

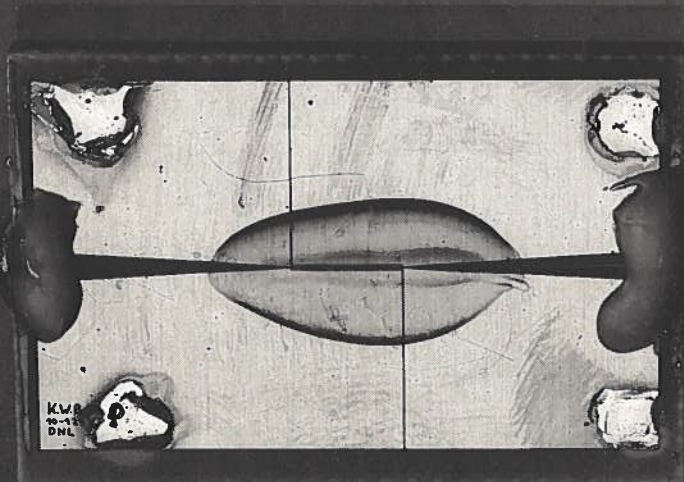
ptt telecom

6

44e JAARGANG
JUNI 1989

Studieblad

TECHNISCHE INFORMATIE VOOR PTT MEDEWERKERS



Studieblad

Uitgave

PTT Telecom (voorheen
AbvaKabo en CFO)

Hoofdredacteur

drs. Y.M. van der Veen

Redactie

E.J. Boessenkool,
P.J. Boomgaard,
ing. B. Kieboom,
A. Welling

Secretariaat

mw. F. Stulp-Huttema
tel. 050-603732

Correspondentie-adres

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

Abonnement

f 18,— per jaar. Voor niet-
PTT-ers f 30,— per jaar.
Verschijnt maandelijks

Vormgeving

Studio Dorèl, Groningen

Druk

Ten Brink, Meppel

Fotografie

Fotodienst PTT-RNL

© PTT Telecom

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

Pagina 148 **Optische communicatie nu en straks**
dl. II: communiceren is vooruitzien
ir. A. Diekema

Pagina 159 **Telematiseren binnen de school**
drs. A. M. C. Barents - drs. P. C. Wolswijk

Pagina 164 **Nederlands Keuringsinstituut voor
telecommunicatie-apparatuur NKT**
drs. C. Vader

Pagina 167 **Stadieblad Kort**

Pagina 170 **Elektromagnetische compatibiliteit**
Bewerking Y. M. van der Veen

Bij de omslagfoto

Thermo-optische schakelaar op
basis van polymeren, vervaardigd
op het RNL

Na het eerste deel in het themanummer rond optische communicatie – Studieblad PTT Telecom mei 1989 – vervolgen we in dit nummer het artikel 'Optische communicatie nu en straks' met deel II. Ir. A. Diekema van PTT Research neemt ditmaal twee veelbelovende nieuwe ontwikkelingen onder de loupe: de coherent optische ontvanger en glasvezels uit zirkoonfluoriden in plaats van uit kwartsglas.

In 'Telematiseren binnen de school' gaan drs. A. M. C. Barents en drs. P. C. Wolswijk van PTT Nederland Opleidingscentrum, Management Instituut in op de ervaringen met het invoeren van telematica in het onderwijs; de beschikbaarheid van concreet uitgewerkt lesmateriaal verdient daarbij bijzondere aandacht.

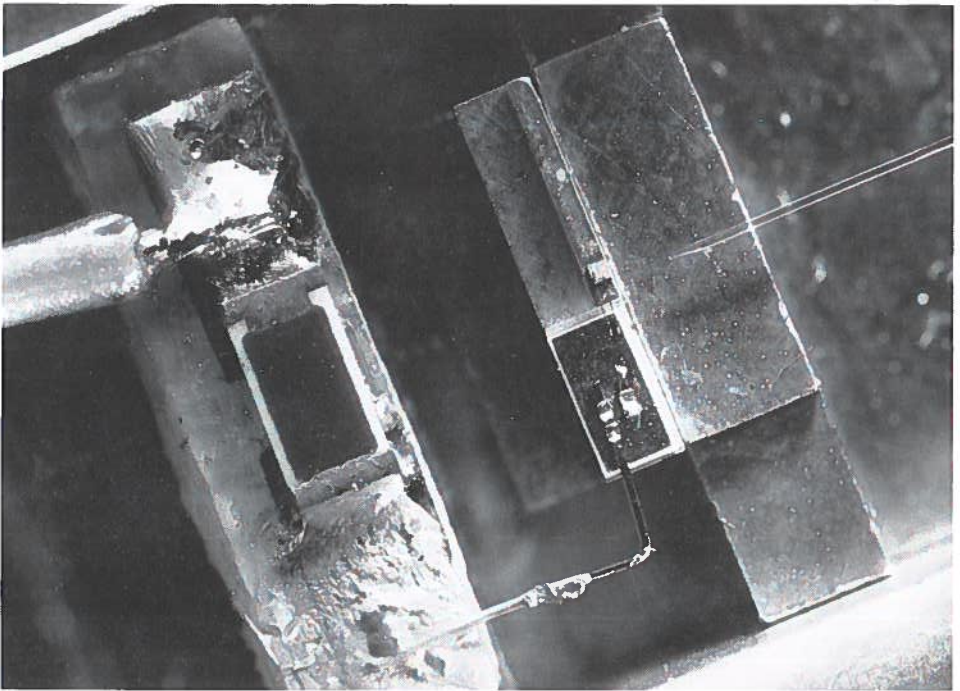
De stand van zaken betreffende het Nederlands Keuringsinstituut voor Telecommunicatie-apparatuur (NKT) wordt toegelicht door drs. C. Vader. In 'Stadieblad Kort' is er aandacht voor een uiteenlopend aantal onderwerpen onder andere voor het samenspel tussen mens en machine.

In het artikel 'Elektromagnetische compatibiliteit' (EMC) wordt ten slotte een beeld geschetst van wat dit begrip inhoudt en welk belang EMC heeft voor PTT Telecom. De rol van het Neher laboratorium wordt daarbij uitvoerig toegelicht.

Optische communicatie nu en straks Deel II: Communiceren is vooruitzien

A. Diekema

Dat het aanzien van de telecommunicatie binnen niet al te lange tijd opnieuw ingrijpend kan veranderen, zal eigenlijk niemand meer verbazen. Nieuwe technieken vergroten nog steeds de mogelijkheden tot (optisch) communiceren. Opzienbarende ontwikkelingen zijn in dit verband de komst van nieuwe materialen met een uitzonderlijk lage lichtverzwakking voor het vervaardigen van glasvezels en de introductie van de coherent optische ontvanger. Niet alleen wordt het met de nieuwe technieken straks mogelijk om ongelooflijk grote afstanden onversterkt te overbruggen, maar tevens zullen meerdere optische frequenties gelijktijdig verzonden kunnen gaan worden.



Een halfgeleiderlaser waarvan het licht wordt ingekoppeld in een monomodusglasvezel; om het inkoppelrendement te verhogen is

de vezel voorzien van een taps toelopend uiteinde met een bolvormige tip.

Met de ontwikkeling van de laser in het begin van de jaren '60 werden – zoals we in het eerste deel van dit artikel in het meinummer 1989 van het Studieblad hebben gezien – de condities aanzienlijk gunstiger om een start te kunnen maken met optische transmissie via glasvezels. Cruciaal bleek het inzicht (1966) dat het mogelijk was de optische verzwakking in glas aanzienlijk te verkleinen door gebruik te maken van zuivere materialen en een speciaal fabricageproces. Glasvezels van kwartsglas met een zeer lage lichtverzwakking tot minimaal 0,16 dB/km, maakten het begin jaren '80 in principe mogelijk om afstanden van enkele honderden kilometers zonder versterkers te overbruggen. Deze ontwikkeling is zeer snel gegaan want tussen het artikel van Kao en Hockham uit 1966, waarmee de moderne glasvezelcommunicatie is begonnen en het bereiken van de lage lichtverzwakking, liggen slechts 16 jaar.

Dat de mogelijkheden van de huidige optische systemen begrensd zijn, zagen we in het eerste deel van dit artikel echter ook. Want alhoewel gering, de in de vezels optredende lichtverzwakking en dispersie stellen nog altijd duidelijke limieten aan wat de optische communicatie momenteel vermag.

Als gevolg van de lichtverzwakking raakt, afhankelijk van de gebruikte golflengte van 1300 of 1550 nm, na 100 tot 200 km het optisch vermogensbudget voor de 'gewone' glasvezelsyste-

men van 30 dB op. Dat vermogensbudget wordt bepaald door en het vermogen dat de optische zender afgeeft en door de gevoeligheid van de detector. In het 1550 nm golflengtegebied is de in de vezels optredende lichtverzwakking het laagst.

Bij de begrenzing van de afstand speelt verder de dispersie van de vezels een rol waardoor vooral bij hogere seïnsnelheden pulsverbreding optreedt. Rond 1300 nm is de dispersie van de meest gebruikte typen glasvezel minimaal, zodat dit voor vele van de huidige systemen een gunstig golflengtegebied is.

Nieuwere typen monomodusvezels (dispersion shifted) bieden de mogelijkheid van een minimale dispersie bij 1550 nm, het gebied waar tegelijkertijd ook de lichtverzwakking minimaal is. Niet verwonderlijk dus dat het golflengtegebied van 1550 nm momenteel in opkomst is.

Behalve op de overbrugbare afstand, is de door de dispersie veroorzaakte pulsverbreding ook van invloed op de in optische systemen te gebruiken seïnsnelheid. Omdat de pulsverbreding echter eveneens wordt beïnvloed door de spectrale breedte van de bron, bieden nieuwe typen halfgeleiderlasers met een uiterst kleine spectrale breedte (DFB en DBR-lasers) sinds kort de mogelijkheid om ook grote seïnsnelheden van 565 Mbit/s of meer toe te passen in de optische communicatie.

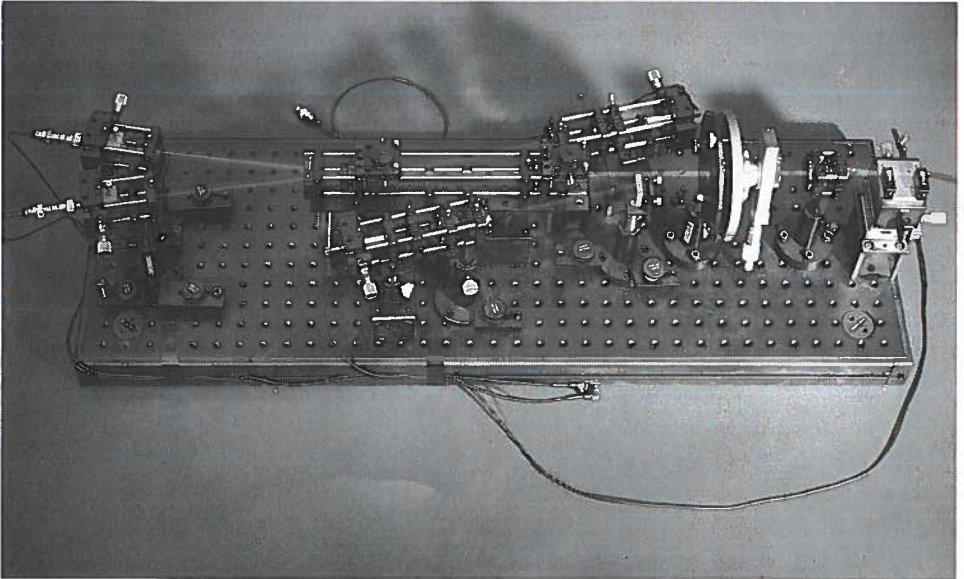
Glasvezels en optische transmissie zijn uit de hedendaagse PTT-praktijk niet meer weg te denken. De techniek is nu praktisch volledig ontwikkeld om optische transmissie toe te passen in lange en middellange afstandsverbindingen met transmissiesnelheden tot 565 Mbit/s. In laboratoria richt men zich momenteel op transmissie met vele Gbit/s en op concepten van volledig optische netten, dus met optische transmissie, optische signaalbewerking en optisch schakelen. De coherent optische ontvanger is een in dat verband belangrijke ontwikkeling.

Maar ook aan een verdere ontwikkeling van de glasvezel wordt nog altijd intensief gewerkt waarbij nieuwe materialen

met interessante toepassingsmogelijkheden zich beginnen aan te dienen. Bijzonder interessant is de ontdekking van een nieuw glasachtig materiaal van zirkoonfluoriden dat het kwartsglas in verbindingen over zeer lange afstanden, in de toekomst wel eens zou kunnen gaan vervangen.

De coherent optische ontvanger

De laatste jaren is in vele laboratoria het onderzoek gestart naar de toepassing van coherent optische technieken voor glasvezelsystemen. Met deze technieken is het mogelijk de quantumlimiet (het minimaal benodigde, gemiddeld optisch vermogen) dichter te benaderen dan wat, alles in aanmerking genomen, met de in het eerste deel van dit artikel genoemde technieken van directe detectie mogelijk is.



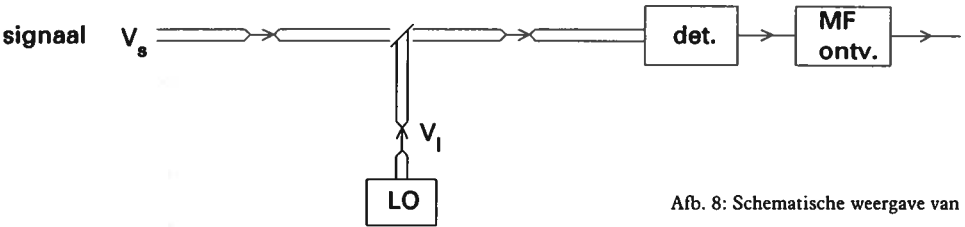
Een laboratoriumopstelling voor het meten van de polarisatie-eigenschappen van glasvezels.

Om een coherent optische ontvangst te kunnen toepassen, moeten de optische bronnen een stabiel spectrum bezitten met een enkele lijn. Dit wordt gekarakteriseerd met de graad van coherentie. Eenvoudig uitgedrukt betekent dit, dat hoe beter en hoe langduriger de geproduceerde lichtgolven een zuivere sinus benaderen, hoe hoger de coherentiegraad van de bron is.

Tegenwoordig kunnen halfgeleiderlasers worden gemaakt met een behoorlijke coherentie. Enerzijds kan dit door bijzondere configuraties, zoals die in laboratoria staan opgesteld, anderzijds komen nieuwe typen halfgeleiderlasers als de al genoemde DFB- en DBR-lasers in aanmerking. Met dergelijke lasers zal toepassing van coherent optische ontvangst ook in glasvezelssystemen mogelijk worden.

Principe van de werking

Het principe van een coherent optische ontvanger is weergegeven in afbeelding 8.



Afb. 8: Schematische weergave van een coherent optische ontvanger.

Het bijzondere van deze ontvanger is dat het signaal na het doorlopen van een glasvezel eerst wordt gecombineerd met een signaal van een tweede laser, die de lokale oscillator wordt genoemd, waarna het totale signaal op een fotodetector valt. Dit combineren kan plaatsvinden via een halfdoorlatende spiegel, zoals in afbeelding 8 aangegeven. Ook wordt wel een glasvezelkoppelaar gebruikt.

Zijn nu de ontvangen optische signaal golf met frequentie ν_s en de lichtgolf van de lokale oscillator met frequentie ν_l in voldoende mate coherent, dan zullen bij de detector de optische amplitudes optellen. Het elektrische signaal uit de detector is evenredig met het optische vermogen, zoals eerder werd aangegeven, dat wil zeggen met het kwadraat van de totale amplitude.

Stellen we de signaal golf voor door $E_s \cdot \cos(2\pi\nu_s t + \phi_s)$ en de lichtgolf van de lokale oscillator door $E_l \cdot \cos(2\pi\nu_l t + \phi_l)$, waarin E de amplitude, t de tijd en ϕ de fase voorstelt, dan kan het totale vermogen op de detector worden berekend. Dit levert met toepassing van enkele goniometrische formules vier termen. Twee daarvan stellen een optisch signaal voor met de

optische frequenties $2 \cdot \nu_s$ en $2 \cdot \nu_l$, die buiten het gevoeligheidsgebied van de detector vallen en daardoor alleen een gelijkspanningsbijdrage geven: $0,5 \cdot E_s^2 + 0,5 \cdot E_l^2 = P_s + P_l$, terwijl een derde term met frequentie $\nu_s + \nu_l$ eveneens buiten het gevoeligheidsgebied van de detector valt, maar gemiddeld nul is.

Slechts één term zal een elektrisch signaal geven met een frequentie $f_{mf} = \nu_s - \nu_l$ en fase $\phi_{mf} = \phi_s - \phi_l$ ter grootte van:

$$\begin{aligned} i_{mf}(t) &= \frac{\eta \cdot c}{h \cdot \nu} \cdot E_s \cdot E_l \cdot \cos(2\pi f_{mf}t + \phi_{mf}) = \\ &= \frac{\eta \cdot c}{h \cdot \nu} \cdot 2 \cdot \sqrt{P_s \cdot P_l} \cdot \cos(2\pi f_{mf}t + \phi_{mf}). \end{aligned}$$

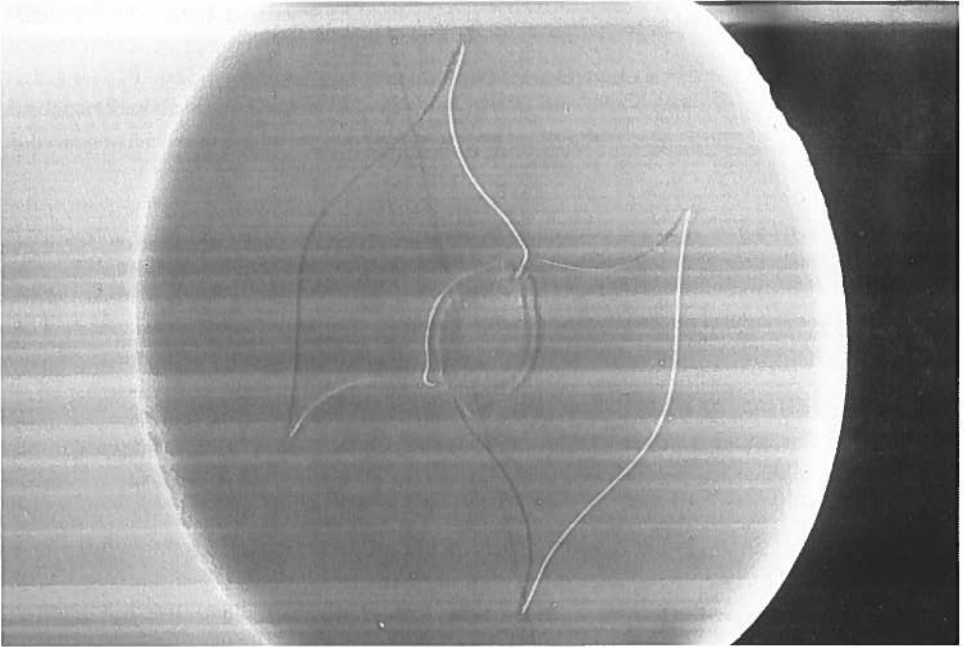
Als faseverschil $\phi_s - \phi_l$ en frequentieverschil $\nu_s - \nu_l$ tussen de twee signalen constant zijn (dit houdt verband met de coherentie), ontstaat in de detector een elektrisch signaal met frequentie f_{mf} en een amplitude die evenredig is met de wortel uit het produkt van het optisch vermogen van de signaalbron en van de locale oscillator. De frequentie f_{mf} kan worden gekozen als het frequentieverschil tussen de signaal-laser en de locale oscillator laser. Meestal wordt daartoe de frequentie van de locale oscillator laser gestabiliseerd ten opzichte van de frequentie van het ontvangen signaal. De verschilfrequentie kan bijvoorbeeld worden gelegd op enkele honderden MHz tot enkele GHz. Dit signaal wordt verder gedemoduleerd in de middenfrequent ontvanger, waaruit het oorspronkelijke signaal weer te voorschijn komt.

Heterodyne ontvanger

De coherent optische ontvanger wordt ook wel een *heterodyne* ontvanger genoemd, een term die bekend is uit de radiotechniek waar gelijksoortige technieken maar dan met radiofrequenties worden toegepast. Ook *homodyne* ontvangst is mogelijk; daartoe moeten de optische frequenties van het signaal en van de locale oscillator precies gelijk zijn.

Verder is het nodig dat ter plaatse van het detector-oppervlak de optische amplituden goed optellen. In optische termen wil dat zeggen dat beide optische velden op dezelfde wijze, zeg lineair en parallel, gepolariseerd zijn. Daarom komen als transmissiemedium voor coherent optische systemen alleen monomodus glasvezels in aanmerking.

Laserdioden geven meestal een lineair gepolariseerd signaal



af. Bij het doorlopen van een monomodusvezel kan de polarisatierichting van het optische signaal echter veranderen, zodat daarvoor aan de ontvangzijde moet worden gecompenseerd.

Een andere mogelijkheid is het gebruik van monomodusvezels die de polarisatierichting van het optische signaal in stand houden, zogenaamde polarisatie-behoudende vezels.

Direct versus coherent

Om het verschil te laten zien tussen de eerder genoemde intensiteitsmodulatie waarbij het signaal direct uit de fotodiode te voorschijn komt, dus de directe detectie, en de coherent optische ontvanger, ofwel coherent optische detectie, geven we de relaties tussen de fotostroom en het signaalvermogen voor beide gevallen:

directe detectie:
$$i_s = \frac{\eta \cdot e}{h \cdot \nu} \cdot P_s$$

coherente detectie:
$$i_{mf} = \frac{\eta \cdot e}{h \cdot \nu} \cdot 2 \cdot \sqrt{P_s \cdot P_l} \cdot \cos(2\pi f_{mf}t + \phi_{mf})$$

Opname met een Scanning Electronen Microscop van het kopvlak van een polarisatie-behoudende vezel. De bijzondere vezelstructuur creëert een asymmetrie waardoor de polarisatierichting van een lichtsignaal bij het doorlopen van de vezel niet verandert. De diameter van de vezel bedraagt 100 µm.

Hieruit blijkt dat de amplitude van het signaal bij coherente detectie een factor $2 \cdot \sqrt{P_I/P_S}$ maal zo groot is als bij directe detectie, bij eenzelfde signaalvermogen. Door P_I veel groter te kiezen dan P_S kan het gedetecteerde signaal dus aanzienlijk zijn. Dit is een groot voordeel omdat daarmee een aanzienlijk betere signaal-ruis verhouding kan worden verkregen.

In feite is bij coherente detectie het optische signaal zo groot dat de ruisbijdragen van de detector en van de versterker onbelangrijk worden in vergelijking met de quantumruis van het totale optische signaal, die voornamelijk afkomstig is van de gelijkstroomterm P_I .

Voor coherente detectie kan worden afgeleid dat de signaal-ruis verhouding onafhankelijk is van het vermogen van de locale oscillator. Wat betekent dat *heterodyne detectie van een binair in amplitude gemoduleerd signaal theoretisch even gevoelig is als directe detectie van een binair in intensiteit gemoduleerd signaal met een ideale detector!* Het grote verschil zit in het feit dat bij directe detectie met een niet-ideale detector de ruis van de detector en van de versterker ervoor zorgen dat de gevoeligheid veel slechter is dan de quantumlimiet, terwijl bij heterodyne detectie de quantumlimiet blijkbaar vrij dicht kan worden benaderd. Er is reeds gerapporteerd over waarden van de gevoeligheid van ongeveer 10 dB boven de quantumlimiet.

Shift keying

Een andere bijzonderheid van heterodyne detectie is dat naast amplitudemodulatie (signaal evenredig met de wortel uit het vermogen, dat is met de lichtamplitude, ook wel ASK [Amplitude Shift Keying] genoemd), ook digitaal in frequentie gemoduleerde signalen (ook wel FSK, Frequency Shift Keying, genoemd) en digitaal in fase gemoduleerde signalen (ook wel PSK, Phase Shift Keying, genoemd) kunnen worden gedetecteerd. Dit is bij directe detectie niet mogelijk omdat de frequentie- en de fase-informatie bij het detectieproces verloren gaan.

In feite kunnen we dus alle reeds uit de radiotechniek bekende modulatietechnieken toepassen. Ook analoge modulatietechnieken zijn heel goed mogelijk, zoals onder andere op het RNL met de gelijktijdige overdracht van een groot aantal TV-kanalen is aangetoond.

Zoals gezegd is ook homodyne detectie mogelijk door de opti-

sche frequentie van de locale oscillator gelijk te kiezen aan die van het signaal. In dat geval worden wel hoge eisen gesteld aan de constantheid van het faseverschil tussen de lichtbronnen. Theoretisch kan met homodyne detectie en PSK de quantumlimiet het dichtst worden benaderd.

Door de grote gevoeligheid van de coherent optische ontvanger zal toepassing daarvan in transmissiesystemen de overbrugbare afstand, die bij gebruik van smalbandige lasers immers voornamelijk bepaald wordt door het optisch vermogensbudget, aanzienlijk kunnen toenemen ten opzichte van systemen met directe detectie. Nemen we aan dat de quantumlimiet daarbij tot op 10 dB kan worden benaderd dan geldt dus voor coherent optische systemen:

$$\langle P_s \rangle_{\min} = -45 + 10 \cdot \log R \text{ dBm, met } R \text{ in GBd.}$$

Dit betekent 5 dB minder dan de in tabel 2 voor een APD aangegeven waarden voor $\langle P_s \rangle_{\min}$, waardoor bij 1300 nm de in de praktijk overbrugbare afstand met 14 km en bij 1550 nm met 20 km toeneemt ten opzichte van de in tabel 2 genoemde waarden voor een APD. (Voor tabel 2 zie Studieblad mei 1989, pag. 120.)

In de laboratoria boekt men betere resultaten omdat men geen systeemmarginen aanhoudt en de lichtverzwakking in de vezel klein is, onder andere door lange stukken vezel met een minimaal aantal lassen te verbinden. Er is reeds gerapporteerd over transmissie bij 1,5 μm van 2 Gbit/s over 170 km (AT&T Bell laboratorium). Het laboratorium van NEC in Japan heeft eveneens metingen gedaan bij 1,5 μm met 2 Gbit/s. Voor de gevoeligheid van de ontvanger met een pin-diode werd ongeveer -42 dBm gevonden, terwijl +6 dBm in de vezel werd gekoppeld, waardoor het vermogensbudget ongeveer 48 dB bedroeg. Bij een lichtverzwakking van 0,233 dB/km werd zodoende 204 km overbrugd!

Overigens bieden coherent optische technieken door hun combinatie van grote ontvangergevoeligheid en grote bandbreedte ook zeer interessante mogelijkheden voor een optisch abonneenet, waarover meer in het julinumnummer van het Studieblad.

Zowel bij heterodyne als bij homodyne technieken zijn lasers nodig met een bijzonder stabiel en smal spectrum (zéér coherent), waarbij voor homodyne technieken ook de fase stabiel moet zijn. Dit betekent dat de bronnen en de ontvangers een

⁶ Onlangs verscheen in het Studieblad een reeks artikelen over geïntegreerde optica: M. B. J. Diemeer, *Toepassingen van de geïntegreerde optica in de telecommunicatie*, Studieblad PTT nrs. 8, 9 en 10 1988, pag. 246-252, 263-267, 307-310.

gecompliceerde structuur moeten hebben en dus tamelijk duur zullen zijn. Een mogelijkheid om deze systeemonderdelen toch redelijk goedkoop te maken – vooral van belang bij grootschalige toepassing in het abonneenet – zal kunnen voortkomen uit de ontwikkelingen op het gebied van de *geïntegreerde optica*. Daarmee kunnen miniatuur optische circuits worden gemaakt op een substraat van halfgeleidermateriaal, waarbij zowel lasers als detectors, maar ook optische modulatoren en golfgeleiders, inclusief splitsers en combinators kunnen worden geïntegreerd. Hiermee kan naar verwachting uiteindelijk een coherent optische ontvanger zoals weergegeven in afbeelding 8 op één chip worden aangebracht.⁶

De geïntegreerde optische circuits bieden daarnaast interessante mogelijkheden voor optische schakelaars, waarop in het derde deel van dit artikel zal worden ingegaan.

Nieuwe glasvezelmaterialen

In het meinumnummer van het Studieblad is voor de minimumwaarde van de lichtverzwakking in kwartsglasvezels 0,16 dB/km bij 1550 nm genoemd. Deze grens is ongeveer het theoretisch haalbare minimum, waarmee afstanden tot circa 100 à 200 km kunnen worden overbrugd. De vraag komt dan op of transmissie over nog grotere afstanden zonder versterkers mogelijk is. Dat voert tot de vraag waardoor dit minimum wordt bepaald.

Zoals Kao en Hockham al in hun befaamde artikel uit 1966 hadden aangegeven, wordt de lichtverzwakking in glasvezels bepaald door de verontreinigingen in het glas, met name metaalionen en OH-ionen (lichtabsorptie) en door de amorfe structuur van glas (lichtverstrooiing). Door het toepassen van zeer goed gezuiverde uitgangsmaterialen en van een schoon productieproces is het effect van de verontreinigingen in kwartsglas praktisch geëlimineerd, op een kleine OH-absorptiepiek na rond de 1390 nm (zie afb. 2, Studieblad PTT Telecom, mei 1989, pag. 114). De amorfe structuur van het glas is te beïnvloeden door het glasfabricageproces en het glasvezel-trekproces, welke nu vrijwel optimaal zijn.

Nóg lagere lichtverzwakking

Momenteel vormt de lichtverstrooiing praktisch gesproken de ondergrens van het lichtverlies. Ze is omgekeerd evenredig met de golflengte tot de vierde macht (Rayleigh-verstrooiing). Daaruit volgt dat ze bij langere golflengten snel minder wordt. Helaas kunnen we bij kwartsglas geen gebruik maken van langere golflengten omdat boven de 1600 nm de absorptie aan de glasmoleculen sterk toeneemt. De enige manier om dus glasvezels met lagere lichtverzwakking te verkrijgen is door te zoeken naar andere materialen die een lage lichtverzwakking vertonen bij langere golflengten.

Hiermee is men dan ook sinds enkele jaren druk bezig. De meest veelbelovende kandidaten zijn momenteel glassoorten van zirconiumfluoriden. Theoretisch zouden hiervan vezels kunnen worden vervaardigd waarin de lichtverzwakking ver onder de 0,2 dB/km ligt en wel tussen 0,01 en 0,001 dB/km. Inmiddels zijn waarden van ongeveer 0,7 dB/km behaald bij 2,5 μm , gemeten aan stukken monomodusvezel van enkele tientallen meters lang.

Verder is onderzoek gaande naar bronnen en detectors. Het ziet er naar uit dat geschikte halfgeleiderlasers en detectors gemaakt kunnen worden die bruikbaar zijn voor een golflengte van ongeveer 2,6 μm . Welke mogelijkheden dit kan bieden toont de volgende berekening. Stel een systeem bij een golflengte van 2,6 μm met een fluoridevezel met lichtverzwakking van 0,04 dB/km. Uit de formule (zie hiervoor ook het meinummer Studieblad pag. 117):

$$\langle P_s \rangle_{\text{ql}} = Q^2 \cdot \frac{h \cdot \nu}{2} \cdot R.$$

volgt dat voor $R = 1 \text{ GBd}$ bij 2,6 μm de quantumlimiet van de detectorgevoeligheid ongeveer -60 dBm bedraagt. Dit betekent voor directe detectie ongeveer -40 dBm en voor coherent detectie ongeveer -50 dBm als gevoeligheid. Uitgaande van 1 mW (0 dBm) in de vezel volgt dus een door het optisch vermogen begrensde afstand van 1000, respectievelijk 1250 km. De dispersie kan worden beperkt door bronnen met voldoende kleine spectrale breedte te kiezen.

Dergelijke vezels zouden dus zeer interessant zijn voor verbindingen over zeer lange afstand, met name onderzeekabels. Zou men er in slagen vezels met nog kleinere lichtverzwak-

king te vervaardigen dan komen trans-oceanische verbindingen zonder versterkers in zicht. Daarbij zullen lasers nodig zijn met voldoende kleine spectrale breedte, terwijl de dispersie van de vezels klein moet zijn. Het lijkt technisch niet onmogelijk, maar de ontwikkeling zal zeker nog een jaar of tien duren.

Ten slotte mag een opmerking over plastic vezels niet ontbreken. Hoewel de lichtverzwakking in dergelijke vezels nu nog zeer groot is (circa 100 dB/km), wordt verwacht dat 10-15 dB/km over enkele jaren gehaald zal worden. Daarmee zijn toepassingen over korte afstanden mogelijk, bijvoorbeeld in telefooncentrales of in bedrijfstelecommunicatienetten. Omdat deze vezels gemakkelijk te bewerken zijn en koppelaars en splitsers waarschijnlijk goedkoop zullen zijn en eenvoudig aan te brengen, terwijl de transmissie in het zichtbare gebied met LED's zal plaatsvinden, zullen dergelijke systemen ook voor leken (doe-het-zelvers) interessant kunnen worden. Dat lijkt een aantrekkelijk perspectief voor fabrikanten.

(wordt vervolgd)

A. M. C. Barents
P. C. Wolswijk

De invoering van telematica verloopt ook binnen het onderwijs niet zonder slag of stoot. Niet iedere school onderkent evenzeer het belang van telematica, bovendien is nog onvoldoende concreet lesmateriaal aanwezig om aan het telematica-onderwijs vorm te kunnen geven. In het kader van het PTT/NIVO-project wordt met name aan het ontwikkelen van goed lesmateriaal veel aandacht besteed.

In 1987 heeft PTT, ter gelegenheid van de opening van het Landelijk Opleidingscentrum te Groningen, aan 110 scholen voor Voortgezet Onderwijs in het noorden van het land een schenking gedaan in het kader van het NIVO-project (Nieuwe Informatietechnologie in het Voortgezet Onderwijs).

Het, inmiddels afgesloten, NIVO-project was een landelijk initiatief van overheid, bedrijfsleven en voortgezet onderwijs. Hoofd-activiteiten binnen dit project waren:

- inrichten van computerlokalen
 - nascholing op het gebied van informatie-technologie
 - stimuleren van de ontwikkeling van educatieve software.
- PTT heeft op dit initiatief ingespeeld middels een donatie van vijf miljoen aan de stichting NIVO ter financiering van bovengenoemde activiteiten. Bovendien wilde PTT de scholen in de gelegenheid stellen kennis te maken met haar telematica-diensten. Om dit te realiseren zijn de volgende diensten aangeboden en activiteiten ondernomen:
- gratis abonnement memocom en viditel (gedurende twee jaar)
 - extra telefoon-aansluiting
 - tegemoetkoming in de gebruikskosten voor viditel en memocom
 - cursussen viditel, memocom en NIVO-taiga
 - voorlichting en ondersteuning.

De eerste vier zaken zijn inmiddels gerealiseerd. Voorlichting en ondersteuning vinden nog steeds plaats in de vorm van workshops, excursies, lezingen, artikelen en deelprojecten waarbinnen onder andere lesmateriaal ontwikkeld wordt.

In dit artikel wordt ingegaan op de problemen die men bij de invoering van telematica binnen het onderwijs ondervindt. Voorts wordt aangegeven welke activiteiten binnen het PTT/NIVO-project worden ondernomen om een nuttig gebruik van de diensten in het onderwijs te stimuleren.

Problemen bij de invoering van telematica in het onderwijs

Grote innovaties, en daar valt zeker de invoering van informatica en telematica onder, zijn van invloed op de totale organisatie van het onderwijs. De invloed strekt zich uit van verandering in curriculum en materialen tot en met wijziging van schoolcultuur en rollenpatronen. Invoering van telematica heeft daarenboven ook consequenties voor de wijze van communicatie tussen onderwijsinstellingen en buitenwereld. Factoren die bij het al dan niet slagen van dergelijke innovaties een cruciale rol spelen zijn achtereenvolgens:

- behoefte aan en relevantie van de innovatie
- duidelijkheid van de cruciale innovatiekenmerken ten aanzien van doelen en middelen
- onderkennen van de complexiteit
- kwaliteit en praktische bruikbaarheid van materialen
- innovatief verleden van een school
- de wijze waarop het adoptiebesluit tot stand is gekomen
- betrokkenheid en ondersteuning vanuit de overheid en onderwijsondersteunende instanties
- opleiding en betrokkenheid van het onderwijsteam
- planning en informatievoorziening
- kenmerken van het schoolbestuur en de omgeving (ouders en dergelijke)
- participatie en daadwerkelijke betrokkenheid van het schoolmanagement
- onderlinge relaties binnen het docententeam
- kenmerken en interesses van individuele docenten.

Aan de hand van een aantal van deze factoren worden tendensen besproken met betrekking tot de invoering van telematica binnen deze bij het PTT/NIVO-project betrokken onderwijsinstellingen.

De behoefte aan en relevantie van een bepaalde innovatie is afhankelijk van de prioriteiten die een onderwijsinstelling stelt.

Veel onderwijsinstellingen zijn (nog) niet overtuigd van de relevantie van telematica als leerinhoud voor hun leerlingen en van telematicatoepassingen als managementsinstrument voor hun organisatie. Zij geven aan de invoering van telematica binnen hun onderwijs dan ook geen prioriteit.

Kloof

Echter, het risico is niet denkbeeldig dat de al bestaande kloof tussen informaticaleken en de informatiemaatschappij nog verder wordt vergroot door de telematica-ontwikkelingen. Het bedrijfsleven besteedt in toenemende mate aandacht aan telematica en heeft dan ook behoefte aan mensen die (enige) kennis bezitten over de mogelijkheden en toepassingen daarvan. Deze ontwikkeling druppelt nog te weinig door naar het onderwijs.

De invoering van telematica als leerinhoud, leermiddel en management-instrument wordt over het algemeen nogal onderschat. Zowel binnen als buiten het onderwijs is er nog te weinig duidelijkheid over de impact van het middels computers communiceren over afstand. Een dergelijke innovatie heeft consequenties voor de totale organisatie van het onderwijs.

Kortom, de complexiteit van de invoering van telematica wordt vaak niet onderkend.

Kwaliteit en bruikbaarheid

Op zich worden de kwaliteit en de praktische bruikbaarheid van de telematicadiensten binnen het onderwijs erkend. De manier waarop de diensten binnen het onderwijs ingezet kunnen worden is echter voor een deel van de scholen onduidelijk. Dit is onder meer te wijten aan onbekendheid met de wijze waarop een les georganiseerd kan worden met behulp van de diensten.

Met betrekking tot het innovatief verleden valt op te merken dat er grote verschillen bestaan tussen scholen. De aan het project deelnemende scholen zijn niet geselecteerd op hun innovatie-ervaringen.

Van een echt adoptiebesluit is nog geen sprake. Het merendeel van de scholen is nog aan het experimenteren met de telematicadiensten. Gezien de grote belangstelling voor voorlichtingsbijeenkomsten en workshops zijn scholen nog steeds positief zoekend. Dit geldt zowel voor het management van scholen als voor de docenten.

De gebruikersopleidingen die vanuit de PTT ten behoeve van de docenten gegeven zijn voor zowel viditel en memocom, zijn druk bezocht. Over het algemeen was men zeer enthous-

siast. Gezien de grote opkomst bij zowel de voorlichtings-bijeenkomsten als de opleidingen is de betrokkenheid van docenten nog steeds groot.

Voor de omgeving van de school zijn telematicadiensten nog vrij onbekend; wel is er sprake van nieuwsgierigheid.

Positieve interesse

De conclusie die uit het voorgaande getrokken kan worden is dat er bij de bij het PTT/NIVO-project betrokken scholen positieve interesse bestaat voor telematica. Scholen hebben een eerste kennismaking achter de rug met viditel en memocom. Na deze eerste voorzichtige aanzet is het wenselijk dat er gewerkt wordt aan een verdere invulling van het gebruik van de diensten en aan de verspreiding van de kennis over telematica binnen het onderwijs.

Ondersteunende activiteiten binnen het PTT/NIVO-project

Binnen het PTT/NIVO-project wordt een aantal activiteiten ondernomen ter ondersteuning van de scholen bij de invoering van telematica binnen hun onderwijs. Deze activiteiten zijn te verdelen in de volgende categorieën:

1 geven van voorlichting

2 ontwikkelen van lesmateriaal voor viditel en memocom.

Binnen het PTT/NIVO-project wordt veel gedaan aan voorlichting. Er zijn meerdere bijeenkomsten geweest waarin informatie over het project werd gegeven. Daarnaast verzorgt PTT workshops over het gebruik van de telematicadiensten in de klas en in de school. Een speciaal voor het onderwijs ontwikkeld PTT/NIVO-loket in viditel houdt de scholen op de hoogte van agenda en nieuws en geeft allerlei informatie over het project, zoals een beschrijving van de deelnemende organisaties en relevante begrippen.

Tevens is er overzichtelijke informatie te vinden over courseware (coupon en anderszins) en documentatie. De ingangspagina of loketpagina is te vinden door het intoetsen van #67805*.

Dit loket wordt binnenkort uitgebreid met een helpdesk waarin de scholen antwoord kunnen vinden op veel voorkomende vragen met betrekking tot de telematicadiensten en het project.

Het onderwijs vraagt veelvuldig om concreet lesmateriaal voor het gebruik van viditel en memocom. Binnen het PTT/NIVO-project wordt gewerkt aan de ontwikkeling van lesmateriaal dat tevens als voorbeeld kan dienen voor het onderwijs.

Er zijn twee schriftelijke lesbrieven ontwikkeld voor memocom en viditel. Met behulp van deze lesbrieven maken leerlingen stapsgewijs kennis met het primaire gebruik van memocom en viditel. Deze lesbrieven kunnen door de leerling zelfstandig doorgewerkt worden. De lesbrieven worden in het volgend schooljaar uitgegeven.

Er wordt gewerkt aan elektronische telematicalesbrieven in viditel. In viditel komt een bestand met telematicabegrippen waar lesbrieven omheen gebouwd worden. Afhankelijk van interesse en voorkennis zijn de lesbrieven voor verschillende doelgroepen geschikt.

Hoe verder

De invoering van telematica binnen het onderwijs is een ontwikkeling die zich nog in een beginstadium bevindt. Er zullen waarschijnlijk nog enige jaren overheen gaan voordat telematica en telematicatoepassingen geïntegreerd zullen zijn in zowel de classesituatie als in de schoolorganisatie. Hoe snel deze ontwikkeling gaat is enerzijds afhankelijk van het belang dat onderwijsinstellingen hechten aan de aansluiting onderwijs-arbeidsmarkt-maatschappij en de prioriteit die zij hier binnen hun beleid aan geven. Anderzijds is de ontwikkeling afhankelijk van de beschikbaarheid van concreet lesmateriaal en van zowel organisatorische als didactische handreikingen voor de inzet hiervan.

Binnen het PTT/NIVO-project wordt vooral aandacht besteed aan de tweede voorwaarde.

Nederlands Keuringsinstituut voor Telecommunicatie-apparatuur NKT

Kees Vader

Het Nederlands Keuringsinstituut voor Telecommunicatie-apparatuur, NKT, is een gloednieuw laboratorium, dat dateert van medio 1988.

Na de verzelfstandiging heeft PTT niet meer het monopolie c.q. de absolute zeggenschap over wat wel en wat niet mag worden aangesloten op de telecommunicatie-infrastructuur en is de regelgeving op dat gebied overgenomen door het Ministerie van Verkeer en Waterstaat, Hoofddirectie Telecommunicatie en Post (HDTP), Bureau Toelating Randapparatuur (BTR). Sommigen zullen daarin een voormalige PTT-afdeling herkennen en inderdaad is BTR met een deel van de medewerkers overgegaan van PTT naar V & W en geografisch van de Junostraat in Den Haag naar de Europaweg in Groningen. Ook de Radio Controle Dienst (RCD) is vrijwel in zijn geheel overgegaan naar V & W.

De technische kant van de typetoelating van randapparatuur, de typekeuring, is in handen gegeven van laboratoria die voldoen aan de ISO- en NNI-normen voor testlaboratoria. De kwaliteit hiervan wordt bewaakt door de Stichting Erkenning Laboratoria (STERLAB) met dien verstande dat een ruime aanlooptijd is toegestaan, omdat nu eenmaal niet van de ene dag op de andere een volledig geoutilleerd laboratorium compleet met bekwame en ervaren medewerkers van de grond kan komen. Essentieel voor de officiële erkenning zijn o.a. bekwaamheid, organisatie, kwaliteitszorg, kwaliteitshandboek, instrumentarium en strikte onafhankelijkheid. Tot op dit moment zijn in Nederland twee testlaboratoria erkend voor het verrichten van conformiteitskeuringen op het gebied van telecommunicatie, dat zijn KEMA en NKT.

NKT is ondergebracht bij PTT Contest, vroeger CWP geheven. Het adres is Binckhorstlaan 36, postbus 30605, 2500 GP Den Haag.

In de nieuwe organisatiestructuur zijn de verschillende grote eenheden minder strak gebonden aan de overkoepelende PTT-organisatie. PTT Contest is een resultaatverantwoordelijke dochter van PTT Nederland. Binnen PTT Contest is het NKT een resultaatverantwoordelijke eenheid, voor wie andere PTT-bedrijven dezelfde rechten hebben als elke andere externe opdrachtgever.

De kracht van PTT Contest zit vooral in de aanwezige specia-

lismen, zoals onderhoud en calibratie van meetinstrumenten, waarvoor PTT Contest binnenkort een officiële NKT-erkenning van de Nederlandse Kalibratie-Organisatie hoopt te krijgen. Andere specialiteiten zijn o.a. het ontwikkelen van speciale telecommunicatievoorzieningen en elektronische toegangscontrole.

De conformiteitskeuring van telecommunicatie-apparatuur is het specialisme van NKT. Als staatsbedrijf had PTT het monopolie op bepaalde soorten randapparatuur, keurde zelf, verleende de goedkeuring om apparatuur op het net aan te sluiten, maar stond wegens onvoldoende sanctiemogelijkheden betrekkelijk machteloos tegenover het ongecontroleerd aansluiten van apparaten zonder toelating.

Nu is er geen sprake meer van een wettelijk monopolie, maar mag alleen nog worden aangesloten wat de officiële goedkeuring heeft van het Ministerie van Verkeer en Waterstaat. Bij gunstige uitslag van het technisch onderzoek wordt door het keuringsinstituut een verklaring van conformiteit afgegeven, op grond waarvan BTR de toelating verleent. Er mogen nu geen telecommunicatieprodukten meer te koop worden aangeboden zonder de officiële blauwe toelatingssticker.

Ook PTT Telecom is verplicht zijn produkten te laten keuren en toelating aan te vragen bij de HDTP. Evenals PTT Telecom klant onder de klanten is voor PTT Contest, is PTT Telecom aanvrager onder de aanvragers bij NKT en HDTP.

De keuringseisen worden uitgegeven door de HDTP. deze eisen zijn ondergebracht in de specificaties

T 10: veiligheid, EMC

T 13: Datanet

T 11: telefoonnet

T 14: vaste (huur)verbindingen

T 12: Telex

T 15: paging

T 16: autotelefoon

Deze eisen zijn ontstaan betrekkelijk kort voor de ingrijpende reorganisaties en hergroeperingen bij PTT en het Ministerie van V & W. Nog steeds is er regelmatig terugkoppeling over interpretatie- en meetproblemen in het 'Meetpanel' tussen vertegenwoordigers van de uitgever (HDTP) en degenen die er mee moeten werken: NKT, KEMA en het Netwerkbedrijf van PTT Telecom.

Zoals eerder opgemerkt is NKT een snel groeiende dienst. Een jaar geleden begon men met vier mensen, nu heeft het

aantal de dertig al overschreden en het einde van de groei is nog niet in zicht. De groei komt ook tot uiting in de investeringen; er zijn heel wat kostbare instrumenten nodig om een typekeuring goed te kunnen uitvoeren. De typekeuringsactiviteiten van de Radio Controle Dienst (RCD) worden binnenkort overgenomen door NKT.

De tijd is voorbij dat een opdrachtgever voor *f* 500,— een volledige toelatingskeuring kon krijgen. Bij CATG gingen modemkeuringen zelfs voor *f* 100,— opdat het keuringstarief geen barrière zou zijn, dit als passieve maatregel tegen het aansluiten van ongekeurde apparatuur.

Nu er van overheidswege sancties in het vooruitzicht worden gesteld tegen de verkoop van produkten zonder toelatingssticker, kan een tijdtarief worden berekend op reële basis, waarin ook de administratiekosten en investeringen zijn verwerkt. Er moet worden gerekend op *f* 2000,— tot *f* 3000,—. Als de zaak niet meteen in orde is, wat nogal eens voorkomt, zullen de keuringskosten uiteraard hoger zijn. Daar legt de HDTP voor diens bijdrage (registratie, de blauwe sticker en het uitgeven van de specificaties) nog eens *f* 500,— bovenop. Het is immers een eis van deze tijd dat elke dienst zo veel mogelijk resultaatverantwoordelijk en financieel selfsupporting moet zijn en ook de HDTP houdt zich daaraan.

'29 bericht '89:

een wereld van verschil in het 60-jarig PTT Museum

Het Nederlandse PTT Museum in Den Haag viert zijn zestigste verjaardag.

Sinds de oprichting in 1929 hebben zich grote maatschappelijke veranderingen voltrokken. Tegen deze achtergrond is een jubileumtentoonstelling ingericht, waarin het contrast tussen 1929 en de moderne tijd centraal staat. Een wereld van verschil, vooral vanuit het oogpunt van het berichtenverkeer.

In de tentoonstelling geeft een huiskamer uit 1929 de beperkte informatiestroom van die tijd weer. Destijds waren alleen notabelen en zakenlui in het bezit van een telefoon of radiomeubel. Zelfbouwpakketten voor radio toestellen gaven minder rijke families ook de mogelijkheid tot luistergenot. Tegenwoordig kunnen vrijwel alle huishoudens het wereldnieuws direct ontvangen. Als voorproefje op de toekomst kan de bezoeker aan de jubileumtentoonstelling zelfs de beeldtelefoon bedienen.

In de expositie ervaart de bezoeker deze tegenstellingen aan de hand van de berichtgeving rondom twee historische gebeurtenissen uit de wereldgeschiedenis.

In 1929 speelde de Herstelconferentie, die in de Ridderzaal in Den Haag gehouden werd. Tijdens deze conferentie werd een regeling getroffen over de herstelbetalingen, die Duitsland aan de overwinnaars van de Eerste Wereldoorlog moest betalen. Een originele documentaire laat zien hoe de PTT in slechts 8 dagen de infrastructuur voor het berichtenverkeer heeft aangelegd. Gedelegeerden en journalisten hebben destijds druk van de mogelijkheden gebruik gemaakt om per telefoon, telegram of brief het nieuws aan hun regeringen of redacties door te geven.

Voor de verslaggeving van een historische gebeurtenis in onze tijd hoeft de PTT zich niet zo

veel moeite te getroosten als 60 jaar geleden. De televisie-opnamen van de ondertekening van het INF-akkoord – over de reductie van nucleaire raketten – door president Reagan en partijsecretaris Gorbatsjov in 1987 komen per satelliet rechtstreeks de huiskamer binnen.

Naast dramatische wendingen in de geschiedenis, komt de gestage ontwikkeling van de techniek aan bod. Van de juffrouw van de telefoon tot en met Koningin Moeder Emma, die de langste radio-telefoonverbinding ter wereld opent. U kunt zelfs een experimentele televisie met Nipkowschijf bekijken.

De jubileumtentoonstelling '29 bericht '89 in het PTT Museum, Zeestraat 82 te Den Haag, is geopend tot en met 24 september 1989: maandag t/m zaterdag 10.00-17.00 uur, zon- en feestdagen 13.00-17.00 uur.

Reginet maakt beheer PABX-netwerken eenvoudiger en beter

Enkele maanden geleden introduceerde PTT Telecom Reginet een nieuw beheersysteem voor digitale bedrijfscommunicatiecentrales (PABX). Reginet maakt het beheer van PABX-netwerken aanzienlijk eenvoudiger en beter. Het biedt de mogelijkheid een kostbaar PABX-netwerk volledig te benutten. Ook kan Reginet kosten zichtbaar maken, storings traceren en tijdig verwerken en flexibel en snel inspelen op veranderende communicatiebehoeften. Groot voordeel van Reginet is dat gebruik wordt gemaakt van één geïntegreerd bestand: gegevens hoeven slechts eenmaal te worden ingevoerd. Met Reginet speelt PTT Telecom in op de behoefte die het bedrijfsleven aan een beheersysteem heeft. Netwerkbeheer is noodzakelijk voor bedrijven die een PABX hebben met meer dan 750 aansluitingen.

Reginet kan ook worden aangewend voor het beheer van 'multi-vendor' netwerken (netwerken van verschillende leveranciers). Het be-

heersysteem is namelijk helemaal aan te passen aan de wensen van de klant. Zo kan Reginet worden voorzien van bijvoorbeeld op maat gemaakte applicaties, bestaande applicaties kunnen worden aangepast aan de wensen van de klant en door middel van consultancy kan een optimale relatie tussen systeem en organisatie worden gezocht.

Voor systeembeheerders en gebruikers start PTT Telecom binnenkort met voorlichting en opleidingen over Reginet. Gebruikers zullen in het eigen bedrijf worden geïnstrueerd, terwijl toekomstige gebruikers worden voorgelicht tijdens seminars. De voorlichtings- en opleidingsmogelijkheden zijn van wezenlijk belang voor een goede implementatie van Reginet in de organisatie.

Reginet biedt de volgende faciliteiten:

- kostenbeheer, zowel van variabele als van vaste (apparatuur)kosten;
- faciliteitenbeheer: gebruiksvriendelijke uitvoering en administratie van toestelverhuizingen, facilititeitentoe wijzingscommando's, enzovoort;
- elektronische telefoongids, inclusief berichtendienst;
- apparatuurbeheer: registratie van de gegevens, kenmerken en locatie van apparatuur inclusief de aanwezige software;
- storingsbeheer: de registratie en localisatie van storingsen. Tevens wordt de storingsopheffing gemonitord. Hierbij wordt gebruik gemaakt van een geavanceerde, grafische terminal, waardoor het overzicht eenvoudig is te handhaven;
- verkeersanalyse: presentatie van verkeersoverzichten op grafische wijze;
- kabelbeheer: de fysieke ligging van de kabels wordt geregistreerd, inclusief verdere kenmerken en gegevens, en
- beveiliging van het systeem zelf (password, autorisatieniveaus, etcetera).

Mens-machine systeem beter in de peiling

Universiteit Twente

'Ongelukken met vliegtuigen, kerncentrales en dergelijke schrijft men vaak toe aan "menselijk falen". Degene die hier faalt is niet zozeer de bestuurder van het systeem, maar eerder de ontwerper die de beperkingen van de bestuurder niet goed heeft begrepen.' Dit zegt ir. P.H. Wewerinke van de Faculteit Toegepaste Wiskunde aan de Universiteit Twente. Hij ontwikkelde modellen van mens-machine systemen. Deze modellen verwerkte hij tot een computerprogramma dat beschrijft hoe de bestuurder van een dynamisch systeem, zoals een vliegtuig of schip, reageert onder verschillende omstandigheden.

De modellen zijn interessant voor mensen die problemen oplossen die met mens-machine systemen te maken hebben zoals vliegveiligheid, het ontwerpen van havens en wegverkeersproblemen. Daarnaast zijn ze interessant voor mensen die economische en sociale systemen besturen.

'De mentaliteit in de vliegtuigindustrie is vooral technisch gericht. Beperkingen van de mens als bestuurder worden in de ontwerpfase tot nu toe op goed gevoel ingeschat. Ongelukken die gebeuren wijt men nogal eens aan "menselijk falen", maar dat is een tamelijk onzorgvuldige beschuldiging. Systemen zouden zodanig ontworpen moeten worden dat ze zijn afgestemd op de manier waarop menselijke bestuurders nu eenmaal blijken te functioneren.'

Uniek in de modellen van Wewerinke is de combinatie van beschrijvingen van zowel het gedrag van de machine als het gedrag van de mens. Hij combineerde natuurkundige wetten en de psychologie van informatieverwerking en besluitvorming tot wiskundige modellen van het mens-machine systeem. 'De bestuurder van een systeem komt tot een keus voor een handelwijze, bijvoorbeeld een stuurcor-

rectie, op grond van de manier waarop hij zijn waarnemingen interpreteert en waardeert.' Paul Wewerinke houdt in zijn model rekening met factoren die de waarneming bemoeilijken zoals bijvoorbeeld mist, met de reactietijd van de bestuurder en met andere menselijke factoren die van invloed zijn op de handelingen die uiteindelijk met stuurgrootheden zoals stuur, gas en rem worden verricht. Het model geeft informatie over de prestatie van het mens-machine systeem, dat wil zeggen hoe de 'machine' zich in de tijd gedraagt en de werkbelasting van de bestuurder.

'Met behulp van dit computermodel kan men bijvoorbeeld trainingsprogramma's voor bestuurders aanpassen. Het leent zich ook voor technische zaken, zoals bijvoorbeeld een nauwkeurige bepaling van de plaats en grootte van vaargeulen in havens.'

Ir. P. H. Wewerinke studeerde Vliegtuigbouwkunde aan de toenmalige Technische Hogeschool te Delft en aan de Universiteit van Princeton in de Verenigde Staten. Hij werkte van 1970 tot 1985 bij het Nationaal Lucht- en Ruimtevaart Laboratorium NLR te Amsterdam. Sinds 1985 werkt hij bij de Vakgroep Systeem- en Besturingstheorie van de Faculteit Toegepaste Wiskunde aan de Universiteit Twente. Sinds 1985 is Wewerinke adviseur bij het Maritiem Research Instituut in Nederland, het MARIN.

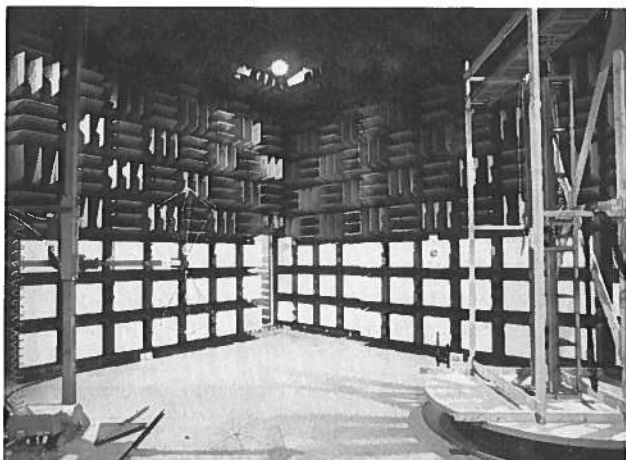
Bewerking Y. M. van der Veen

Door het toenemend belang van lokale informatie-verwerking en -transport neemt de concentratie van geavanceerde telecommunicatiesystemen bij gebruikers toe. De noodzakelijke standaardisatie om informatie-uitwisseling technisch mogelijk te maken is binnen Europa een 'hot item', en bepaalt in wezen de toekomstige rol van de infrastructuur. Uit een oogpunt van kwaliteitsbeheersing is het in dit verband wenselijk specificaties van Elektromagnetische Compatibiliteit te zien als onderdeel van de technische specificaties met inbegrip van keuring en certificatie.

De belangstelling voor het werkveld Elektromagnetische Compatibiliteit (EMC) is de afgelopen drie à vier jaar zowel binnen PTT als bij producenten van informatieverwerkende apparatuur sterk toegenomen. De reden hiervoor is dat de goede werking van elektrische en elektronische systemen geen vanzelfsprekendheid (meer) is, wanneer geen rekening wordt gehouden met omgevingsinvloeden. Voor PTT Telecom is het aanbieden en instandhouden van diensten een essentiële bedrijfsdoelstelling. Hierbij wordt noodzakelijkerwijs gebruik gemaakt van een breed scala aan elektronische apparatuur. Het beheersen van de werking hiervan in relatie tot de elektromagnetische omgeving is derhalve een technische en economische noodzaak.

Gevolgen

De gevolgen van onvoldoende aandacht voor Elektromagnetische Compatibiliteit van elektronische apparatuur voor de huishoudelijke markt zijn overbekend. Een ieder heeft zich weleens geërgerd aan de 'ratel' van lichtdimmers op zijn oproepontvanger. Het meest omschuldige geval is de teleurstelling indien een veelbelovende CD-speler, na plaatsing in het audiorek, last blijkt te hebben van de stereotuner. Ernstiger wordt het indien de veiligheid in het geding is. Niet voor niets investeert de automobiellindustrie aanzienlijke bedragen in meetfaciliteiten om de immuniteit van auto-elektronica (ABS, injectie) te waarborgen. In het bijzonder de brede toepassing van digitale elektronica



EMC-meetruimte ACCORD met geautomatiseerde meetantennemast en draaiplateau.

en de hiermee gepaard gaande miniaturisering binnen systemen maakt een totaal-benadering van het stoorprobleem noodzakelijk. Dat wil zeggen dat niet uitsluitend vanuit de stoorbron mag worden geredeneerd, maar meer in de zin van onderlinge verdraagzaamheid tussen systemen. Binnen dit EMC-concept doen zich twee verschillende aandachtsvelden voor. De zogeheten *intra-systeem* EMC is voornamelijk de zorg van de ontwerper en dus belangrijk voor de industrie (bijvoorbeeld aandacht voor de print-layout). Voor PTT is vooral de *inter-systeem* benadering van belang en wel in de context van haar dienstverlenende taak. Bij aanschaf van apparatuur moet ervan worden uitgegaan dat de fabrikant een goed functionerend produkt levert. Voor PTT gaat het erom dat dit produkt na installatie en binnen de geplande omgeving volgens specificaties kan functioneren.

Onlangs is hieraan nog een belangrijk aspect toegevoegd in de vorm van de 'EMC-raamrichtlijn', die door de Europese commissie is uitgevaardigd. Hierin wordt op de bovengeschetste ontwikkeling ingespeeld, vooral daar waar het gaat om EMC van telecommunicatie-randapparatuur en infrastructuur. Deze richtlijn heeft tot doel de handelsbarrières binnen de Europese Gemeenschap op te heffen, onder andere door in de Europese Wetgeving ook eisen met betrekking tot EMC op te nemen. De technische invulling van deze zogeheten Europese Normen is in handen gegeven van het CENELEC, het Europese Standaardisatie Comité.

Taak van het Neher Laboratorium

Het zal duidelijk zijn dat een bedrijfslaboratorium als het Neher Laboratorium van PTT Research een belangrijke rol kan spelen bij de totstandkoming van EMC-specificaties.

De taak van het laboratorium is in eerste instantie gericht op het aandragen van de benodigde bouwstenen om de operationele diensten in staat te stellen de gewenste EMC-specificaties in de systeemspecificaties onder te brengen. Eveneens zal het laboratorium stoorsproblemen bij nieuwe technische ontwikkelingen moeten signaleren en hierop anticiperen door opbouw van expertise.

Een secundaire taak van het laboratorium is de operationele diensten in staat te stellen de gewenste EMC-specificaties voor prototypen op haalbaarheid en uitvoering te controleren. Omdat deze doelstellingen op dit moment nog niet geëffectueerd zijn, en de Nederlandse PTT nog niet beschikt over voldoende EMCspecificaties om de EMC-problematiek afdoende te beheersen, is een korte-termijn-uitvoeringsplan opgesteld om de meest noodzakelijke activiteiten voor PTT in dit jonge vakgebied te structureren. Hierbij is onderscheid gemaakt naar de, voor PTT meest relevante, probleemgebieden:

- de emissie en immuniteit voor stationaire, lijngebonden stoorsignalen;
- de emissie en immuniteit ten gevolge van stationaire straling;
- de immuniteit voor kortstondige verstoringen (transiënten).

Onderzoek

Een greep uit het lopende onderzoeksprogramma geeft onder andere de volgende, actuele, onderwerpen te zien.

a De ontwikkeling van meetmethoden waarmee de stooremissie op symmetrische tweedraadlijnen, in het bijzonder voor ISDN-toepassingen, kan worden vastgesteld.

Momenteel is, internationaal, vooral de definiëring van een koppelnetwerk voor het bepalen van stooremissie van belang. Op RNL is een standaard-meetsysteem gerealiseerd waarmee de internationaal gangbare prototypen onderling op technische eigenschappen kunnen worden vergeleken. Een koppelnetwerk is in ontwikkelig als alternatief.

b De ontwikkeling van een meetmethode met bijbehorende

limieten voor lijngebonden immuniteitseigenschappen van moderne telefoontoestellen.

Bij de ontwikkeling van het onder a genoemde koppelnetwerk wordt tevens rekening gehouden met de mogelijkheid tot het injecteren van stoorsignalen op transmissielijnen, hetgeen een aanzienlijke vereenvoudiging van de meetprocedures kan betekenen.

- c De ontwikkeling van een overspanningsbeveiliging voor symmetrische draaggolfkabels.

Vanuit de bestaande overspanningsbeveiliging voor spraaklijnen is een verbeterde versie ontwikkeld waarmee draaggolfkabels kunnen worden beveiligd tegen hoog-energetische pulsen. Omdat de transmissie-eigenschappen door toevoeging van deze overspanningsbeveiliging tot 1MHz zeker niet worden aangetast, kan deze ook op moderne abonneediensten worden ingezet.

- d De ontwikkeling van een meetmethodiek om informatie-inhoud van 'stooremissie' te quantificeren.

Er is een meetmethode ontwikkeld waarmee het risico van ongewenste overdracht van informatiedragende lijnen kan worden gequantificeerd. De resultaten van dit project geven op treffende wijze aan dat EMC-activiteiten voor PTT meer betekenen dan radiostoringsregulering.

- e Het verzamelen van karakteristieken over het stoormilieu waarin telecommunicatie-apparatuur wordt geïnstalleerd. Bij het opstellen van limieten voor emissie en immuniteit moet uiteraard, zoals verderop zal worden betoogd, een afweging worden gemaakt tussen wenselijke en wettelijke eisen. Dit vereist kennis over de karakteristieken van het stoormilieu, zodat toekomstige EMC-limieten hard gemaakt kunnen worden.

Zowel voor stationaire stoorsignalen als voor transiënten worden gegevens verzameld over de te verwachten stoorgrootheden op telecommunicatie-apparatuur. Statistische verwerking hiervan moet leiden tot een verantwoorde invulling van de EMC-limieten.

Parallel aan het onderzoek op bovenstaande gebieden is plaats ingeruimd voor de ontwikkeling van specifieke onderzoeksfaciliteiten. De op 7 april 1989 officieel geopende EMC-meetruimte van het Neher Laboratorium, ACCORD (Anechoic Chamber for COmpatibility Research and Development), is hiervan een voorbeeld.



De controlekamer met meet- en besturingsapparatuur.

ACCORD

ACCORD maakt het mogelijk om met grote betrouwbaarheid emissie- en immuñteitseigenschappen van vrijwel alle elektrische en elektronische apparatuur te bepalen. Door een aantal meetmethoden te automatiseren kunnen met name telecommunicatie-apparatuur en randapparatuur op efficiënte wijze volgens internationaal vastgestelde normen op hun EMC-eigenschappen worden getoetst.

EMC-eisen

Evenals de introductie van de Europese Richtlijn (86/361) de aanzet heeft gegeven tot functionele standaardisatie van telecommunicatie-(rand)apparatuur binnen Europa, brengt ook de, recentelijk door het Europese Parlement bekrachtigde, 'EMC-Richtlijn' standaardisering van EMC-eigenschappen in een stroomversnelling. Zoals bij alle elektrische en elektronische apparaten worden ook bij (digitale) telecommunicatiesystemen en randapparaten ongewenste spanningen, stromen en velden in de omgeving opgewekt. De emissie van deze

stoorcomponenten is in eerste instantie gehouden aan *wettelijke* EMC-eisen. Een voorbeeld hiervan is de Europese Norm EN55022 die de wettelijk toelaatbare stooremissie vastlegt van informatieverwerkende apparatuur en telecommunicatie-(rand)apparatuur omwille van de protectie van het radio-(omroep)spectrum. Deze EN levert ons zowel de limieten als de meetmethoden aan de hand waarvan, volgens internationaal vastgestelde voorschriften, kan worden gemeten.

Voor een dienstverlenend bedrijf als PTT is het echter van groot belang dat de aangeschafte systemen en de te installeren apparatuur zoveel mogelijk aan *wenselijke* EMC-eisen beantwoorden.

Dit betekent dat een dusdanige marge tussen stooremissie en ontvankelijkheid (susceptibiliteit) van systemen moet worden nagestreefd dat de beoogde dienstverlening, ook na installatie bij de abonnee, kan worden gegarandeerd. Uit oogpunt van de bevordering van een uniforme Europese telecommunicatiemarkt moeten zoveel mogelijk items uit de wenselijke EMC-eisenlijst in de Europese normgeving worden ondergebracht. Voor PTT Nederland is het daarom van belang dat in samenwerking met andere Europese netwerkexploitanten en -beheerders, alsmede in nauw overleg met de telecommunicatie-industrie, onderzoek wordt uitgevoerd naar de haalbaarheid van deze wenselijke EMC-eisen. Denk hierbij bijvoorbeeld aan de samenwerking tussen Philips en PTT in het kader van het BECOM-EMC (BEleidsCOMmissie EMC)-onderzoek in Nederland.

Zowel binnen het CENELEC (Comité Européen de Normalisation Electrotechnique TC 110 EMC) als binnen ETSI/TM2 (European Telecommunication Standardization Institute, Groupe d' Experts sur la Compatibilité Electromagnétique) zijn deskundigen actief. In de telecommunicatiewereld bestaat een grote behoefte aan EMC-eisen voor:

- geleide stoorsignalen op symmetrische lijnen en DC voeding;
- immuniteit van randapparatuur voor elektromagnetische velden;
- emissie van grote telecommunicatiesystemen (toepassing EN55022);
- immuniteit voor pulsvormige storingen op voedingslijnen;
- emissie van en immuniteit voor (laagfrequente) magnetische velden.

De opbouw van ACCORD

ACCORD is gebaseerd op het principe van de Kooi van Faraday. Dat wil zeggen dat het inwendige elektromagnetisch schoon is ten opzichte van de omgeving. Elektromagnetische velden die vanaf de buitenzijde op de kooi invallen worden gereflecteerd. De mate waarin dit gebeurt is onder meer afhankelijk van de signaalfrequentie van de invallende golf.

De Kooi van Faraday bestaat uit gegalvaniseerde, 4 mm dikke, stalen platen die in modulevorm zijn opgebouwd. Deze platen zijn elektromagnetisch 'dicht' door toepassing van zogeheten metalen 'gaskets', een flexibel metalen vlechtwerk. ACCORD bestaat uit een tweetal afzonderlijke kooiconstructies die elk 'vuil' ten opzichte van elkaar kunnen worden verondersteld. Dit opent de mogelijkheid om besturingsapparatuur, meetapparatuur en de Equipment Under Test (EUT) gescheiden op te stellen. De gehele kooiconstructie is geïsoleerd ten opzichte van de omgeving en is slechts op één punt geaard. De isolatie van de kooiconstructie naar de omgeving bedraagt meer dan 10 Megohm (DC-meting) terwijl de aardweerstand minder dan 0,5 Ohm (DC-meting) bedraagt. De beide ruimten zijn zowel onderling als met de buitenwereld door middel van doorvoerpanelen gekoppeld. Op deze panelen bevinden zich coaxiale doorvoeren voor 50 en 75 Ohm kabel, filters voor telecomlijnen en voedingsfilters voor 220 V wissel- en 48 V gelijkspanning. Het inwendige van ACCORD kan het best worden vergeleken met een meetveld, vrij van obstakels. Het goed geleidende grondvlak werkt als reflector waardoor de grondreflecties worden gestandaardiseerd. Het plafond en de wanden zijn bekleed met materiaal dat een dempende werking heeft op invallende golven. Deze zogeheten absorbers bepalen in hoge mate de kwaliteit van dit afgeschermd meetterrein en zijn ontworpen voor een frequentiebereik van 30 tot 1000 MHz. Om voldoende demping over dit brede frequentiegebied mogelijk te maken is een combinatie van ferriettegels en wigvormige koolstof absorbers toegepast. Het principe is eenvoudig: de wigvormige absorbers zijn alleen effectief indien de lengte bij benadering een kwart golflengte bedraagt, dat wil zeggen: 125 cm bij een frequentie van 60 MHz. Worden kortere absorbers toegepast dan zal hun effectiviteit afnemen op deze frequentie, of beter: verschuiven naar een hogere frequentie. Om toch relatief korte absor-

bers te kunnen toepassen heeft de fabrikant gebruik gemaakt van het absorberend vermogen van ferriet binnen een beperkt frequentiebereik. Het resultaat is dat achter de traditionele wigvormige absorbers ferriettegels zijn aangebracht waarvan het absorberend effect een optimum bereikt bij die frequentie waarbij de effectiviteit van de absorbers afneemt.

Als meetbaar kwaliteitscriterium is gekozen voor de maximale afwijking tussen het verloop van de trajectdemping in ACCORD ten opzichte van de trajectdemping voor een standaard open meetveld. De trajectdemping is de signaaldemping ten gevolge van de golfvoortplanting die tussen zend- en ontvangantenne optreedt. Uit een volledige evaluatieprocedure voor verschillende antenneposities op de draaitafel en voor beide polarisatierichtingen van het elektromagnetisch veld is gebleken dat de eerder genoemde afwijking kleiner is dan 3 dB.

Met deze specificatie kunnen in ACCORD met voldoende nauwkeurigheid emissiemetingen worden uitgevoerd waarvan de resultaten zijn te herleiden tot resultaten gemeten volgens EN55022. Bovendien voldoet ACCORD aan de door de FCC gestelde eisen aan dergelijke meetvelden.

Het gebruik van ACCORD

Het EMC-onderzoek dat in ACCORD wordt uitgevoerd maakt deel uit van het door PTT Telecom geautoriseerde project: EMC-telecommunicatie-apparatuur. Dit betekent dat ACCORD in hoofdzaak wordt ingezet bij:

- a het ontwerp van nieuwe meetmethoden als onderdeel van het pakket wenselijke EMC-eisen, waarbij op de aspecten: realiteitswaarde, reproduceerbaarheid en toepasbaarheid wordt getoetst;
- b de analyse en het ontwerp van maatregelen waarmee de EMC-eigenschappen van telecommunicatie-(rand)apparatuur worden verbeterd.

Als illustratie voor a kan het volgende voorbeeld dienen. Om de immuniteit van telecommunicatie-(rand)apparatuur voor hoogfrequentvelden te bepalen zullen de gevolgen hiervan zowel op de behuizing als op de bekabeling zo goed mogelijk moeten worden gesimuleerd. In de praktijk betekent dit dat

de apparatuur op grond van een model aan een combinatie van velden en stromen in voedings- en signaalkabels moet worden blootgesteld. Dergelijk onderzoek is uitsluitend onder geconditioneerde omstandigheden in faciliteiten als ACCORD uitvoerbaar. Het spreekt vanzelf dat de resultaten van dit werk in het Europese standaardiseringsproces worden ingebracht.

De werkzaamheden onder b hebben tot doel ad hoc en op termijn structurele verbeteringen aan te brengen bij risicodragende telecommunicatie-(rand)apparatuur. In concreto moet gedacht worden aan bepaling van de effectiviteit van kabelafscherming op verdelerrekken, verhoging van de immuniteit van randapparatuur voor plaatsing in elektromagnetisch vervuilde omgeving enzovoort. Door hierbij gebruik te maken van de kennis uit a kunnen deze beschermende maatregelen op hun waarde worden getoetst. De wisselwerking met het Europese standaardiseringswerk kan hier vruchten afwerpen. Een secundaire toepassing van ACCORD is het uitvoeren van metingen volgens standaardprocedures. Emissiemetingen volgens het protocol van EN55022 kunnen met behulp van een geautomatiseerde draaitafel en antennemast worden uitgevoerd.

Zowel PTT Telecom als leveranciers en fabrikanten wordt deze faciliteit geboden om de stooremissie van telecommunicatie-apparatuur en randapparatuur te evalueren en te harmoniseren volgens de laatste Europese Normgeving. Binnen niet al te lange tijd zal in het Studieblad in de vorm van een thema-nummer dieper op het verschijnsel Elektromagnetische Compatibiliteit worden ingegaan.

2tudiebu2
baldeibut2