

Communicatielijnen

Citation for published version (APA):

van der Plaats, J. (1991). *Communicatielijnen*. Technische Universiteit Eindhoven.

Document status and date:

Gepubliceerd: 01/01/1991

Document Version:

Uitgevers PDF, ook bekend als Version of Record

Please check the document version of this publication:

- A submitted manuscript is the version of the article upon submission and before peer-review. There can be important differences between the submitted version and the official published version of record. People interested in the research are advised to contact the author for the final version of the publication, or visit the DOI to the publisher's website.
- The final author version and the galley proof are versions of the publication after peer review.
- The final published version features the final layout of the paper including the volume, issue and page numbers.

[Link to publication](#)

General rights

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal.

If the publication is distributed under the terms of Article 25fa of the Dutch Copyright Act, indicated by the "Taverne" license above, please follow below link for the End User Agreement:

www.tue.nl/taverne

Take down policy

If you believe that this document breaches copyright please contact us at:

openaccess@tue.nl

providing details and we will investigate your claim.

Communicatie- lijnen

AFSCHEIDSCOLLEGE

Prof.ir. J. van der Plaats



Technische Universiteit Eindhoven

AFSCHEIDS- COLLEGE

Gegeven op 18 oktober 1991
aan de Technische Universiteit
Eindhoven

Prof.ir. J. van der Plaats

Mijnheer de rector magnificus,
dames en heren,

Mijn ouders, die ik zeer dankbaar ben voor alles wat zij voor mij gedaan hebben, meenden er goed aan te doen mij psychotechnisch te laten testen toen ik de lagere school verliet en naar de HBS zou gaan. Het onderzoek vond plaats bij de Nederlandsche Stichting voor Psychotechniek te Utrecht op 30 mei 1938. Het onderzoeksrapport bevat het advies:

"O.i. kan men 3 klassen van de H.B.S. van hem eisen. Hij zal echter wel stevig gecontroleerd moeten worden. Zijn toekomst zien wij in technische richting of in den handel."

Dank zij een koninklijk besluit, vlak na het beëindigen van de tweede wereldoorlog, kwam het diploma 5-jarige HBS-B in mijn bezit. In 1946 ben ik in Delft Elektrotechniek gaan studeren. Mijn eerste werkkring was, nog tijdens mijn studententijd, bij de afdeling Wetenschappelijk Onderzoek van de Luchtmacht. Ik was gedetacheerd bij het Fysisch Laboratorium van RVO-TNO op de Waalsdorper vlakte en ontwikkelde elektronische apparatuur om G-krachten in straaljagers te meten.

Na mijn afstuderen, in oktober 1952, reageerde ik op een advertentie van de Bataafsche Petroleum Maatschappij, waarin ingenieurs voor het ontwik-

kelen van regelapparatuur werden gevraagd. Tijdens mijn sollicitatiegesprek werd ik gelubd om de exploratie van aardolie te gaan beoefenen. Na een opleiding van een jaar tot seismoloog volgden ruim twee jaren seismologie in Tunesië.

Na deze interessante en leerzame periode leek mij de tijd rijp om mijn onderwijsbevoegdheid in de wis- en natuurkunde te gaan exploiteren. Van 1956 tot 1961 was ik natuurkundeleeraar aan het Gemeentelijk Lyceum te Emmen. De laatste twee jaar van deze periode tevens één dag in de week leeraar meet- en regeltechniek aan de HTS te Zwolle.

In december 1960 verscheen er een advertentie van de TH Eindhoven, waarin voor verschillende vakgebieden wetenschappelijke ambtenaren werden gevraagd. In die tijd was er sprake van een vierde Technische Hogeschool, die in Haarlem of in Friesland gevestigd zou worden. Een baan in Eindhoven leek mij een goede springplank naar één van deze toekomstige Hogescholen. De sprong naar Eindhoven lukte, een vierde TH kwam er niet.

Indertijd was ik afgestudeerd in de radiocommunicatie bij professor Von Weiler, met als onderwerp "Threshold signals" in de radartechniek. Nu keerde ik terug naar dit vakgebied. De sectie telecommunicatie, onder leiding van professor Van Zoest, concentreerde zich, wat het onderzoek betrof, voornamelijk op de transmissie van informatie via lijnen en kabels. In de dertig daarop volgende jaren is dit het

hoofdmotief gebleven van mijn werk aan deze universiteit.

Als leidraad voor dit afscheidscollege heb ik daarom gekozen de ontwikkeling van de draadvormige geleiders die worden toegepast in de telecommunicatietechniek.

Verleden

In het jaar 1729 toonde Stephen Gray aan, dat een elektromagnetische verstoring zich voortplantte langs een vochtige wollen draad die was opgehangen aan droge zijden draden. Hoewel met dit soort draden systemen werden ontwikkeld die berichten konden overbrengen over afstanden van enkele kilometers, was een dergelijke lijn niet geschikt voor het bedrijven van telecommunicatie op grote schaal.

Omstreeks 1830, na de ontdekking van de chemische- en magnetische werking van de elektrische stroom, werden de eerste praktische lijnverbindingen in de telecommunicatie gerealiseerd met geïsoleerde koperdraden. Commerciële telegrafie werd in Engeland in 1839 en in Amerika in 1844 geïntroduceerd.

Een goede theorie voor deze telegraaflijnen werd in 1855 ontwikkeld door Thomson, de latere Lord Kelvin. Hij modelleerde de lange lijn met behulp van verdeelde weerstand en capaciteit. Op zijn aanwijzingen werd in 1858 de eerste transatlantische kabel gelegd.

Na de uitvinding van de telefoon door Bell in 1876 werden dezelfde soort lijnen ook gebruikt voor telefonie. Dat

ging met de nodige moeilijkheden gepaard. De frequenties die nodig waren om een telefoniesignaal over te brengen, waren honderden malen hoger dan die werden gebruikt bij de telegrafie. Voor een goede theorie moest de verdeelde zelfinductie en de verdeelde geleiding worden toegevoegd aan het eerdere model van de telegraaflijn. Om telefoonsignalen te transporteren werden en worden meestal twee getwiste koperdraden gebruikt die samen een aderpaar vormen. Veel van deze aderpennen worden samengeslagen in een enkele kabel. Tot op de dag van vandaag verzorgen dit soort kabels het merendeel van de telefoonverbindingen. De grootste lengte aan kabel, meer dan 95% van de totale lengte, vinden we nl. in de lokale netten. Nog steeds is er een groei van de jaarlijkse productie van dit soort kabels.

Een ander type communicatielij is de coaxiale kabel. Deze bestaat ook uit twee geleiders, een binnengeleider en daaromheen de buitengeleider. De eerste transatlantische kabel was in feite een coaxiale kabel. Het zeewater vormde de buitengeleider. Coaxiale kabels worden veelvuldig gebruikt voor TV-kabelnetten. Voor een goed begrip van de kabel, zeker bij de hoge frequenties die bijvoorbeeld in de TV-kabelnetten een rol spelen, is een model gebaseerd op de theorie van Maxwell onontbeerlijk. Zo'n model werd in de jaren dertig ontwikkeld.

Recente verleden

Ongeveer samenvallend met de tijd, dat ik eerst als lector en later als hoog-

leraar aan deze TU werkzaam mocht zijn, deed de optische geleider in de vorm van de glasvezel zijn intrede in de telecommunicatie. Zoals geschetst in figuur 1 bestaat een glasvezel uit een kern en een mantel, beide van glas, de brekingsindex van de kern iets groter dan die van de mantel. De diameter van de kern is iets kleiner dan 0,01 mm en die van de mantel 0,15 mm.

De kanaalcapaciteit die met een lijnverbinding gerealiseerd kon worden, maakte met de invoering van de glasvezel een ongelooflijk grote sprong voorwaarts. In een tijdsbestek van amper twintig jaar groeide de glasvezel van object, dat in de beginjaren soms nog werd beschouwd als speelgoed voor onderzoekers, tot een hoeksteen in de telecommunicatie.

Model van glasvezel

Voor de telegraaflijn, de telefoonlijn en de coaxiale kabel werden pas goede theoretische modellen opgesteld, nadat deze lijnen al volop werden toegepast. Een theoretisch model van de

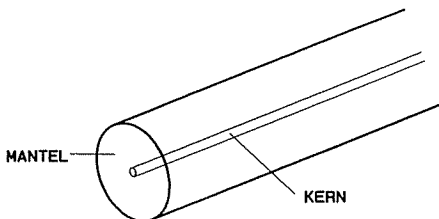


Fig. 1. De configuratie van een glasvezel. Voor een monomode vezel is de diameter van de kern 0,005 à 0,01 mm; de diameter van de mantel bedraagt ongeveer 0,15 mm.

optische geleider, gebaseerd op de theorie van Maxwell en direct toepasbaar op de glasvezel, werd daarentegen al in 1912 gegeven door Hondros en Debije.

Glasvezel in de vakgroep

Binnen de vakgroep Telecommunicatie werd in een vroeg stadium onderkend, dat de glasvezel een rol van betekenis zou gaan spelen. In onderwijs en onderzoek ging dit nieuwe transmissiemedium een steeds belangrijker plaats innemen.

Onderwijs

Eerst werd de glasvezel behandeld bij het college "Transmissie van Informatie", later in een apart college "Glasvezelcommunicatie". Aan het initiatief en het doorzettingsvermogen van Wim van Etten is het te danken, dat de in de loop der jaren gevormde collegestof niet onder de korenmaat is gebleven, maar te vinden is in het dit jaar verschenen boek "Fundamentals of Optical Fiber Communications", uitgegeven door Prentice Hall en waarvan binnenkort de tweede druk zal verschijnen.

Onderzoek

Het onderzoek werd steeds zoveel mogelijk ingepast in samenwerkingsverbanden met andere groepen, laboratoria, instituten, industrie en bedrijf. Met name valt hier te noemen het deelnemen aan de SGOG, de landelijke stuurgroep voor het onderzoek op het gebied van de glasvezelcommunicatie en het deelnemen aan DIVAC,

een proefproject waarbij een geïntegreerd digitaal lokaal systeem werd gerealiseerd voor telefonie, video, audio en nieuwe diensten en waarvoor de vakgroep Telecommunicatie het audiodeel verzorgde. Verder werden onderzoekprojecten uitgevoerd op het gebied van optische verdelers en couplers, gefinancierd door de Stichting Technische Wetenschappen. Het huidige onderzoek binnen de vakgroep concentreert zich voornamelijk op coherente systemen en wordt uitgevoerd binnen het kader van een IOP-project, gefinancierd door het ministerie van Economische Zaken.

Verschil tussen glas en koper

De glasvezel heeft de potentie in de toekomst praktisch alle geleide transmissie van informatie voor zijn rekening te nemen en daarmee de koperen geleiders geheel te verdringen. Eén van de belangrijkste redenen voor deze aardverschuiving in de techniek is te vinden in de demping van het licht door de vezel als functie van de golflengte van het licht en daarmee samenhangend de bandbreedte. Als we deze demping vergelijken met de demping van elektromagnetische golven in koperen kabels, dan valt dit voor de glasvezel bijzonder gunstig uit.

Behalve de demping speelt ook de dispersie van een transmissielijn een grote rol. Doordat de fasesnelheid niet voor alle frequenties dezelfde is, zal de duur van een puls toenemen naarmate hij een grotere afstand door de lijn heeft afgelegd. Pulsen die aan het

begin van de verbinding nog duidelijk van elkaar zijn te onderscheiden, beginnen na enige afstand afgelegd te hebben elkaar te overlappen en zijn op den duur niet meer van elkaar te onderscheiden. Een koperen kabel betekent veel dispersie, een glasvezel kan in principe met weinig of geen dispersie worden gemaakt.

Demping als functie van de frequentie

Demping van koperen kabel

In principe is er aan de communicatielijn vanaf de eerste telegrafielijnen en de eerste coaxiale transatlantische kabel tot aan het verschijnen van de glasvezel weinig veranderd. Het koper geleidt weliswaar de elektromagnetische golven, maar het absorbeert daarbij ook een deel van het vermogen. En voor bijvoorbeeld de hoogste frequenties bij kabel-TV gaan ook de verliezen in het isolatiemateriaal een beduidende rol spelen. De signalen worden niet alleen geleid, maar ook verzwakt en deze demping beperkt de kanaalcapaciteit van een koperen kabel.

Demping van glasvezel

In figuur 2 is van een glasvezel de demping geschetst als functie van de golflengte van het gebruikte licht van 1100 nm tot 1700 nm, dat is in het nabije infrarood. Ook zijn in deze figuur twee golflengtegebieden aangegeven die worden gebruikt in de telecommunicatie. Het ene gebied ligt rond de 1300 nm en wordt gekenmerkt

door minimale dispersie, het andere ligt rond de 1550 nm en is gekenmerkt door minimale demping. Een maat voor de hoeveelheid informatie die per tijdseenheid door een transmissiemedium kan worden getransporteerd, is de kanaalcapaciteit. Deze kanaalcapaciteit is evenredig met het omvatte frequentiegebied. Het is daarom handig de genoemde golflengtegebieden om te rekenen in frequentiegebieden. Dit levert dan bandbreedten van respectievelijk 18000 en 12500 GHz. De totale bandbreedte van een enkele vezel is daarmee bijvoorbeeld dertigduizend maal groter dan de bandbreedte van een coaxiale kabel in een TV-kabelnet en ruim driehonderd maal groter dan het frequentiegebied dat voor radiocommuni-

catie gebruikt wordt, van langegolf tot en met de hoogste frequenties bij satellietcommunicatie.

Prijs

De uiteindelijke redenen om over te gaan van koperen geleiders naar glasvezels zijn uiteraard van financiële aard. Het heeft niet veel zin de prijs van een meter glasvezelkabel te vergelijken met de prijs van een meter koperen kabel. De glasvezelkabel zelf hoeft niet goedkoper te zijn dan de coaxiale kabel om een verbinding met optische geleiders toch financieel aantrekkelijker te maken dan eenzelfde verbinding uitgevoerd met koperen kabels. We lichten dit toe aan de hand van een voorbeeld.

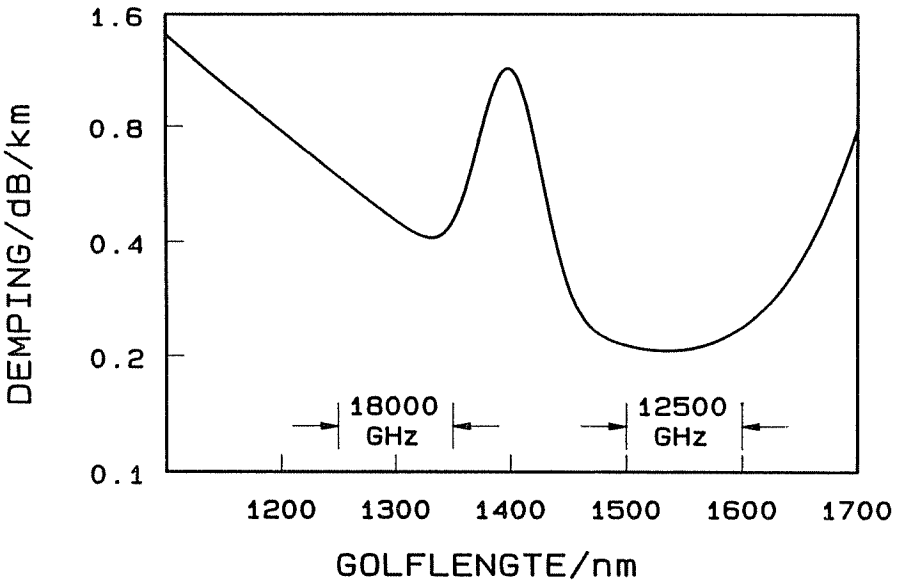


Fig. 2. Demping van een glasvezel als functie van de golflengte van het licht en de bandbreedten rond het 1300 nanometer en het 1550 nanometer gebied.

Stel een digitale verbinding met een bitrate van 140 Mbit/s en een totale lengte van 100 km.

Als deze verbinding wordt uitgevoerd met coaxiale kabel, dan moet na elke twee km een repeater in de verbinding worden aangebracht die het signaal moet regenereren, in totaal dus 50 repeaters.

Passen we een glasvezel toe in het golflengtegebied van 1300 nm, dan zijn slechts 3 repeaters nodig en bij 1500 nm kan de verbinding zelfs geheel zonder repeaters worden gerealiseerd. Niet alleen de installatiekosten van de repeaters worden bespaard, ook de kosten voor elektronische bewaking van de apparatuur en van het onderhoud worden aanmerkelijk minder, of kunnen geheel vervallen. Bovendien neemt de betrouwbaarheid van de lijnverbinding toe.

De glasvezelkabel heeft dan nog het voordeel, dat de bitrate eventueel aanmerkelijk hoger gekozen kan worden. Al met al is de verbinding met glasvezel financieel aanmerkelijk aantrekkelijker.

Huidige technische ontwikkelingen

Hoewel de techniek momenteel zo ver is ontwikkeld, dat in de hogere netvlakken de optische geleider de koperen geleiders geheel heeft verdrongen, wil dit nog niet zeggen, dat de ontwikkeling van de glasvezelcommunicatie daarmee in zijn eindfase is gekomen.

De glasvezel zelf, die toegepast zal worden in toekomstige netten, is inmiddels wel zo ver ontwikkeld, dat hij zich heeft geschaard tussen andere in de elektrotechniek bekende passieve componenten zoals weerstanden en condensatoren.

Het onderzoek en de ontwikkeling van dit moment moeten we dus niet zo zeer zoeken bij de glasvezel zelf, maar meer bij de technieken en de systeemontwerpen die de potentiële capaciteit van de optische geleider zo goed mogelijk proberen uit te buiten. Enkele van de belangrijkste ontwikkelingen bezien we iets nader.



Fig. 3. *Direkt systeem.*

LD = laserdiodo; deze zendt licht in de vezel met een vermogen dat evenredig is met de stroom door de laser.

FD = fotodiodo; deze levert stroom evenredig met het vermogen van het opvallende licht.

Direkte systemen

De huidige systemen, die worden toegepast in de hogere netvlakken, zijn zogenaamde directe systemen. Aan de zenzijde wordt het licht van een gemoduleerde halfgeleiderlaser in een glasvezel gekoppeld, schematisch aangegeven in figuur 3. Het licht dat de glasvezel aan de ontvangzijde verlaat, valt op een fotodiode, die een stroom levert recht evenredig met het vermogen van het opvallende licht. In feite is dit een primitieve techniek, te vergelijken met de radiotechniek uit de tijd van de vonkzenders. De maximale capaciteit, die beperkt wordt door de elektronica, ligt momenteel rond de 10 Gbit/s. Slechts een klein deel van de beschikbare bandbreedte van de glasvezel wordt in beslag genomen. De capaciteit kan worden uitgebreid door meerdere golflengten te

gebruiken, die aan de ontvangkant met optische filters van elkaar worden gescheiden, zoals geïllustreerd in figuur 4. Het aantal te gebruiken golflengten bedraagt ruim tien en is vergeleken met de mogelijke aantallen bij de hierna te noemen coherente systemen betrekkelijk gering.

Coherente systemen

In de radiotechniek werden coherente systemen ontwikkeld in de jaren twintig en deze worden daar sinds die tijd algemeen toegepast. Gelijksortige technieken zijn momenteel in de glasvezelcommunicatie in ontwikkeling. In figuur 5 is het principe geschetst. Het zwakke licht aan de ontvangzijde van de vezel met frequentie F_1 , dat de informatie bevat, wordt gemengd met het veel sterkere licht van een lokale laser met frequentie F_2 . Er treedt dan

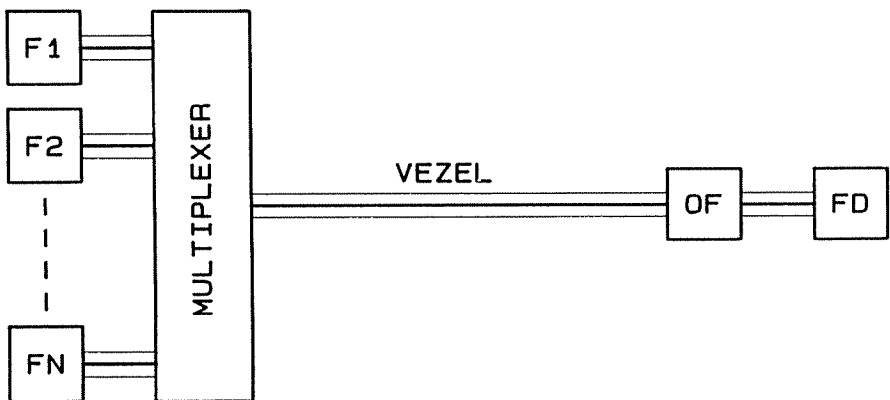


Fig. 4. Direct systeem met golflengte multiplex.

F_1 t/m F_N = lasers met verschillende golflengten of frequenties.

OF = optisch filter; dit laat één van de golflengten door en spert de overige.

FD = fotodiode.

interferentie op tussen de twee lichtbundels. Het gevolg is een stroom door de fotodiode met o.a. een wisselstroomcomponent waarvan de frequentie gelijk is aan het verschil $F_2 - F_1$. Deze component bevat ook de amplitude en de fase van het ontvangen signaal. De verschillfrequentie wordt zo gekozen, dat het signaal verder elektronisch behandeld kan worden. Draaggolven die bijvoorbeeld 10 GHz van elkaar in frequentie verschillen, kunnen goed van elkaar gescheiden worden. Bij een totale bandbreedte van bijvoorbeeld 12500 GHz (zie figuur 2), kunnen in principe 1250 draaggolven naast elkaar worden gelegd. Door de frequentie van de lokale oscillator te variëren kan op de verschillende draaggolven worden afgestemd. Het lijkt er dus op dat met coherente systemen veel grotere kanaalcapaciteiten kunnen worden

gerealiseerd dan met directe systemen. Bovendien is de signaal/ruis verhouding gunstiger. Nadeel bij coherente systemen is de complexiteit van de ontvanger. Maar er is ook nog een vermogensaspect. Aan elk kanaal moet een minimaal vermogen worden toegevoerd om het betreffende signaal aan de ontvangkant nog foutloos te kunnen detecteren. Daar het totale vermogen dat aan een vezel toegevoerd mag worden begrensd is, betekent dit tevens een beperking van het aantal toe te passen kanalen.

Solitonen

Voor kleine signalen is een glasvezel een lineair systeem, de materiaaleigenschappen zijn dan onafhankelijk van de grootte van het signaal. Voor sterkere signalen geldt dit echter niet. Bij veel draaggolven in coherente systemen kan het somsignaal zo sterk

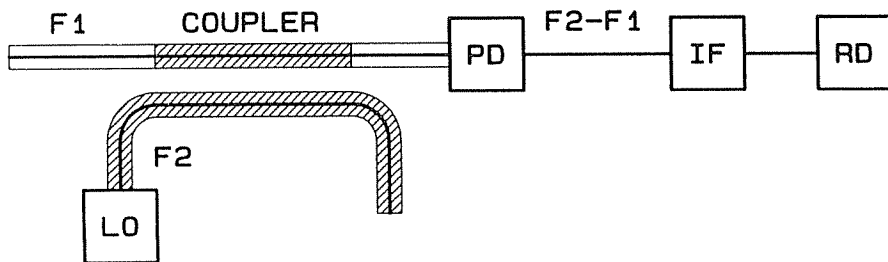


Fig. 5. Coherent systeem.

F_1 = frequentie van het ontvangen, gemoduleerde licht.

F_2 = frequentie van de lokale lichtbron.

LO = lokale oscillator, lokale lichtbron.

PD = fotodiode.

IF = middenfrequent filter.

RD = radiodetector.

worden dat door niet-lineaire effecten de kanalen elkaar onderling gaan storen.

Er zijn niet-lineaire vezels, waarbij de brekingsindex afhangt van het signaal en wel zodanig, dat alle fotonen in een lichtpuls met gelijke snelheid de vezel doorlopen, zodat afzonderlijke pulsen elkaar niet gaan overlappen. Ook normale standaard vezels vertonen deze eigenschap als de golflengte op de juiste wijze wordt gekozen, dicht bij het punt van minimale dispersie. Zo'n cluster fotonen wordt een soliton genoemd. Om het effect te bereiken is echter wel een minimaal aantal fotonen per puls noodzakelijk; per puls is dus een minimale energie vereist en bij een hoge bitrate betekent dat een betrekkelijk groot vermogen. Experimenten met solitonen vermelden bitrates van 10 Gbit/s en overbrugde afstanden van meer dan een miljoen km!

Optische versterkers

Bij een halfgeleider laser worden door een elektrische stroom atomen aangeslagen en elektronen in hogere

energietoestanden gebracht. Als de elektronen terugvallen naar een lagere energietoestand, zenden ze fotonen uit met een bepaalde discrete energie en dus een bepaalde golflengte. Een deel van het zo ontstane licht wordt heen en weer gekaatst tussen de eindvlakken van de laser. Als de intensiteit van het licht dat heen en weer wordt gekaatst voldoende groot is, dan treedt er gestimuleerde emissie op. Dat wil zeggen, de energie die vrijkomt bij het terugvallen van de elektronen wordt toegevoegd aan dit licht. Een deel van het licht wordt niet teruggekaatst aan de eindvlakken, maar verlaat de laser.

Een halfgeleider-laserversterker, geschetst in figuur 6, lijkt veel op de beschreven laser. Een groot verschil is echter, dat de eindvlakken in dit geval zo weinig mogelijk moeten reflecteren; daartoe zijn ze van een anti-reflectie coating voorzien. Het licht dat de gestimuleerde emissie moet veroorzaken komt van buiten de structuur, het komt uit de vezel waarvan het licht versterkt moet worden. Het versterkte licht verlaat aan de andere

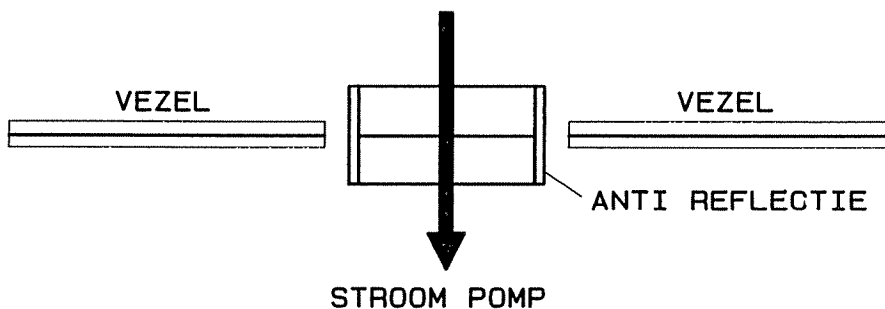


Fig. 6. Halfgeleider-laserversterker.

zijde de optische versterker en wordt weer in een vezel gekoppeld. Bij het inkoppelen en uitkoppelen gaat veel vermogen verloren.

EDFA

Sinds enkele jaren is er ook de "EDFA", de erbium gedoteerde vezel versterker, geschetst in figuur 7. De halfgeleider-laserversterker met zijn gelaagde structuur wordt hierbij vervangen door een speciale, met zeldzame aarde gedoopte glasvezel. De elektronen in deze vezel worden niet door een elektrische stroom in een hogere energietoestand gebracht, zoals bij de laser-versterker, maar door het licht van een speciale lichtbron, dat in de vezel wordt gekoppeld. De vezelstructuur wordt hier niet onderbroken, waardoor er weinig koppelverliezen zijn.

Toekomst

Het is altijd gewaagd technische ontwikkelingen te voorspellen, maar voor een emeritus hoogleraar brengt dat geen enkel risico met zich mee. Daar-

om de volgende voorspellingen, die gedeeltelijk ook wel als open deuren beschouwd kunnen worden. De belangrijkste toepassingen en de grootste investeringen zullen plaats vinden in de lokale netten. Vanzelfsprekend is ook op dit gebied een echte doorbraak pas te verwachten, als de huidige netten zijn afgeschreven en als ook hier de kosten van een glasvezelverbinding lager zullen uitpakken dan die van de huidige met koper gerealiseerde verbindingen. Experimenten met velerlei systemen uitgevoerd met de bovenomschreven bouwstenen zullen hieraan vooraf gaan. Bij het leggen van vezels in het lokale net zijn Japan en de Verenigde Staten de koplopers. In figuur 8 is een schatting gegeven van de groei van het aantal met een vezel aangesloten abonnees in de VS. Voor een geïntegreerd digitaal lokaal net zal er gekozen moeten worden tussen directe en coherente detectie.

- Direkte systemen zullen verder worden ontwikkeld tot bijvoorbeeld 10 Gbit/s, waarmee 64 digitale

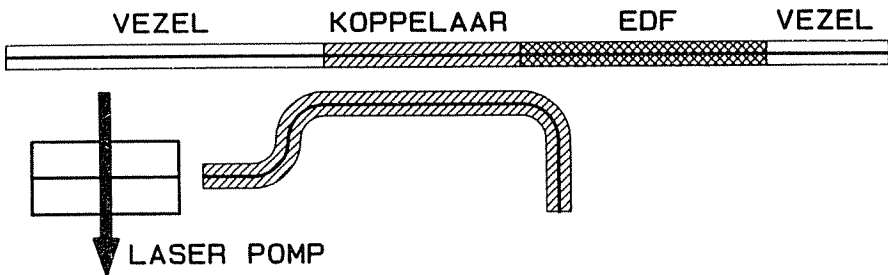


Fig. 7. EDFA, Erbium Doped Fiber Amplifier.
EDF = Erbium Doped Fiber.

HDTV-signalen te zamen naar de consument kunnen worden gebracht.

- Coherente systemen zijn zuiver technisch gezien het neusje van de zalm. Er moet echter nog veel ontwikkelingswerk worden verricht om deze systemen praktisch toepasbaar te maken en welke uiteindelijke kosten dit met zich zal brengen, is voorlopig nog moeilijk te schatten. Hoewel er in principe, zoals we zagen, een immens aantal kanalen gerealiseerd kan worden, is er toch een beperking door het gelimiteerde vermogen dat aan de vezel toegevoerd mag worden. Door deze beperking zou het best eens kunnen zijn dat de primitievere, directe systemen toch de voorkeur verdienen.

- Optische versterkers.

Een verschil tussen radio- en lijncommunicatie is, dat in een lijnverbinding over het algemeen makkelijker een versterker te plaatsen is dan in een radioverbinding. In de glasvezelcommunicatie liggen de verhoudingen tussen directe en coherente systemen dan ook anders dan in de radiocommunicatie en de invloed van de ter beschikking komende versterkers op deze verhouding is nog onduidelijk.

- Systemen met solitonen zijn vooral interessant voor lange verbindingen met hoge bitrates, bijvoorbeeld voor transatlantische verbindingen. Ze zijn niet van belang voor toepassingen in het lokale net.

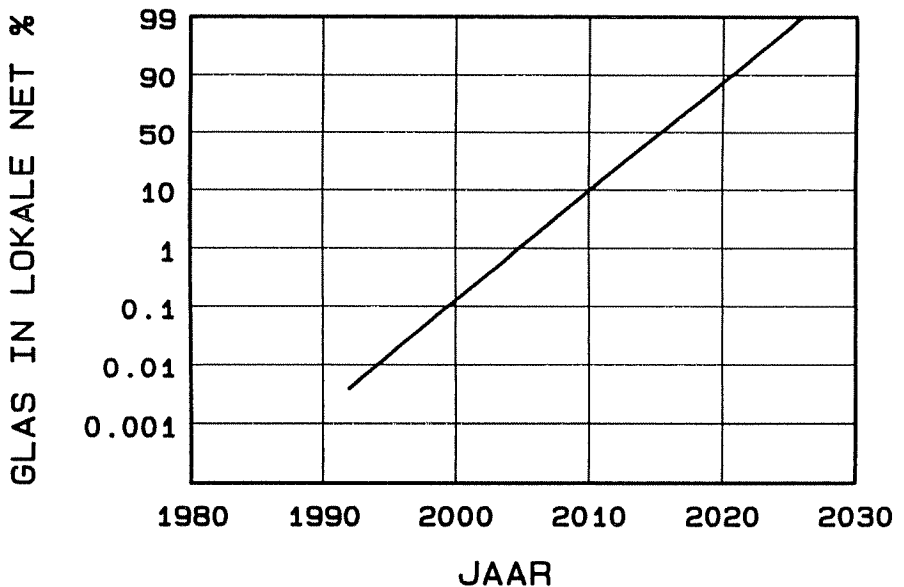


Fig. 8. Geschat percentage huisaansluitingen met glasvezel in de USA als functie van de tijd.

- Dan is er nog de mogelijkheid een hele verzameling signalen, zoals die thans voorkomen bijvoorbeeld in co-axiale kabels, op een enkele optische draaggolf te moduleren. De kans op het toepassen hiervan moet voornamelijk in het begin van het invoertraject worden gezocht.

Aantallen telecommunicatie-ingenieurs

Dat er veel telecommunicatie-ingenieurs nodig zullen zijn om de genoemde systemen te ontwikkelen, lijkt geen twijfel.

Aan veel afstudeerders heb ik het ingenieursdiploma mogen uitreiken, een groot deel van deze ingenieurs heeft een bijdrage geleverd aan het onderzoek binnen de vakgroep op het gebied van de optische communicatie. In het jaarverslag 1990 van de TUE lees ik dat er 7041 studenten stonden ingeschreven, een nieuw record. In schril contrast hiermee staat de afname van de belangstelling voor de studie in de Elektrotechniek. Dat geldt ook voor de zusterinstellingen in Delft en Twente. Naar de oorzaak van deze trend kan vooralsnog slechts worden gegist. De Elektrotechniek is een moeilijke studie met, als gevolg van de absolute normstelling bij de examens, een laag studierendement. De grootte van de verbetering die zal intreden nu ik afscheid neem en nu er dit cursusjaar een nieuw onderwijsprogramma wordt ingevoerd in de faculteit, zal pas op termijn te constateren zijn.

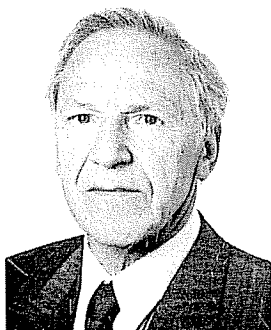
Tenslotte

Aan het eind van dit afscheidscollege gekomen, wil ik graag mijn dank uitspreken aan het College van Bestuur, aan mijn collega's en aan mijn medewerkers. Zij allen hebben de tijd die ik aan deze universiteit mocht werken tot een onvergetelijke tijd gemaakt, waar ik uitsluitend positieve herinneringen aan zal bewaren. Ook mijn vrouw en kinderen wil ik graag bedanken. Zij zijn het die het mogelijk maakten dat ik in de achter ons liggende jaren steeds met plezier naar mijn werk kon gaan en ook met plezier weer in mijn gezin kon terug keren. In het bijzonder wil ik mijn echtgenote bedanken, die altijd klaar staat waar zij een ander kan helpen. Onze zonen hebben ons veel vreugde geschonken, we hebben altijd genoten van hun wetenschappelijke, technische en sportieve kwaliteiten. Onze schoondochter tenslotte zorgde ervoor dat ik dit afscheidscollege als opa kon houden.

Ik dank U voor Uw aandacht.

Vormgeving en druk:
Reproductie en Fotografie van de CTD
Technische Universiteit Eindhoven

Informatie:
Academische en Protocolaire Zaken
Telefoon (040-47)2250/4676



Jan van der Plaats werd in 1926 in Utrecht geboren. Hij studeerde Elektrotechniek aan de Technische Hogeschool te Delft. Was tijdens zijn studie werkzaam bij de Afdeling Wetenschappelijk Onderzoek van de Koninklijke Luchtmacht. Na zijn studie werkte hij enige jaren als seismoloog bij de Bataafse Petroleum Maatschappij, voornamelijk in Tunesië. Hij was vijf jaar leraar wis- en natuurkunde aan het Gemeentelijk Lyceum te Emmen en deeltijds leraar aan de HTS te Zwolle. In 1961 werd hij wetenschappelijk medewerker in de groep telecommunicatie van de Technische Universiteit Eindhoven. In 1973 werd hij lector en in 1980 hoogleraar in de telecommunicatie aan deze Universiteit.