer informatie over signalering in het telefoonnet: M.H.C. van der Berg, *Van kanaalgebonden naar gemene weg signalering: C7 nieuwe ruggegraat telefoonnet*, PTT Telecom Studieblad, (1990) pp. 23-33 en J. Seesink, *Elementaire kennis – Telecommunicatie* (dl.7), PTT Telecom Studieblad, mei 1991, pp. 288-308.

gels, het zgn. protocol. Een voorbeeld is de uitwisseling van berichten tussen telefoontoestel en telefooncentrale die nodig is om een telefoongesprek op te zetten. Ook de berichten die nodig zijn om gesprekken naar een andere bestemming te routeren, bij een geactiveerde doorschakeldienst (*21), vallen onder besturingsinformatie.

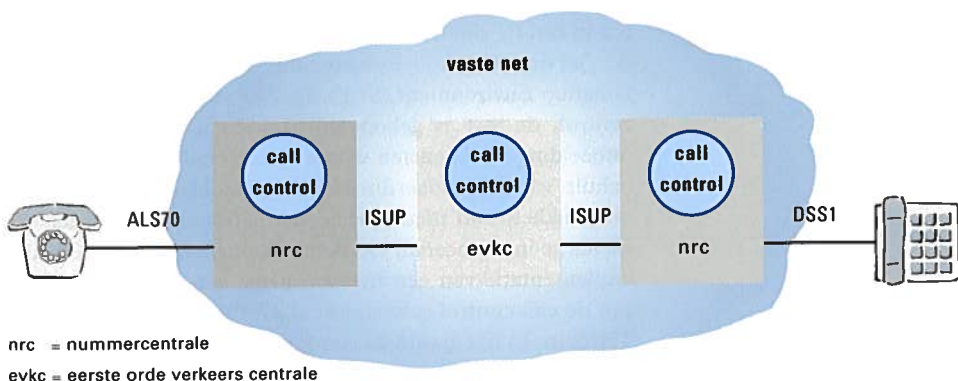
- De apparatuur moet daarnaast 'goed toegankelijk' zijn, omdat er ook nieuwe, eigenhandige ontwikkelingen en uitbreidingen op moeten kunnen plaatsvinden.

Deze twee eisen zijn vaak moeilijk verenigbaar: voor een goede afspiegeling van de netwerken van PTT Telecom zijn vaak commercieel verkrijgbare produkten nodig. Dergelijke apparatuur is meestal slechts in beperkte mate toegankelijk en flexibel. Apparatuur die daarentegen toegankelijk en flexibel is, is over het algemeen prototype-achtig en daarmee vaak geen goede afspiegeling van de door PTT Telecom gebruikte apparatuur. Dit maakte het moeilijk om de geschikte apparatuur voor het SC-lab aan te schaffen. Door contacten met bedrijfslaboratoria van verschillende leveranciers heeft KPN Research exclusief toegang gekregen tot prototypes die aan deze min of meer tegenstrijdige eisen voldoen.

Het SC-lab is op dit moment ingericht met apparatuur die een weergave is van de vaste netten (telefonie: ISDN en PSTN), mobiele telefonie (DECT) en bedrijfsomgevingen (twee PBX-en). Verder wordt er nog gekeken naar mogelijke uitbreidingen op het gebied van GSM en Breedband ISDN (gebaseerd op ATM).

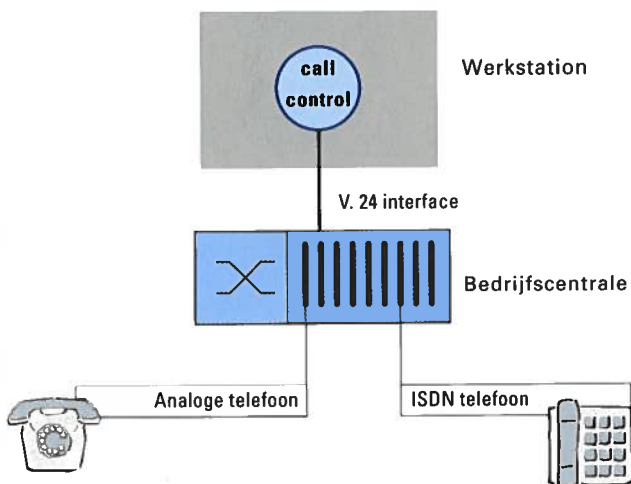
Het vaste net

Het vaste net van PTT Telecom levert zowel 'ouderwetse' analoge telefonie (PSTN) als digitale (ISDN-2 en ISDN-30). Een aantal van de besturingsinterfaces die hierbij een rol spelen zijn in afbeelding 3 te zien: interfaces met respectievelijk analoge abonneelijn-signalering (ALS70) en digital subscriber-signalering (DSS1). Het vaste net is hier voor de eenvoud weergegeven als bestaande uit nummercentrales (nrc) en eerste orde verkeerscentrales (evkc). Tussen deze centrales wordt C7-signalering (ISUP) gebruikt. De in de centrales aanwezige call control software verzorgt de besturing van de in- en uitgaande signaleringsberichten.



Het in afbeelding 3 geschetste vaste net is in het SC-lab nagebouwd met een bedrijfscentrale die zowel toestellen met ALS70 als de digitale ISDN-telefoontoestellen aankan. De call control software is in een werkstation geplaatst. Daarmee is in voldoende mate voldaan aan de eis dat de apparatuur toegankelijk moet zijn, zodat er eigenhandig wijzigingen in kunnen worden aangebracht.

▲ Afb. 3
PTT Telecom's vaste net.

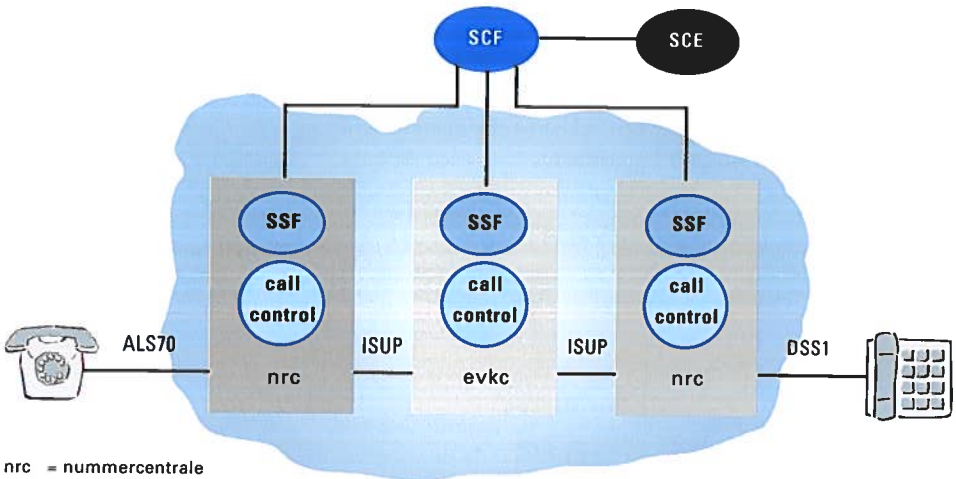


◀ Afb. 4
Bedrijfscentrale als vaste net.

Moderne telecommunicatienetwerken zijn met een Intelligent Network (IN) uitgerust⁴. Zo'n IN breidt de besturingsfunctionaliteit van een conventioneel netwerk uit waardoor op flexibele wijze aanvullende diensten in het netwerk kunnen worden ingevoerd. De belangrijkste functionalitei-

⁴ Zie ook PTT Telecom Studieblad, themanummer *Intelligente Netwerken*, april/mei 1992.

ten in een IN zijn de Service Switching Functionality (SSF), de Service Control Functionality (SCF) en de Service Creation Environment (SCE). De SSF is gekoppeld aan call control; de SCF is gekoppeld aan één of meerdere SSF's (afbeelding 5). Diensten worden gecreëerd in de SCE, met behulp van gestandaardiseerde bouwblokken. Dit biedt de mogelijkheid om nieuwe diensten aanzienlijk flexibeler en sneller te introduceren. Op de traditionele manier vereist de implementatie van een nieuwe dienst een herziene release van de call control software in alle 1800 centrales van PTT Telecom. In het geval van een IN-dienst wordt de dienst op de SCE (een PC) ontwikkeld, waarna ze in de SCF (een mainframe) wordt geladen.



nrc = numercentrale

evkc = eerste orde verkeers centrale

▲ Afb. 5

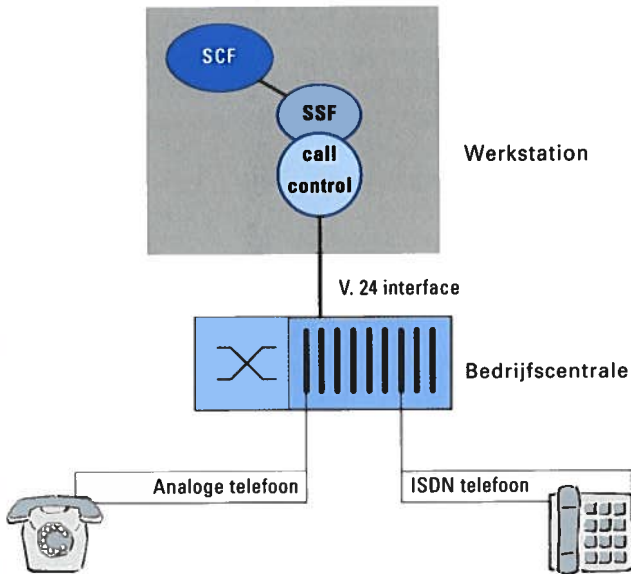
ISDN/PSTN-netwerk uitgebreid met IN.

De SSF is gekoppeld aan de call control van een centrale en heeft als belangrijkste taak het aanroepen van een IN-dienst op te sporen. Wanneer de SSF nu een aanvraag voor een IN-dienst detecteert, wordt de SCF (Service Control Functionality) aangeropen. De SCF voert daarna de IN-dienst uit, waarna de call control de oproep weer verder afhandelt.

Neem eens als voorbeeld een 'intelligente netwerkversie' van de 06-8008 dienst (netwerk ACD): iemand belt 06-8008 waarna zijn gesprek wordt doorgeschakeld naar een

medewerker van de telefonische inlichtingendienst die thuis werkt. Zo'n dienst gaat dan als volgt te werk: de gebruiker belt 06-8008, waarop de SSF in de nummercentrale detecteert dat er een nummervertaling (naar het huis van de 06-8008 medewerker) nodig is. De SSF vraagt nu aan de SCF om de vertaling. De SCF meldt het vertaalde nummer terug aan de SSF, waarna de call verder wordt opgezet met het vertaalde nummer.

De bedrijfscentrale in het SC-lab is uitgebreid met een Intelligent Network (IN)-simulatie op het werkstation. Deze IN-simulatie bevat SSF-, SCF- en SCE-functionaliteit. Ook hier geldt weer dat de software in het werkstation voldoende toegankelijk moet zijn om hierop nieuwe ideeën uit te proberen.



◀ Afb. 6

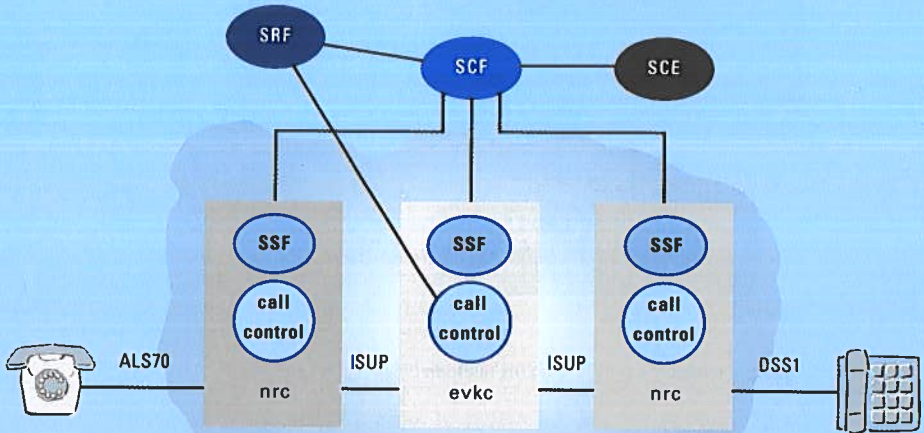
Afspiegeling van het vaste net met IN.

Zoals blijkt uit het bovenstaande, heeft het SC-lab dus de beschikking over een realistische afspiegeling van het openbare vaste net. Hoe realistisch die afspiegeling is blijkt ook wel uit het feit dat diensten die zijn ontwikkeld voor het nieuwe 06-platform van PTT Telecom binnenkort ook in het SC-lab kunnen worden gedraaid⁵.

⁵ Een van de volgende nummers van het Studieblad zal in zijn geheel gewijd zijn aan dit nieuwe 06-platform dat klanten diensten-op-maat kan gaan leveren.

Uitbreiding van de IN-architectuur met een SRF op PC basis

De Intelligent Network omgeving binnen het SC-lab is geschetst in afbeelding 5 en afbeelding 6. In deze omgeving is het mogelijk om diensten als Call Forwarding Unconditional (*21), Call Waiting, Call Completion to Busy Subscriber, etc. te maken. Echter, er zijn ook diensten die in deze configuratie niet kunnen worden gemaakt. Een voorbeeld is de Call Answering Service Message dienst. Bij deze dienst wordt de opbeller doorgeschakeld naar een 'antwoordapparaat' in het netwerk wanneer het gebelde nummer in gesprek is, of wanneer er niet wordt opgenomen. Het 'antwoordapparaat' heet in IN-terminologie een Specialised Resource Function (SRF). Deze SRF wordt bestuurd door de SCF. Afbeelding 7 laat zien hoe een SRF in het IN model past.



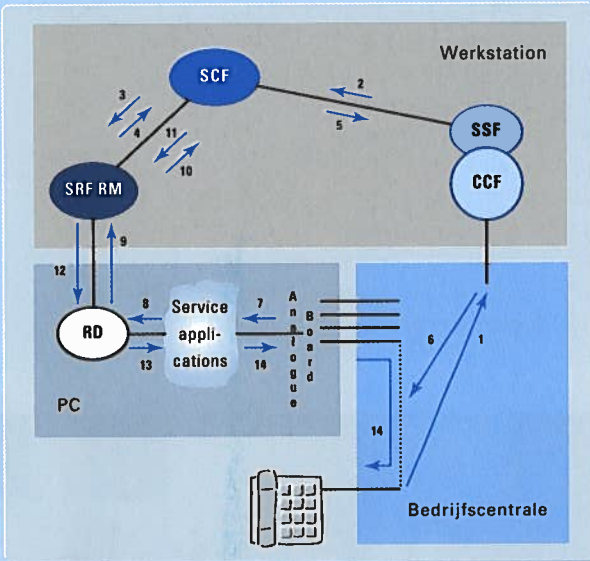
nrc = nummercentrale

evkc = eerste orde verkeers centrale

Afb. 7 IN met SRF

In het SC-lab was een SRF nodig om diensten die gebaseerd waren op spraakherkenning te kunnen implementeren. Dit resulteerde in de configuratie uit afbeelding

8. Hier is een gedeelte van de SRF geïmplementeerd in een PC en een gedeelte in het werkstation dat de bedrijfscentrale bestuurt. Door gebruik te maken van standaard PC's en bijbehorende PC-kaarten wordt het mogelijk om snel nieuwe ontwikkelingen te realiseren.



Afb. 8 SRF geïmplementeerd op PC.

Het gedeelte in het werkstation heet SRF Resource Manager (SRF RM). Deze SRF RM communiceert via een TCP/IP verbinding met de Resource Drivers (RD) in een PC. Op deze PC bevinden zich een aantal 'service applications', die in Visual Basic zijn geschreven. Deze applicaties worden door de SCF, via de SRF RM en de RD bestuurd. De applicaties besturen op hun beurt een interface kaart in de PC (Analogue Board), waarop 4 analoge telefoonlijnen binnenkomen.

In de Visual Basic-applicaties is ook spraakherkenning geïntegreerd. Deze combinatie levert een bijzonder krachtige ontwikkelomgeving op waarin een groot aantal diensten kan worden gedemonstreerd. De al eerder genoemde Voice Mail-dienst wordt in afbeelding 8 met een voorbeeld toegelicht. De berichtnummers hebben hierbij de volgende betekenis:

1. Gebruiker belt op
2. SSF/CCF draagt besturing van de call over aan de SCF
3. SCF vraagt om een special resource
4. SRF RM meldt het adres van de special resource terug
5. SCF instrueert de SSF/CCF om verbinding met de resource te maken
6. Een spraakverbinding wordt opgezet
7. Binnenkomend gesprek
8. Verzoek om instructie
9. Verzoek om instructie
10. SRF RM vraagt SCF om instructie
11. SCF stuurt instructie
12. Instructie wordt gestuurd
13. Resource Driver bestuurt resource (Services)
14. Service wordt uitgevoerd via de spraakverbinding

► Foto 3

Brainstormsessie met de Group Decision Support Tool.



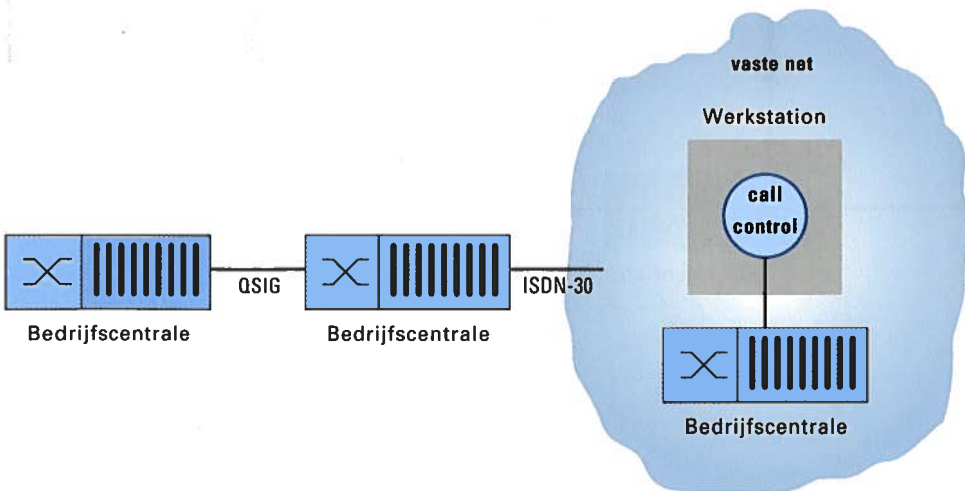
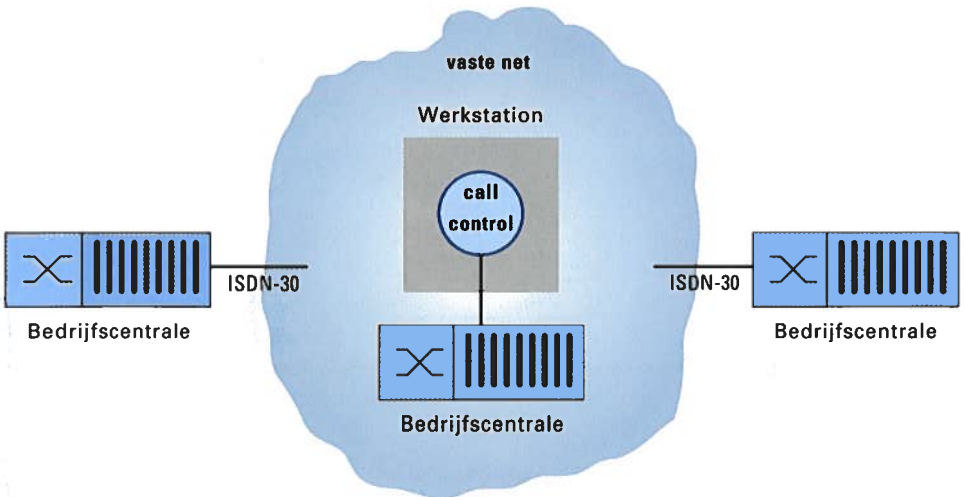
Bedrijfsnetten

Het hart van een bedrijfsnet wordt altijd gevormd door één of meerdere bedrijfscentrales die aan PTT Telecom's vaste net zijn gekoppeld. Zo ook in het SC-lab. Er zijn twee bedrijfscentrales aanwezig waarmee een aantal realistische configuraties kan worden nagebootst. Zo kunnen bijvoorbeeld beide bedrijfscentrales aan PTT Telecom's vaste net

worden gekoppeld via een ISDN-30 interface (afbeelding 9). Het is echter ook mogelijk om de bedrijfscentrales onderling te koppelen, op basis van het QSIG-protocol, en maar één van de twee aan het vaste net te koppelen (afbeelding 10).

▼ Afb. 9

Beide bedrijfscentrales gekoppeld aan het vaste net.

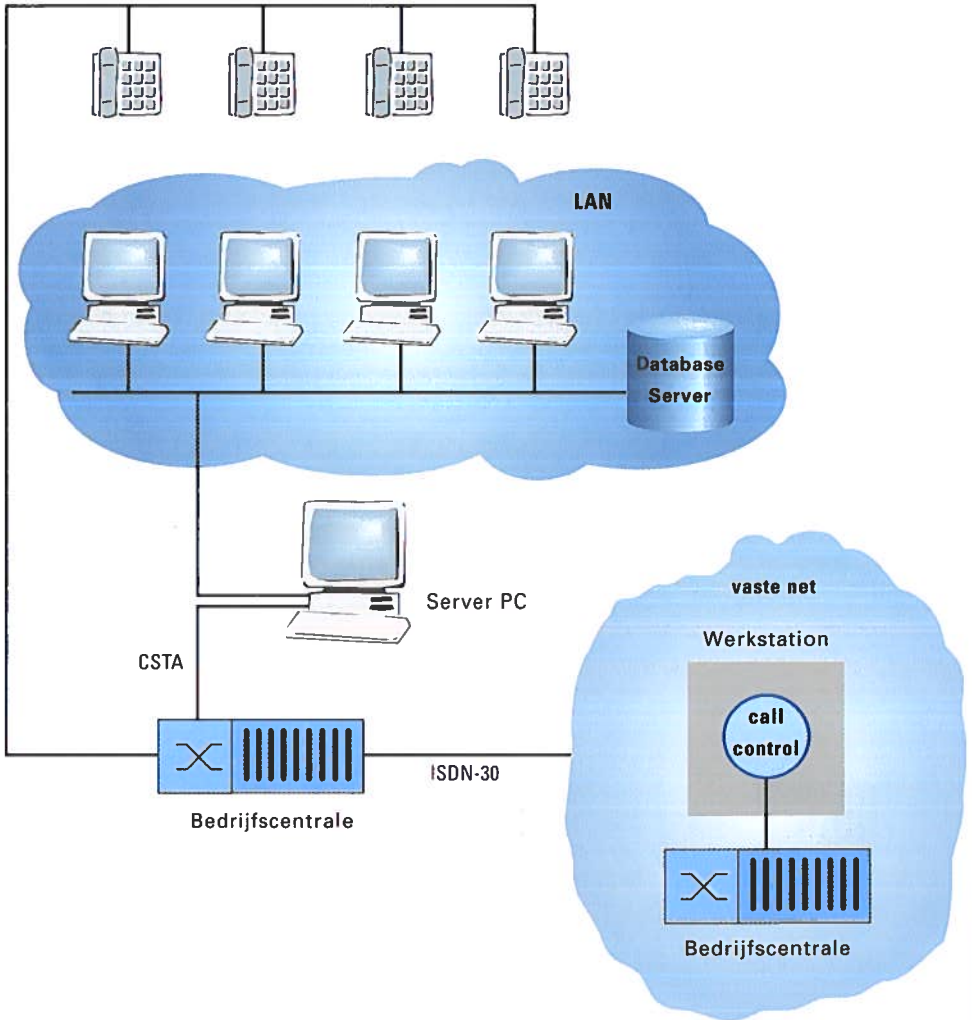


▲ Afb. 10

Bedrijfscentrales onderling gekoppeld, één verbinding met het vaste net.

In de configuraties van afbeelding 9 en 10 wordt het vaste net in het SC-lab gesimuleerd met behulp van een bedrijfscentrale met bijbehorend werkstation. De integratie tussen bedrijfscentrales en de computerwereld is in het SC-lab ook

meegenomen. Bij deze integratie is een aantal verschillende architecturen mogelijk, waarvan afbeelding 11 er één laat zien.



▲ Afb. 11
Architectuur voor een call center.

De architectuur uit afbeelding 11 maakt het mogelijk om een zogenaamd call center (ACD) te realiseren. Een voorbeeld van een call center zou zich kunnen afspelen bij een verzekeringsmaatschappij, waar een viertal operators de

binnenkomende gesprekken afhandelt. Deze operators beschikken elk over een PC en een telefoon. Een mogelijk scenario voor een binnenkomend gesprek gaat dan als volgt. Er komt een gesprek binnen vanuit het vaste net in de bedrijfscentrale. Via de Computer Supported Telephony Applications-interface (CSTA) wordt de server-PC hiervan op de hoogte gebracht⁶. De server-PC vervult een rol die vergelijkbaar is met die van de SCF in het openbare vaste net. In dit specifieke geval kijkt de server-PC welke van de telefoon/PC-combinaties vrij is. Wanneer hij zo'n vrije combinatie vindt, zal hij via het LAN de gegevens van de beller vanaf de database naar de PC van de operator sturen. Daarna meldt de server-PC via de CSTA-interface aan de bedrijfscentrale dat het gesprek moet worden doorverbonden met bijvoorbeeld operator 3. De operator van deze telefoon/PC-combinatie ziet dan bij een binnenkomend gesprek meteen op zijn PC-scherm alle relevante informatie over de lopende verzekeringen van de bellende klant.

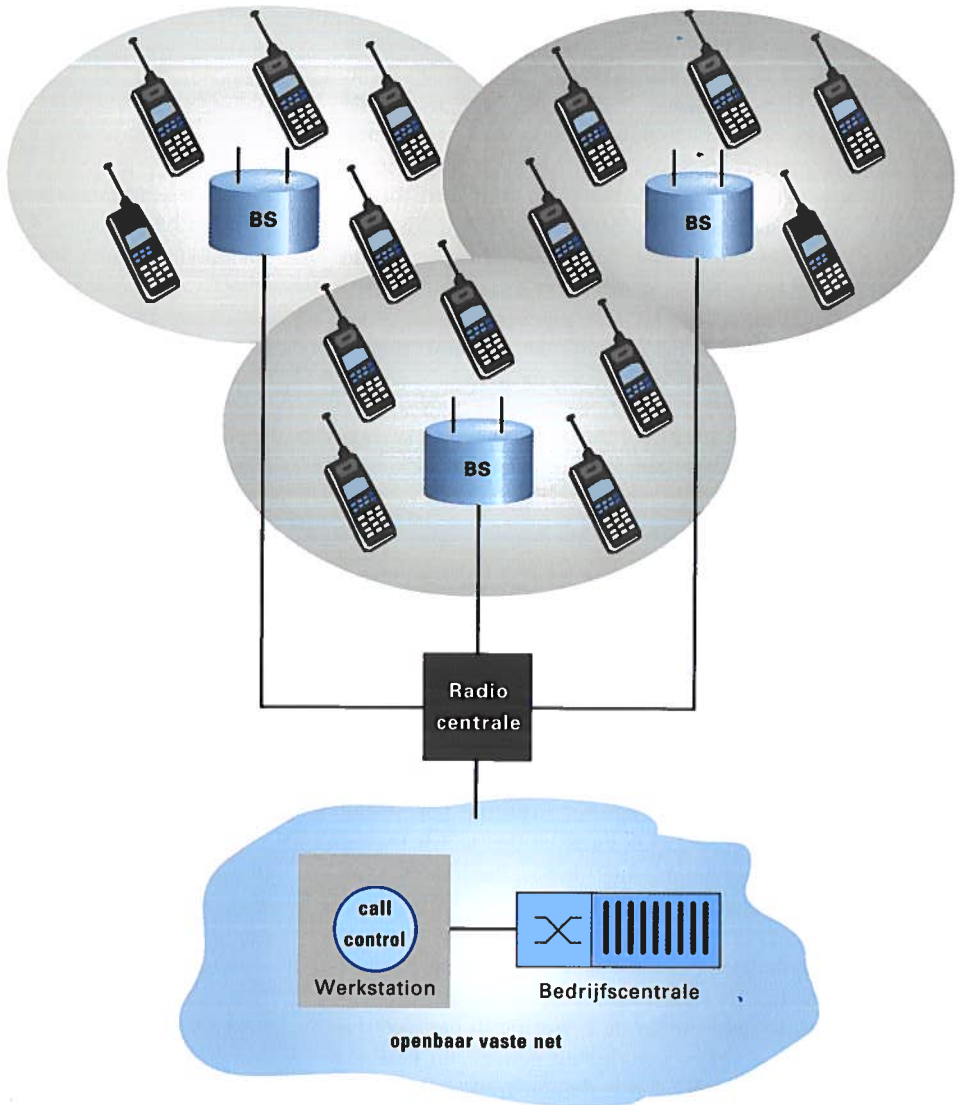
Mobiele communicatie

Binnen het SC-lab is mobiele communicatie vertegenwoordigd via een DECT- (Digital European Cordless Telecommunications) omgeving⁷. De basisarchitectuur bestaat uit een DECT Radio Exchange waaraan één of meerdere basisstations zijn gekoppeld. De Radio Exchange wordt, al dan niet via een bedrijfscentrale, aan het vaste net gekoppeld. Binnen het gebied dat door de basisstations wordt bestreken is dan draadloze telefonie met de zogenaamde handset mogelijk (afbeelding 12).

In het SC-lab is de DECT Radio Exchange gekoppeld aan de bedrijfscentrale en het werkstation die de afspiegeling vormen van het vaste net. Omdat de besturing in het werkstation kan worden aangepast, vormt dit geheel een flexibele omgeving om mobiele diensten te demonstreren. Een voorbeeld van een mobiele dienst die in het SC-lab draait is 'mobility management voor DECT'. Met deze dienst is het mogelijk om met een DECT-handset in verschillende DECT-locaties te bellen en gebeld te worden. Een voorbeeld is geschetst in afbeelding 13. Hier heeft een bedrijf twee geografisch gescheiden vestigingen, die beide DECT-bedekking bieden. Het bedrijf wil dat de DECT-gebruikers

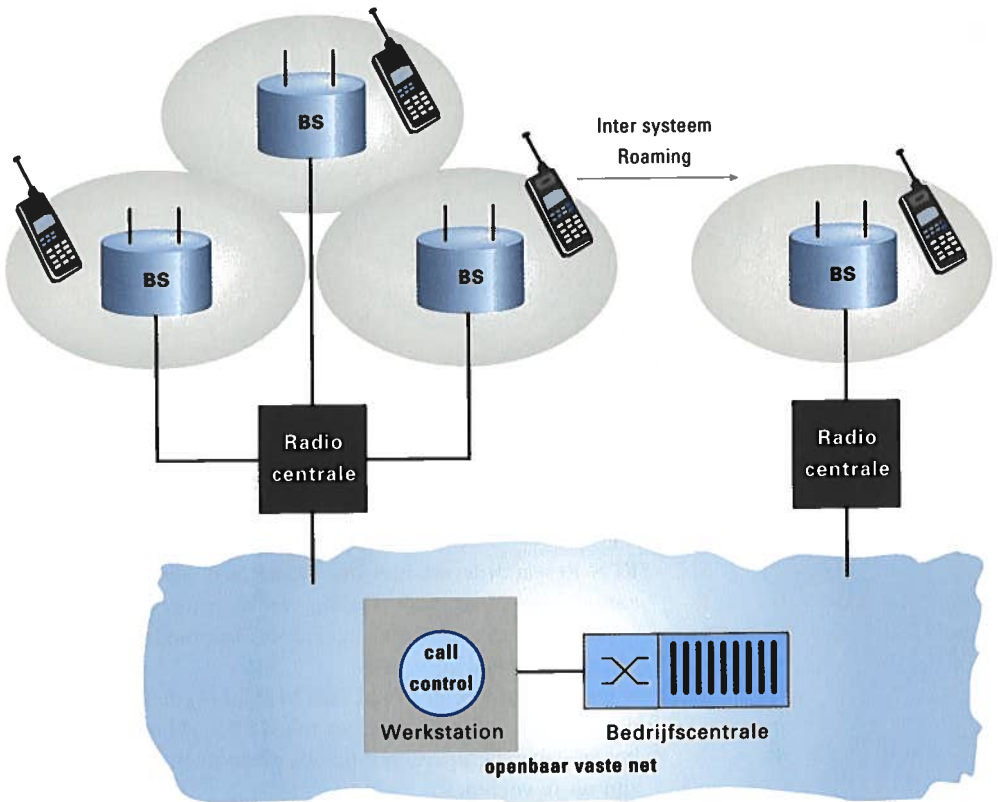
⁶ Zie voor meer informatie over CSTA: PTT Telecom Studieblad 1992, pp.420-431.

⁷ Deze techniek is onder andere uitvoerig beschreven in: G. Klein Wolterink, *DECT draadloze telecommunicatie voor de toekomst*, PTT Telecom Studieblad, januari 1992, pp. 44-51 en de verdiepingsstof van het artikel *Vox Cordless: draadloze communicatie binnen bedrijven*, PTT Telecom Studieblad, september 1995, pp. 577-618.



▲ Afb. 12
Basis DECT-architectuur.

hun handset op beide locaties kunnen gebruiken. Hiertoe biedt 'mobility management voor DECT' de oplossing. Via een registratie-procedure meldt de handset zich aan in het vreemde gebied. Daarna is deze handset bruikbaar voor uitgaande gesprekken en tevens is de handset onder zijn eigen nummer bereikbaar in dit gebied.



Toekomstige uitbreidingen

▲ Afb. 13
Twee DECT-gebieden.

Toekomstige mogelijke uitbreidingen binnen het SC-lab zijn GSM, breedband-ISDN en Internet. Dat de eerste twee netten momenteel nog niet zijn vertegenwoordigd heeft zo zijn eigen redenen. Bij GSM gaat het, behalve om de aanschafkosten van een duur systeem, om toestemming die noodzakelijk is om op de voor GSM gereserveerde frequenties te mogen zenden. Breedband-ISDN is voornamelijk nog niet geïntroduceerd in het SC-lab vanwege de hoge kosten van ATM-apparatuur en het nog nauwelijks beschikbaar zijn van schakelapparatuur voor ATM-verbindingen.

Een koppeling met Internet is via de aanwezige computersystemen zeer gemakkelijk te realiseren en de verwachting is ook dat de hieruit voortvloeiende mogelijkheden in de naaste toekomst zullen worden geëxploreerd.

► Foto 4



Tot slot

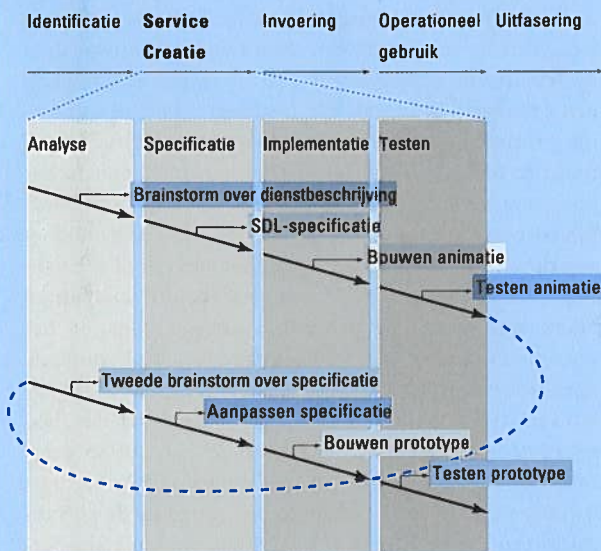
KPN Research levert met het SC-lab een bijdrage aan een aantal fases in de ontwikkeling van diensten die zich over meerdere netten uitstrekken. Het SC-lab biedt daarbij een aantal voordelen voor KPN:

- De configuratie in het SC-lab biedt meer flexibiliteit dan de werkelijke telecommunicatienetwerken. Hierdoor zijn in het SC-lab experimenten mogelijk die in de praktijk nog niet zijn uit te voeren.
- Door de vroegtijdige tests in het SC-lab kan KPN uiteindelijk een dienst sneller implementeren, met minder fouten en tegen lagere kosten.
- Het SC-lab biedt mogelijkheden om resultaten van andere projecten te hergebruiken, waardoor prototypes steeds sneller zijn te bouwen.
- Het SC-lab biedt mogelijkheden om ontwikkelingen bij fabrikanten te sturen.

Sinds de start van het SC-lab eind 1994 is men hard op weg om de bovenstaande claims waar te maken. Er is een indrukwekkende netten-architectuur opgebouwd met daarin onder meer het openbare vaste net, het Intelligente Netwerk, DECT-netten en bedrijfsnetten. Een aanzienlijk aantal projecten heeft inmiddels al gebruik gemaakt van de SC-lab faciliteiten.

Het project: Ontwikkeling Sterdiensten

Eén van de eerste projecten die gebruik maakten van het SC-lab was het project ontwikkeling sterdiensten. Dit project werd uitgevoerd voor de afdeling Marketing & Verkoop (M&V) van Netwerkdiensten. In dit project zijn drie nieuwe toegevoegde waardediensten bestudeerd, te weten Call Waiting (ondertussen bekend als Sterdienst Wisselgesprek), Call Completion to Busy Subscriber (terugbellen bij bezet) en Call Answering Service (een centraal antwoordapparaat in het openbare netwerk). Voor de eerste twee van deze diensten zijn prototypes gerealiseerd in het SC-lab.



Afb. 14 Bij het ontwikkelen van de Sterdiensten is de service creatie cyclus een aantal malen doorlopen.

Op basis van een door Netwerkdiensten opgestelde beschrijving van de diensten is in een eerste brainstorm (m.b.v. de Group Decision Support Tool) een analyse gemaakt van de doelgroepen, de behoeften van deze doelgroepen en zijn de technische eisen van de dienst aan de orde geweest. Met de resultaten van deze analyse is een eerste specificatie van de dienst gemaakt (in

SDL, System Description Language). Deze SDL-specificatie heeft vervolgens gediend als basis voor een animatie van de dienst. Dankzij deze animatie konden in een vroeg stadium fouten uit de specificatie worden gehaald. Nieuw aan dit project was dat er meerdere diensten tegelijk werden ontwikkeld. Hierdoor was in het stadium van de animaties al te onderzoeken of de nieuwe diensten goed met elkaar en met andere diensten samenwerken en of er geen interactieproblemen ontstaan.

De animatie heeft belangrijke input geleverd aan een tweede brainstorm. In deze brainstorm is geanalyseerd of de bijdragen van de verschillende disciplines tijdens de eerste brainstorm goed zijn verwerkt in de specificaties. Met de resultaten van deze tweede brainstorm is de specificatie aangepast en kon de implementatie van een prototype in het SC-lab beginnen. Met een dergelijk prototype wordt het mogelijk om de dienst uitgebreid te testen voordat er allerlei investeringen in het openbare netwerk worden gedaan. In deze fase wordt bijvoorbeeld getest of het prototype wel exact voldoet aan de specificatie. Op deze manier is tevens al een validatie uit te voeren van de testplannen, die later uitgevoerd worden bij de invoering van de dienst in het openbare netwerk. Verder is in deze fase de benodigde apparatuur van het SC-lab verplaatst naar het usability-lab van KPN Research. In het usability-lab is getest hoe gebruikers reageren op de dienst en aan welke user-interface ze de voorkeur geven. Eventueel kan op basis van deze tests worden besloten om opnieuw de specificaties van de dienst aan te passen en opnieuw een service creatie cyclus te doorlopen.

Het project Ontwikkeling Sterdiensten heeft het gebruik van het SC-lab als heel nuttig ervaren. De brainstormsessies die tijdens dit project zijn gehouden, zijn zeer succesvol gebleken. Deze sessies leverden in totaal bijna 900 ideeën op.

Ir. L.M.P. Gorissen studeerde Informatica aan de Technische Universiteit Eindhoven. Na afronding van de 2e fase-Ontwerpersopleiding Technische Informatica trad hij in 1991 in dienst bij KPN Research. Binnen het SC-lab is de heer Gorissen verantwoordelijk voor de vaste netten en het beheer van de Group Decision Support Tool. Hij werkt daarnaast mee aan andere KPN Research projecten die zich richten op: de architectuur van toekomstige netwerken, integratie van IN en breedband ISDN, smal- en breedband ISDN signalering en telefonie over kabelnetten.

Ir. A. Lensink trad na zijn studie Elektrotechniek aan de Technische Universiteit Twente in 1991 in dienst bij KPN Research. Hij is binnen het SC-lab verantwoordelijk voor mobiele communicatie. De heer Lensink is daarnaast betrokken bij projecten voor meldkamersystemen voor brandweer-, politie- en ambulance-organisaties, visieontwikkeling voor mobiele communicatie, Corporate Networks, innovaties in Greenpoint en Computer Telephony Integration.



Optische multiplextechnieken: maximale capaciteit en flexibiliteit

Peter Peters*

Binnen de telecommunicatiewereld wordt een steeds groter beroep gedaan op de capaciteit van de communicatienetwerken. Denk eens aan hoge-kwaliteit videoverbindingen tussen verschillende vestigingen van een bedrijf of aan grote hoeveelheden data die in korte tijd moeten worden getransporteerd. En wat te denken van de capaciteit die nodig is om multimediale diensten zoals Internet aan een sterk groeiende groep gebruikers te kunnen aanbieden? Niet in de laatste plaats is een ruim gedimensioneerd netwerk nodig om gebruikers de beschikbaarheid van hun dienst te garanderen: 'de telefoon doet het in principe altijd'. Maar capaciteit alleen is niet voldoende. Een toenemend aantal klanten stelt specifieke eisen aan hun telecommunicatiemogelijkheden. Om het voor die klanten zo aantrekkelijk mogelijk te maken worden de omvang en verscheidenheid van het dienstenaanbod in snel tempo uitgebreid. Ten slotte spelen ook kosten een steeds grotere rol. Dit alles vraagt om een infrastructuur die uitermate flexibel kan worden gebruikt. Optische multiplextechnieken, zoals het gebruik van meerdere lichtgolflengten op één glasvezel, dragen hieraan bij. Een eenvoudige vorm van deze techniek namelijk het gebruik van twee lichtfrequenties op één glasvezel wordt momenteel al in het Universeel Transport Net (UTN) van PTT Telecom toegepast.

* Dit artikel is voor PTT Telecom Studieblad bewerkt en van aantekeningen voorzien door Martin Franke. De verdiepingstof, een literatuurstudie over ontwikkelingen in coherent optische communicatie, is van Anton van Leeuwen (KPN Research BIDATA).

In het huidige telecommunicatienetwerk wordt gebruik gemaakt van elektrische technieken om verkeersstromen samen te voegen (multiplexen) of in juiste banen te leiden (schakelen). Naarmate er hogere transportsnelheden nodig zijn, nemen de complexiteit en kosten van de schakel- en multiplex-elektronica toe. Blijft de vraag naar meer transportcapaciteit en flexibiliteit onverminderd doorzetten, momenteel verdubbelt de capaciteitsbehoefte elke drie jaar, dan zullen de beperkingen van de huidige elektrische technieken steeds sterker voelbaar worden.

Moderne optische multiplex- en schakeltechnieken, in combinatie met breedbandtechnieken zoals ATM, bieden mogelijkheden om de flexibiliteit én capaciteit van het netwerk aanzienlijk te vergroten. Zonder ook maar een spa in de grond te hoeven zetten kan het huidige glasvezelnet worden opgewaardeerd en zal de transportcapaciteit verveelvoudigd

kunnen worden. Na geruime tijd van onderzoek beginnen de technieken om dat te realiseren nu het laboratoriumstadium te verlaten. De praktische toepassing ervan wordt onder meer in Europees verband onderzocht.

De technieken en resultaten van dit Europese COBRA-project¹ passeren in het artikel de revue. Besproken wordt hoe in van veldproeven en demonstratie-opstellingen de optische multiplex- en schakeltechnieken aan de tand worden gevoeld. Allereerst zal echter worden stilgestaan bij de communicatie via glasvezels in het algemeen.

Communicatie via glasvezels

Optische communicatie heeft de afgelopen decennia een hoge vlucht genomen. Werd pas in 1983 de eerste operationele glasvezelkabel door PTT Telecom in gebruik genomen, tegenwoordig is het transmissienet tussen de grote verkeers-

¹ COBRA staat voor Coherent Optical systems implemented for Business traffic, Routing, and Access. Een achttal Europese bedrijven neemt aan het project deel, waaronder – namens PTT Telecom – KPN Research.



◀ Foto 1

Glasvezelkabel en verschillende typen koperkabels

- ² Wie meer wil weten over de glasvezelkabel of andere typen telecommunicatiekabels wordt verwezen naar:
N. Herwig, A. Kok,
Elementaire kennis - Telecommunicatie, techniek, toepassingen, Deel 11: Kabels, PTT Telecom Studieblad, oktober 1992, pp. 543-559.
- ³ De term digitaal betekent hierbij in feite niet meer dan aan (1) of uit (0).
- ⁴ Verschillende golflengten van het licht komen overigens overeen met verschillende kleuren.

centrales (internode-net) al volledig verglaasd. Een van de redenen voor deze snelle opmars van optische communicatie is de (potentiële) capaciteit van de glasvezel².

De huidige glasvezelkabel voor optische transmissie bestaat uit 24 flinterdunne glasvezels. Zo'n vezel is opgebouwd uit een omringende mantel en een vezelkern. De doorsnede van de omringende mantel bedraagt ongeveer $0,1 \mu\text{m}$ (dunner dus dan een haar). Nog veel kleiner is de doorsnede van de kern, waar het eigenlijke signaal doorheen loopt. De glasvezelkabel en de vezels daarbinnen zijn weergegeven op foto 1, waarop ook verschillende typen conventionele koperkabels te zien zijn.

Als lichtbron wordt een laser gebruikt, die de informatie op verschillende manieren kan 'vertalen' in een lichtsignaal. Bij de meest directe manier wordt de laser aan de zijkant razendsnel aan- en uitgeschakeld. Omdat het licht dankzij de omringende mantel in de glasvezelkern 'gevangen' blijft, kan aan de ontvangtzijde worden gezien wanneer er wel (laser aan) of geen (laser uit) licht wordt doorgegeven. Hierdoor ontstaat een informatiestroom van nullen (licht uit) en enen (licht aan), zoals in afbeelding 1 is weergegeven. Deze 'digitale' informatie kan vervolgens weer verder worden verwerkt³.

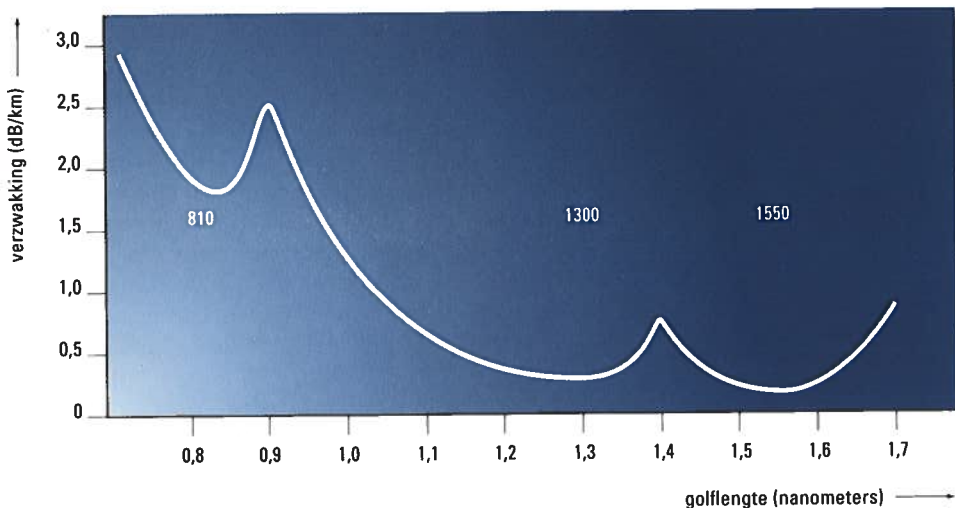


▲ Afb. 1

Het basisprincipe van optische communicatie bestaat uit het transporteren van 'enen' en 'nullen' in de vorm van het in een bepaald ritme genereren van al dan geen lichtpulsen.

Van groot belang voor een netwerkaanbieder is de afstand waarover een signaal kan worden getransporteerd zonder dat het teveel verzwakt. Die signaalverzwakking is, behalve van de kwaliteit van het glas, afhankelijk van de golflengte die wordt gebruikt⁴. Afbeelding 2 laat zien dat voor iedere golflengte van het licht, de verzwakking van het signaal anders is.

Door het verzwakken van de signalen is de overbrugbare afstand tussen zender en ontvanger aan limieten gebonden. Om informatie over zeer lange afstand te kunnen transporteren, zal een netwerkaanbieder dus maatregelen moeten nemen: óf de zenders en ontvangers worden allemaal op een



bepaalde afstand van elkaar geplaatst, óf het signaal wordt onderweg van zender naar ontvanger versterkt. Beide alternatieven brengen uiteraard kosten met zich mee.

▲ Afb. 2
Signaalverzwakking bij verschillende golflengten.

Versterking van optische signalen

Voor het versterken van de optische informatie op weg van zender naar ontvanger kunnen zowel elektrische als optische versterkers worden gebruikt. Bij elektrische versterking wordt het optische signaal eerst omgezet in een elektrisch signaal. Dit signaal wordt (elektrisch) versterkt en vervolgens weer omgezet in een optisch signaal. Voor zeer hoge informatiesnelheden vormt de elektronica van dit type versterker echter een beperking.

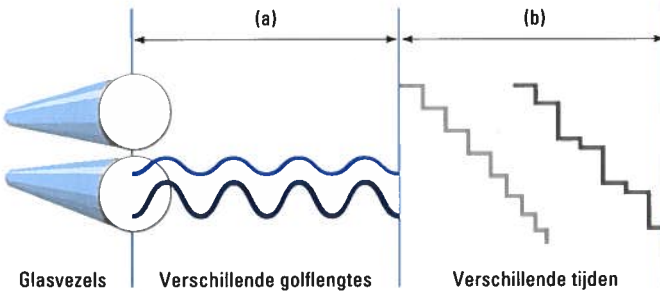
Die beperking kent de optische versterker niet. Bovendien zijn bij optische versterking de omslachtige vertaalslagen (optisch-elektrisch-optisch) uiteraard niet nodig. Door hun (relatieve) eenvoud is het beheer van deze versterkers ook simpeler. In het huidige telecommunicatienetwerk worden elektrische versterkers gebruikt, maar optische versterkers zijn tegenwoordig commercieel verkrijgbaar en kunnen in de nabije toekomst worden ingezet (zie ook de verdiepingsstof).

- De keuze van de gebruikte golflengte is, als eerder gezegd, van groot belang. Rond de golflengte 1,55 micrometer (μm) is de verzwakking het minst (zie afb. 2) en kunnen signalen dus ook over een grotere afstand worden getransporteerd. Door allerlei effecten in de glasvezel vervormen de lichtpulsen rond deze golflengte echter sneller dan bij een golflengte van 1,31 μm ⁵. Bij de golflengte 1,31 μm kunnen dan ook hogere transmissiesnelheden worden bereikt, zonder dat daar speciale en dus dure lasers voor nodig zijn⁶. Op basis van de huidige technologie kunnen tegenwoordig per optische golflengte enorme hoeveelheden informatie worden verzonden; snelheden tot vele tientallen Gbit/s zijn technisch mogelijk.
- Voor de commerciële exploitatie van de glasvezelinfrastructuur ligt er echter een grens aan de technische mogelijkheden. Die grens wordt bepaald door de kosten die moeten worden gemaakt om een bepaalde capaciteit aan te kunnen bieden. In het algemeen geldt: hoe hoger de transportcapaciteit is, hoe complexer -en dus ook hoe duurder- de transmissie-apparatuur zal zijn.
- Meer capaciteit...**
- De introductie van de glasvezel in zakelijke en particuliere omgevingen zal een volgende stap in de optische communicatie zijn. Hierbij geldt dat naarmate grotere hoeveelheden informatie naar zakelijke en particuliere gebruikers worden gebracht, er ook aanzienlijk meer capaciteit in het transmissie- en aansluitnet nodig is⁷. Deze capaciteit kan eenvoudig worden aangeboden door een extra verbinding -zoals een nieuwe glasvezel of glasvezelkabel- in gebruik te nemen. Op deze manier verdubbelt de capaciteit op een bestaande route in één klap⁸. Maar om de verwachte groei van het informatietransport op te kunnen vangen, zou op deze manier wel eens een heel groot aantal vezels nodig kunnen zijn. Op termijn zouden daardoor zelfs opnieuw glasvezelkabels moeten worden gelegd. Omdat dit nu eenmaal een kostbare aangelegenheid is (openbreken van de straat, leggen van kabels, plaatsen van hoofdverdelers enz.), kunnen in dat geval beter tijd- of golflengtemultiplexetechnieken worden toegepast.
- ⁵ Door vervorming of dispersie van de lichtpuls op weg van zender naar ontvanger ontstaat de kans dat een 1 wordt aangezien voor een 0 of andersom.
- ⁶ Lezers die geïnteresseerd zijn in een compleet beeld van het wie, wat en hoe van de optische communicatie kunnen hun hart ophalen in A. Diekema, *Optische communicatie nu en straks (3 dln.)*, PTT Telecom Studieblad, 1989, pp. 108-127, 148-158 en 184-196.
- ⁷ Het Studieblad besteedde eerder aandacht aan de 'verglazing' van het Primaire AansluitNet (PAN) in: N. Baken, T. Otaredian, *Glas in het Nederlandse aansluitnet* en H. Nijhuis, *Optische communicatie in het aansluitnet: stand van zaken en toekomstperspectief*, PTT Telecom Studieblad, december 1992, resp. pp. 669-713 en 714-732.
- ⁸ Deze manier om de capaciteit te vergroten wordt ook wel ruimtemultiplexen of space division multiplexing genoemd.

Bij *tijdmultiplexen* (Time Division Multiplexing of TDM) worden verschillende -optische dan wel elektrische- informatiestromen samengevoegd tot één grotere informatiestroom die pas daarna wordt verstuurd naar een andere bestemming. Tijdmultiplexen is eigenlijk te vergelijken met het autoverkeer: veel kleine verkeersstromen worden via verschillende aanvoerwegen samengebracht tot één grote verkeersstroom op de autosnelweg. Dat kan zowel elektrisch als optisch. Het elektrisch tijdmultiplexen is een veelgebruikte techniek; ATM is daar een goed voorbeeld van. De optische tijdmultiplex-variant staat echter nog in de kinderschoenen en wordt momenteel alleen in laboratoria onderzocht. Deze manier van tijdmultiplexen wordt ook pas belangrijk bij hele hoge informatiesnelheden. Toepassing in het huidige netwerk wordt dan ook voorlopig niet verwacht.

Voor het verhogen van de capaciteit kan ook gebruik worden gemaakt van een andere veelbelovende optische multiplexmethode, het zogenaamde *golflengtemultiplexen* (Wavelength Division Multiplexing of WDM). Deze vorm van multiplexen maakt handig gebruik van het feit dat lichtstromen met verschillende golflengten die tegelijk door een glasvezel gaan, elkaar niet beïnvloeden. De golflengten 1,55 μm en 1,31 μm kunnen zo naast elkaar binnen één enkele glasvezel worden gebruikt⁹. Zonder glasvezelkabels bij te leggen verdubbelt hierdoor in een keer de capaciteit. Deze techniek wordt in het Nederlandse netwerk (UTN) toegepast. Afbeelding 3 illustreert het golflengte- (a) en tijdmultiplexen (b)

⁹ We spreken in dit geval van CWDM of Coarse Wavelength Division Multiplexing.



Nog geavanceerder is het gebruik van meerdere golflengten in het gebied met de minste signaalverzwakking (rond 1,55 μm). De golflengten worden bij deze techniek dicht bij

▲ Afb. 3
Golflengte- (a) en
tijdmultiplexen (b).

¹⁰ In dit geval spreken we van HDWDM (High Density Wavelength Division Multiplexing).

¹¹ Frequentie en golflengte duiden daarmee in principe hetzelfde aan, namelijk de kleur van het licht.

elkaar geplaatst, bijvoorbeeld op 1,549 μm , 1,550 μm en 1,551 μm . Hierdoor ontstaat als het ware een 'venster van golflengten' waarvan de signaalverzwakking tijdens het transport door de glasvezel laag is¹⁰. Op deze manier is de capaciteit alweer verveelvoudigd.

Voor een verdere verhoging van de transportcapaciteit van één enkele glasvezel kunnen de golflengten nog dichter bij elkaar worden geplaatst; bijvoorbeeld op een afstand van 0,0001 μm . In dat geval spreken we van *frequentiemultiplexen* (Optical Frequency Division Multiplexing, of OFDM)¹¹. Op deze manier kunnen in principe meer dan 100 golflengten binnen één glasvezel worden gebruikt. Daarmee zou de capaciteit van één vezel worden verhonderdvoudigd!

Deze multiplextechniek stelt echter zeer hoge eisen aan de laser -de verschillende golflengten mogen elkaar immers niet overlappen- en aan de ontvanger die uit het golflengtevenster de juiste lichtfrequentie moet kiezen. Een geavanceerde techniek hiervoor -de zogenaamde coherente meerkanaalstransmissie, of CMC- wordt toegepast in het COBRA-project dat verderop in het artikel wordt toegelicht. Een ander alternatief maakt gebruik van smalle optische filters, die heel nauwkeurig slechts één tevoren bepaalde lichtgolflengte doorlaten. Zo'n vast ingesteld filter is uiteraard niet de meest flexibele oplossing.

Optische technieken op rij

SDM	Space Division Multiplexing, ruimtemultiplexen
TDM	Time Division Multiplexing, tijdmultiplexen
WDM	Wavelength Division Multiplexing, golflengtemultiplexen
CWDM	Coarse Wavelength Division Multiplexing
HDWDM	High Density Wavelength Division Multiplexing
OFDM	Optical Frequency Division Multiplexing, frequentiemultiplexen
CMC	Coherent MultiChannel, coherente meerkanaalstransmissie

... en meer flexibiliteit

Met het beschikbaar komen van zoveel capaciteit kunnen - zowel in omvang als in verscheidenheid- meer diensten worden aangeboden. Daardoor worden echter wel hoge eisen gesteld aan het flexibel gebruik van het netwerk. Een hoge flexibiliteit in het netwerk wordt onder meer bepaald door de eenvoud van schakelfuncties in het net. Deze functies zorgen ervoor dat de informatie bij de juiste gebruiker terecht komt. Het schakelen of routeren in een netwerk is dan ook eigenlijk te vergelijken met het in goede banen leiden van verkeer op een verkeersplein. Schakelen kent -net als het multiplexen- een elektrische en een optische variant. Bij het elektrisch schakelen komen automobilisten, fietsers, bromfietzers, e.d. als het ware samen op het verkeersplein. Eén verkeersagent (de verkeerscentrale) bepaalt vanuit een centraal punt op het plein, wie wanneer waar naartoe gaat. Op het 'optische verkeersplein' daarentegen komen als het ware wandelaars samen en staan verschillende auto's klaar. De gebruiker geeft aan waar hij naar toe wil en krijgt vervolgens van een al dan niet centraal opgestelde wagenpark-beheerder (besturingssysteem) één van de auto's (golflengte) toegewezen. Zelf zorgt hij verder voor het transport. Daarmee 'verschuift' de schakelfunctie van centrale naar gebruiker. Deze laatste zorgt zelf voor het zenden van signalen en ontvangt/selecteert ook zelf de golflengte die voor hem is bestemd. Voor de selectie van de golflengte zijn verschillende technieken mogelijk (o.a. coherente meerkanalstransmissie).

Juist door deze eenvoud introduceert de optische schakel-variant meer flexibiliteit in het netwerk. Nog meer flexibiliteit wordt mogelijk wanneer op het optische verkeersplein autobussen klaarstaan, waarin meerdere wandelaars worden vervoerd. Deze combinatie van samenvoegen (multiplexen) en in goede banen leiden (schakelen) kan van pas komen, wanneer een gebruiker bijvoorbeeld meerdere diensten zoals spraak, video en data wil gebruiken maar slechts één golflengte tot zijn beschikking heeft. Door de verschillende diensten eerst elektrisch te multiplexen en daarna op één golflengte te verzenden kan de gebruiker flexibel gebruikmaken van de beschikbare capaciteit. Aan ontvangtzijde vindt een soortgelijk proces maar dan in omgekeerde volgorde plaats.

In dit voorbeeld is ervan uitgegaan dat de gebruiker alle informatie (spraak, video en data) naar één punt verzendt. Wil de gebruiker een deel van zijn informatie alleen naar A en een ander deel alleen naar B verzenden, dan zal hij óf een tweede golflengte gebruiken, óf gebruik maken van een 'tussen-station'. De autobus uit het eerdere voorbeeld maakt dan als het ware een tussenstop, waar een deel van de informatie kan overstappen.

Zowel ATM (Asynchronous Transfer Mode) als SDH (Synchrone Digitale Hiërarchie) zijn om dit te bereiken goed te combineren met optisch golflengtemultiplexen. Tal van nieuwe breedbanddiensten kunnen zo flexibel worden aangeboden¹².

¹² Een uitgebreide behandeling van deze nieuwe vorm van informatietransport is te vinden in: J.W. Limpers, T. Poelheken, *ATM: bouwsteen voor de informatienetweg*, PTT Telecom Studieblad, april/mei 1994, pp. 284-309. Ook SDH komt in dit nummer van het Studieblad aan de orde in het artikel J. Nijland, *SDH: van transmissie naar elektronisch informatie-transport*, pp. 264-283.

SDH en ATM

Met SDH worden de tekortkomingen ondervangen van de techniek die nu de basis vormt voor het overgrote deel van het transportnet (PDH, of Plesiochrone Digitale Hiërarchie). SDH maakt namelijk een hogere betrouwbaarheid en uitgebreidere beheerfaciliteiten mogelijk. De techniek is echter niet flexibel genoeg om allerlei diensten efficiënt te ondersteunen. Bovendien kent SDH snelheden van meer dan 155 Mbit/s waardoor deze techniek voor de toegang naar het transportnet voorlopig te duur blijft. Ten slotte kent SDH geen schakelfunctionaliteit zodat verbindingen alleen op semi-permanente wijze kunnen worden opgezet. Voor toepassing in het openbare netwerk kan deze vorm van circuitschakelen op korte termijn wel belangrijke voordelen hebben. Een van die voordelen is de mogelijkheid om informatie betrouwbaar en over grote afstanden te transporteren. In de evolutie naar het netwerk van de toekomst kan SDH zeker als 'drager' van ATM een belangrijke rol spelen.

Deze laatste techniek maakt voor transmissie, schakelen of multiplexen geen onderscheid tussen de verschillende soorten informatie die wordt uitgewisseld of diensten die worden geleverd. Geluid, beeld, data of welk type informatie dan ook kan met behulp van ATM worden 'verpakt' in korte pakketten die -voorzien van een etiket (header)- als zogenaamde cellen worden verstuurd. Deze cellen kunnen naar behoefte worden

gegenereerd en verstuurd. Omdat alle ATM-cellen aan hun etiket zijn te herkennen, kunnen cellen van verschillende gebruikers worden gemengd (gemultiplexed) op één transmissielijn. Er is bij ATM dus sprake van een uniform mechanisme voor spraak, data, video of welke nieuwe transportdienst dan ook. Die uniformiteit geldt niet alleen voor het transport maar ook voor het schakelen. Een ATM-netwerk kan dan ook op uniforme wijze worden beheerd.

Voor het opwaarderen van een netwerk ligt het dus voor de hand de breedbandtechniek ATM te combineren met een geavanceerde optische multiplexetechniek¹³. De voordelen van zo'n combinatie laten zich goed illustreren in een omgeving waar hoge eisen worden gesteld aan de capaciteit en flexibiliteit van een netwerk. Een netwerk dat bovendien in staat moet zijn om grote hoeveelheden data met hoge snelheid te transporteren en te routeren. Daarbij kan worden gedacht aan het transmissienet tussen grote verkeerscentrales (UTN-Hoofdnet) of aan bedrijfsnetwerken waarop 'zware' zakelijke toepassingen draaien. De mogelijkheden van geavanceerde optische multiplexetechnieken in dergelijke omgevingen zijn in het Europese RACE COBRA-project onderzocht.

RACE COBRA-project

Binnen het RACE-project¹⁴ COBRA wordt voor verschillende toepassingen onderzoek gedaan naar de mogelijkheden van geavanceerde optische multiplexetechnieken. In het project ligt daarbij de nadruk op de combinatie van golflengte- en tijdmultiplexen¹⁵.

Coherente meerkanaaltransmissie (CMC)

Coherente meerkanaaltransmissie of CMC-transmissie is een geavanceerde uitvoering van OFDM-signaaltransport. Voor de detectie (herkenning) van de dicht bij elkaar liggende signalen is aan de ontvangtzijde geavanceerde apparatuur nodig. Zo'n ontvanger wordt een coherente optische ontvanger genoemd. De coherente ontvanger kan – net als een radio – een selectie

¹³ Bijvoorbeeld High Density Wavelength Division Multiplexing of Coherente meerkanaaltransmissie.

¹⁴ RACE staat voor Research and Development in Advanced Communications technologies in Europe.

¹⁵ In het project is de combinatie WDM, ATM en CMC onderzocht. De kennis die op deze manier is opgebouwd, is echter evenzeer van toepassing voor alle andere combinaties zoals de combinatie WDM, ATM en HDWDM.

maken uit het grote aantal, dicht op elkaar liggende golflengten (kanalen).

De ontvanger zelf is daartoe uitgevoerd met een ontvangstlaser: de zogenaamde lokale oscillator (LO). De te ontvangen golflengte van het licht in de glasvezel wordt in de coherente ontvanger 'gemengd' met licht afkomstig van de lokale oscillator. Door deze oscillator dicht in de buurt van de gewenste golflengte te verstemmen (zoals het 'draaien' aan de radioknop) kan één van de coherente golflengten worden gekozen. Deze golflengte kan vervolgens worden omgezet naar een elektrisch signaal dat bij veel lagere frequenties eenvoudiger en daardoor goedkoper kan worden verwerkt. De gevoeligheid van deze coherente ontvangers is bijzonder hoog. Daardoor kunnen zenders en ontvangers op veel grotere afstand van elkaar worden geplaatst dan met conventionele zenders en ontvangers mogelijk is.

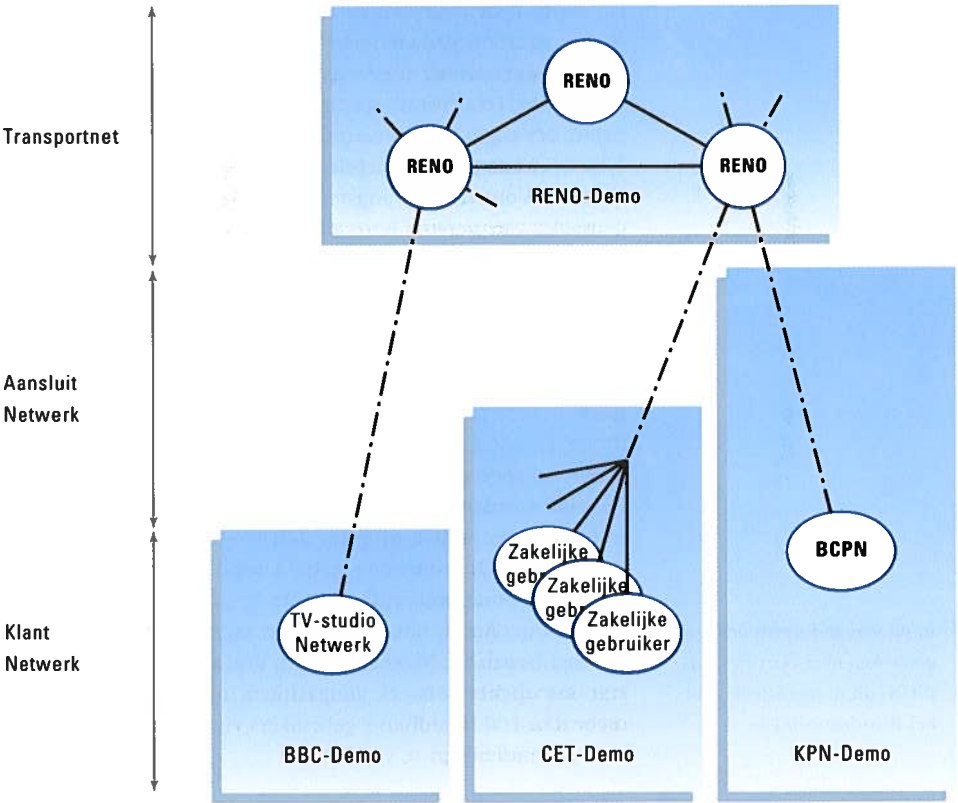
Door de bouw van demonstratie-opstellingen en het uitvoeren van veldproeven wordt gekeken hoe coherente meerkanaalstransmissie kan worden gebruikt binnen een landelijk netwerk en binnen verschillende zakelijke omgevingen. De mogelijkheden, beperkingen en vereisten worden daarbij geïnventariseerd. Ook de toekomstvastheid van de infrastructuur wordt beoordeeld en mogelijke introductiestrategieën worden -op basis van de bestaande infrastructuur- ontwikkeld. De samenwerking van coherente meerkanaalstransmissie met bestaande breedbandtechnieken zoals ATM en SDH is daarbij uiteraard van groot belang. De demonstrators, waarin laboratorium- en commerciële apparatuur zijn samengebracht, richten zich niet alleen op optische technieken maar ook op netwerkbeheer, signalering en breedbanddiensten.

Demonstrators

De RACE COBRA-demonstrators bestrijken verschillende delen van het telecommunicatienetwerk (core-, aansluit- en klantnetwerk). De demonstrators tonen de toepassing van coherente transmissie tussen drie grote verkeerscentrales en binnen drie optische netwerken in een zakelijke omgeving. Deze zakelijke klantnetwerken betreffen:

- een studio-omgeving bij de Britse omroep BBC,
- punt-punt en punt-multipunt videoconferentieverbindingen,
- een breedbandig flexibel netwerk in een ziekenhuis.

De relatie tussen de verschillende demonstrators en de netwerksegmenten waarbinnen coherente transmissie wordt toegepast, is weergegeven in afbeelding 4.



Coherente transmissie tussen verkeerscentrales. Het deel van het netwerk dat gegevens tussen grote nationale en internationale verkeerscentrales transporteert, ook wel core-netwerk genoemd, wordt gedemonstreerd aan de hand van drie grote verkeerscentrales, of zogenaamde RENO's ('REconfigurable NOdes'). Tussen deze centrales kunnen coherente

▲ Afb. 4
COBRA-demonstrators en
netwerksegmenten.

¹⁶ In het COBRA-project zijn dit er maximaal vier.

kanalen – ieder met een transportcapaciteit van 2,5 Gbit/s – flexibel worden geschakeld¹⁶. Met één centrale kunnen in totaal 16 kanalen van 2,5 Gbit/s (8 binnenkomende en 8 uitgaande) in elke gewenste combinatie worden gerouteerd. Door deze flexibele routeringsmogelijkheid kan worden ingespeeld op wijzigingen in de verkeersverdeling binnen het netwerk of kunnen calamiteiten binnen het netwerk worden opgevangen.

Coherent optisch netwerk in een studio-omgeving. De studio-demonstrator is een veldproef waarin een drie-kanaals coherent systeem wordt toegepast om een aantal HDTV (High Definition TeleVision) studio-apparaten aan elkaar te koppelen. Niet-gecomprimeerde digitale video-signalen van 2,5 Gbit/s kunnen zo in wisselende configuraties worden verzonden. Voor de ontvangst van de signalen wordt gebruik gemaakt van verstembare optische ontvangers (denk aan een radio die je op een bepaalde golflengte kunt afstemmen). Hierdoor hoeven geen elektrische schakelaars te worden gebruikt. De studio-demonstrator is zo ontworpen dat de capaciteit van het netwerk eenvoudig kan worden uitgebreid tot honderd coherente kanalen voor het totale netwerk.

Coherent optisch netwerk voor videoconferentie-verbindingen. De videoconferentie-demonstrator toont een veldproef met punt-punt en punt-multipunt videoconferenties tussen verschillende locaties in een gebied rond de Portugese stad Aveiro. De demonstrator maakt gebruik van coherente apparatuur, die op afstand via een ISDN-verbinding¹⁷ kan worden bestuurd. Momenteel zijn drie zakelijke gebruikersstations op het netwerk aangesloten, maar het is mogelijk meer dan 100 breedband-gebruikers via dit passief optische netwerk met elkaar te verbinden.

¹⁷ In dit verband wordt ook wel gesproken over Narrowband-ISDN, dit in tegenstelling tot het Broadband-ISDN.

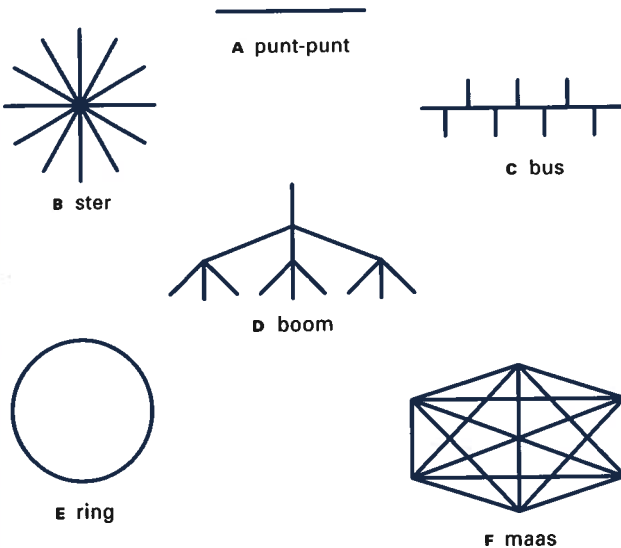
Breedbandig flexibel netwerk in een ziekenhuis-omgeving. De laatste demonstrator, die staat opgesteld bij KPN Research, omvat een breedbandig flexibel netwerk in een ziekenhuis. In deze demonstrator is een aantal ziekenhuisfuncties samengebracht: een operatiekamer, de spreekkamer van een arts en een specialistenkamer, dat wil zeggen een ruimte waar patiënten kunnen binnenlopen om op afstand een medisch specialist te raadplegen. Ook een medische data-

bank, die zich op zo'n 10 km buiten het ziekenhuis bevindt, is onderdeel van de demonstrator. Via een passief optisch netwerk (PON) kan tussen de verschillende ruimten een groot aantal distributieve en interactieve breedbanddiensten worden geleverd. Vijf coherente 155 Mbit/s-ontvangers en -zenders worden binnen het netwerk gebruikt voor de transmissie.

Aan de hand van deze demonstrator zal in de volgende paragrafen een aantal aspecten van coherent optische technieken worden belicht.

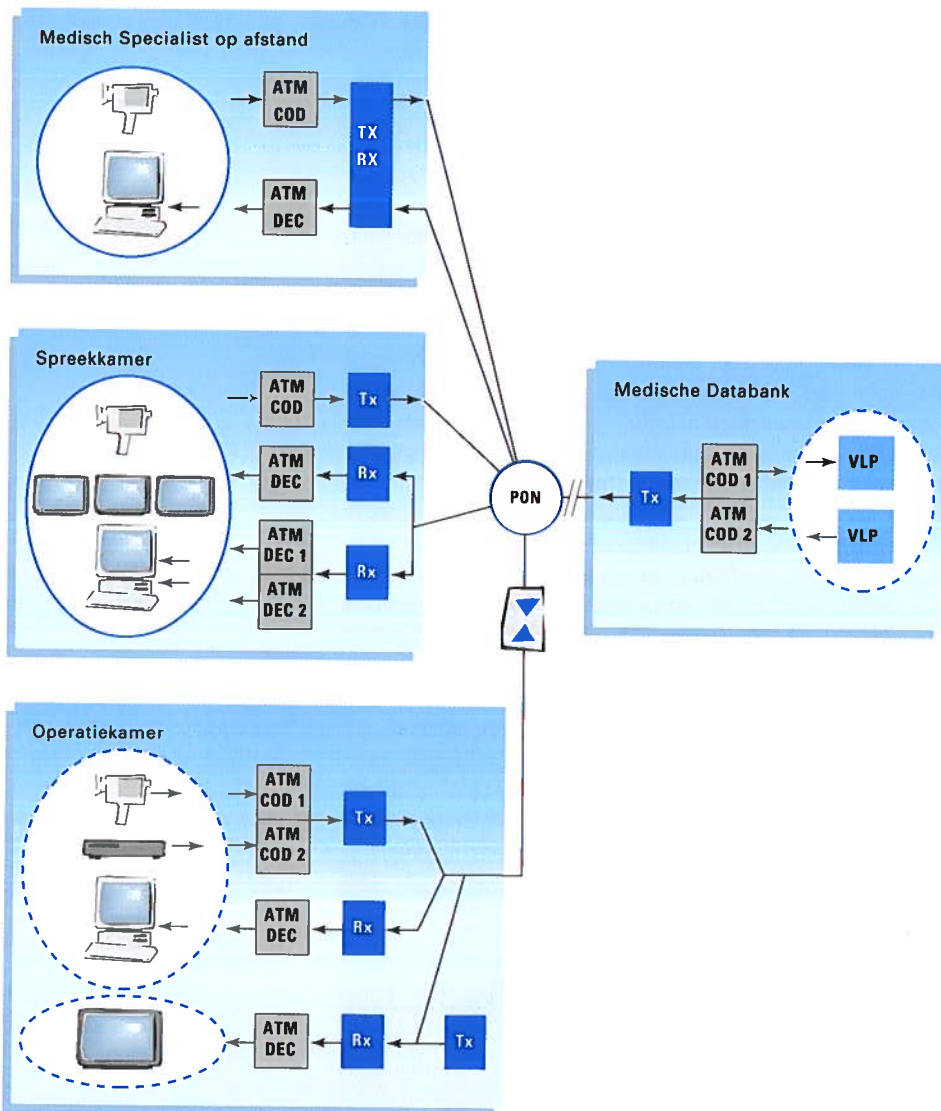
Verkeersstromen in een ziekenhuis

De operatiekamer, de spreekkamer, de specialistenruimte en de medische databank zijn via een passief optisch netwerk (PON) met elkaar verbonden. Via het passief optisch netwerk is, zoals overigens voor alle optische netwerken geldt, tweerichtingstransmissie over één enkele glasvezel mogelijk (bi-directioneel verkeer). Een passief optisch netwerk, dat de vorm heeft van een boomstructuur (zie afb. 5), bestaat uit vele achter elkaar geplaatste optische splitspunten. In ieder splitspunt -vergelijkbaar met een Y-splitsing- wordt het licht precies verdeeld over de uitgangen. Door meerdere van deze splitspunten achter elkaar te plaatsen,



◀ Afb. 5

Algemeen gebruikte principes voor netwerkarchitecturen. Het passief optisch netwerk of PON bestaat uit een boomstructuur



► Afb. 6

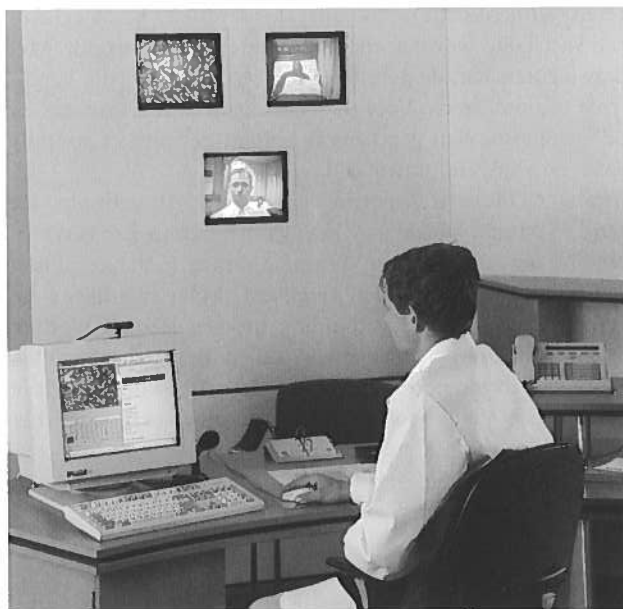
De verdeling van de coherente en ATM-breedbandapparatuur over de verschillende ruimten van de COBRA-ziekenhuisdemonstrator bij KPN Research. Er kan gebruik gemaakt worden van o.a. een medische databank, videofoons en multi-functionele terminals.

kan het ingaande licht als het ware worden gedistribueerd (verdeeld) over een groot aantal uitgangen. Door het gebruik van splitspunten komt het licht dat een gebruiker het netwerk instuurt vanzelfsprekend bij alle andere aangesloten netwerkgebruikers terecht.

Binnen het ziekenhuisnetwerk worden vijf coherente 155 Mbit/s-ontvangers en -zenders gebruikt voor de transmissie. Drie hiervan staan opgesteld in de specialistenruimte, de operatiekamer en de spreekkamer. Voor de medische databank, die alleen wordt geraadpleegd, kan met uitsluitend

een zender worden volstaan. Om verschillende diensten gelijktijdig in de spreekkamer te kunnen ontvangen, is deze ruimte uitgerust met een extra ontvanger. Eén coherente 155 Mbit/s-zender en -ontvanger, tenslotte, wordt speciaal gebruikt voor technische demonstraties.

Met behulp van deze apparatuur kunnen patiënten in de specialistenkamer of de chirurg in de operatiekamer via een hoge-kwaliteit beeldtelefoonverbinding op afstand iemand raadplegen. Mocht een medische specialist voor zijn diagnose nadere informatie nodig hebben, dan kan hij een centraal medisch archief (databank) raadplegen. In deze databank ligt medische informatie (bewegende beelden met geluid) opgeslagen. Ook video-uitzendingen via het netwerk zijn mogelijk. Door middel van deze dienst kan bijvoorbeeld een unieke operatie vanuit de operatiekamer worden uitgezonden naar specialisten op verschillende locaties. Tenslotte kunnen de verschillende diensten ook gelijktijdig in één ruimte worden ontvangen.



◀ Foto 2

Om in één ruimte drie breedbanddiensten te kunnen ontvangen wordt in de ziekenhuis-opstelling bij KPN Research gebruik gemaakt van elektrisch tijdmultiplexen en optisch golflengtemultiplexen.

Op de foto is deze laatste situatie zichtbaar. De arts heeft hier drie beeldschermen tot zijn beschikking. Op het eerste beeldscherm is een patiënt in de operatiekamer zichtbaar.

Het tweede beeldscherm toont de collega-medicus waarmee de arts via een videoverbinding zijn diagnose bespreekt. Op het derde beeldscherm wordt tegelijkertijd medisch archiefmateriaal van de patiënt gepresenteerd.

Netwerkbeveiliging

Binnen een passief optisch netwerk kunnen de aangesloten gebruikers in principe alle verzonden data ontvangen. Kwaadwillende gebruikers zouden dus een beeldtelefoonverbinding binnen het netwerk af kunnen luisteren door handmatig een coherente ontvanger af te stemmen op de gewenste golflengte. Ook patiënten in de spreekkamer zouden op zo'n manier inzicht kunnen krijgen in andermans gegevens van de medische databank. Om dergelijke situaties te voorkomen, is een goede netwerkbeveiliging vereist. Binnen het COBRA-project wordt het netwerk beveiligd door middel van authenticatie en data-encryptie. Gebruikers van het netwerk moeten zich allereerst identificeren (authenticatie). Pas nadat de identiteit van de gebruiker vaststaat, worden encryptiesleutels uitgewisseld. Met deze sleutels kan de gebruiker vervolgens informatie vercijferen of ontcijferen. Voor de identificatie van gebruikers en de vercijfering van gegevens is binnen het project speciale hard- en software ontwikkeld.

Omdat ATM als transportmechanisme wordt gebruikt, zal een 155 Mbit/s-kanaal over het algemeen meer dan één verbinding omvatten. Iedere verbinding moet in dat geval met een unieke sleutel worden vercijferd. Maar niet alleen bij het opzetten van een verbinding moeten sleutels worden toegekend. Ook 'nieuwkomers' zullen het netwerk willen gebruiken en moeten dus over een sleutel beschikken. Deze dynamische sleuteltoekenning wordt uitgevoerd door het centrale besturingssysteem.

Besturingssysteem

Het besturingssysteem kent drie basisfuncties: *a.* het opzetten van de verbindingen tussen de gebruikers, *b.* het toekennen van de verschillende sleutels aan gebruikers en *c.* het toekennen van de verschillende golflengten aan verbindingen. Deze drie functies worden op één centrale locatie uitgevoerd en vereisen interactie met de gebruikers. Die inter-

actie verloopt over een apart besturingsnetwerk, dat op dezelfde glasvezelinfrastructuur is geïmplementeerd als het coherente netwerk. Daardoor kan handig gebruik worden gemaakt van de verbindingen tussen het centrale netwerkbesturingssysteem en alle zenders en ontvangers in het netwerk.

Beide netwerken maken gebruik van een eigen golflengte. Voor de signaleringsinformatie van het besturingsnetwerk bedraagt de golflengte 1,31 μm . Deze golflengte wordt gemultiplexed met de coherente kanalen die zich in een golflengtevenster rond 1,55 μm bevinden.

Dit WDM-multiplexen van coherente kanalen en het signaleringskanaal is één van de multiplexniveaus die de demonstrator kent. De andere multiplexniveaus bestaan uit het multiplexen van de coherente kanalen zelf en het multiplexen van meerdere ATM-verbindingen binnen één enkel coherent kanaal. Dit multiplex-concept heeft niet alleen als voordeel dat het netwerk toegankelijker en flexibeler wordt, ook de totale capaciteit van het net kan beter worden geëxploiteerd.

Tot slot

Voor het wekelijkse telefoongesprekje met ome Harry of tante Truus biedt het huidige netwerk ruim voldoende capaciteit en flexibiliteit. Alhoewel dit dagelijkse gebruik nog steeds toeneemt, is het de vraag of hiervoor ooit ingrijpende aanpassingen van het netwerk noodzakelijk zijn. Het steeds grotere beroep op capaciteit, met name vanuit de zakelijke wereld, maakt de toepassing van optische multiplextechnieken echter noodzakelijk. Ook de verwachtingen over het gebruik binnen enkele jaren van de elektronische snelweg door consumenten wijzen in deze richting. Wanneer de nieuwe optische technieken worden gecombineerd met elektrische multiplextechnieken en optische schakelfuncties ontstaat bovendien een netwerk dat aanzienlijk flexibeler kan worden gebruikt. Het onderzoek en de veldproeven binnen het RACE COBRA-project hebben dit aangetoond.

Het voordeel van optische multiplextechnieken is daarbij dat er niet telkens nieuwe glasvezelkabels hoeven te worden bijgelegd om de capaciteit te verhogen. De technieken sluiten bovendien aan op de mogelijkheden van SDH en ATM.

Door het bouwen van demonstrators is bovendien duidelijk geworden dat de technieken inderdaad praktisch toepasbaar zijn. Technieken zoals het golflengtemultiplexen op 1,55 μm en op 1,31 μm worden al toegepast om de capaciteit in het Nederlandse netwerk te verhogen. Al naar gelang de vraag naar capaciteit en flexibiliteit zal doorzetten, kunnen meer golflengten worden gebruikt. De praktische introductie van systemen die de capaciteit van de glasvezel kunnen verhonderdvoudigen, wordt pas over een jaar of tien verwacht.

Dr.ir. P.J.M. Peters trad in 1994 in dienst van KPN Research, waar hij sindsdien betrokken is geweest bij het RACE COBRA-project. Momenteel is hij actief in het onderzoek naar Optische Netwerk Innovatie, waaronder de opvolger van COBRA: het Europese project ACTS-PLANET (Photonic Local Access NETWORK). Dit project

onderzoekt een toekomstig optisch aansluitnet gebaseerd op ATM waarmee zowel distributieve als interactieve breedbanddiensten geboden kunnen worden aan een groot aantal gebruikers (max. 2.048) over lange afstanden (max. 100 km) en waarin ook optische versterkers een rol spelen.

Verdiepingsstof: coherent optische communicatie

Eind jaren '80 is in vele laboratoria het onderzoek naar de toepassing van coherent optische technieken gestart. In deze verdiepingsstof worden de laatste ontwikkelingen op dit terrein aan de hand van een literatuurstudie in beeld gebracht. Na een algemene inleiding zal in aparte paragrafen worden ingegaan op coherent optische transmissie, coherent optische ontvangers, research-inspanningen in diverse landen op dit gebied en toepassingen binnen kabeltelevisie, LAN/MAN, multicarrier-systemen en sterkoppeelaars. Een overzicht van de geraadpleegde literatuur wordt aan het slot gegeven.

Bij bestaande optische communicatiesystemen wordt informatie verzonden door de lichtstraal van de laser aan en uit te schakelen (aan-/uit-, amplitude-modulatie). Deze modulatiemethode, die duidelijke grenzen oplegt aan de transmissiesnelheid, wordt intensiteitsmodulatie (IM) genoemd. Bij deze systemen vindt aan de ontvangtzijde directe detectie (DD) plaats. Reden waarom ook wel over IM/DD-systemen gesproken wordt. IM/DD is een eenvoudige en volwassen techniek.

Coherent optische transmissie maakt specifiek gebruik van de golfeigenschappen van het licht. De frequentie en fase van het verzonden licht worden veranderd (FM- en fasemodulatie), zodat verscheidene optische signalen met zeer hoge snelheden via één vezel kunnen worden verzonden. Ook de invloed van lichtverzwakking wordt verminderd. De gevoeligheid van de ontvanger komt dicht in de buurt van de fundamentele gevoeligheidslimiet. De te overbruggen afstand wordt hierdoor belangrijk vergroot.

Door toepassing van coherent optische technieken zal de transmissiecapaciteit van glasvezels sterk kunnen worden uitgebreid. Het gebruik van heterodyne technieken maakt het mogelijk om het enorme bandbreedtepotentieel van de glasvezel te benutten. Monomodusvezels (zie afb. 1 van de hoofdtekst)

kunnen tegenwoordig in het golflengtegebied van 1250-1600 nanometer (nm) worden gebruikt. Dit representeert een bandbreedte van ongeveer 50 terahertz (THz). Indien afzonderlijke optische draaggolffrequenties op een afstand van 10 GHz worden gezet, betekent dit dat er meer dan 5.000 draaggolven gelijktijdig in dit frequentiegebied kunnen worden getransporteerd.

Coherent optische transmissie

Laserlicht is van nature coherent, d.w.z. het kent een sterke, ordelijke samenhang (denk aan lasershows!). Een laser produceert een lichtbundel die pas na het afleggen van grote afstanden langzaam breder wordt. Al omstreeks 1989 konden halfgeleiderlasers worden gemaakt met een behoorlijke coherentie. Hoe beter en hoe langduriger de geproduceerde lichtgolven een zuivere sinus benaderen, des te hoger is de coherentiegraad van de lichtbron. Voor coherente transmissie is het nodig dat de oorspronkelijke lijnbreedte van halfgeleiderlasers van enkele honderden GHz aanzienlijk gereduceerd wordt. Ideaal is een monomodus-spectrum van minder dan 1 MHz.

Lasers voor coherent optische transmissie dienen zeer stabiel te zijn en licht uit te zenden met een uiterst geringe spectrale breedte. Hierdoor kan het laserlicht als *draaggolf* gemoduleerd worden. In analogie met de radiocommunicatie is dan zgn. heterodyne detectie (zie verderop) mogelijk. Tot de lasers met een uiterst kleine spectrale breedte behoren DFB- (Distributed Feedback) en DBR-lasers (Distributed Bragg Reflector). In het begin was de lijnbreedte van DFB-lasers nog tamelijk groot (5-50 MHz), inmiddels is deze waarde voldoende gedaald zoals uit tabel 1 blijkt. Door de laser uit te voeren als een zogenaamde 'Long External Cavity'-laser kunnen zelfs lijnbreedten van rond de 10 kHz of minder worden gehaald. Rond 1992 waren dergelijke lasers commercieel verkrijgbaar met een lijnbreedte van minder dan 100 kHz.

Lasers voor coherent optische transmissie

Fabrikant	Uitgangs- vermogen	Spectrale lijnbreedte	Afstem- bereik	Bijzonder- heden (materialen/ type)
BT		50 kHz		
BT&D (BT/Du Pont)	0,5 mW	100 kHz		TSL1000
Fujitsu	38 mW	490 kHz	100 kHz-10 GHz	
Hitachi		3,6 kHz		InGaAsP en InP
Mitsubishi	8 mW	5 MHz		FU-625PDF-2 DFB-laser
NEC		< 1 MHz		DFB-laser
NTT	> 10 mW	< 3 MHz	> 1 nm (130 GHz)	DFB-laser
Oki	> 10 mW	ca 80 kHz		InGaAsP en InP

Tabel 1

In de afgelopen paar jaar is aanzienlijke vooruitgang geboekt op het gebied van specifieke lasers voor 1550 nm. Deze vooruitgang betreft hogere uitgangsvermogens, een aanzienlijke vermindering van de lijnbreedte en een toename van het afstembereik. Ook de lange-termijn stabiliteit is veel beter dan oorspronkelijk verwacht werd. Verschillende fabrikanten hebben met succes geheel compatibele zenders en lokale lasers (voor gebruik in coherente ontvangers) kunnen fabriceren. Coherente transmissie heeft het experimentele stadium verlaten en wordt nu in diverse veldproeven getest.

Een aspect van de lasertechnologie dat nog niet genoemd is, is ruis. Laserintensiteitsruis is het gevolg van het fluctueren van de door de laser uitgezonden

lichtstroom. Gewoonlijk wordt deze ruis gedefinieerd als relatieve intensiteitsruis (relative intensity noise of RIN; -130 dB/Hz tot -160 dB/Hz voor een laserdiode). Bij een grote lichtstroom kan de RIN-waarde belangrijk worden, zoals bij transmissie met zeer hoge snelheden in de orde van enkele Gbit/s. Voor coherente detectie kan dan het beste worden gekozen voor een gebalanceerde mixerconfiguratie (zie hierna) om de ruis van de lokale laser te minimaliseren. Valt de keuze niet op dit type detector dan moet bij zeer hoge bitsnelheden de RIN-waarde van de lokale laser in de ruisberekeningen worden meegenomen.

Coherent optische ontvangers

Coherente detectie maakt gebruik van het golfaspect, de sinusvormige aard, van het licht. IM/DD-

systemen zijn daarentegen gebaseerd op de intensiteit van het licht. Via directe detectie wordt het optische signaal onmiddellijk omgezet in een gedemoduleerd elektrisch uitgangssignaal.

Er zijn twee typen coherente ontvangers:

- heterodyne ontvangers (o.a. 'balanced mixer configuration'),
- homodyne ontvangers.

Bij beide typen ontvangers wordt het optische ingangssignaal eerst gemengd met het signaal van een lokale laser (lokale oscillator, LO). Dit signaal is veel sterker dan het externe, waardoor een gunstige signaal/ruis-verhouding ontstaat. Bij heterodyne detectie heeft het signaal van de lokale laser een andere frequentie dan het ingangssignaal (vandaar heterodyne), terwijl bij homodyne detectie beide signalen exact dezelfde frequentie moeten hebben.

Door de menging ontstaat een conversie van het optische domein (in de orde van 200 THz) naar het radiodomein (tot enkele GHz). Gesproken wordt ook wel van een conversie naar middenfrequenties (IF, Intermediate Frequency); dit zijn frequenties in de orde van enkele tientallen MHz tot enkele GHz. Bij homodyne detectie is de verschilfrequentie zelfs 0 Hz. Voor het filteren, demoduleren en versterken van signalen met deze frequenties kunnen conventionele elektronische technieken worden gebruikt. Het mengen gebeurt door een optische koppelaar. Het signaal uit de koppelaar wordt naar een fotodetector geleid, die dit optische signaal omzet in een elektrisch signaal.

Als fotodetectoren worden tegenwoordig uitsluitend halfgeleiderdetectoren gebruikt. Dit kunnen PIN-dioden (Positive Intrinsic Negative) of lawinefotodioden zijn. PIN-dioden worden meestal in combinatie met een FET-versterker gebruikt. Lawinefotodioden zijn dioden met interne versterking en worden ook wel APD's (Avalanche Photo Diode) genoemd. In beide typen detectoren wordt door het invallende optische signaal een elektrische stroom opgewekt die evenredig is met het optische vermogen.

Heterodyne ontvanger. Het principe van de heterodyne ontvanger is in de radiotechniek al heel lang bekend, maar natuurlijk wordt daar met radio- in plaats van met optische signalen gewerkt. De analogie valt echter nog verder door te trekken. De huidige glasvezelcommunicatiesystemen lijken op de eerste generatie radiocommunicatiesystemen waarin eveneens directe detectie werd toegepast. De volgende generatie glasvezelsystemen zal van heterodyne detectie gebruik maken. De optische communicatie via glasvezels maakt wat dit betreft dezelfde ontwikkeling door als de radiocommunicatie.

Bij heterodyne detectie ontstaat aan de uitgang van de detector onder andere een samengesteld signaal met de verschilfrequentie van de twee gemengde signalen. Dit signaal is recht evenredig met het optische vermogen.

Homodyne ontvanger. Voor homodyne ontvangst moeten de optische frequenties van het inkomende signaal en van de lokale oscillator precies gelijk zijn. Verder is nodig dat ter plaatse van het detectoroppervlak de optische amplituden goed optellen, dat wil zeggen dat de optische velden op dezelfde wijze (lineair en parallel) gepolariseerd zijn. Daarom komen als transmissiemedium voor coherent optische systemen alleen monomodusvezels in aanmerking. Theoretisch kan met homodyne detectie en Phase Shift Keying (PSK) de fundamentele gevoeligheidslimiet (ook wel quantumlimiet genoemd) het dichtst worden benaderd.

In dit geval wordt het gecombineerde signaal in de basisband teruggewonnen. Homodyne-detectie geeft potentieel een 3 dB verbetering van de ontvangergevoeligheid en vereist ook een kleinere bandbreedte dan heterodyne-detectie (vaak een factor 3 tot 4 minder). De complexiteit van een homodyne ontvanger is echter veel groter. Er worden dan ook hoge eisen aan dit type ontvangers gesteld. Praktisch betekent dit dat bij heterodyne detectie de quantumlimiet gemakkelijker vrij dicht kan worden benaderd, zij het nooit zo dicht als met een ideale homodyne ontvanger.

Balanced mixer configuration. In 1989 zijn reeds waarden voor de gevoeligheid van heterodyne ontvangers gerapporteerd die slechts ongeveer 10 dB boven de quantumlimiet liggen. Door bij de detectie niet één maar twee detectoren te gebruiken, kan de ruis van de lokale oscillator sterk verminderd worden. Deze benadering wordt vaak gekozen en wordt een 'balanced mixer configuration' genoemd. In een mengschakeling van dit type worden de nuttige signalen uit de koppelaar constructief samengevoegd (opgeteld), terwijl de intensiteitsruis van de lokale oscillator destructief wordt opgeteld en aldus wordt geminimaliseerd. Momenteel kunnen heterodyne ontvangers voor 2,5 Gbit/s worden gemaakt die qua prestaties dicht in de buurt van de theoretische voorstellingen komen.

IM/DD- of coherent optische systemen?

Het gebruik van coherent optische technologie heeft vooral de volgende voordelen:

- verbetering van de systeemgevoeligheid van de ontvanger,
- superieure frequentieselectiviteit,
- mogelijkheid tot effening in een middenfrequentband.

De prestatie van een heterodyne ontvanger kan vervolgens worden gekarakteriseerd in termen van:

- gevoeligheid,
- minimale optische kanaalafstand,
- afstembereik.

Een essentieel element in de ontvanger is de lokale oscillator-laser (LO-laser). Belangrijke parameters van deze laser zijn het afstembereik (bij voorkeur continu afstembaar), de lijnbreedte en het uitgangsvermogen.

Systeemgevoeligheid. De systeemgevoeligheid van de ontvanger is het minimaal noodzakelijke optische vermogen aan de ingang van de ontvanger dat nodig is om een vooraf gestelde bitfoutkans (BER) te realiseren. Meestal bedraagt deze 10^{-9} . De winst bij deze vorm van detectie wordt veroorzaakt door de filte-

rende werking van het proces, dat de invloed van ruis sterk verkleint. Afhankelijk van de gekozen modulatiemethode is theoretisch een toename van de gevoeligheid met 15-20 dB ten opzichte van directe detectie (DD) mogelijk. Hierdoor wordt ook een overeenkomstige vergroting van de te overbruggen afstand van de optische verbinding mogelijk.

Nagenoeg alle uit de radiotechniek bekende modulatiemethoden zijn mogelijk. De modulatiemethode PSK (in combinatie met homodyne detectie) levert de grootste winst op.

Coherente technieken bieden dan ook, als enige, de mogelijkheid om bij 1300 nm of 1550 nm in de buurt te komen van de fundamentele gevoeligheidslimiet: de zogenaamde 'shot noise limit'. Deze limiet wordt ook wel *quantumlimiet* genoemd. Een optisch signaal kan beschouwd worden als een stroom fotonen. Deze stroom bevat een bepaalde mate van variatie die quantumruis genoemd wordt. De *quantumlimiet* is het minimaal benodigd optisch vermogen om een bepaalde signaal/ruis-verhouding te verkrijgen.

Bij coherente detectie is het optische signaal veel groter dan bij directe detectie. In feite is dit signaal zo groot, dat de ruisbijdragen van de detector en de versterker onbelangrijk worden in vergelijking met de quantumruis van het totale optische signaal. Voor coherente detectie kan worden afgeleid dat de signaal/ruis-verhouding onafhankelijk is van het vermogen van de lokale oscillator.

Dit voordeel van een verhoogde systeemgevoeligheid heeft ingeboet door de opkomst van de optische versterker. DD-ontvangers, voorzien van een optische voorversterker en van enkele andere speciale maatregelen, bezitten een gevoeligheid die dicht in de buurt komt van die van een heterodyne ontvanger. De belangrijkste drijfveer om coherente technieken toe te passen is daardoor de toename in flexibiliteit, als gevolg van de afstembaarheid van de ontvanger. Optische versterkers zijn momenteel gebaseerd op de bedrijfszekere en relatief voordelige 'Erbium Doped Fiber Amplifier' (EDFA). Deze versterkers hebben een nieuwe impuls gegeven aan

IM/DD-systemen. EDFA's kunnen echter ook met succes in coherente systemen worden toegepast. Een nadeel van EDFA's is dat deze in het 1550-nm-gebied maar in een beperkte band van ongeveer 30 nm bruikbaar zijn, terwijl heterodyne ontvangers in het hele gebied van 1300-1550 nm bruikbaar zijn. De EDFA-versterking in de band van 30 nm vertoont ook nog onregelmatigheden.

Selectiviteit. Door gebruik van een smal elektrisch middenfrequentfilter kan de kanaalafstand in een coherent meerkanaalsysteem (CMC, Coherent Multi-Channel) veel kleiner gekozen worden dan in een WDM-systeem waar optische filtering moet worden toegepast. Doordat lasers met een kleine spectrale breedte gebruikt worden en een zeer goede filtering mogelijk is, kan een groot aantal frequenties gelijktijdig worden overgedragen. Deze veel kleinere kanaalafstand kan onder andere worden bereikt doordat de stabiliteit van radiofrequente afstemming veel groter is dan die van laserafstemming. Dit maakt toepassing in breedbandige lokale netten interessant (zie ook de paragraaf 'Toepassingen').

De kanaalafstand kan veel kleiner gekozen worden dan bij gewone WDM (Wavelength Division Multiplex) mogelijk is. Deze methode wordt wel OFDM genoemd, Optical Frequency Division Multiplexing. De golflengte-afstand van gewone WDM is ongeveer 100 - 300 nm, terwijl deze bij OFDM ongeveer 0,08 nm is. Door aangepaste filtering van het middenfrequentsignaal kan compensatie van bepaalde effecten van het transmissiekanaal gecompenseerd worden (bijv. van chirpeffecten).

Afstembaarheid. Een ander belangrijk voordeel van heterodyne detectie is de afstembaarheid van de ontvanger. De snelheid van deze afstemming is veel groter dan wat met bestaande afstembare optische filters mogelijk is. Heterodyne ontvangers kunnen worden beschouwd als nagenoeg ideale optische filters met zeer attractieve faciliteiten. De optische filterfunctie, die overeen komt met de smalle doorlaatband van de ontvanger, maakt snelle afstemming op

elke gewenste optische draaggolf binnen een groot frequentiegebied mogelijk. De afstemming geschiedt door variatie van de frequentie van de lokale laser. Een lokale laserdiode kan binnen 0,5 microseconden op een inkomend ontvangersignaal worden afgestemd. Deze eigenschap kan o.a. worden benut voor crossconnects en in packet switching. Een afstemgebied van meer dan 7 nm en een doorlaatband van circa 1 GHz kunnen gelijktijdig worden gerealiseerd. Halfgeleiderlasers kunnen zeer snel continu over 7 nm en niet-continu over 30 nm worden afgestemd. Dit voordeel kan onder andere worden benut voor het automatisch herrouteren bij uitval van een verbinding (protection switching; zie ook de volgende paragraaf).

Een belangrijk nadeel van coherente systemen is de grotere complexiteit van zowel de zender als de ontvanger. In een coherente ontvanger moet bijvoorbeeld ook rekening worden gehouden met de polarisatie van het ontvangen signaal.

Research

Recent onderzoek in Europa concentreert zich op de flexibiliteitsaspecten van heterodyne ontvangers. Deze research wordt mede verricht in het kader van het Europese RACE-programma. In de proefnemingen worden bitsnelheden van 155 Mbit/s tot 2,5 Gbit/s gebruikt. Veel laboratoria werken aan heterodyne multicarrier-systemen en verscheidene veldproeven op dit gebied zijn gehouden. Een belangrijk project binnen het RACE-programma is COBRA - Coherent Optical systems implemented for Business traffic, Routing and Access - met als deelnemers Philips (projectleider), KPN Research, Siemens, GEC Marconi, de Portugese telecommunicatie-operator CET, de BBC, de Universiteit van Gent en het Heinrich-Hertz-Instituut (HHI). Het doel van COBRA is werken aan een optische infrastructuur die voldoende transmissiecapaciteit biedt voor de telecommunicatiediensten van de toekomst.

Momenteel is het zo dat de netwerktransportcapaciteit eens per drie jaar moet verdubbelen. Er worden binnen COBRA vier demonstrators gebouwd. Elke

demonstrator moet een specifieke toepassing van coherente meerkanaalstransmissie demonstreren. De Portugese PTT (CET) zal een multicarrier-systeem in een omgeving met 'continuous bit-rate'-diensten (CBR) testen. De testconfiguratie zal overeenkomen met die van een videovergadersysteem. De demonstrators van KPN Research en Philips worden elders beschreven.

CNR. Het 'Telecommunication Project' is een Italiaans vijfjarenprogramma dat door de CNR (National Research Council) wordt georganiseerd. Eén van de belangrijkste taken van dit researchprogramma omvat het implementeren van laboratorium-prototypen van coherent optische communicatiesystemen. In het derde jaar werd besloten tot het realiseren van een coherent meerkanaals distributienetwerk. Doel daarvan was het onderzoeken van de mogelijkheden van het gebruik van coherente technieken in het distributienet. Hiertoe is een laboratorium-testbed gecreëerd.

Het netwerk is gecreëerd als demonstrator. Het omvat drie zenders en vier ontvangers, die via een passieve optische ster zijn verbonden. Digitale transmissie geschiedt met 622 Mbit/s. 'Large deviation Frequency Shift Keying' (FSK) is gekozen als de meest geschikte modulatiemethode. De belangrijkste problemen betreffen optimalisatie van het systeemontwerp, de afstemming en modulatie-eigenschappen van de lasers, de signaalfading ten gevolge van de laserfluctuaties, de integratie van de ontvangerschakelingen en de absolute stabilisatie van de zendfrequentie.

Als lasers worden de DFB-lasers TOLD385S van Toshiba gebruikt, die werken op een golflengte van 155 nm en bij 0 dBm uitgangsvermogen; de 3 dB optische lijnbreedte van de lasers bedraagt ongeveer 40-50 MHz. Het systeem werkt bij 565 Mbit/s. De lasers hebben een kanaalafstand van 13 GHz. De afstand tussen de optische draaggolven kan minimaal 11 GHz bedragen. Inzake frequentiestabiliteit is een rms-waarde van minder dan 5×10^{-11} gehaald, alsmede een frequentiedrift van minder dan 700

kHz over een periode van 3 dagen. Deze waarden zouden tot de beste behoren die in de literatuur gerapporteerd zijn. Bij de lasers is een continue afstembaarheid van 1 nm gehaald, dit met een efficiency van 0,01 nm/mA en een onderdrukking van de laterale modi van beter dan 40 dB. De algehele bandbreedte is groter dan 5 GHz.

De ontvangers (PIN-FET) werken met heterodyne detectie met een gebalanceerd front-end en maken gebruik van asynchrone detectie met een enkel filter. De fotodiodes hebben een bandbreedte van 25 GHz en een quantumefficiëntie die beter is dan 80% bij 1550 nm. De lokale oscillator heeft een RIN-onderdrukking die beter is dan 17 dB over de IF-bandbreedte. De demodulatie geschiedt d.m.v. een 'quadratic envelope detector'. Om de ontvanger ongevoelig voor de polarisatietoestand van het inkomende signaal te maken wordt synchrone intra-bit polarisatiespreiding toegepast.

DFB-lasers veroorzaken intersymboolinterferentie en als gevolg daarvan een hoge bitfoutkans. Om dit te beperken is passieve effening en AMI-codering toegepast. De lokale oscillator biedt een optisch vermogen van 1 mW aan de ingangspoort van de optische koppelaar. De ongemoduleerde IF-lijnbreedte bedroeg 120 MHz. De zenderlaser werd gemoduleerd bij 565 Mbit/s met een frequentiezwaaivariatie van 2,6 GHz. De IF bedroeg 2,2 GHz. Een gevoeligheid van -43,1 dBm werd bereikt bij een BER van 10^{-9} , ongeveer 9 dB van de 'shot-noise limit' (SNL) verwijderd. De RIN-onderdrukking is nog niet perfect.

KPN Research. KPN Research levert, zoals u eerder heeft kunnen lezen, een substantiële bijdrage aan het COBRA-project met haar demonstrator voor een ziekenhuisnetwerk. Tevens heeft KPN Research onderzoek verricht op de volgende gebieden: de migratie naar een volledig verglaasd aansluitnet (PAN, Primair AansluitNet), FTTC-systemen (Fiber to the Curb) op basis van ATM en de toepassing van coherent optische transmissie en HDWDM (High Density Wavelength Division Multiplexing).

MPT. Het Japanse MPT (Ministry of Post and Telecommunications) plant de ontwikkeling van een 2,4 Tbit/s optisch transmissiesysteem tegen het jaar 2000. Het systeem zal gebruik maken van golflengtemultiplexing om gelijktijdig 1000 typen licht met verschillende golflengten te verzenden. Conventionele systemen gebruiken licht van één golflengte. De laserstraal wordt gestabieliseerd door het gebruik van atomen van een speciaal gas.

Het ministerie plant ook de ontwikkeling van coherent optische technologie die gecombineerd zal worden met de nieuwe golflengtemultiplextechnologie. Hierdoor worden transmissiesnelheden mogelijk die tien tot duizenden keren hoger zullen zijn dan van conventionele systemen. MPT claimt dat de nieuwe technologie het via een optische vezel te transporteren aantal HDTV-kanalen tot 2000 kan doen toenemen. Door gebruik te maken van datacompressie zal zelfs een aantal van 60.000 kanalen mogelijk worden.

NTT. NTT (Nippon Telephone and Telegraph) heeft een veldproef met punt-punt verbindingen gehouden, waarin optische versterkers en heterodyne ontvangers getest werden. De veldproef is in 1993 met succes afgesloten. Het systeem werkte met een bitsnelheid van $N \times 2,5$ Gbps. NTT heeft ook een test met een multicarrier heterodyne systeem voor 128 kanalen gehouden. Dit systeem werkt met 16 kanalen van 622 Mbit/s en 112 kanalen van 156 Mbit/s.

NTT werkt al geruime tijd aan technieken voor het verhogen van de optische transmissiecapaciteit. Researchers bij NTT denken dat het mogelijk moet zijn om data met meer dan 20 Tbit/s per 5 GHz-kanal over een 1,6 Gbit/s optische vezel te versturen, gebruik makend van een door NTT hiervoor ontwikkelde techniek. Het lab heeft ook een multiplextechniek ontwikkeld voor het rangschikken van optische signalen met meer dan 20 golflengten over een laser-array.

Philips. Philips bouwt in het kader van het COBRA-project aan de demonstrator RENO (REconfigurable NOde), een herconfigureerbaar knooppunt. Dergelijke knooppunten kunnen bijvoorbeeld gebruikt worden voor een optisch 'crossconnect'-netwerk. Hierbij wordt gebruik gemaakt van de golflengte-afstembaarheid van de heterodyne optische ontvanger. De kern van de RENO kan bestaan uit een bestaand elektrisch crosspoint met vezelverbindingen naar andere crosspoints. Elke vezel van het bestaande crosspoint kan één verbinding van 2,5 Gbit/s ondersteunen. Binnen het crosspoint geschiedt het routen en schakelen op veel lagere bitsnelheden. Alle 2,5 Gbit/s ingangen en uitgangen van de crossconnect worden met een pool van 16 afstembare heterodyne zenders en ontvangers verbonden.

Het basisnetwerk van COBRA is op het RENO-concept gebaseerd (zie de hoofdttekst). Op het hoogste niveau kunnen dergelijke knooppunten binnen de Synchronische Digitale Hiërarchie (SDH) worden toegepast. De RENO kan gebruikt worden als overlay van een bestaande elektrische 2,5 Gbit/s SDH-crossconnect en zal worden uitgerust met SDH-compatibele interfaces. In huidige implementaties van dergelijke netwerken wordt DD toegepast. Binnen COBRA wordt gewerkt aan een demonstratienetwerk dat uit drie RENO's bestaat en dat in totaal met vier coherente 2,5 Gbit/s-verbindingen is uitgerust. De zenders in het netwerk hebben een vaste frequentie, terwijl de ontvangers verstembaar zijn. Dit betekent dat zowel coherente als WDM-technieken gebruikt kunnen worden. In het netwerk geschiedt het grootste deel van het doorverbinden optisch.

Het RENO-experiment moet aantonen dat het mogelijk is om bestaande 2,5 Gbit/s-crossconnects op te waarderen naar een versie die een flexibele doorvoersnelheid van $N \times 2,5$ Gbit/s biedt, zoals bijvoorbeeld nodig is voor bandbreedte-naar-behoefte of netwerkbeveiliging. In een later stadium zal gewerkt worden aan multicarrier-technieken in combinatie met ATM en aan een SDH-crossconnect.

Toepassingen

Coherent optische communicatie kent uiteraard vele toepassingsgebieden. Vier belangrijke zijn:

- kabeltelevisie,
- LAN/MAN,
- multicarrier-systemen,
- sterkoppelaars.

Kabeltelevisie. Specifiek voor kabeltelevisiedistributie is een coherent optisch FDM-systeem ontwikkeld. Gebruik wordt gemaakt van golflengte-afstembare DBR-halffeileiderlasers die bij 400 Mbit/s met een 'Wide Deviation FSK'-formaat worden gemoduleerd. Door gebruik van een Fabry-Perot-resonator kan over een frequentiegebied van 100 GHz worden afgestemd, waarbij voor de kanaalscheiding 8 GHz wordt aangehouden zodat de overspraak verwaarloosbaar is. De heterodyne ontvanger is geschikt voor ontvangst van een 100 Mbit/s 10-kanaals FDM-signaal. Voor het afstemmen op een kanaal is slechts 1 milliseconde nodig. Met deze configuratie is een ontvangergevoeligheid van -45 dBm voor elk kanaal bereikt. Het systeem zou geschikt zijn voor het transport van ruim 80 HDTV-kanalen naar 16.000 abonnees. Gebruik werd gemaakt van een lopende-golf optische versterker. Bij gebruik van 'erbium doped' optische versterkers zou de capaciteit mogelijk nog kunnen worden verbeterd.

LAN/MAN. AT&T Bell Laboratories experimenteren onder andere met het gebruik van coherent optische technieken voor passieve optische netwerken (PON's). Zes optische, met 200 Mbit/s CPFSK-gemoduleerde signalen, worden door een 16 x 16 passieve optische koppelaar gemultiplexed. De kanaalafstand bedraagt in verband met overspraak 2,2 GHz. De MQW-DBR-lasers werken op een golflengte van 1530 nm en zijn continu afstembaar over 1.000 GHz. Na multiplexing vindt heterodyne detectie plaats. De gevoeligheid van de ontvanger bedraagt 74 fotonen/bit, hetgeen overeen komt met -57,2 dBm; dit is slechts 1,7 dB boven de quantumlimiet. De kanaalkeuze geschiedt door computerbe-

sturing. Uitgaande van een optisch zendvermogen van 0 dBm voor elke gebruiker en een totale demping binnen 17 dB is het netwerk op basis van een optische ster-architectuur geschikt voor de interconnectie van 10.000 abonnees, hetgeen overeen komt met een doorvoersnelheid (throughput) van 2.000 Gbit/s.

Multicarrier-systemen. De evolutie van telecommunicatienetten wordt sterk beïnvloed door de synchrone digitale hiërarchie (SDH). SDH ondersteunt de flexibele transportmogelijkheden van ATM. Binnen ATM is een hiërarchisch principe geïntroduceerd ter vereenvoudiging van het netwerkmanagement en het transport. De lagen binnen een dergelijke hiërarchie worden ATM-kanalen en ATM-paden genoemd. Een ATM-pad kan worden beschouwd als een 'pijp' die een cluster ATM-kanalen ondersteunt.

Elke optische draaggolf kan door middel van de heterodyne technologie worden gebruikt om een cluster van ATM-paden bij een standaard bitsnelheid (bijvoorbeeld 2,5 Gbit/s) te transporteren. Clusters van optische draaggolven kunnen worden gegroepeerd in een WDM-laag. De WDM-optie scheidt het optisch domein in golflengtebanden met een breedte van enkele nanometers, gebruik makend van filtertechnieken uit het optisch domein. Elk van deze golflengtebanden kan vele optische draaggolven herbergen, die zich op korte afstand van elkaar bevinden en aldus een 'multicarrier' heterodyne systeem vormen.

Sterkoppelaars. Een sterkoppelaar kan onder andere gebruikt worden voor het aansluiten van zakelijke gebruikers aan een bedrijfsnetwerk. Werken abonnees bijvoorbeeld met een bitsnelheid van 155 Mbit/s, dan kunnen 100 gebruikers op een optische vezel worden aangesloten. De totale bitstroom op de vezel bedraagt dan 15,5 Gbit/s. Botsingen doen zich niet voor, omdat voor elke verbinding een aparte draaggolf gebruikt wordt.

Anton van Leeuwen (KPN Research BIDAATA)

Bronnen

- S. Betti, G. de Marchis, E. Iannone, Applications of coherent techniques to optical transmission: state of the art and perspectives. In: *ETT: European transactions on telecommunications and related technologies*, (1993/6) pp. 641-650 (55 refs.).
- B. Daino, A. Roveri, Optical technologies in the CNR Telecommunication Project. In: *Fiber and Integrated Optics*, (1994/2) pp. 101-122.
- G.F.G. Depovere, De coherente toekomst. In: *Tijdschrift van het Nederlands Elektronica- en Radiogenootschap*, (1993/3) pp. 119-122.
- A. Diekema, Optische communicatie nu en straks (3 dln). In: *PTT Telecom Studieblad*, (1989) pp. 108-127; 148-158; 184-196.
- Paul E. Green, *Fiber optic networks*, Prentice-Hall, Englewood-Cliffs, New Jersey, 1993.
- N. Kashima, *Optical transmission for the subscriber loop*, Artech House Inc., London, 1993.
- G. Khoe, Coherent multicarrier lightwave technology for flexible capacity networks. In: *IEEE communications magazine*, (1994) March, p.22-33 (104 refs.).
- MPT to develop 2.4Tbit/s optical transmission system by 2000. In: *Japanese Government Weekly* (1994/38).
- J.M. Senior, *Optical fiber communications: principles and practice*, Prentice-Hall, New York, 1992.
- Telematica: Optische transmissie* (werkboek en verdiepingsteksten), PTT Telecom, Educatieve Voorlichting, 1988.

Studieblad kort

Nederland maakt zich op voor afscheid van oude telefoonnummers

Op 10 april a.s. begint PTT Telecom in haar telefooncentrales met het uitschakelen van de oude telefoonnummers. Hiermee komt een einde aan de periode van dubbele bereikbaarheid. Vanaf 10 oktober 1995 heeft Nederland een half jaar de tijd gekregen om te wennen aan de op die dag geïntroduceerde nieuwe telefoonnummers. Om de overgang straks soepel te laten verlopen, biedt PTT Telecom diverse extra hulpmiddelen aan. Op dit moment wordt al bij circa driekwart van alle telefoongesprekken gebruik gemaakt van nieuwe telefoonnummers. 'Nieuw bellen' binnen het eigen netnummergebied blijft echter achter. Gemiddeld wordt bij slechts de helft van deze lokale gesprekken gebruik gemaakt van nieuwe telefoonnummers.

Via een intensieve reclamecampagne (televisie, radio, buitenreclame en dagbladen) verwacht PTT Telecom in de laatste drie weken tot 10 april het grootste deel van de achterblijvers over de streep te trekken. Uit onderzoek is gebleken dat een deel van hen bewust wacht met omnummeren tot het werkelijk nodig is. Het uitschakelen van de oude telefoonnummers zal in een aantal stappen plaatsvinden. Op deze wijze kan PTT Telecom de voortgang goed volgen en lange wachttijden bij de gratis Omnummerservice 06 - 05 20 en het gratis informatienummer 06 - 00 96 zoveel mogelijk beperken.

In de telefooncentrales wordt gelijktijdig met het uitschakelen van het oude nummerplan een melder aangezet. Deze melder zorgt er voor dat iemand die een oud telefoonnummer belt de volgende tekst te horen krijgt: 'Het door u gekozen nummer is gewijzigd. Raadpleeg uw Omnumnergids of bel gratis de

automatische Omnummerservice 06 - 05 20.' Wie 06 - 05 20 belt en vervolgens het oude telefoonnummer intoetst, krijgt via een Automatische Voice Response-computer te horen wat het nieuwe nummer is. Deze gratis Omnummerservice is 24 uur per dag bereikbaar. De Omnumnergids is in september huis-aan-huis verspreid in Nederland. Uit onderzoek blijkt 90 procent van alle huishoudens over een hulpmiddel voor het omnummeren te beschikken.

Wie de Omnumnergids niet meer in huis heeft, kan gratis een nieuw exemplaar afhalen bij Primafoon of Business Center. Ook de Numculator - een apparaatje waarmee oude telefoonnummers eenvoudig omgezet kunnen worden in nieuwe - is daar verkrijgbaar (14,95 gulden). De Numculator kan na de omnummering dienst blijven doen als een calculator met basisfuncties.

Het gratis informatienummer 06 - 00 96 is van maandag tot en met zaterdag van 8 uur 's morgens tot 10 uur 's avonds bereikbaar voor alle mogelijke vragen rondom de nieuwe telefoonnummers. Bij 06 - 00 96, Primafoon en Business Center zijn tevens gratis Omnummerdiskettes voor privé en zakelijk gebruik te verkrijgen.

Abonnees van de Gids van Nederland - een 20-delige Telefoongids waarin alle plaatsen van Nederland alfabetisch zijn opgenomen - worden door PTT Telecom telefonisch benaderd. De Gids van Nederland is op 10 april nog niet voorzien van nieuwe telefoonnummers. Daarom kunnen abonnees kiezen voor een gratis CD-foongids - een CD-ROM waarmee snel nieuwe telefoonnummers kunnen worden opgezocht - of voor een gratis softwarepakket (Windows) voor het inbellen op de Telegids van Nederland. Andere klanten kunnen de CD-foongids vanaf 1 april eenmalig voor de actieprij van 59,95 gulden kopen bij Primafoon en Business Center.

PTT Telecom voert nieuwe telefoonnummers in omdat de grenzen van het oude nummerplan, dat uit 1930 stamt, bereikt zijn. In sommige plaatsen in Nederland zou de uitgifte van nieuwe telefoonnummers dit jaar reeds onmogelijk worden. Bovendien is in het nieuwe nummerplan ruimte geschapen voor concurrenten, die straks zelf telefoonnummers uit moeten kunnen geven. Tenslotte maakt het nieuwe nummerplan het mogelijk in Nederland een Europees alarmnummer 112 in te voeren.

Reeds in 1993 is PTT Telecom begonnen met de informatieverstrekking over de nieuwe nummers om de nummerwijziging zo soepel mogelijk te laten verlopen en de kosten voor iedereen zo laag mogelijk te houden.

(Bron: Persbericht PTT Telecom, T 019/1996)

Mobiele telefonie: Pocketline JAZZ aantrekkelijk voor de zakelijke gebruiker

Mobiele telefoontoestellen zijn er te kust en te keur. Het ene toestel is simpel van uitvoering, het andere kent veel toepassingen die, met name door de zakelijke gebruiker, worden gewaardeerd.

PTT Telecom heeft daarom in februari de Pocketline Jazz geïntroduceerd. Een nonsens-apparaat voor de zakelijke gebruiker, voorzien van alle essentiële mogelijkheden en eenvoudig in het gebruik. Het apparaat is geschikt voor data- en faxverkeer. Vanzelfsprekend zijn nummerherhaling, voice-mail, SMS en wisselgesprek faciliteiten aanwezig.

De Pocketline Jazz maakt gebruik van het GSM-net van Het Mobiele Netwerk, waar-

door communicatie in alle EG- en vele andere landen mogelijk is.

Het fraai vormgegeven toestel is leverbaar in drie kleuren en weegt slechts 260 gram. Voor het gebruik in de auto is een handsfree carkit beschikbaar. De scherpe prijs van de Pocketline Jazz bedraagt f467,00 exclusief BTW, bij het afsluiten van een driejaarscontract op Het Mobiele Netwerk.

Bij de aanschaf van een mobiele telefoon is de keuze van de juiste abonnementsvorm en de prijs daarvan, belangrijker dan de prijs van het toestel. Het gaat daarbij vooral om de gebruiksmogelijkheden en de kosten op lange termijn. Er bestaan verschillende abonnementsvormen, welke het meest in aanmerking komt is afhankelijk van het persoonlijk gebruik.

Het Business Center en de officiële dealers van PTT Telecom geven informatie over de gebruiksmogelijkheden, abonnementsvormen en apparatuur voor Het Mobiele Netwerk. Business Centers zijn gevestigd op 24 plaatsen in Nederland. Voor het dichtstbijzijnde adres van een dealer of Business Center kan gratis gebeld worden met het nummer 06-0115.

(Bron: Persbericht Telecomnieuws, nr. 02/1996)

PTT Telecom lanceert nieuwe tarieven mobiele telefonie

PTT Telecom heeft per 1 februari jl. de meeste tarieven voor Het Mobiele Netwerk (NMT en GSM) verlaagd. Het NMT-abonnement PrivateSpace wordt het goedkoopste mobiele telefonie-abonnement in Nederland. 's Avonds* en in het weekend worden de gesprekskosten van PrivateSpace

25 cent per minuut (incl. BTW). Het abonnementstarief blijft met f29,- (incl. BTW) het laagst geprijsde abonnement voor bellen en gebeld worden in heel Nederland.

PTT Telecom biedt haar klanten nu keuze uit acht abonnementen. Nieuw is EconomySpace (NMT). Het is bedoeld voor mensen die overdag tijdens werkdagen gemiddeld één tot twee keer per dag bellen. Klanten met een EconomySpace abonnement kunnen binnen een jaar éénmaal gratis van NMT-abonnement veranderen. Met de vier NMT-abonnementen kunnen klanten van PTT Telecom in héél Nederland op de voordeligste manier bellen en gebeld worden. Met de vier GSM-abonnementen kan de klant behalve in Nederland, ook in alle Westeuropese landen en in een groot aantal landen in Oost-Europa, Afrika, Azië en Australië bellen en gebeld worden.

*Daltarief: van acht uur 's avonds tot acht uur 's ochtends en in het weekend.

(Bron: Persbericht PTT Telecom, T 007/1996)

PTT Telecom verwerft aandeel in Indonesische GSM onderneming

PTT Telecom is geselecteerd als strategisch partner van de Indonesische GSM-operator PT Telkomsel. PTT Telecom zal hiertoe een aandeel nemen van 17,28% in PT Telekomunikasi Selular Indonesia (Telkomsel), de GSM-operator die voor 51% in handen is van PT Telkom en voor 49% van PT Indosat. PTT Telecom en Telkomsel zijn overeengekomen dat PTT Telecom in cash US\$ 304 miljoen betaalt voor het aandeel.

Een lokale partner, PT Setdco Megasel Asia, onderdeel van de Setdco groep onder leiding van Indonesisch zakenman Setiawan Djody, is geselecteerd om voor US\$ 88 miljoen een aandeel te nemen van 5%. Bovendien heeft PT Telkom het voornemen om in te schrijven voor nieuwe aandelen in Telkomsel. Na deze transacties is de nieuwe samenstelling van Telkomsel: PT Telkom en PT Indosat samen 77,72%, PTT Telecom 17,28% en PT Setdco Megasel Asia 5%. Hiervoor zijn zogenaamde 'letters of undertaking' getekend in Jakarta.

De bijdragen die uit deze overeenkomsten vrij komen zullen gebruikt worden voor Telkomsel's investeringsprogramma voor de uitbreiding van capaciteit en bedekking van het GSM-netwerk en de verbetering van kwaliteit en dienstverlening. Als onderdeel van de overeenkomst zal PTT Telecom personeel, software en trainingsfaciliteiten leveren aan Telkomsel. Setdco levert Telkomsel lokaties en ondersteuning op het terrein van Marketing.

"We verheugen ons op de samenwerking met onze nieuwe partners en juichen de steun en kennis toe die zij meebrengen om onze diensten in Jakarta en daarbuiten in de markt te zetten", aldus President Directeur van Telkomsel mevrouw Koesmarihati Sugondo.

Ben Verwaayen, lid van de Raad van Bestuur van KPN en algemeen directeur van PTT Telecom, reageert verheugd: "We zijn reuze blij dat we geselecteerd zijn als strategisch partner voor Telkomsel. Het bedrijf heeft een zeer klantgerichte visie en een goede marketing- en distributiestrategie. Gezamenlijk kunnen we in een hoog tempo onze plannen uitvoeren." "Deze samenwerking past bovendien uitstekend in de internationale strategie van KPN. De

Indonesische markt wordt niet voor niets beschouwd als een markt met grote groeikansen en mogelijkheden.”

Met bijna 200 miljoen inwoners en een gebruik van mobiele telefonie dat behoort tot de laagste ter wereld, vertegenwoordigt Indonesië één van 's werelds snelst ontwikkelende en potentieel grootste markten voor mobiele en telecommunicatiediensten.

Telkomsel is één van de drie GSM-operatoren in Indonesië die een landelijk netwerk gaan aanbieden. Het is voor 51% eigendom van PT Telkom, de Indonesische nationale telecommunicatie onderneming, en voor 49% van PT Indosat, de Indonesische onderneming die internationale telecommunicatiediensten levert. PT Telkom en PT Indosat zijn beiden in meerderheid in handen van de Staat en staan genoteerd aan de beurzen van New York en Jakarta. Sinds mei 1995 levert Telkomsel GSM-diensten in Indonesië, op dit moment in elf provincies waaronder Bandung, Surabaya, Semarang, Medan en Bali. De verwachting is dat in de eerste helft van dit jaar GSM ook aangeboden wordt in Jakarta. Momenteel heeft Telkomsel 33.000 gebruikers.

Als adviseurs van PT Telkomsel in de strategische verkoop van aandelen traden Goldman Sachs en PT Bahana op.

(Bron: Persbericht PTT Telecom, T 011/1996)

TeleKado vernieuwt home shopping formule

TeleKado heeft medio februari 200.000 nieuwe TeleKado Magazines verspreid. Via TeleKado kan op eenvoudige wijze een grote variëteit aan cadeaus besteld worden,

binnen 24 uur te bezorgen op elk adres in Nederland. Ruim een jaar ervaring met home shopping heeft niet alleen geleid tot een vernieuwde gids, in een luxe magazine uitvoering, maar ook tot een aantal wijzigingen in de formule. De belangrijkste klanten moeten nu in het bedrijfsleven worden gevonden, naast een beperkte selectie uit de consumentenmarkt. De catalogus wordt via een persoonlijke mailing toegestuurd, waarna men kan bestellen via het gratis telefoonnummer 06-0151. De prijzen van de cadeaus zijn inclusief BTW en bezorgkosten van PTT Post Pakketservice.

TeleKado wordt veel interessanter voor het bedrijfsleven. Bedrijven kunnen bij TeleKado bestellingen op maat plaatsen, bijvoorbeeld tien cadeaus naar één adres of vijfhonderd naar verschillende adressen. Voor loyaliteitsprogramma's en incentive-acties kunnen bedrijven gebruik maken van het TeleKado programma: verkopers die een doelstelling halen of klanten die een bepaalde hoeveelheid producten afnemen kunnen via een spaarprogramma beloond worden met een keuze uit diverse TeleKado's.

Daarnaast blijft TeleKado een leuke manier familie en vrienden eens op een andere wijze te verrassen. Voor een aantal feestdagen zal TeleKado met acties komen.

De cadeaus uit de vernieuwde catalogus zijn eenvoudig te bestellen via telefoon, fax of antwoordkaart. Betalen kan thuis of op kantoor met een credit card, scope card of door een eenmalige telefonische machtiging. Het aanbod van TeleKado Magazine is binnenkort ook te vinden op Internet, waarmee de teleshopping formule verder uitgebreid wordt, onder andere door deelname aan de I-pay proef van Interpay.

TeleKado maakt onderdeel uit van MultiMall, het platform voor telewinkelen

van KPN Multimedia. In de toekomst gaat telewinkelen een grote vlucht nemen. Na het jaar 2000 zal ruim tien procent van alle aankopen via elektronische weg verlopen, voorspelt KPN Multimedia.

(Bron: Persbericht PTT Telecom, T 013/1996)

ECT tekent contract voor aansluiting op glasvezelnet PortRing

Europe Combined Terminals (ECT) heeft begin februari als eerste bedrijf een contract ondertekend voor aansluiting op PortRing, het glasvezelnetwerk van PTT Telecom in Rotterdam. Het container-overslagbedrijf kan hierdoor gebruik maken van telecommunicatie- en datacommunicatiediensten met een zeer hoge betrouwbaarheid.

Door datacommunicatie via PortRing kan ECT het steeds sneller verwerken van grote hoeveelheden containers optimaal (met grote snelheid en bedrijfszekerheid) administratief ondersteunen. Ook het eigen interne telecommunicatienetwerk van ECT, tussen haar vestigingen in Rotterdam en op de Maasvlakte, zal profiteren van de hoge betrouwbaarheid van PortRing.

Door aansluiting op het glasvezelnet heeft ECT zich voor de toekomst verzekerd van voldoende capaciteit (bandbreedte) voor een sterke verdere groei van de containerstroom met de bijbehorende datacommunicatie. Bovendien krijgt ECT hiermee een kwalitatief hoogwaardige oprit naar 'de elektronische snelweg'.

De zeer hoge bedrijfszekerheid van PortRing wordt bereikt door bedrijven via twee glasvezelkabels op het net aan te sluiten.

Een modern beheersysteem van PTT Telecom zorgt ervoor dat bij verbreking van de verbinding binnen milliseconden – en zonder onderbreking van de informatiestroom – overgeschakeld wordt op de backup verbinding.

PortRing Rotterdam is een gespecialiseerd onderdeel van PTT Telecom, dat op-maat-gesneden telecommunicatiediensten aanbiedt aan bedrijven in de Rotterdamse regio. Het glasvezelnetwerk bestrijkt het gebied van Hoek van Holland tot aan de Brienoordbrug.

Rotterdam is na Amsterdam – waar CityRing de Amsterdamse Effectenbeurs een jaar geleden als eerste klant verwelkomde – de tweede stad waar PTT Telecom haar klanten de voordelen van een glasvezelnetwerk biedt.

(Bron: Persbericht PTT Telecom, T012/1996)

Snelle toegang pakket voor Internet gebruiker. Gelijktijdig internetten en telefoneren

PTT Telecom introduceert het ISDN Pakket Internet. Het pakket verzorgt de snelle verbinding van huis en kantoor met Internet. ISDN, het Integrated Services Digital Network, is veel sneller dan het analoge telefoonnet. Een ISDN-aansluiting is overal in Nederland beschikbaar. Het ISDN Pakket Internet bestaat uit een PC-kaart, software en documentatie. Ook wordt het ISDN Pakket Migratie meegeleverd. Daarmee kunnen bestaande analoge apparaten in gebruik blijven wanneer de analoge aansluiting vervangen wordt door ISDN. Veel informatie op Internet is grafisch op

verwerkt in video's. Via een analoge telefoonlijn verschijnen deze omvangrijke informatiebestanden langzaam op het beeldscherm van de PC. Met ISDN verloopt de toegang gemiddeld vijf keer sneller. Deze snelheidswinst wordt echter niet gerealiseerd wanneer er filevorming op het Internet zelf is, bijvoorbeeld op het moment dat in Amerika het Internet intensief wordt gebruikt.

Bij het internetten via de bestaande telefoonlijn is de lijn bezet, de gebruiker is dus niet bereikbaar. Met ISDN vervalt dit bezwaar, één ISDN-aansluiting bestaat namelijk uit twee kanalen, waarvan er één voor de internet-verbinding wordt gebruikt. Op het andere kanaal kan worden getelefoneerd. Internetten en telefoneren kan dus gelijktijdig!

De kosten van het ISDN Pakket Internet bedragen f993,- exclusief BTW. Wordt echter gelijktijdig besloten om de bestaande analoge aansluiting in te wisselen voor een ISDN-aansluiting, dan verleent PTT Telecom een aantrekkelijke korting. De ISDN-aansluiting en het Pakket Internet zijn dan verkrijgbaar voor f680,-.

Informatie over het ISDN Pakket Internet wordt gegeven door het Business Center van PTT Telecom, telefoon 06-0403. Ook via de PTT Telecom site op Internet kan informatie worden aangevraagd, het adres is: www.ptt-telecom.nl

(Bron: PTT Telecomnieuws, 03-1/1996)

Wereldomroep nog beter te beluisteren in Europa

Radio Nederland Wereldomroep gaat vanaf 31 maart 1996 uitzendingen verzorgen op een nieuwe middengolf-frequentie (1440 kHz), vanuit een zender in Luxemburg. Hierdoor zijn de op Europa gerichte programma's van de Wereldomroep vooral in het westelijk deel van Europa beter te ontvangen. Directeur Bouwens van de Wereldomroep heeft het uitzendcontract hiervoor met CLT, de eigenaar van de zender in Luxemburg, getekend.

Radio Nederland Wereldomroep zendt zijn programma's traditioneel uit via de korte golf. Aangezien kortegolf-ontvangst in de avonden in Europa soms te wensen overlaat, zendt de Wereldomroep zijn programma's ook via de middengolf en de satelliet uit.

De middengolf-uitzendingen worden sinds 1994 verzorgd vanuit een zender in Kaliningrad in Rusland (frequentie 1386 kHz). Gebleken is echter dat de uitzendingen via de zender in Rusland niet altijd storingsvrij zijn. Daarom is nu gekozen voor een middengolfzender in Luxemburg (frequentie 1440 kHz). Omdat de zender dichterbij Nederland staat, kunnen de programma's van de Wereldomroep in het westelijk deel van Europa (de Benelux-landen, Frankrijk, Groot-Brittannië, Denemarken, Duitsland, Zwitserland en Noord-Italië) beter beluisterd worden. De Wereldomroep is vanaf 31 maart iedere dag te horen tussen 21.30 uur en 00.25 uur Nederlandse tijd. Tussen 21.30 uur en 22.30 uur wordt het Nederlandstalige programma Nieuwslin Europa uitgezonden, en tussen 22.30 uur en 00.25 uur de Engelstalige uitzending van de Wereldomroep. Luisteraars kunnen afstemmen op de middengolffrequentie 1440 kHz (208 meter).

Op de korte golf is de Wereldomroep dagelijks 12 uur in de lucht met onder meer nieuws en achtergrondinformatie.

(Bron: Persbericht Press Release, 20-2-1996)

Nieuwe serie telefoonkaarten met als thema De Fiets

PTT Telecom heeft op 23 februari jl. een nieuwe serie telefoonkaarten uitgegeven met als thema 'De Fiets'. Deze serie past in de jaarreeks van typisch Nederlandse onderwerpen, waarin eerder 'Water' en 'De Koe' aan bod kwamen.

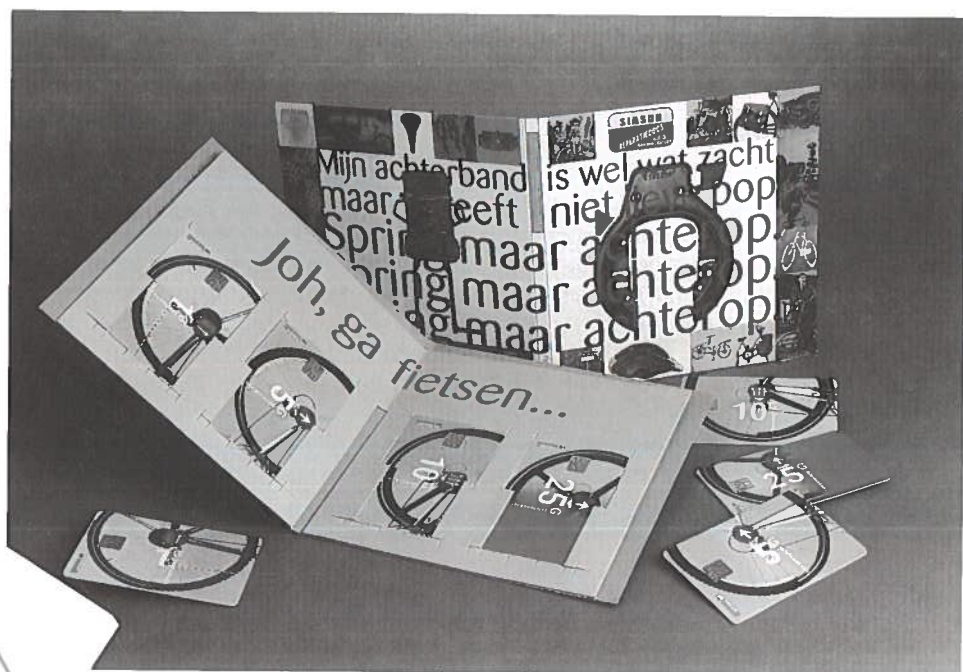
De heer ir. W. Dik, voorzitter Raad van Bestuur KPN, overhandigde de eerste

exemplaren aan de heren mr. P.A. Nouwen, hoofddirecteur ANWB en drs. T. Schmidt, voorzitter van de Fietsersbond ENFB.

De serie bestaat uit telefoonkaarten met een waarde van één, vijf, tien en vijftiengulden. Verzamelaars kunnen een speciaal mapje kopen waarin zich de vier kaarten bevinden. De oplage van deze set is 12.000. De één gulden kaart is alleen te verkrijgen door aanschaf van het verzamelmapje. De oplage van de vijf gulden kaart is 1.300.000, de tien gulden kaart is 1.100.000 keer gedrukt en de vijftiengulden kaart 400.000 keer.

De ontwerper van de telefoonkaarten-serie is Rick Vermeulen (1950). Hij studeerde grafische Vormgeving aan de Akademie voor Beeldende Kunst Rotterdam.

Op de voorzijde van de kaarten heeft hij wielen van diverse soorten fietsen afgebeeld



zoals de racefiets en de hogesnelheidsfiets. Op de achterzijde staan verschillende wegdektypes, waaronder een schelpenpad en een houten renbaan. Het mapje waarin de kaarten worden geleverd, vertoont op de voor- en achterzijde onder meer afbeeldingen van typische fiets-accessoires en bijzondere afbeeldingen van het gebruik van de fiets.

De telefoonkaarten zijn te koop bij Postkantoor, Primafoon en wederverkopers. De verzamelmap is voor 45 gulden te verkrijgen bij Primafoon, GWK, AH en de Verzamelservice Telefoonkaarten van PTT Telecom (06-0993360).

(Bron: Persbericht PTT Telecom, T 015/1996)

Boekbespreking

Titel: Entertaining telematics: inspannende ontspanning. Twee scenario's voor entertainmenttoepassingen: 1994-2004

*Auteurs: E.H. Eertink en D.D. Velthausz
Enschede: Telematica Research Centrum,
1994
41 p.*

In dit rapport worden twee scenario's geschetst voor de ontwikkeling van telematicadiensten in de komende tien jaar die zich richten op entertainment. Uitgegaan wordt van de Nederlandse situatie. Er wordt alleen gekeken naar diensten die zich op de consument in de huisomgeving richten.

Het eerste scenario gaat uit van een snelle adoptie van entertainmentdiensten en is getiteld 'Grote sprongen, snelle diensten'. Het andere scenario is getiteld 'Langzaam

maar zeker...' en gaat uit van een gestage groei van de technische mogelijkheden en de diensten die daardoor aangeboden kunnen worden.

Het doel van de scenario's is het schetsen van mogelijke toekomstbeelden van entertainment als toepassingsdomein van telematica in Nederland en de ontwikkelingen die in de komende tussen 1994 en 2004 naar die toekomstbeelden leiden. De probleemstelling is: hoe zal entertainment zich tussen 1994 en 2004 ontwikkelen en welke rol spelen de grootschaligheid en functionaliteit van telematicatoepassingen hierbij.

Er wordt de volgende aanpak gehanteerd:

- beschrijving van de huidige situatie
- modellering van het toepassingsdomein
- beschrijving van de scenario's.

In elk scenario komen de volgende factoren aan de orde: schaalgrootte van de entertainmentdiensten, functionaliteit van de entertainmentdiensten, eisen gesteld door entertainmentdiensten, economische effecten van entertainmentdiensten en sociale aspecten.

Deze boekbespreking is samengesteld door Genoveva Geppaart, KPN Research BIDATA, in opdracht van de redactie van PTT Telecom Studieblad. KPN-medewerkers kunnen het boek onder vermelding van BIDATA-kenmerk 1120729 lenen bij: KPN Research BIDATA, Gebouw SI, Postbus 30.000, 2500 GA Den Haag, tel. 070-33 23172.

Telecommunicatie: Grenzen vervagen

KPN Research Bidata heeft op verzoek van de redactie van PTT Telecom Studieblad een artikelenbundel samengesteld over vervagende grenzen in de telecommunicatie. In deze bundel zijn recente artikelen opgenomen uit nationale en internationale vaktijdschriften over de rol van energiebedrijven als telecommunicatie-operator, internationale samenwerking, regulering van telecommunicatie en kabeltelevisie in Europa, de verwachtingen voor interactieve televisie- en multimediadiensten, telecommunicatienetwerken in 2005, ATM-toepassingen, de kabelexploitant als multimedia-aanbieder en tools voor het voorspellen van de vraag naar telecommunicatiediensten.

De bundel geeft achtergrondinformatie bij het themanummer van PTT Telecom Studieblad 'Grenzen vervagen' (december 1995).

In verband met regelingen inzake auteursrechten is deze uitgave alleen beschikbaar voor medewerkers van KPN. U kunt de artikelenbundel aanvragen via faxnummer (070) (33) 23768 met vermelding van uw naam, afdeling en adres.

De kosten bedragen f 30,- per exemplaar.

Voor meer informatie :
KPN Research Bidata,
Genoveva Geppaart,
telefoon (070) (33)23427.



Hierbij verzoek ik u mij ... exemplaren toe te sturen van de artikelenbundel: 'Telecommunicatie: Grenzen vervagen'.

Aanvrager *

Naam _____

PTT-onderdeel _____

Centercode _____ Kamernummer _____

Kantooradres _____

Postcode en plaats _____

Telefoon (0 _____) _____

* In verband met regelingen inzake auteursrechten is deze bundel uitsluitend beschikbaar voor medewerkers van KPN.