

De stap naar Fast Ethernet

Philippe Serbruyns

Stageverhandeling ingediend voor de toelating als informaticus
bij de Vakgroep Telecommunicatie en Informatieverwerking.

16 Juni 1997

Inhoudsopgave

1	Inleiding	3
2	Motivering voor een herontwerp van een bestaand netwerk	3
3	Wat zijn de mogelijkheden om een hogesnelheids-LAN te bekomen?	4
3.1	Geswitcht Ethernet	4
3.2	Fast Ethernet (IEEE 802.3u)	5
3.3	100Base VG AnyLAN (IEEE 802.12)	5
3.4	ATM	6
4	Hogesnelheids-LAN bekabeling	6
4.1	Twisted-pair	7
4.2	Optische vezel	9
4.3	Gestructureerde bekabeling	10
4.3.1	Horizontale bekabeling	11
4.3.2	Backbone bekabeling	13
5	Een hogesnelheids-LAN met Fast Ethernet	13
5.1	Kiezen voor Fast Ethernet	13
5.2	Media specificaties	14
5.2.1	100Base-T4	14
5.2.2	100Base-TX	15
5.2.3	100Base-FX	15
5.3	Media-Independent Interface	16
5.4	Repeater hub	16
5.5	Switching hub	17
5.6	Configuratieregels	18
6	Migratie van 10 Mbps naar 100 Mbps	20
7	Implementatie Fast Ethernet bij TELIN	21
8	Besluit	23
A	Vocabulary	24

1 Inleiding

Deze verhandeling behandelt de problematiek van lokale computernetwerken. We gaan na waarom de behoefte aan een vlugger lokaal netwerk groeit. We belichten de verschillende mogelijke oplossingen om een lokaal netwerk een hogere snelheid te bezorgen.

Hierna kijken we welke eisen de topologie stelt om aan een hogere snelheid te kunnen voldoen en wat een gestructureerde bekabeling is. Daarna gaan we na waarom het Fast Ethernet protocol zo interessant is, welke implementaties mogelijk zijn en welke bouwstenen we kunnen gebruiken.

Tevens bespreken we hoe we de overgang naar het nieuwe netwerk kunnen opzetten en hoe het zal worden geïmplementeerd in de Vakgroep Telecommunicatie en Informatieverwerking. Appendix A legt in het kort een aantal begrippen uit die in de verhandeling aangeduid zijn met een sterretje (*).

2 Motivering voor een herontwerp van een bestaand netwerk

Het ontwerp van het huidige lokaal netwerk (Local Area Network of LAN*) stoelt op technologie en noden van een tiental jaar terug. De snelle technologische veranderingen in de informaticasector nopen ertoe een aantal standpunten te herzien. Vanuit gebruikersstandpunt zijn er drie redenen die een herontwerp van een bestaand (10 Mbps¹) netwerk rechtvaardigen:

- een toename van het aantal gebruikers en computers;
- een sterke uitbreiding van de verwerkingscapaciteit van de werkstations voor de gemiddelde gebruiker;
- nieuwe toepassingen die meer en verschillende netwerkdiensten vragen.

De toename van het aantal gebruikers laat het aantal computers op het lokale netwerk stijgen. Hierdoor vergroot de kans op verzadiging van dit netwerk, met vertraging voor de gebruikers tot gevolg.

Door de komst van steeds snellere werkstations² met RISC* (multi)-processors, de komst van snellere PC's³ en de snel dalende kost daarvan werd de weg geplaveid voor LAN intensieve toepassingen die tot voor kort enkel mogelijk waren op mainframes. De verhoging van deze verwerkingscapaciteit van de computers en de nieuwe toepassingen vragen een grotere bandbreedte (verwerkingssnelheid) van het netwerk zelf.

Opkomende data-intensieve toepassingen en technologieën – zoals multimedia, multicasting*, grafische gebruikerinterfaces, en een continue groei

¹Megabit per seconde

²Sun, Silicon Graphics, Hewlett-Packard en IBM

³Pentium, Pentium Pro en SMP (symmetric multi processor)

naar hoogperformante database software pakketten – belasten de huidige client-server* omgevingen en vragen een grotere bandbreedte en versnelde client-server responsietijden.

Ook vanuit het standpunt van de netwerkbeheerder kunnen er redenen aangehaald worden om netwerkaanpassing door te voeren:

- het netwerk meer beheersbaar maken voor veranderingen;
- redundantie toevoegen om de betrouwbaarheid van het netwerk te verhogen;
- vervanging van verouderde toestellen.

Indien er gebruikers bijkomen of verhuizen, moet het aan- en afkoppelen van computers met een minimum van tijd en middelen kunnen plaatsvinden. Tevens houdt de beheersbaarheid van het netwerk in dat het gebruik en de belasting kunnen gemeten worden. Dit vereist dat de opgestelde netwerkapparatuur centraal beheerd kan worden.

Naarmate een gebruiker het lokaal netwerk meer gebruikt, wordt deze ook meer afhankelijk ervan in zijn/haar dagelijks werk en is het belangrijk dat het netwerk betrouwbaar is. Om deze betrouwbaarheid te garanderen kan men redundantie in de netwerkapparatuur voorzien.

Door het vervangen van verouderde toestellen tracht men de efficiëntie van het netwerk te verhogen.

Bronnen: [16], [8], [17] en [22]

3 Wat zijn de mogelijkheden om een hogesnelheids-LAN te bekomen?

We zetten de meest populaire hogesnelheidsnetwerken van vandaag eens op een rijtje.

Bronnen: [8], [7] en [3]

3.1 Geswitcht Ethernet

De bedoeling van *Ethernet switching* is de algemene performantie van het netwerk op te drijven door het in segmenten op te delen en ervoor te zorgen dat elk segment de volledige toegang krijgt tot de beschikbare bandbreedte.

De switch werkt als een *bridge*: wanneer een pakket op de switch toekomt, wordt gekeken voor welk segment het bestemd is en wordt het alleen aan dat segment doorgegeven. Als het pakket bestemd is voor hetzelfde segment, dan negeert de switch dit pakket. Deze technieken verhinderen dat het pakket doorgegeven wordt naar segmenten waarvoor het niet bestemd is, met een daling van trafiek tot gevolg.

Daarenboven kan een switch deze directe verbindingen ook simultaan tussen twee andere segmenten maken. De segmenten hoeven zelfs niet dezelfde snelheid of hetzelfde protocol te hebben. Switchen kunnen namelijk ook gebruikt worden om Token Ring, ATM (Asynchronous Transfer Mode), FDDI (Fiber Distributed Data Interface) of Fast Ethernet te verbinden.

Bronnen: [7] en [20]

3.2 Fast Ethernet (IEEE 802.3u)

Als men de Ethernet standaard vergelijkt met de Fast Ethernet standaard, ook wel 100Base-T genoemd, ziet men ten eerste een verschil in bit-tijd. Dit is de hoeveelheid tijd nodig om één bit over een Ethernet kanaal te versturen. In de Fast Ethernet standaard is die tienmaal kleiner genomen. Alzo bekomt men een tien maal hogere transmissiesnelheid (100 Mbps) in vergelijking met standaard Ethernet.

Ten tweede ondersteunt Fast Ethernet *full-duplex* mode, die bijzonder van pas komt bij server connecties. Hierdoor kan de server tegelijkertijd data ontvangen en versturen (200 Mbps). Bovendien behoudt Fast Ethernet het pakketformaat, de pakketlengte, de foutcontrole en het media toegangsprotocol (CSMA/CD)* van standaard Ethernet. Hierdoor is er een compatibiliteit gewaarborgd met een op Ethernet gebaseerde LAN configuratie, maar ook met de reeds aanwezige netwerk software.

Fast Ethernet kan zowel met goedkope *twisted-pair* voor korte afstand of over hoogwaardige optische vezel voor langere afstand geïmplementeerd worden.

Bronnen: [17], [9] en [3]

3.3 100Base VG AnyLAN (IEEE 802.12)

100Base VG AnyLAN maakt het mogelijk een prioriteit toe te kennen aan de pakketten (normaal of hoog). Het vergroot tevens de transmissiesnelheid van 10 Mbps naar 100 Mbps door de data simultaan over vier draadparen te versturen en gebruik te maken van een techniek die men *quadrature signaling and demand priority* noemt.

Een zogenaamde *hub* (concentrator), waaraan alle stations gekoppeld zijn, bepaalt welk station eerst bediend wordt. Daarbij wordt een pakket met hoge prioriteit voorgelaten op een pakket met normale prioriteit. Deze methode voldoet beter aan de tijds-kritische toepassingen zoals spraak, video en multimedia.

Doordat de transmissiesnelheid per draadpaar niet drastisch verhoogd is, kan men gebruik maken van gewone kwaliteit-telefoonkabels (vanaf categorie 3); vandaar de letters “VG”, die staan voor *Voice Grade*, maar full-duplex transmissie is niet mogelijk.

Anderzijds ondersteunt 100Base VG AnyLAN connecties met Token Ring (IBM), FDDI, en standaard Ethernet, vandaar de extensie *AnyLAN*.

Bronnen: [3], [20], [7] en [10]

3.4 ATM

Asynchronous Transfer Mode (ATM) biedt een oplossing om tijds-kritische informatie, zoals spraak en video, samen met data te versturen zonder onderbrekingen of vertragingen in de informatiestromen. Naargelang het informatietype kan een toepassing, als daar nood aan is, aan het ATM netwerk een grotere bandbreedte vragen (Bandwidth ON Demand).

De constante en/of hoge transmissiesnelheid wordt bekomen door enerzijds de pakketten op te splitsen in kleinere celpakketjes die een vaste lengte hebben en anderzijds door van foutcorrectieprotocollen af te zien. In de plaats hiervan wordt er een foutloos digitaal transmissienetwerk ondersteld. Het zijn de hogere protocollen die het eventuele verlies van data moeten opvangen.

Met ATM-switches wordt steeds een punt-tot-punt verbinding gelegd tussen twee stations. De route die een cel moet afleggen om van het ene station naar een andere te gaan, legt men vast in een tijdelijke *virtual channel connection*. Deze verbinding, die virtueel is omdat ze door software wordt gegenereerd, komt tot stand nadat elke tussenliggende ATM-switch in het pad het bestemmingsadres gedecodeerd heeft.

Met de keuze van de interne switch verbindingen wordt een tijdelijk adres gegenereerd. Elk pakket wordt met dit *voorverteerd* adres gelabeld waardoor de ATM-switchen de informatie onmiddellijk kunnen doorgeven zonder telkens ingewikkelde opzoektabelen te moeten raadplegen.

Een aantal transmissiesnelheden wordt door ATM ondersteund. De industrie heeft geopteerd voor 155 Mbps als basissnelheid waarbij de bekabeling met twisted-pair of optische vezel wordt geïmplementeerd. ATM kan echter ook 622 Mbps aan, maar dan enkel over optische vezels.

Bronnen: [4], [16], [18] en [2]

4 Hogesnelheids-LAN bekabeling

Vanaf zijn ontstaan werd Ethernet geïmplementeerd met coaxiale kabel, ook coax genoemd. Dit is een centrale geleider, beschermd met een isolator, omweven met een tweede cilindrische geleidermantel en afgeschermd met een tweede isolatiemantel.

Typisch aan de coax-netwerkverbinding is haar busstructuur. Dit betekent dat de verbinding van het ene werkstation naar het andere gelegd wordt.

De coax biedt een aantal voordelen:

- door de elektrisch geleidende ommanteling is hij voldoende ongevoelig voor externe storingen;
- goedkoop en eenvoudig te installeren of uit te breiden.

De coax busstructuur heeft echter een groot nadeel: wanneer de verbinding ook maar ergens onderbroken wordt, valt onmiddellijk de datatransmissie over het hele netwerk stil. De ervaring toont aan hoe kwetsbaar de connectoren voor de werkstations zijn en hoe tijdrovend het is om de exacte plaats te vinden waar de verbinding verbroken werd.

De huidige netwerkimplementatie in vele vakgroepen aan de Universiteit Gent berust nog voor een groot deel op coax (ThinNet) busstructuur. Dit is echter geleidelijk aan het veranderen naar een andere topologie, te weten de sterstructuur.

In een sterstructuur wordt elk werkstation aan een concentrator verbonden met een eigen verbinding. Indien deze verbinding verbroken wordt blijft de rest van het netwerk actief. Natuurlijk heeft dit wel invloed op de kostprijs daar de lengte van de totaal benodigde kabel toeneemt.

Het is echter niet de coax verbinding die de strijd gewonnen heeft maar de goedkopere twisted-pair. Door gebruik te maken van ingenieuze transmissietechnieken, codeerschema's en de verbetering van de transmissiekenmerken, kunnen nu transmissiesnelheden tot 155 Mbps over twisted-pair bekomen worden.

De implementatie van een hogesnelheidsnetwerk, zij het nu Fast Ethernet, 100Base VG AnyLAN of ATM, berust op communicatie over twisted-pair of optische vezel. We gaan nu dieper in op hun specificaties.

Bronnen: [7], [12]

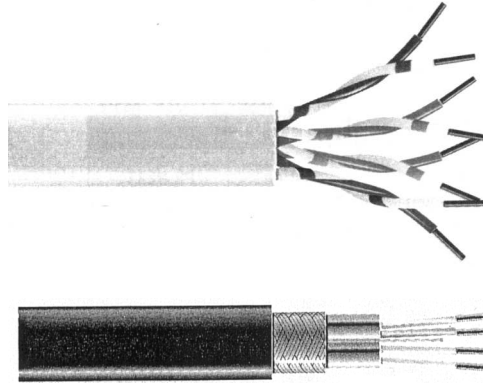
4.1 Twisted-pair

Twisted-pair kabel werd origineel ontworpen voor spraaktransmissie. Een dergelijke kabel bestaat uit twee geïsoleerde geleiders die rond mekaar zijn gewikkeld (minimum één draai per duim).

De geleiders worden rond elkaar gedraaid en door ze als positief en negatief element te gebruiken bekomt men een *gebalanceerd* transmissiekanaal. Daardoor krijgt de kabel een grotere elektromagnetische performantie ten opzichte van het niet gedraaide en ongebalanceerde circuit.

Gewoonlijk zijn er twee of meer paren gebundeld met een isolerende mantel. Elk paar vormt een afzonderlijk transmissiekanaal, zodat er verscheidene signalen tegelijk verstuurd kunnen worden. Er zijn momenteel drie constructies voor twisted-pair:

- Shielded Twisted Pair (STP);



Figuur 1: UTP en STP kabel

- Unshielded Twisted Pair (UTP);
- Foiled Twisted Pair (FTP).

STP bestaat uit twee afgeschermd (door middel van een elektrisch geleidende mantel) en getwiste paren met een tweede afscherming voor beide paren.

UTP en FTP bestaan elk uit vier getwiste paren maar de FTP constructie heeft nog een extra geleidende folie rondom de vier paren. Figuur 1 toont de UTP en STP constructies.

De STP-optie heeft het voordeel een lage straling te vertonen en een grotere immuniteit tegen elektrische ruis door zijn dubbele afscherming (EMI of Elektromagnetische Interferentie). De grootste nadelen zijn het volume dat het moeilijk maakt om hem te installeren en de hoge prijs.

STP-kabels hebben meestal volle geleiders van 22 AWG (American Wire Gauge) wat overeenkomt met een diameter van 0.6 millimeter. De karakteristieke impedantie is 150Ω en kabeltype "A" werd ontworpen voor 100 Mbps.

De paren zijn geïdentificeerd met een simpele standaard kleurencode:

Paar 1	oranje/zwart
Paar 2	rood/groen

Kleurencode voor STP kabels

FTP heeft een gunstiger EMI dan UTP, maar er moet grote aandacht geschonken worden aan de correcte installatie van de afscherming zelf, anders kan het meer EMI problemen geven dan het zou moeten oplossen.

UTP en FTP hebben gewoonlijk volle geleiders van 24 AWG (American Wire Gauge) wat overeenkomt met een diameter van 0.5 millimeter. De karakteristieke impedantie is 100Ω en er wordt onderscheid gemaakt tussen vijf types:

Kabeltype	Gebruik
Categorie 1	telefoon en lagesnelheidsdata
Categorie 2	ISDN en T1/E1 tot 4 Mhz
Categorie 3	Data tot 16 MHz
Categorie 4	Data tot 20 MHz
Categorie 5	Data tot 100 MHz

UTP en FTP kabeltypes

De paren zijn geïdentificeerd met een simpele standaard kleurencode:

Paar 1	wit/blauw en blauw
Paar 2	wit/oranje en oranje
Paar 3	wit/groen en groen
Paar 4	wit/bruin en bruin

Kleurencode voor UTP en FTP kabels

Twee specificaties geven de kwaliteit van een kabel aan. Enerzijds spreekt men van overspraak aangeduid door *NEXT* (Near End Crosstalk) en uitgedrukt in decibel. Overspraak wordt veroorzaakt doordat de geleiders met de isolatie een capaciteit vormen. Anderzijds spreekt men ook van signaalverzwakking of *attenuation*, eveneens uitgedrukt in decibel. Naarmate de afstanden en de gebruikte frequenties toenemen, stijgen de verliezen, waardoor de attenuation/NEXT toeneemt.

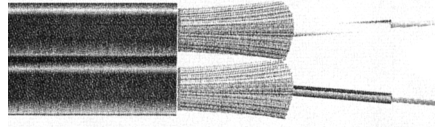
4.2 Optische vezel

Een optische vezel is een dunne buigzame draad van glas of transparant plastic, waarin een lichtbundel zich kan voortplanten.

De optische vezel bestaat uit een kern (core) met een bepaalde brekingsindex en daarrond een bekleding (cladding) met een andere brekingsindex. Dit verschil in brekingsindex zorgt ervoor dat de lichtstraal binnen deze kern gereflecteerd wordt. Er bestaan twee verschillende types van optische vezel, namelijk de multimode en de singlemode.

De multimodevezel heeft een relatief grote kerndiameter tussen de 50 en $100 \mu\text{m}^4$ en een claddingdiameter tussen de 120 en $200 \mu\text{m}$. Door de brek-

⁴1 micrometer = $10^{-6}m$.



Figuur 2: Een optische vezel

ingsindex tussen de kern en de cladding gradueel te laten overvloeien, kan men de voortplantingssnelheid van verschillende golflengten gelijk maken, zodat de bandbreedte tot 500 MHz kan oplopen over afstanden tot enkele kilometer.

De singlemodevezel heeft een zeer kleine diameter van 6 tot 9 μm en een cladding van 125 μm . De bandbreedte kan oplopen tot verschillende tientallen GHz⁵ over tientallen kilometer.

De singlemodevezel is goedkoper dan de multimodevezel. De singlemodevezel moet echter gebruik maken van een dure laser om het monochromatisch licht te genereren in tegenstelling tot een gewoon LED (Light Emitting Diode) voor de multimodevezel. Daardoor wordt een singlemodevezel enkel gebruikt om afgelegen campussen te verbinden, en wordt de multimodevezel gebruikt binnen een campus of gebouw.

De optische vezel heeft superieure kwaliteiten ten opzichte van netwerken met koperkabels. Een enorme bandbreedte, een totale ongevoeligheid voor EMI en een zeer geringe signaalverzwakking.

4.3 Gestructureerde bekabeling

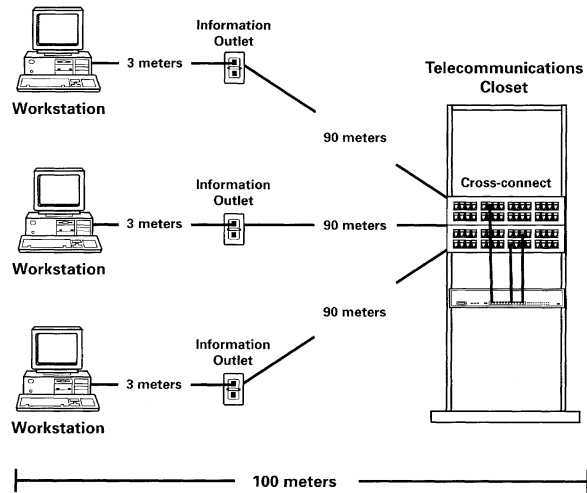
Gestructureerde bekabeling is ontstaan als reactie op een te grote verscheidenheid aan kabelsystemen die de verschillende telecommunicatiefabrikanten hadden uitgedacht. Door het gebrek aan een standaard moesten de gebouwen van de gebruikers telkens herbekabeld worden en konden informatiesystemen van verschillende fabrikanten niet aan elkaar gekoppeld worden.

De Amerikaanse standaard EIA/TIA-568, later ook internationaal gekend als de ISO/IEC 11801, heeft volgende doelstelling voor ogen:

- een bekabeling aanbieden onafhankelijk van fabrikant, die spraak, data en video kan transporteren;
- een structuur vooropstellen die een minimum aan tijd en middelen vergt wanneer een afdeling groeit, herorganiseert of verhuist.

We bespreken nu de richtlijnen die de ISO voorschrijft voor zowel de LAN als de backbone bekabeling.

⁵1 Giga Hertz = $10^9 Hz$.

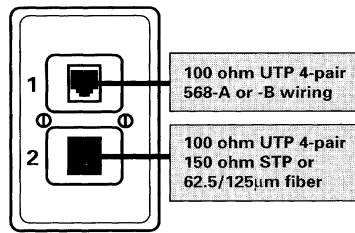


Figuur 3: Horizontale bekabeling

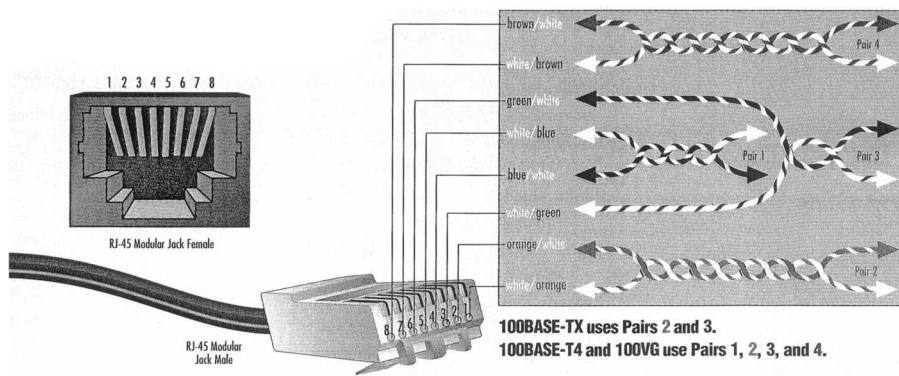
4.3.1 Horizontale bekabeling

De horizontale bekabeling loopt vanaf het workstation of de periferie tot de telecommunicatiekast. De telecommunicatiekast bevat de *patch* panelen en de *cross connects*. De patch panelen zijn borden waar men verbindingen (cross connects) kan leggen tussen de horizontale bekabeling en de concentrator. Enkele eigenschappen van horizontale bekabeling zijn:

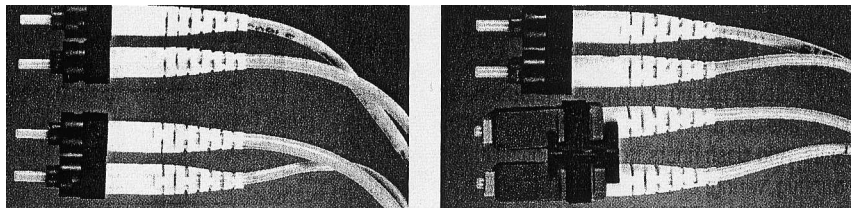
- gebruik van de stertopologie;
- limiet van 90 meter om het wandcontact in het bureau of kantoor te verbinden met de telecommunicatiekast;
- limiet van 3 meter om een verbinding te maken tussen workstation of periferie en wandcontact;
- limiet van 7 meter om patch kabels en cross connects te leggen in de telecommunicatiekast;
- minimaal twee connecties per gebruiker;
- gestandaardiseerde media:
 - ofwel vier draadparen 100 Ω UTP;
 - ofwel twee draadparen 150 Ω STP;
 - ofwel twee optische vezels met 62.5/125 μm core/cladding.



Figuur 4: Een telecommunicatie wandcontact



Figuur 5: RJ-45 connector en draadconnecties



Figuur 6: ST (links) en SC optische vezel connectoren

Het telecommunicatie wandcontact bevat minimaal twee uitgangen (figuur 4):

1. één 100 Ω UTP met vier draadparen;
2. ofwel vier draadparen 100 Ω UTP, ofwel twee draadparen 150 Ω STP, ofwel twee optische vezels met 62.5/125 μm core/cladding.

Om de verschillende aansluitingen te verbinden, maakt men gebruik van patch kabels. Enerzijds worden patch kabels gebruikt in de telecommunicatiekast om de concentrator te verbinden met een bepaalde horizontale kabel. Anderzijds worden patch kabels gebruikt tussen het werkstation en het wandcontact. Gewoonlijk lopen de draadparen in de patch kabels rechtdoor, maar men kan ze ook gekruist tegenkomen. De kruising van draadparen of vezels wordt meestal inwendig in de concentrator gemaakt. De connectoren zijn 8-pins RJ-45 voor UTP/FTP (figuur 5), 9-pins D-SUB voor STP en SC voor optische vezel (figuur 6).

4.3.2 Backbone bekabeling

De backbone bekabeling verbindt de verschillende telecommunicatiekasten. De topologie is een hiërarchische ster. Niet meer dan twee hiërarchische niveaus of cross connects zijn toegelaten. Er zijn vier toegelaten media types:

- 100 Ω UTP;
- optische vezels met 62.5/125 μm core/cladding;
- 150 Ω STP;
- singlemode optische vezels 9/125 μm core/cladding.

Bronnen: [3], [12], [5], [13] en [20]

5 Een hogesnelheids-LAN met Fast Ethernet

Bij de implementatie van een hogesnelheids-LAN staat men voor de keuze welk protocol erover dient te lopen: wordt het 100Base VG AnyLAN, ATM of Fast Ethernet?

5.1 Kiezen voor Fast Ethernet

Dat de stap naar Fast Ethernet de juiste is, moge blijken uit de volgende overwegingen:

- Software compatibiliteit: het is mogelijk dezelfde netwerksoftware te blijven gebruiken om bestanden en printers in een werkgroep te delen.

- Hardware compatibiliteit: sommige werkstations kan men blijven gebruiken met 10 Mbps; Fast Ethernet biedt namelijk een *auto-negotiation* mode, die bepaalt welk station 10 of 100 Mbps aankan.
- De leerfase is kort: doordat de netwerksoftware dezelfde blijft, is de leerperiode zowel bij gebruiker als beheerder kort; de netwerkbeheerder kan bij problemen vlugger ingrijpen.
- Interfaces en concentrators zijn vlot verkrijgbaar: het aanbod van Fast Ethernet producten is zeer groot.
- De kost per gebruiker is klein: door het grote aanbod van verschillende fabrikanten is de prijs van zowel de interfaces als de concentrator laag. De kost van nieuwe netwerksoftware en applicaties valt gewoon weg.
- Een gemakkelijke aansluiting op RUGnet is mogelijk: doordat RUGnet dezelfde protocollen gebruikt, is de aansluiting zonder bijkomende protocol-omzetter te maken.
- Transfer van data is het belangrijkste: zowel 100Base VG AnyLAN en ATM bieden hoge kwaliteit als het om multimedia of videoconferentie gaat.
- Het pad naar nog grotere transmissiesnelheid is gewaarborgd: indien de transmissiesnelheid nog groter moet, kan men gemakkelijk uitbreiden met een Gigabit Ethernet switch (1000 Mbps). Upgraden naar een Gigabit Ethernet is nu reeds mogelijk.

Bronnen: [7], [17], [10], [8], [19] en [11].

5.2 Media specificaties

Fast Ethernet werd geïmplementeerd over drie media types. Enerzijds hebben we transmissie over twisted pair, 100Base-T4 en 100Base-TX genoemd. 100Base-T4 gebruikt vier draadparen twisted pair vanaf categorie 3. 100Base-TX gebruikt twee draadparen twisted pair vanaf categorie 5.

Anderzijds kan de transmissie over optische vezel gebeuren, 100Base-FX genoemd. 100Base-FX gebruikt twee multimode optische vezels type 62.5/125 μm .

5.2.1 100Base-T4

De 100Base-T4 signaal techniek maakt gebruik van vier draadparen twisted pair: één draadpaar voor het ontvangen, één draadpaar voor het versturen, en twee draadparen zijn bidirectioneel. Essentieel komt het erop neer dat

het data signaal verdeeld wordt over drie draadparen, waardoor de kabel-frequentie veel lager wordt. Het vierde draadpaar is voorbehouden voor het collision-detectie systeem.

Het zenden of ontvangen moet elk afzonderlijk gebeuren (simplex mode) waardoor dit minder geschikt is voor servers.

De maximale lengte van een segment is beperkt tot 100 meter over UTP categorie 3, conform de ISO 11801 norm. Door deze normale kwaliteit van de kabel zal de kostprijs lager uitvallen dan met een hoogwaardige categorie 5 kabel.

Elk draadpaar is gebalanceerd. Dit wil zeggen dat één draad van het signaalpaar een positief en de andere draad een negatief signaal heeft.

5.2.2 100Base-TX

De 100Base-TX standaard gebruikt twee draadparen hoogwaardige twisted pair, één draadpaar voor het ontvangen en één draadpaar voor het versturen van data. Het kabeltype kan zowel UTP categorie 5 zijn (twee draadparen worden dan niet gebruikt) als STP type A.

Alle patch panelen, cross connects en connectoren moeten eveneens aan categorie 5 voldoen. Het zenden en ontvangen kan echter terzelfder tijd gebeuren (full-duplex), waardoor de totale throughput (bandbreedte) in servers tot 200 Mbps kan gaan.

De maximale lengte is eveneens beperkt tot 100 meter, conform de ISO 11801 norm. Elk draadpaar is eveneens gebalanceerd.

5.2.3 100Base-FX

De 100Base-FX optie gebruikt één paar optische vezels, één vezel voor ontvangst en één vezel voor het zenden van data. De glasvezel is een multimod-evezel met $62.5 \mu\text{m}$ core en $125 \mu\text{m}$ cladding. De golflengte van het gebruikt licht is 1350 nm ⁶.

Door optische vezel te gebruiken kan de afstand vergroot worden tot 412 meter tussen twee werkstations of switches en tot 2 kilometer wanneer een full-duplex verbinding wordt gebruikt. Optische vezel wordt dan ook vooral gebruikt als backboneconnectie tussen twee telecommunicatiekasten op verschillende verdiepingen of gebouwen. Ook is dit systeem immuun voor elektromagnetische straling (EMI=0) veroorzaakt door o.a. liften en zware elektromotoren in een industriële omgeving.

Bronnen: [7] en [24]

⁶1 nanometer = $10^{-9}m$.

5.3 Media-Independent Interface

De Media-Independent Interface (MII) werd ontworpen om de koppeling te vergemakkelijken tussen de verscheiden media segmenten en de Ethernet chips van de netwerkkaart. De MII slaat een brug tussen het fysieke medium en het media toegangsprotocol. De interface heeft een veertigpolige D-sub connector en de verbindingkabel kan maximaal een halve meter lang zijn.

Bronnen: [9] en [6]

5.4 Repeater hub

De repeater hub is een concentrator die tot doel heeft alle stations met elkaar te verbinden. Het signaal van om het even welk aangekoppeld station wordt naar elke beschikbare poort gestuurd. Het geheel van al deze stations vormt één *collision* domein. De regels van CSMA/CD zijn hier van toepassing. De Fast Ethernet standaard definieert twee types repeater hubs: klasse I en klasse II.

Een klasse I repeater hub maakt het mogelijk signalen van verschillende segmenttypes met elkaar te koppelen, zoals 100Base-TX/FX segmenten met 100Base-T4 segmenten. Op deze manier kunnen de verschillende segmenttypes met één enkele hub verbonden worden. De klasse I repeater heeft aldus een grotere tijdsvertraging door de extra vertaling van de lijnsignalen. De tijdsvertraging door het vertalingsproces maakt dat er slechts één klasse I repeater hub per collision domein kan zijn wanneer een segment een maximale lengte van 100 meter heeft bereikt.

Een klasse II repeater hub veroorzaakt een kleinere tijdsvertraging, doordat de binnenkomende signalen direct naar alle poorten worden verstuurd zonder een extra vertaling. Om deze kleinere tijdsvertraging te kunnen bereiken, verbindt een klasse II repeater hub alleen segmenten van eenzelfde signaaltechniek, zoals de 100Base-TX en 100Base-FX segmenten. Er worden maximaal twee klasse II repeaters per collision domein toegelaten wanneer de kabel zijn maximale lengte van 100 meter heeft bereikt.

Als men een station met een hub verbindt, moeten de draadparen van de ontvanger gekoppeld worden met de draadparen van de verstuurer en omgekeerd. De Fast Ethernet standaard definieert dat dit kruisen van de kabel gebeurt in de hub door de constructeur en de poort gemerkt wordt met een "X".

Een *managed* hub maakt het de netwerkbeheerder mogelijk vanop afstand de trafiek in de hub te bekijken, maar ook de eventuele fouten die op de hub poorten voorkomen. Dit laat de netwerkmanager toe vanop afstand bepaalde poorten af te koppelen, storingen gemakkelijker op te sporen of alarmsignalen bij storing door te sturen. Dit beheer gebeurt via het Simple Network Management Protocol (SNMP).

Bronnen: [9], [7] en [23]

5.5 Switching hub

De switching hub heeft eveneens tot doel segmenten met elkaar te verbinden, maar dit op Ethernet-pakketniveau, waardoor er per segment een afzonderlijk collision domein wordt gevormd.

Een switchpoort kan geconfigureerd worden als een segment verbonden met een repeater hub waarop vele stations aangesloten zijn. Eveneens kan de switch ook verbonden zijn met één enkel station (of een andere switch). Wanneer dit het geval is kan de switch in full-duplex werken. Het hele collision detectiesysteem wordt dan gewoon uitgeschakeld, daar er geen botsing tussen de switchpoort en het station mogelijk is. De switching hubs kunnen *cut-through* of *store-and-forward* zijn.

Een cut-through switch begint reeds een pakket door te sturen naar een ander segment, van zodra het bestemmingsadres gelezen is (de eerste zes bytes in een Ethernet pakket). Hierdoor is de tijdsvertraging van het doorgestuurd pakket heel klein. Aan de andere kant worden verminkte en afgebroken pakketten, eigen aan de CSMA/CD techniek, ook doorgestuurd; dit veroorzaakt netwerkvervuiling en doet de globale netwerkperformantie afnemen.

Een store-and-forward switch zal eerst het volledige pakket opnemen en verifiëren of er geen fout in het pakket is geslopen aan de hand van de CRC (Cyclic Redundancy Check). Daarna wordt aan de hand van het bestemmingsadres bepaald naar welk segment dit moet gestuurd worden en zal de switch pas dan het pakket doorsturen (forwarden).

De tijdsvertraging is veel groter en zelfs afhankelijk van de grootte van het pakket. Maar doordat er geen slechte pakketten doorgestuurd worden, komt dit wel de globale netwerkperformantie ten goede. Ook het feit dat pakketten afkomstig van verschillende segmenten tegelijk gebufferd worden, maakt dat collisions vermeden worden, wat eveneens de throughput van de hele LAN verhoogt.

In tegenstelling tot cut-through switches, kunnen store-and-forward switches ook pakketten switchen tussen standaard Ethernet (10 Mbps) en Fast Ethernet wanneer de switch met beide standaarden is uitgerust. De poorten kunnen ofwel standaard Ethernet of Fast Ethernet zijn, maar ook *auto-sensing*. Dit wil zeggen dat door *auto-negotiation* bepaald wordt welk type netwerk aangesloten is.

Sommige fabrikanten proberen de voordelen van cut-through en store-and-forward te verenigen.

Zo zullen sommige switchen beginnen met cut-through voor een lage tijdsvertraging en schakelen ze over op store-and-forward wanneer een bestemmingspoort bezet is. Andere switchen beginnen eveneens met cut-through en bekijken aan de hand van de CRC's het aantal fouten dat optreedt. Naarmate het aantal fouten toeneemt en een bepaalde waarde wordt overschreden, worden ze een store-and-forward switch. Dit blijft zo totdat het

aantal fouten voldoende daalt waarna ze weer cut-through worden.

Problemen kunnen ook ontstaan wanneer een poort verzadigd is. Het is mogelijk dat verschillende segmenten tegelijk pakketten sturen naar eenzelfde poort, die dan grote hoeveelheden pakketten moet laten vallen en op hun beurt verantwoordelijk zijn voor hertransmissies van de verloren pakketten. Deze verkeersopstopping tracht men te vermijden door *flow-control*⁷. De verzadigde poort stuurt collision-detectie signalen naar de sturende poorten. Hierdoor stoppen bepaalde poorten met versturen en proberen opnieuw na een time-out. Zo vermijdt men verloren pakketten en hertransmissies.

Bronnen: [14], [7], [21], [1] en [6]

5.6 Configuratieregels

Het doel van de configuratieregels is er zeker van te zijn dat de Ethernet-timings voldoen.

Wanneer meerdere segmenten aan elkaar moeten gekoppeld worden, hoeft men enkel het collision domein na te gaan. Het collision domein is gedefinieerd als één enkel CSMA/CD netwerk waar een botsing zal plaatsvinden wanneer twee stations op hetzelfde moment willen versturen.

Een Ethernet systeem met één segment of verschillende segmenten gekoppeld met een repeater hub, is een netwerk dat fungeert als één collision domein.

Indien de repeaters of stations gescheiden worden door een switch (of bridge, of router*) krijgen ze elk een afzonderlijk collision domein. Switchen zullen het collision signaal niet propageren, zodat elke Ethernet-netwerk onafhankelijk kan werken. We kunnen dus grote netwerken bouwen door de individuele Ethernetnetten te koppelen via switchen. Zolang elk collision domein afzonderlijk aan de configuratieregels voldoet, zal het totale netwerk correct werken en kan men zoveel netwerkkoppelingen maken als men wil.

De configuratieregels zijn de volgende:

1. alle twisted pair segmenten moeten korter zijn dan of gelijk aan 100 meter;
2. optische vezels moeten korter zijn dan of gelijk aan 412 meter;
3. MII kabels mogen niet langer zijn dan 0.5 meter; wanneer het erop aan komt de netwerk-timings te evalueren, moeten de vertragingstijden van de MII niet afzonderlijk bijgeteld worden; deze zitten in de vertragingstijden van het station of repeater.

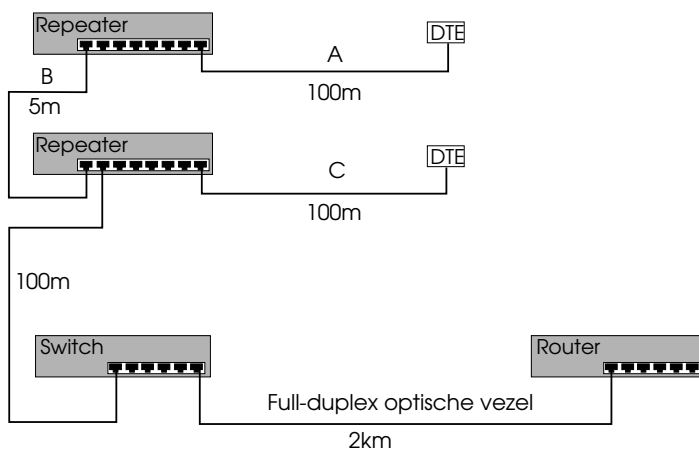
Met deze regels in het achterhoofd, toont onderstaande tabel de maximale diameter (in meter) van een collision domein.

⁷ook *back pressure* genoemd

Repeatertype	twisted pair	glasvezel	twisted pair (T4) & glasvezel	twisted pair (TX) & glasvezel
enkel DTE-DTE	100	412	-	-
één klasse I repeater	200	272	231	260.8
één klasse II repeater	200	320	-	308.8
twee klasse II repeaters	205	228	-	216.2

De eerste rij toont de maximale segmentafstand van DTE tot DTE. Met DTE bedoelt men *Data Terminal Equipment*, een station of switchpoort. Die is dus 100 meter voor twisted pair en 412 meter voor glasvezel. De volgende rij toont de maximale diameter wanneer één klasse I repeater gebruikt wordt in combinatie van twisted pair, glasvezel, 100Base-T4 met 100Base-FX of 100Base-TX met 100Base-FX. De derde rij geeft de maximale diameter voor één klasse II repeater (100Base-T4 en 100Base-TX kunnen niet) en de vierde rij indien twee klasse II repeaters gebruikt worden.

We illustreren dit aan de hand een (fictief) voorbeeld in figuur 7. De repeaters zijn klasse II. De bekabeling is UTP voor de stations en een optische vezel tussen de campus router en de switch. De maximale diameter van het collision domein is afstand A (100m) + B (5m) + C (100m).



Figuur 7: Een configuratievoorbeeld

Onderstellen we als campus “De Sterre”. De campus router bevindt zich in het Academisch Rekencentrum . De switching hub staat op het gelijkvloers van gebouw S1 en de repeater hubs op de eerste verdieping.

Bedenk dat de switch poort zich zoals een ander station (DTE) gedraagt

en dat aan de configuratieregels van het collision domein voldaan is. De optische vezel kan een full-duplex verbinding zijn die dan wel 2 kilometer lang mag zijn. Het gecreëerde netwerk loopt volledig op 100 Mbps.

Bron: [9]

6 Migratie van 10 Mbps naar 100 Mbps

Meestal is het noodzakelijk dat het netwerk in stappen kan uitgebouwd worden, daar het anders om budgettaire redenen niet haalbaar zou zijn. Men moet immers bedenken dat er in de eerste plaats in heel het gebouw gestructureerde bekabeling moeten aangebracht worden, vervolgens een aantal hubs moet aangeschaft worden en daarna veel netwerkkaarten in bestaande toestellen moeten vervangen worden.

Sommige werkstations hebben enkel een coax-aansluiting en worden voor die werkstations geen Fast Ethernetkaarten meer aangeboden. Ook is het zo dat een aantal gebruikers tevreden is met een 10 Mbps aansluiting, terwijl andere *power* gebruikers op 100 Mbps wensen aan te sluiten.

In ieder geval is het wenselijk dat de servers eerst omgeschakeld zouden worden, omdat zo elke gebruiker hiervan kan profiteren.

We beschrijven nu een mogelijke strategie om de overgang van een coax busstructuur naar een Fast Ethernet sterstructuur te vergemakkelijken. De interessantste mediaspecificatie is 100Base-TX over UTP categorie 5 of STP klasse A, daar veel fabrikanten hiervoor een enorm aanbod hebben ontwikkeld voor zowel hubs als netwerkkaarten.

1. Aansluiten van servers op 100 Mbps Fast Ethernet:

(a) Aanschaf van:

- een switching hub met minimum vier auto-sensing 10/100 Mbps poorten;
- telecommunicatiekast, 19 inch rek of schap voor de hubs en patch panelen;
- de 100 Mbps netwerkkaarten voor de servers;
- één UTP-coax media convertor.

(b) Vanuit de telecommunicatiekast moeten kabels voorzien worden naar de servers. Elke poort van de switch kan voor een server gebruikt worden, behalve één, die de connectie met de coax ThinNet zal maken. Hiervoor gebruiken we de UTP-coax media convertor.

2. Aansluiten van power gebruikers:

(a) Aanschaf van:

- één of meer Fast Ethernet repeater hubs;
- de 100 Mbps netwerkkaarten voor de power gebruikers.

(b) Vanuit de telecommunicatiekast moeten kabels voorzien worden naar de power gebruikers. Eén server moet worden losgekoppeld van de switch. De vrijgekomen poort wordt verbonden met de 100 Mbps repeater hub. De losgekoppelde server samen met de kabels van de power gebruikers worden dan via het patch paneel verbonden met de repeater hub.

3. Aansluiten 10 Mbps gebruikers:

(a) Aanschaf van één of meer 10 Mbps Ethernet repeater hubs.

(b) Nakijken of de netwerkkaart reeds een UTP connector bevat; dit is niet onwaarschijnlijk daar reeds een tweetal jaar combinatie UTP/coax netwerkkaarten op de markt zijn. Indien dit niet het geval is, kan men voor recente computers auto-sensing 10/100 Mbps netwerkkaarten overwegen. Deze kunnen dan later, wanneer de behoefte zich voordoet, gemakkelijk aangesloten worden op een 100 Mbps hub. Indien de oude netwerkkaarten van de power gebruikers een UTP connector bevatten, kunnen die gerecycleerd worden.

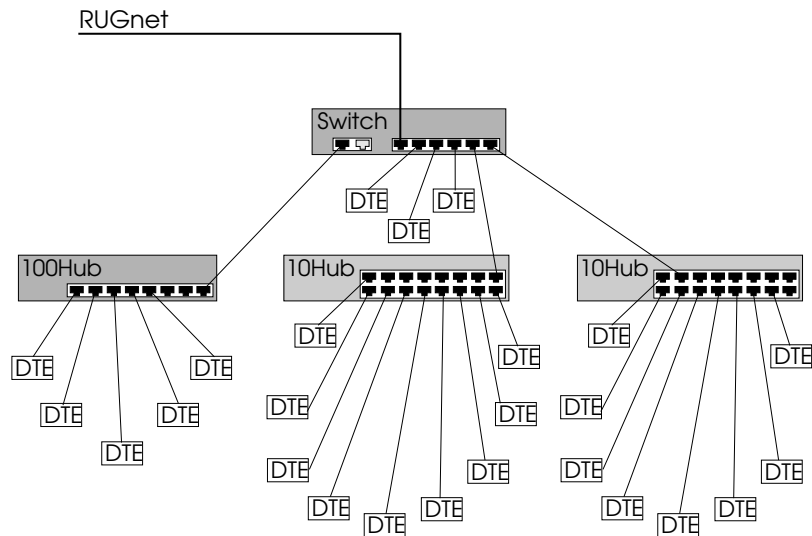
(c) Vanuit de telecommunicatiekast wordt dan de rest van de bekabeling getrokken. Opnieuw wordt één server losgekoppeld van de switch. De vrijgekomen poort verbindt men met de 10 Mbps repeater hub en de losgekoppelde server terug met een 100 Mbps repeater hub. De aan te sluiten stations wordt via het patch paneel verbonden met de 10 Mbps repeater hub.

(d) De omzetter UTP-coax kan gebruikt worden naar de repeater of router voor RUGnet, of men kan de optische vezel van RUGnet aansluiten op de switch.

Het spreekt van zelf dat al deze acties in overleg met het Academisch Rekencentrum moeten gebeuren. Indien kaarten verwisseld worden, moeten de ethernetadressen eveneens gemeld worden. Voor de connectie met RUGnet kan men de verantwoordelijke Mr. A. Wouters (tel. 4743) contacteren.

7 Implementatie Fast Ethernet bij TELIN

De Vakgroep Telecommunicatie en Informatieverwerking (TELIN) zal in augustus van dit jaar verhuizen naar blok III, verdieping O2 van de St-Pietersnieuwstraat 41. Hierdoor is het mogelijk de omschakeling van coax



Figuur 8: Topologie bij TELIN

naar UTP categorie 5 in een nieuw ingericht gebouw uit te voeren. Dit geeft voor gevolg dat de migratie zonder tussenstappen kan gemaakt worden.

De bedoeling is over vijf servers op 100 Mbps te beschikken. Dertien PC's, twee X-terminals samen met vijf werkstations laten we nog op 10 Mbps functioneren. We bekijken de topologie in figuur 8 eens van naderbij.

Aan de top van de hiërarchische LAN vinden we de switching hub. Deze switch heeft één 100Base-TX poort, zes 10Base-T poorten en is SNMP beheerbaar. Er is ruimte voorzien voor een tweede 100Base-TX poort. De switch is cut-through en wordt store-and-forward wanneer poorten bezet zijn.

De 100Base-TX klasse II repeater hub heeft acht poorten ter beschikking. Eén poort wordt gebruikt als *uplink* met de switch en vijf ervan worden gebruikt voor de 100 Mbps servers. Er is nog ruimte voor twee bijkomende 100 Mbps servers. Indien er nog servers of power gebruikers bijkomen, kunnen we door een tweede achtpoorts 100Base-TX (klasse II) repeater hub aan te sluiten op eerstgenoemde, nog eens zes 100Base-TX stations aankoppelen. De leegstaande 100Base-TX poort kan opgevuld worden en nog eens twee 100Base-TX repeater hubs kunnen aangesloten worden.

Twee 10Base-T poorten van de switch zijn verbonden met twee 10Base-T klasse II repeater hubs, die elk zestien poorten bevatten. Er is nog uitbreiding tot dertien 10Base-T stations mogelijk zonder extra repeater hub. Het is de bedoeling, naarmate er meer PC's bijkomen, de Ethernetkaarten te voorzien met auto-sensing 10/100 Mbps, en ze met voorkeur aan te koppe-

len op de 10 Mbps hubs.

Drie stations zijn direct op de 10Base-T poorten van de switch aangekoppeld. Dit zijn twee stations met veel netwerktrafiek (X-terminals) die door deze koppeling op een volle bandbreedte van 10 Mbps kunnen werken. Ook is er een fileserver via een coax naar UTP media convertor rechtstreeks op de switch aangesloten.

Tenslotte wordt een 10Base-T poort van de switch gekoppeld aan RUGnet, via een UTP naar optische vezel media convertor.

8 Besluit

In deze verhandeling hebben we uitgelegd hoe we een gestandaardiseerd en verbeterd lokaal netwerk kunnen opzetten, met het doel een hoge snelheid erover mogelijk te maken. We hebben de redenen opgesomd waarom de vraag naar een vlugger netwerk stijgt. Een aantal oplossingen zijn mogelijk en maken alle gebruik van gestructureerde bekabeling. We gingen na waarom de stap naar Fast Ethernet momenteel de grootste troeven biedt en welke onderdelen hiervoor bestaan. Er werd een strategie besproken om de overgang naar de hogesnelheids-LAN te verwezelijken en een concreet voorbeeld uitgewerkt.

A Vocabulary

- **Client-server model** - De meeste netwerkkapplicaties zijn geschreven in de veronderstelling dat één zijde een bepaalde dienst vraagt, en de andere zijde de taak uitvoert. Het doel van de netwerktoepassing is dat de server een bepaalde dienst te bieden heeft aan een mogelijke client.
- **CSMA/CD** - Carrier sense multiple access/collision detection. In dit protocol luisteren de stations naar de bus en versturen alleen wanneer deze vrij is. Als er toch een botsing van pakketten gebeurt, wordt het pakket verstuurd na een willekeurig time-out. CSMA/CD wordt gebruikt in Ethernet-netwerken.
- **LAN (Local Area Network)** - Een groot volume transmissiekanaal dat een aantal toestellen (computers, terminals en printers) laat communiceren binnen een kamer, gebouw, campus of ander geografisch beperkt gebied.
- **Multicasting** - Een techniek om met één Ethernet pakket een groep stations tegelijk te kunnen aanspreken. Een bijzonder geval is de broadcast, die een pakket naar elk station stuurt.
- **RISC** - Reduced Instruction Set Computing processors zijn veel vlugger dan gewone processors. De instructies kunnen veelal in één klokpuls afgewerkt worden. Complexe instructies worden uitgevoerd door een opeenvolging van kleinere: de instructieset is gereduceerd tot de meest frequente.
- **Router** - Een router wordt gebruikt wanneer meerdere netwerken moeten verbonden worden en wanneer de netwerktrafiek moet gebeuren op basis van het protocol. De router kijkt in het TCP/IP-pakket naar het netwerk waarvoor het bestemd is. Aan de hand van een interne routing tabel, wordt het pakket verstuurd naar een volgende router, switch of netwerk.

Referenties

- [1] Tadesse W. Giorgis. *29 Switching hubs*. BYTE. Juli 1995, pp. 162-171.
- [2] Anixter. *ATM update: technology White Paper*. Anixter #167513. Juni 1995.
- [3] Dion Dillaerts. *Black box catalogue*. The source for connectivity. 1997.
- [4] Peter Wayner. *Connecting with ATM*. BYTE. Oktober 1994.
- [5] Handbook. *EIA/TIA-568 standard*. Anixter #148947. November 1993.
- [6] Anixter. *Ethernet switching: technology White Paper*. Anixter #169394. September 1995.
- [7] AB. *Een LAN bouwen*. Bi-technologie, pp 56-70, Juni 1996.
- [8] Geert De Soete. *Een glasvezelruggegraat voor rugnet*. Universiteit Gent, 1997.
URL: <http://www.rug.ac.be/arc/rugnet/newbackbone/index.html>
- [9] Charles Spurgeon. *Ethernet configuration guidelines*. Peer-to-Peer Communications, Inc. 1995-1996.
URL: <http://www.ots.utexas.edu/ethernet/ethernet-home.html>
- [10] John Bryan. *Fast Ethernet becomes focused*. BYTE. Oktober 1994.
- [11] Gigabit Ethernet Alliance. *Gigabit Ethernet: White Paper*. Augustus 1996.
URL: <http://www.gigabit-ethernet.org/>
- [12] Sally Brooks en Gareth Flook. *Guide to structured cabling*. Anixter. 1993.
- [13] Handbook. *ISO/IEC 11801 standard*. Anixter #LS-C-GEN-013. September 1995.
- [14] Adaptec. *Implementing Fast Ethernet*. September 1996.
URL: <http://www.adaptec.com/fastether/wpapers/ife.html>
- [15] Adaptec. *Increasing network bandwidth with switched & full duplex Ethernet*. September 1996.
URL: <http://www.adaptec.com/ether/wpapers/dupether0.html>
- [16] Art Wittmann. *Interactive network design manual: design-and redesign today's Local Area Network*. November 1996.
URL: <http://techweb.cmp.com/nc/netdesign/lanappen.html>

- [17] The Fast Ethernet Alliance. *Introduction to 100Base-T: Fast Ethernet*. 1995.
URL: <http://www.ddx.com/fast.html>
- [18] Telindus. *Introduction to ATM*. Telindus News, nr. 49. Mei 1995.
- [19] David Mendenhall en Eric Brown. *Making a fast decision: ATM vs. Fast Ethernet*. Adaptec 1996.
URL: http://www.adaptec.com/atm/wpapers/ctr_fin.html
- [20] Brian Brown. *Network management: network components*. 1996.
URL: <http://www.cit.ac.nz/smac/nm210/default.htm>
- [21] Digital. *Network switching - technology, strategy and products*. Digital, #319/95. 1995.
- [22] Geert De Soete. *RUGnet: Het intercampus computernetwerk van de Universiteit Gent*. ARC-rapport nr. 95-03, RUG, 1995.
URL: <http://www.rug.ac.be/arc/rapporten/rep95-03/paper/paper.html>
- [23] Tim Wilson. *See the big picture*. BYTE. Oktober 1996, pp. 107-112.
- [24] Paul Cunningham. *Untangling Fast Ethernet cables*. BYTE. December 1995, pp. 213-214.