

*Onderzoek naar de kwaliteit van vaste
internetverbindingen van de
kabelverdeelkast West 20*

Rajinderkumar Hindori 10841

Paramaribo, 15 november 2013

*Onderzoek naar de kwaliteit van vaste
internetverbindingen van de
kabelverdeelkast West 20*

Student: Rajinderkumar Hindori 10841

Docent-begeleider: Doric Ramlakhan M.Sc.

Bedrijf: Telecommunicatiebedrijf Suriname (Telesur)

Bedrijfsbegeleider: Lothar Redan B.Tech.

Paramaribo, 15 november 2013

VOORWOORD

Het Polytechnic College (PTC), een vijfjarige technische hbo-opleiding, leidt studenten op tot volwaardige technici in het bedrijfsleven. Elke afgestudeerde PTC-student(e) dient in staat te zijn om oplossingsgericht te kunnen denken en te handelen binnen zijn/haar discipline. Gedurende het hele studietraject leert de student om zowel doelmatig in groepsverband te werken als creatief problemen op te lossen. Bij het afstudeerverslag doet de student dat onder begeleiding van een docent. Naast het schrijven van het afstudeerverslag, dient dit verslag verdedigd te worden. Hierbij gaat de docent na in welke mate de student zich de inhoud van het onderwerp eigen heeft gemaakt. De student wordt in de gelegenheid gesteld een door hem of haar gekozen onderwerp zodanig uit te werken dat de aanpak van het probleem kan leiden tot een reële oplossing van het probleem.

Het onderwerp dat gekozen is voor dit project, is het onderzoeken van de oorzaken die kunnen leiden tot slechte kwaliteit van de internetverbinding in het gebied tussen de rotonde aan de Commisaris Weytingweg en Leiding 11A, bij Telesur beter bekend als West 20.

Langs deze weg wens ik een woord van dank uit te spreken aan de vakdocent D. Ramlakhan, bedrijfsbegeleider L. Redan, en de docent Nederlands, mevr. G. Long Him Nam, voor hun begeleiding, geduld en begrip. Naast de docenten bedank ik de heer H. Paulus, chef Technische dienst Telesur Zonnebloemstraat, alle collega's en de heer S. Jankie, van de centrale Balona voor hun enorme bijdrage. Verder gaat mijn dank uit naar mijn familie voor alle ondersteuning.

Paramaribo, 15 november 2013

Rajinderkumar Hindori

INHOUDSOPGAVE

VOORWOORD

SAMENVATTING

LIJST VAN AFKORTINGEN

LIJST VAN FIGUREN

LIJST VAN TABELLEN

1 INLEIDING	9
2 HUIDIG NETWERK EN BREEDBANDINTERNET	11
2.1 Kabeltheorie.....	11
2.2 ADSL	13
2.3 VDSL	16
2.4 Splitters	16
3 TOEKOMSTIG NETWERK.....	18
3.1 Glasvezel.....	18
3.2 Fiber to the x.....	19
3.2.1 Actief optisch netwerk	21
3.2.2 Passief optisch netwerk	22
3.3 Remote optical platform	23
3.4 VDSL2	24
3.4.1 VDSL2 Vectoring.....	25
3.4.2 VDSL2 Bonding.....	26
3.5 Internationale trends.....	26
4 DE 3M DYNATEL 965AMS	31
5 HET ONDERZOEK	34
6 RESULTATEN EN OPLOSSINGEN	38
6.1 Resultaten.....	38
6.2 Oplossingen	41
7 KOSTENRAMING	43
8 CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN	45
LITERATUURLIJST	47
BIJLAGE 1. OVERZICHT GEMETEN LIJNWAARDEN	49
BIJLAGE 2. GEMETEN AFSTANDEN PVK.....	53
BIJLAGE 3. UITGEPRINTE WIDEBANDAUTOTESTRESULTATEN	54
BIJLAGE 4. BEKABELINGSSCHEMA R.O.P EN DE R.O.P.....	55

SAMENVATTING

Breedband internet neemt over de gehele wereld op het gebied van telecommunicatie de markt over. Digital Subscriber Line (afgekort: DSL, ook bekend als Digital Subscriber Loop) is een van de technieken die gebruikt worden om breedband internet waarvan ADSL een variant is aan te bieden aan de klanten. ADSL is een standaard voor een digitale technologie die snellere datacommunicatie over een telefoonlijn van koperdraad toelaat. Daar de doorvoersnelheid voor gegevens bij de DSL-technologie hoger ligt dan met een conventioneel analoog modem noemen we dit ook wel breedbandinternet. DSL laat toe dat een breedbandverbinding tot stand gebracht wordt tussen twee telefoonaansluitingen via het bestaande POTS (Plain Old Telephone Service) telefonienetwerk. Om ADSL aan te bieden op de koperkabel zijn er enkele factoren waarmee rekening gehouden moet worden. Deze factoren kunnen ertoe leiden, dat de snelheid van de internetverbinding beïnvloedt wordt. Deze factoren zijn onder andere:

1. De lengte van de koperlijn tussen de DSLAM en de klantlocatie;
2. De dikte van de gebruikte koperdraden;
3. Het aantal ‘bridge taps’, dat wil zeggen, doodlopende lijnaftakkingen;
4. Het aantal andere breedband-verbindingen in dezelfde koperkabel.

Het doel van het project is het aanpassen van het koperkabelnetwerk van West 20 om de internetsnelheid te verbeteren, waardoor de juiste kwaliteit wordt geleverd aan de klant.

De centrale vraagstelling luidt als volgt: “ Wat kan er aan het kabelnetwerk van Telesur in telefoonkabelverdeelkast West 20 gedaan worden om de klant van de maximale bandbreedte te voorzien?”

Dit onderzoek is gedaan in een bepaald gebied. Er zijn kwaliteitsmetingen gedaan op het koperen kabelnet en datasnelheidsmetingen bij een beperkt aantal klanten (ongeveer 50). De nadruk van het onderzoek lag op de punten 1, 2 en 4 van de aangehaalde factoren die het ADSL- verkeer beïnvloeden. Voor dit project is zowel literatuur bestudeerd als praktisch onderzoek gedaan. De literatuur is voor het overgrote deel gehaald van het internet, terwijl het praktisch onderzoek, middels kwaliteitsmetingen op het kabelnetwerk en internetspeedtesten gedaan is op het Telesur koperen netwerk en wel in kabelverdeelkast (KVK) West 20. De telefoonkabelverdeelkast ligt tussen de rotonde van de Commisaris Weytingweg en Leiding 11A. De KVK ligt op de hoek van de Commissaris Weytingweg met de Soekadoedoekweg.

Uit de metingen die gedaan zijn in de kabelverdeelkast (KVK) West 20 is gebleken dat de klanten inderdaad niet de juiste internetsnelheden ontvangen. De resultaten van de kwaliteitsmetingen zijn goed te noemen, omdat ze aan de kwaliteiten en standaarden voldoen.

Waarom de juiste internetsnelheden niet worden gehaald, komt omdat de afstand van de klant naar de DSLAM (centrale) meer dan de maximale afstand is. De internetsnelheid is afhankelijk van de afstand van de centrale naar de klant toe. Dit is bij dit project duidelijk naar voren gekomen.

Om de klanten de juiste snelheden aan te bieden moet in feite ervoor gezorgd worden dat de afstand DSLAM naar de klant korter wordt. Dit kan op verschillende manieren gebeuren, namelijk door:

- het plaatsen van een remote optical platform;
- het plaatsen van glasvezel tot aan huis;
- het overnemen op een andere centrale, waarbij de afstand veel korter is (dit komt heel zelden voor).

LIJST VAN AFKORTINGEN

ADSL	- Asymmetric Digital Subscriber Line
AK	- Aftakkabel
AON	- Actief optisch netwerk
dB	- Decibel
dBrnC	- Decibel Boven Reference Noise met Capaciteit
DSLAM	- Digital Subscriber Line Access Multiplexer
GPEW	- Gepantserde polyetheen kabel met Waterstop
GPLK	- Gepantserde papierloodkabel
Hdtv	- High- definition television
HVD	- Hoofdverdeler
KPN	- Koninklijke PTT (Posterijen, Telegrafie, Telefonie)Nederland
KVK	- Kabelverdeelkast
LEX	- Local Exchange
Mbps	- Megabits per second
ONT	- Optische netwerkterminal
ONU	- Optische netwerkkunit
PE	- Polyetheen
PON	- Passief optisch netwerk
POTS	- Plain Old Telephone Services
PVK	- Primaire voedingskabel
ROP	- Remote optical platform
T/G	- Tip-Ground
T/R	- Tip-Ring
TDR	- Time Domain Reflectometry
U-C	- Loop Interface central office end
U-R	- Loop Interface remote terminal end
VDSL	- Very-high-bitrate Digital Subscriber Line

LIJST VAN FIGUREN

1 .GPEW- kabel (links) en zijaanzich GPLK- kabel (rechts)	12
2. ADSL- spectrum	14
3. Splitters.....	17
4. Glasvezels (links) en lichtstraal in een glasvezel (rechts).....	19
5. Fttx-schema	20
6. Schema AON-PON	22
7. Kabelverdeelkast (links) en een ROP (rechts)	23
8. DSL-snelheden en afstanden	25
9. Fiber bezetting in de wereld	27
10. 3M dynatel 965AMS en de FAR End Device.....	31
11. Meetopstelling Meter/FED.....	32
12. Testopstelling bij de KVK.....	34
13. Doorsnee zonekabel	35
14. HVD (links) en DSLAM (rechts).....	36
15. DSL – Noise en -Loss verloop t.o. v ADSL-bezetting.....	39
16. DSL-Noise en DSL-Loss verloop t.o.v kabelbezetting.....	39

LIJST VAN TABELLEN

1. Kabeltypes met verschillende capaciteiten en fabriekslengtes	13
2. Afstanden tot telefooncentrale downloadsnelheden	15
3. Snelheden t.o.v aderdiktes en afstanden.....	16
4. Specificaties meter	33
5. ADSL - meetresultaten.....	38
6. Speedtesten.....	40
7. Referentiewaarden widebandautotest.....	40
8. Gemeten Wideband autotestwaarden	41
9. Speedtestresultaten 2 Mbps lijnen.....	42
10. Speedtest resultaten > 2 Mbps lijnen.....	42
11. Kostenplaat vanuit centrale Balona.....	43
12. Kostenraming vanuit centrale Leiding 10	44

1 INLEIDING

Aanleiding

Het koperkabelnetwerk van Telesur werd steeds gebruikt voor het telefoonverkeer. Maar door de komst van internet heeft het kabelnet een andere functie gehad, namelijk als transmissie voor data. Door het steeds toenemende dataverkeer op het kabelnet en de IP (internetprotocol) technologie is gebleken dat de vraag naar bandbreedte steeds toeneemt. Om aan de steeds toenemende vraag naar bandbreedte te voldoen, moet er gezocht worden naar oplossingen om in de behoeften van de klant te voorzien. Wanneer de kwaliteit verbeterd wordt zal daarmee ook de tevredenheid van de klant vergroot worden. De kwaliteit van een ADSL-verbinding hangt af van de volgende factoren:

1. De lengte van de koperlijn tussen de DSLAM en de klantlocatie;
2. De dikte van de gebruikte koperdraden;
3. Het aantal 'bridge taps', dat wil zeggen, doodlopende lijnaftakkingen;
4. Het aantal andere breedband-verbindingen in dezelfde koperkabel.

De projectopdracht is om te onderzoeken wat de kwaliteit van de koperkabel is, daarbij meegenomen de kwaliteit van de ADSL-verbindingen. Aan de hand van resultaten die uit diverse metingen zijn voortgevloeid, zijn er mogelijke oplossingen gezocht en aanbevelingen gedaan om de kwaliteit van de kabel, daarbij meegenomen de kwaliteit van de ADSL-verbindingen te verbeteren. Het onderzoek hield het volgende in:

- meten van de koperkwaliteit van de centrale tot de klanten;
- meten van datasnelheden in de centrale, KVK en de klanten.

Doelstelling

Het doel van het project is het aanpassen van het koperkabelnetwerk van West 20 om de internetsnelheid te verbeteren, waardoor de juiste kwaliteit wordt geleverd aan de klant.

Probleemstelling

De centrale vraagstelling luidt als volgt: "Wat kan er aan het kabelnetwerk van Telesur in telefoonkabelverdeekast West 20 gedaan worden om de klant van de maximale bandbreedte te voorzien?"

De opbouw van het projectverslag is als volgt: hoofdstuk 2 gaat over het huidige kabelnetwerk en de breedbandinternettechnieken. In hoofdstuk 3 is beschreven wat voor netwerk in de toekomst

gebruikt kan worden om de snelheid van internet te verbeteren. In hoofdstuk 4 is de meter beschreven waarmee de metingen voor het onderzoek zijn gedaan. Hoofdstuk 5 en 6 gaan respectievelijk over het onderzoek en de resultaten en oplossingen en in hoofdstuk 7 is de kostenraming van het project beschreven.

Bronnen:

<http://tweakers.net/nieuws/77044/belgacom-gaat-vectoring-gebruiken-om-vdsl2-te-versnellen.html>

<http://www.alcatel-lucent.com/solutions/vdsl2-vectoring>

<http://www.zdnet.nl/telecom/144297/belgacom-wil-50-mbps-voor-bijna-iedereen/>

<http://broadbandtrends.com/blog1/2013/07/29/is-vdsl2-vectoring-destroying-the-ftth-business-case/>

<http://www.ospmag.com/issue/article/vdsl2-turning-copper-gold>

2 HUIDIG NETWERK EN BREEDBANDINTERNET

Dit hoofdstuk gaat over het huidige Telesur kabelnet en de diensten die daarop geleverd worden aan de klanten. De diensten die Telesur op de koperkabel aanbiedt aan de klanten zijn telefonie en internet (ADSL). In paragraaf 2.1 wordt de kabeltheorie behandeld. Paragrafen 2.2 en 2.3 gaan over de internettechnieken ADSL en VDSL. 2.4 gaat over de splitters.

Bronnen: http://www.tkf.nl/producten_portal/producten/printArtikel.asp?HoofdstukNr=4357&boom=2510%7C3063%7C3064%7C3096%7C3097%7C4357&ArtNr=13012&Language=DutchParagraaf

http://www.tkf.nl/brochures/montagedraad_etc.pdf

http://en.wikipedia.org/wiki/Asymmetric_digital_subscriber_line

<http://nl.wikipedia.org/wiki/VDSL>

<http://nl.wikipedia.org/wiki/DSL-Splitter>

2.1 Kabeltheorie

Het kabelnetwerk werd oorspronkelijk gebruikt voor telefonie, waarna men over is gestapt op het gebruik van een draadloos netwerk. Alvorens in te gaan op het onderzoek is het van belang om te weten welke bundel kabels Telesur gebruikt voor zijn netwerk. Het kabelnet van Telesur waarop de diensten worden aangeboden bestaat voornamelijk uit koper. Voor de ondergrondse kabel gebruikt men de ster- groep, zo genoemd omdat de aders in zo een kabel in zones liggen. In de zones zitten de aders telkens in groepen van vier (4) met de volgende kleuren: rood, blauw, oranje en wit. Rood en blauw vormen een aderpaar en oranje en wit vormen het tweede aderpaar. Voor het bovengrondse kabelnet wordt gebruikgemaakt van de Braziliaanse kabel die in bundels van 25 aderparen zit. De Braziliaanse kabel wordt gebruikt in het secundaire kabelnet, dat wil zeggen het kabelnet vanuit de KVK'S (klantenverdeelkast) naar de klant. Het ondergrondse kabelnet wordt gebruikt voor het primaire kabelnet en wel vanuit de centrale naar de KVK'S. Het onderzoek en de daarbij behorende meting zijn gedaan vanuit de KVK naar de centrale toe. Er wordt gebruikgemaakt van verschillende typen kabels. Van de twee typen kabels die voornamelijk gemeten zijn wordt hieronder een beschrijving gegeven.

GPEW-kabel (Gepantserde PolyEtheen kabel langs waterdicht

De langswaterdichtheid wordt bewerkstelligd door waterstoppen:

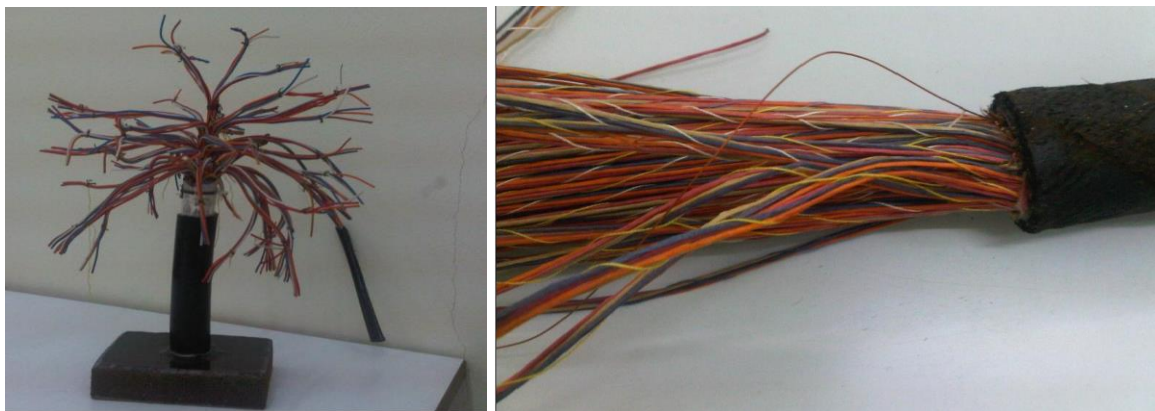
1. in de kabelziel (de primaire waterstop)
2. tussen de PE - binnenmantel en de PE/Al – mantel (de secundaire waterstop)

De afstand tussen twee waterstoppen is:

- in de 1×4 kabel: 50 cm
- in de overige kabels: 200 cm

De plaats van de stop in de kabelziel (aantal groepen per kern/laag) zal in de meeste gevallen niet samenvallen met de plaats van de stop tussen PE binnenmantel en de PE/Al-mantel. De lengte van de waterstop in de kabelziel bedraagt ten hoogste 25 cm. De lengte van de stop tussen de PE-binnenmantel en de PE/Al-mantel bedraagt enige centimeters.

Het materiaal waarvan deze stop is vervaardigd bezit grote kleefkracht. Deze kleefkracht is er de oorzaak van dat beide mantels en de zich daartussen bevindende aarddraden aan elkaar verkleefd zijn. Daarom dient bij het verwijderen van de PE/Al-mantel voorzichtig te worden gewerkt opdat de aarddraden niet afbreken. Het materiaal waarvan de waterstop in de kabelziel is vervaardigd laat zich zonder veel moeite door wrijven verwijderen. Er is een foto links van figuur 1 waar de GPEW- kabel te zien is.



Figuur 1 .GPEW- kabel (links) en zij aanzicht GPLK- kabel (rechts)

GPLK-kabel (Gepantserde papierloodkabel)

De GPLK-kabel is te zien in figuur 1 en wel de rechterfoto. Elke geleider in de kabelziel is een massieve gladde cilindrische draad van zacht koper. De middellijn van de geleiders van de kabel is 0.5 mm. Elke geleider is met een papieren koordje omwonden en daarna omwikkeld met één laag papier. Hierdoor ontstaat een luchtruimte tussen de geleider en het papier. Het papier om de geleider is per ster-groep gekenmerkt, namelijk met roodgekleurd papier, blauwgekleurd papier, ongekleurd (naturel) en oranjegekleurd papier. Om de kabelziel is een loodmantel aangebracht. Deze loodmantel zorgt voor een water- en luchtdichte afsluiting.

De loodmantel doet tevens dienst als aardgeleiding en voorkomt beïnvloeding door elektromagnetische velden. Om de loodmantel zijn twee lagen papier aangebracht, daarna een laag jute of

nogmaals papierlagen. Over de lagen papier en het jute is een laag asfalt aangebracht. Vervolgens één laag staaldraad of twee lagen staalband afhankelijk van het type pantser. Om het staaldraad of staalband is een laag jute gewikkeld, behalve indien het een anticorrosiekabel (AC-kabel) betreft. Bij een AB/AC-kabel (AB = antibrom) is om het staaldraad of de staalband een blauwe PE-mantel aangebracht. Onder de PE-mantel kunnen over het met asfalt bedekte pantser twee lagen ongedrenkte papier- of kunststofband zijn geslagen. In tabel 1 zijn de verschillende capaciteiten telefoonkabels aangegeven en de toepassingen ervan.

Tabel 1. Kabeltypes met verschillende capaciteiten en fabriekslengtes

Type	Capaciteit	Fabriekslengte (m)	Toepassing
GPLK	450×4×0.5	300	PVK
	300×4×0.5	350	"
	225×4×0.5	500	"
	150×4×0.5	500	"
	100×4×0.5	Gemiddeld 1000	SVK
	50×4×0.5	"	"
	30×4×0.5	"	SVK/ AK
	20×4×0.5	"	AK
	15×4×0.5	"	"
	10×4×0.4	"	"
GPEW	100×4×0.5	"	SVK
	50×4×0.5	"	"
	30×4×0.5	"	SVK/ AK
	20×4×0.5	"	AK
	15×4×0.5	"	"
	10×4×0.5	"	"

Zoals eerder aangegeven bestaat een kabel uit zones en elke zone bestaat dan weer uit groepen. Elke groep bestaat uit vier (4) aders, te weten rood, blauw, wit en orange). Elke groep bestaat dus uit twee (2) aderparen waarbij aderpaar 1 rood/blauw is en aderpaar 2 orange/wit.

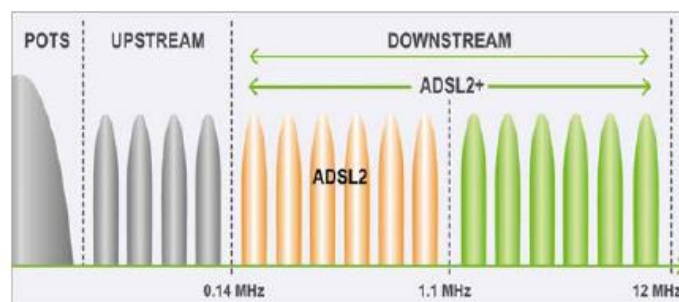
2.2 ADSL

Breedbandinternet neemt over de gehele wereld de markt op het gebied van telecommunicatie over. Digital Subscriber Line (afgekort: DSL, ook bekend als Digital Subscriber Loop) is een van de technieken die gebruikt worden om breedbandinternet aan te bieden aan de klanten, waarvan ADSL een variant is. ADSL is een standaard voor een digitale technologie die snellere datacommunicatie over een telefoonlijn van koperdraad toelaat. Daar de doorvoersnelheid voor gegevens bij de DSL-technologie hoger ligt dan met een conventioneel analogo modem noemen we dit ook wel breedbandinternet. DSL laat toe om een breedbandverbinding tot stand te brengen tussen twee telefoonaansluitingen via het bestaande POTS (Plain Old Telephone Service) telefoonnetwerk.

De afkorting ADSL staat voor Asymmetric Digital Subscriber Line. ADSL is een techniek waarmee het mogelijk is om over de koperen telefoonlijn snelle datatransmissies te laten lopen. Velen denken dat ADSL een opvolger is van ISDN. Dit geldt echter alleen voor het internetverkeer. Via ADSL is namelijk geen standaard telefoonverkeer mogelijk. Om te telefoneren moet men dus nog steeds een analoge of ISDN- telefoonaansluiting gebruiken. Dit gaat weliswaar door dezelfde koperdraad als ADSL, maar werkt op een andere frequentie. ADSL is een variant van de DSL- techniek.

DSL verdeelt de verschillende soorten dataverkeer in frequentiesegmenten: de frequenties op de koperdraad worden verdeeld tussen het telefoonverkeer en het internetverkeer. De telefonie en faxverkeer gebruiken de frequenties van 300 Hz tot 3.5 KHz. DSL maakt gebruik van de frequenties van 30 KHz en hoger.

ADSL maakt gebruik van twee verschillende frequentiegebieden: het upstream verkeer maakt gebruik van 30 KHz tot 138 KHz, terwijl het downstream verkeer gebruikmaakt van 138 KHz tot 1 MHz. Door deze frequentieverdeling is de datadoorvoersnelheid van ADSL dan ook asymmetrisch: downstream (naar de abonnee toe) maximaal 8 Megabit per seconde, upstream (van de abonnee af) aanmerkelijk minder, namelijk maximaal circa 1 Megabit per seconde. Dit is te zien in figuur 2.



Figuur 2. ADSL- spectrum

Zoals hierboven beschreven, heeft ADSL een maximale downstream van 8 Mbps (=1024 KB/sec) en een maximale upstream van 1 Mbps (=128 KB/sec). In de praktijk zullen deze snelheden echter lager uitvallen. De topsnelheid voor de snelste ADSL-abonnementen, is eigenlijk een ideale waarde. In de praktijk varieert de snelheid, afhankelijk van de kwaliteit en lengte van de kabel, tussen de wijkcentrale en de woning. De wijkcentrale wordt ook wel central office genoemd, het stukje tot de woning heet de Local Loop. Vanaf de central office lopen aderpennen naar de woningen in de wijk, waarbij soms tot wel 900 aderpennen zijn samengebracht in één dikke kabel. Dit werkt overspraak in de hand, dat betekent dat de aders elkaars signaal beïnvloeden. De beka-

beling is bovendien oorspronkelijk ontworpen voor spraak, met frequenties van 300 tot 3.400 Hz.

Omdat voor ADSL veel hogere frequenties nodig zijn, tot meer dan 1 Mhz, zal ook de overspraak toenemen. Tevens staan de kabels onder invloed van verschillende externe factoren, zoals ruis door machines, de atmosfeer en radiogolven. Daarom dient de ADSL-techniek met verschillende knelpunten rekening te houden om tot een hoge snelheid te komen.

Enkele van deze knelpunten zijn zoals eerder opgenoemd:

1. De lengte van de koperlijn tussen de DSLAM en de klantlocatie. Hoe groter de lengte, des te kleiner de maximaal te bereiken ADSL-snelheid;
2. De dikte van de gebruikte koperdraden. Hoe dikker de draad, des te groter de maximaal bereikbare ADSL-snelheid;
3. Het aantal 'bridge taps', dat wil zeggen doodlopende lijnaftakkingen. Hoe meer aftakkingen, des te kleiner de maximaal bereikbare ADSL-snelheid;
4. Het aantal andere breedbandverbindingen in dezelfde koperkabel. Hoe meer andere verbindingen, des te kleiner de maximaal bereikbare ADSL-snelheid.

Door de impact van de lengte van de koperlijn tussen de klant en de DSLAM kan aan de hand van een tabel een indicatie gegeven worden van onder andere, de maximaal haalbare downstreamsnelheid. In tabel 2 is aangegeven welke afstanden met de verschillende snelheden gehaald kunnen worden op een koperkabel.

Tabel 2. Afstanden tot telefooncentrale downloadsnelheden

<0,7 km	24 Mb/s
<1,2 km	22 Mb/s
<1,6 km	20 Mb/s
<1,9 km	20 Mb/s
<2,1 km	16 Mb/s
<2,3 km	14 Mb/s
<2,5 km	12 Mb/s
<2,7 km	10 Mb/s
<3,1 km	8 Mb/s
<3,4 km	6 Mb/s
<3,9 km	4 Mb/s
<4,7 km	2 Mb/s
<5,3 km	1 Mb/s

Deze afstanden zijn op basis van 0.5 mm aderdikte. Bij een aderdikte van 0.4 mm wordt de maximale afstand gereduceerd naar 4.6 km. Dit is te zien in tabel 3.

Tabel 3. Snelheden t.o.v aderdiktes en afstanden

Data Rate	Wire Gauge	Distance	Wire Size	Distance
1.5 Or 2 Mbps	24 AWG	18,000 ft	0.5 mm	5.5 km
1.5 Or 2 Mbps	26 AWG	15,000 ft	0.4 mm	4.6 km
6.1 Mbps	24 AWG	12,000 ft	0.5 mm	3.7 km
6.1 Mbps	26 AWG	9,000 ft	0.4 mm	2.7 km

2.3 VDSL

VDSL is een van de opvolgers van ADSL, waarbij een veel hogere download- en uploadsnelheid mogelijk zijn. VDSL is de afkorting van Very-high-bitrate Digital Subscriber Line. Bij VDSL zijn snelheden tot 52 Mbps download en 13 Mbps upload mogelijk of in synchrone modus 26 Mbps.

Klassiek ADSL haalt maximaal 8 Mbps download en 1 Mbps upload. Vergeleken met ADSL en ADSL2+, verschilt VDSL vooral qua upload. De downloadsnelheid verschilt relatief minder, vergeleken met de 8 Mbps van ADSL en de 24 Mbps van ADSL2+. Vooral de peer-to-peer-wereld ziet veel voordelen in dit netwerk. Dankzij de grote upload kunnen meer gegevens verstuurd en zo weer ontvangen worden bij anderen. Ook biedt het voordelen in digitale televisie aangezien hier veel bandbreedte voor vereist is. Grootste nadeel van VDSL is dat de afstand tussen aansluiting en centrale maximaal 1200 meter mag zijn, terwijl die bij ADSL 8 km kan zijn. Om dit probleem op te lossen wordt er een aansluiting met glasvezel naar de wijkverdelers gerealiseerd, waar een VDSL-centrale wordt geplaatst, hetzij door te graven, hetzij door bestaande glasvezels te activeren. Zo wordt de afstand die het signaal over koperkabel moet afleggen aanmerkelijk korter, gemiddeld 400-800 meter. Tevens is dit een grote stap verder richting glasvezelaansluitingen bij huishoudens.

2.4 Splitters

Een DSL-splitter/filter is een analoog laagdoorlaatfilter en wordt in de DSL-technologie gebruikt om het datasignaal te scheiden van het standaard telefoniesignaal (POTS). Zonder deze splitter zou het telefoniesignaal het DSL-signaal kunnen storen.

Een al aanwezige telefoonlijn wordt door de splitter in twee banden gesplitst: een voor de telefoongesprekken en een voor de internetverbinding. De splitter heeft hiervoor ook twee uitgangen: een voor de bestaande telefoonaansluiting (ISDN of POTS) en een voor het DSL-modem. Deze splitter is noodzakelijk om onderlinge interferentie tussen het DSL-modem en de telefoon-toestellen te minimaliseren.

Een standaard splitter moet voor elk apparaat op de telefoonlijn geïnstalleerd worden. Enkel het DSL-modem zelf mag rechtstreeks op de telefoonlijn aangesloten worden omdat dit de andere apparaten niet zal storen. In figuur 3 is een afbeelding van een splitter te zien.



Figuur 3. Splitters

3 TOEKOMSTIG NETWERK

Telesur is van plan om in de toekomst over te stappen op glasvezelnet. De bedoeling is dat er tot aan huis glasvezel wordt aangelegd waarop nog meer diensten aangeboden kunnen worden. Deze diensten zijn de zogenaamde triple play diensten, zoals de telefonie, data en video. Op dit moment worden glasvezel kabels alleen gebruikt tussen telefooncentrales. In paragraaf 3.1 wordt daarom de glasvezel belicht. Paragraaf 3.2 gaat over fiber to the x. Dat zijn technieken die toegepast worden met glasvezels. In paragraaf 3.3 is het ROP belicht, omdat dit ook een techniek is die toegepast kan worden om de klant een betere internetverbinding te geven. VDSL2 is een techniek die zowel op koper als glas geleverd wordt en een hogere bandbreedte biedt. Die wordt beschreven in paragraaf 3.4. In paragraaf 3.5 zien we wat de internationale trend is, met betrekking tot breedbandinternet.

Bronnen: <http://www.ospmag.com/issue/article/vdsl2-turning-copper-gold>

http://en.wikipedia.org/wiki/Passive_optical_network

http://en.wikipedia.org/wiki/Fiber_to_the_x

3.1 Glasvezel

Glasvezel, ook *fibres* (Brits Engels) of *fiber* (Amerikaans Engels) genoemd, is een haardunne vezel van glas. Glasvezel wordt onder meer toegepast als optische vezel in telecommunicatie, waarbij licht wordt gestuurd door lange vezels van optisch zeer helder glas om signalen betrouwbaar over grote afstanden te transporteren. Doordat het licht in de glasvezel een bijzonder kleine hoek met de buitenkant van de vezel maakt, is reflectie gegarandeerd en blijft het licht in de vezel door interne reflectie.

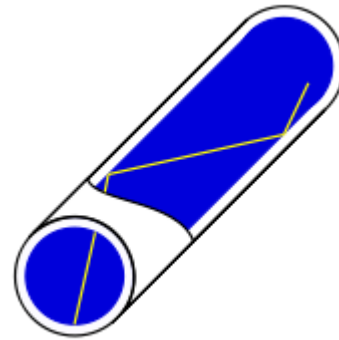
Voor deze toepassing moet de vezel aan zeer specifieke eisen voldoen. In figuur 4 is links een bundel glasvezels en rechts is te zien hoe de lichtstraal in een glasvezel voortbeweegt.

Enkele eigenschappen van de glasvezel zijn:

- Glasvezels zijn slechte warmte- en elektriciteitsgeleiders.
- De treksterktes zijn echter zeer hoog, zelfs hoger dan van de kunststofvezels zoals nylon en polypropreen.
- Glasvezels zijn onbrandbaar en de treksterkte blijft behouden tot ruim 300 °C, hoe hoger de temperaturen hoe sneller de sterkte achteruit gaat.
- In water lopen de vezels door het zeer grote oppervlak in de loop der tijd uit.
- Normaal is glas erg broos, maar wanneer het gesmolten is en er dunne draden van getrokken worden (zoals glasvezel) dan is het sterk en buigzaam.

Voor datatransport zijn de volgende eigenschappen van belang:

- Er kan geen vermogen getransporteerd worden.
- Korte bochten zijn uit den boze.
- Volledig ongevoelig voor storing van buitenaf (interferentie) zoals door radiofrequente elektromagnetische velden.
- Niet af te luisteren met elektromagnetische middelen.

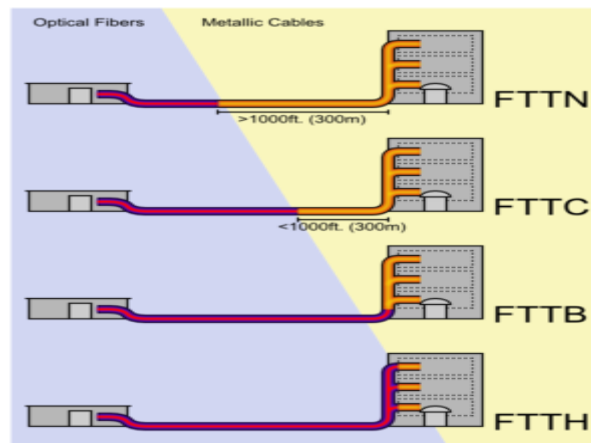


Figuur 4. Glasvezels (links) en lichtstraal in een glasvezel (rechts)

3.2 Fiber to the x

Fiber to the x (FTTX) is een generieke term voor een breedbandnetwerkkarchitectuur met glasvezel. De glasvezel kan in verschillende delen van het kabelnetwerk geïmplementeerd worden. Het kan zijn van de centrales uit naar de kast of zelf tot aan huis. De term is een generalisatie voor verschillende configuraties van de inzetvezels, variërend van FTTN (fiber to the wijk) naar FTTH (fiber to the desktop). In subparagraaf 3.2.1 wordt de AON behandeld en in 3.2.2 wordt de PON behandeld. Deze technieken komen voor bij de shared fiber. De shared fiber is een toepassing van fiber to the home ofwel glasvezel tot aan huis.

Figuur 5 is een schematische illustratie van hoe FTTX- platforms variëren - met betrekking tot de afstand tussen de optische vezel en de eindgebruiker. Het gebouw links is het centrale kantoor, het gebouw rechts is een van de gebouwen die door het centrale kantoor worden bediend of waar de klanten zich bevinden. Gestippelde rechthoeken geven een aparte woon- of kantoorruimte in hetzelfde gebouw weer.



Figuur 5. Fttx-schema

Definities

FTTB, FTTC, FTTD, FTTH, FTTK, FTTN

De telecommunicatie-industrie maakt een onderscheid tussen een aantal verschillende FTTX-configuraties. De meest wijdverbreide begrippen zijn:

- **FTTN / FTTLA** (*fibre-to-the-node-wijk, of-last-amplifier*): Fiber gaat hier tot de straatkast (KVK), met koper tot de huisaansluitingen.
- **FTTC / FTTK** (*fiber-to-the-curb/kerb, -kast of-kast*): Dit is zeer vergelijkbaar met FTTN, maar de straat kast of paal is dichterbij de gebruiker, meestal binnen 1.000 voet (300 m).
- **FTTP** (*fibre-to-the- premises*): Deze term wordt ook gebruikt als een algemene term voor zowel FTTH en FTTB, of waar het glasvezelnetwerk zowel woningen als kleine bedrijven omvat.
 - **FTTB** (*fibre-to-the-building, -business, of-kelder*): Fiber bereikt de grens van het gebouw.
 - **FTTH** (*fibre-to-the-home*): Fiber bereikt de grens van de leefruimte, zoals een doos op de buitenmuur van een huis.
- **FTTD** (*fibre-to-the-desktop*): Fiberverbinding wordt geïnstalleerd tot aan de hoofdcomputer of een terminalruimte.
- **FTTE / FTTZ** (*fibre-to-the-telecom-behuizing of fiber-to-the-zone*) is een vorm van gestructureerde bekabeling doorgaans gebruikt in lokale netwerken, waar de vezel wordt gebruikt om de belangrijkste computerapparatuur te koppelen.

De snelheid van glasvezel en koperkabels is beperkt door de lengte, maar koper is veel sterker beperkt in dit opzicht. Bijvoorbeeld, de voorkomende vorm van gigabit ethernet (1 Gbit / s) loopt over relatief zuinige categorie 5, categorie 6, of aangevulde categorie 6 UTP-koperbekabeling maar slechts tot 300 ft (91 m).

Met glasvezel kunnen data met grote snelheden tientallen mijlen overbrugd worden. Zelfs in de commerciële wereld hebben de meeste computers korte koperen communicatiekabels, meestal

onder de 100 ft (30 m). Het grootste stedelijk netwerk (bv. dat op basis van telefoon-of kabel-tv-diensten) is verscheidene mijlen lang, binnen het bereik waar glasvezel beduidend beter presteert dan koper. Het vervangen van minstens een deel van deze links met fiber verkort de resterende kopersegmenten en stelt hen in staat om veel sneller te lopen. Vezelconfiguraties die vezels direct in het gebouw brengen, kunnen de hoogste snelheden bieden, omdat de resterende segmenten gebruik kunnen maken van standaard ethernet- of coaxkabel. Vezelconfiguraties die overgaan naar koper in een straatkast zijn over het algemeen te ver van de gebruikers voor standaard ethernet configuraties via bestaande koperen kabels. Zij gebruiken over het algemeen zeer hoge bitrate Digital Subscriber Line (VDSL) in downstream tarieven van meer dan 20Mbit / s. Van glasvezel wordt vaak gezegd dat die "toekomstbestendig" is, maar de datasnelheid van de verbinding wordt doorgaans beperkt door de eindapparatuur in plaats van de vezel. Wil men snelheidsverbeteringen dan moet de randapparatuur aangepast worden, want een glasvezel aanbrengen zorgt niet voor snelheidsverbetering. Afhankelijk van het doeleinde waarvoor glasvezel gebruikt zal worden zijn type en de lengte van de vezel van belang, bijvoorbeeld, multimode of single-mode.

Glasvezel kunnen we onderverdelen in twee optische distributienetwerken, namelijk:

1. Direct fiber

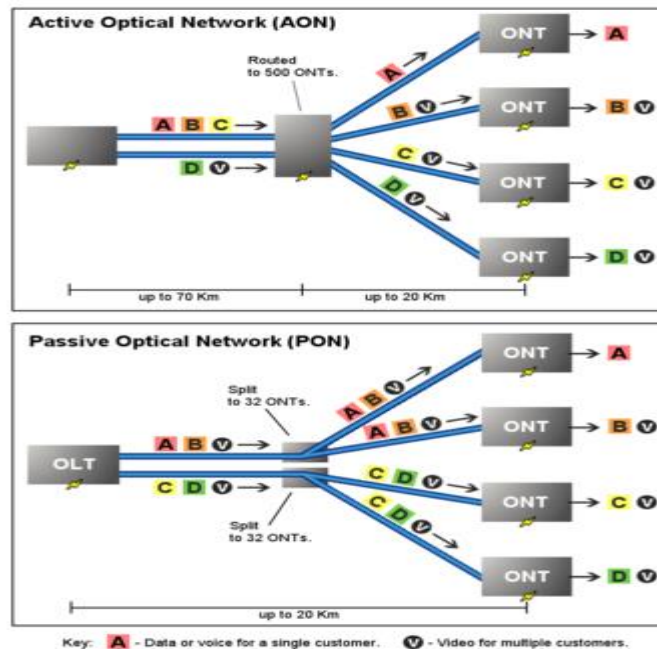
De simpelste optische distributienetwerkarchitectuur is direct fiber: elke vezel gaat van het centrale kantoor direct naar een klant. Dergelijke netwerken kunnen een uitstekende bandbreedte bieden, maar zijn ongeveer 10% duurder.

2. Shared fiber

In het algemeen wordt elke vezel bij het verlaten van het centrale kantoor daadwerkelijk door vele klanten gedeeld. Hier wordt een vezel door middel van een splitter verdeeld in verschillende aantallen van 24 tot 132 klanten. De AONs en PONs zijn technieken die gebruikt worden om een glasvezel te splitsen.

3.2.1 Actief optisch netwerk

AON is een ster-netwerk dat gebruikt wordt voor multicasting. Downstream verkeer geschiedt anders dan bij een typische PON, (een ster-netwerk met meerdere splitters gehuisvest in hetzelfde kabinet) (zie figuur 6). AONs zijn afhankelijk van elektrisch aangedreven netwerkapparatuur om het signaal te distribueren. Om het signaal te distribueren wordt een switch of router gebruikt. Normaal gesproken vindt de transformatie van de signalen plaats in de AON. Elk signaal, dat het centrale kantoor verlaten heeft, is alleen gericht op de klant voor wie het is bedoeld.



Figuur 6. Schema AON-PON

3.2.2 Passief optisch netwerk

Een passief optisch netwerk (PON) is een point-to-multipoint FTTP netwerkkarchitectuur waarin unpowered optische splitters worden gebruikt om een optische vezel te verdelen in een onbepaald aantal klanten (tussen 24 -128), waarbij er minder centrale apparatuur nodig is, vergeleken met point-to-point architectuur. Bij een PON wordt 1 vezel gebruikt om het downstream signaal te verdelen onder een aantal klanten. Het verdelen van de signalen aan verschillende klanten vindt plaats door middel van een passieve splitter. Figuur 6 is een schematische weergave van een AON en een PON. Encryptie wordt gebruikt om af luisteren te voorkomen. Upstream signalen worden gecombineerd met behulp van een multiple-access protocol, meestal time division multiple access (TDMA). De optische netwerkterminal (ONT, een ITU-T termijn) of (ONU een identieke IEEE term) converteert het optische signaal in een elektrisch signaal met behulp van dunne filmfiltertechnologie.

De ONU- en de ONT- units vereisen elektrische energie om te werken, waardoor sommige providers de units aansluiten op batterijen, in geval van stroomuitval, backups naar hulpdiensten om hierdoor de toegang tot telecommunicatie te verzekeren.

Voor FTTH en voor sommige vormen van FTTB, is het gebruikelijk dat de bestaande telefoon-systemen van het gebouw, lokale netwerken, en kabel-tv- systemen worden gebruikt. Indien niet alle drie systemen (telefoon, internet, kabel-tv) rechtstreeks op het apparaat te bereiken zijn, is het mogelijk om signalen te combineren en te transporteren over een gemeenschappelijk medium. Eenmaal dicht bij de eindgebruiker of apparatuur zoals een router, modem of netwerk interface controller kunnen de signalen gescheiden en omgezet worden in het juiste protocol. Met

VDSL bijvoorbeeld, beweegt het gecombineerde signaal zich voort door het gebouw via bestaande telefoonkabels totdat het bij de eindgebruiker aankomt. Een VDSL- modem converteert data en video in ethernet-protocol. Een netwerkinterface module converteert videosignaal naar radiofrequentie die via coaxkabel verzonden wordt naar de eindgebruiker. Het gecombineerde signaal kan zich voortbewegen via de telefoonbedrading door DSL-splitters op de video en kan datasignalen van het spraaksignaal verdelen over een coaxiale kabel, of over VOIP -telefoons die direct aangesloten kunnen worden op het lokale netwerk.

3.3 Remote optical platform

Een Remote Optical Platform (ROP) is een straatkast die aangesloten is op een glasvezelnetwerk. In tegenstelling tot koper heeft glasvezel een haast onbeperkte bandbreedte. Een ROP wordt aangesloten op meerdere huizen, meestal in dezelfde straat, om zo tele-en datacommunicatie te voorzien (in figuur 7 links staat een kabelverdeelkast en rechts een ROP).

Om dit te realiseren moet naast de bestaande kabelverdeler een nieuwe, qua vorm gelijkaardige verdeelkast opgesteld worden, een zogenaamde ROP. De twee kabelverdelers worden met elkaar verbonden. In tegenstelling tot de bestaande kabelverdeler bevat een ROP ook een actieve uitrusting (mini DSLAM), die kan gebruikt worden om VDSL en VDSL2 (opvolgers van ADSL) aan te bieden. Doordat ROP's vrij dicht bij elkaar staan kan de afstand tussen de ROP en de huizen relatief klein gehouden worden. De verzwakking van het signaal treedt nu pas op vanaf de ROP in plaats van de telefooncentrale. Door de kortere afstanden kunnen hogere datasnelheden gehaald worden. Vanuit een ROP is het maar een kleine stap meer om later fiber te leggen rechtstreeks naar de huizen. Een ROP wordt onder andere gebruikt om VDSL en VDSL2 te verdelen. In figuur 7 is links een KVK te zien en rechts een ROP.



Figuur 7. Kabelverdeelkast (links) en een ROP (rechts)

3.4 VDSL2

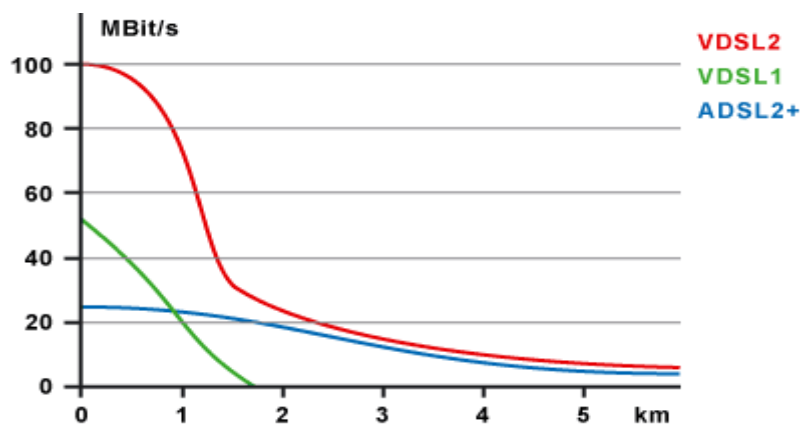
VDSL2 (Very High Speed Digital Subscriber Line 2) is een technologie die gebruikmaakt van het bestaande kopernetwerk, dat origineel bedoeld was voor POTS-doeleinden. VDSL2 is de nieuwste en meest geavanceerde standaard van de DSL-breedbanddiensten. Het is ontworpen om de volledige ontplooiing van Triple Play-diensten te ondersteunen zoals spraak, data en hdtv. Het is belangrijk dat het VDSL2- signaal afgetakt wordt op het eerste aansluitpunt waar de telefoonkabel binnenkomt. Op die plaats wordt ook een full-rate splitter geplaatst die het VDSL2- signaal scheidt van het POTS -signaal. Het VDSL2 kan aangeboden worden vanuit een centrale (LEX) of vanuit een wijkkast (ROP), die dicht bij een woonzone staat. Dit principe wordt ook wel Fiber to the curb genoemd. In subparagraaf 3.4.1 VDSL2 Vectoring en 3.4.2 VDSL2 Bonding wordt hierop nader ingegaan. De VDSL2- vectoring en -bonding kunnen ervoor zorgen dat op een kopernetwerk hogere snelheden gehaald worden.

Snelheid

ITU-T G.993.2 (VDSL2) is een verbetering t.o.v. G.993.1 (VDSL) die zowel symmetrische (Full-Duplex) als asymmetrische doorvoersnelheden toelaat tot (som van upload en download) 200 Mbit/s, daarbij gebruikmakende van een bandbreedte tot 30 MHz.

VDSL2- snelheid neemt theoretisch zeer snel af van een maximum van 250 Mbit/s bij de 'bron' tot 100 Mbit/s tot op een afstand 0,5 km en 50 Mbit/s tot op 1 km, maar daarna neemt het veel trager af . Vandaar dat VDSL2 dan nog steeds veel beter is dan VDSL. Beginnende vanaf 1,6 km is de prestatie gelijk aan die van ADSL2+. Doordat VDSL2 zowel via de centrale als via straatkasten verdeeld wordt naar de eindgebruiker, wordt de theoretisch maximale snelheid veel meer gehaald, dit in tegenstelling tot ADSL en ADSL2.

Doordat ook gebruikgemaakt wordt van wijkkasten, en niet enkel van centrales, zoals bij ADSL en ADSL2+ het geval is, is de afstand tot de DSLAM veel korter waardoor veel hogere snelheden mogelijk zijn. In figuur 8 zijn de snelheden van verschillende DSL technieken grafisch weergegeven t.o.v. de afstand.



Figuur 8. DSL-snelheden en afstanden

3.4.1 VDSL2 Vectoring

VDSL2 Vectoring is een uitbreiding van VDSL2, die de ongewenste overspraak tussen aangrenzende abonneeregels moet verminderen. Daarom is de transfer rate, vooral in afgeschermdes kabelbundels met een normaal telefoonnetwerk en vele VDSL- deelnemers deels aanzienlijk toegenomen. De methode is de gestandaardiseerde ITU-T onder de naam G.993.5.

De beperkende factoren met betrekking tot de beschikbare transmissiesnelheid van de gegevensoverdracht zijn de lijnverzwakking en overspraak.

Dat de demping primair wordt gegeven door de lijnlengte en de overspraak is afhankelijk van signalen van aangrenzende lijnen die elkaar beïnvloeden. De onderlinge overspraak komt voor doordat enkele honderden, zelfs duizenden abonnees aangesloten zijn op een kabelbundel.

De individuele abonneelijnen in de hoofdleidingen worden gewoonlijk afzonderlijk gebruikt voor verschillende doeleinden door verschillende access providers. Voorbeelden zijn datatoegang via ADSL, VDSL of voice diensten zoals ISDN of POTS. Met VDSL2 Vectoring in de DSLAM en het modem van de klant wordt door middel van een speciaal kanaal codering de wederzijdse beïnvloeding van de aangrenzende transmissielijnen verkleind. Daarom is het technisch noodzakelijk dat de DSLAM volledige controle heeft over alle individuele lijnen in een draadboom, zodat een onderlinge compensatie kan plaatsvinden. De DSLAM waarvan op elk tijdstip bekend is, welk signaal aanwezig is op genoemde lijn kan een wederzijdse beïnvloeding van ruisverminderen.

Met VDSL2 Vectoring kan onderlinge overspraak in de uplink en de downlink worden gecompenseerd. De methode ter compensatie van de overspraak van het kabeluiteinde wordt in het Engels de technische term far-end crosstalk oftewel FEXT genoemd. In dit geval verandert de DSLAM het downlink zendsignaal in kanaalcodering, waardoor de stroomdata bij de eindge-

bruiker van de kabel de laagst mogelijke interferentie ondervinden van andere signaallijnen. De methode is analoog aan de vergoeding van het Uplink VDSL2 modem naar de DSLAM.

Aangezien de overspraak afhankelijk is van fysieke effecten van de lijn, zoals de capacatieve koppeling en in principe niet kan worden vermeden, wordt de verwachte fout geschat vanuit de zender. Om de variabele en onderling verschillende graden van verstoring van een bepaalde lijn te schatten is de kanaalinformatie van de aangrenzende lijnen bij de DSLAM vereist.

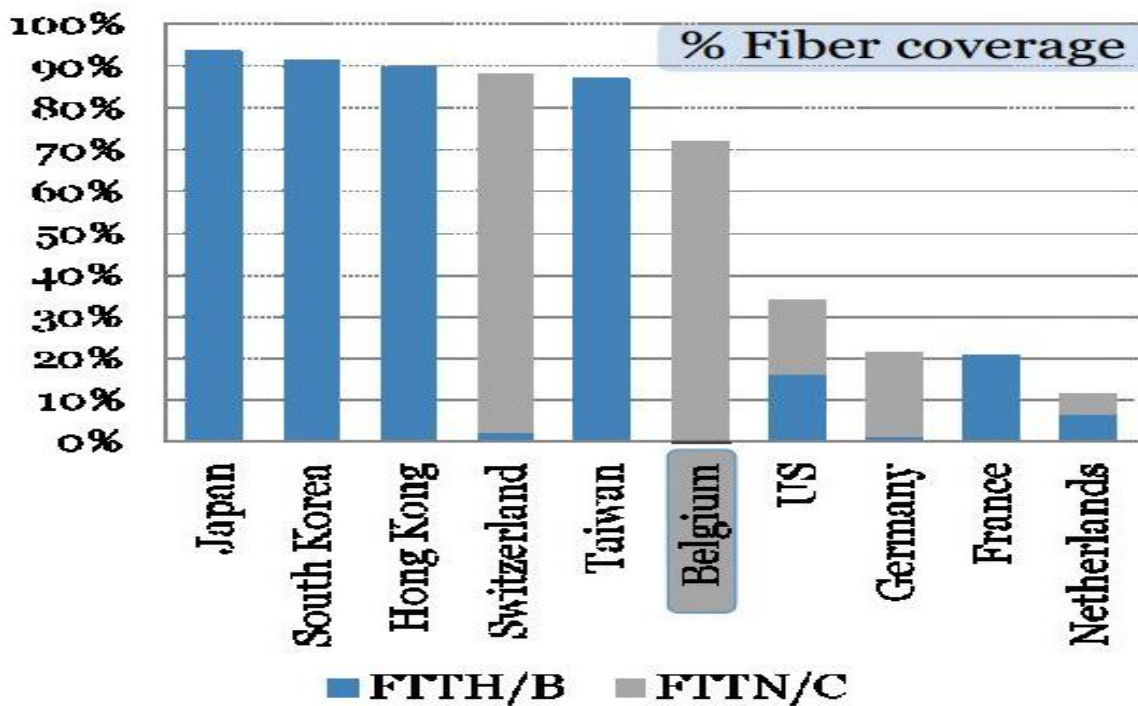
3.4.2 VDSL2 Bonding

Door middel van binding aan de koperen lussen kunnen verdere impulsen van de bandbreedte aan de abonnee worden gegeven: in de praktijk, worden er meerdere aderparen gecombineerd om de beschikbare capaciteit en het bereik van het kopernetwerk uit te breiden.

VDSL2 bonding combineert typisch twee standaard VDSL2 lijnen in een enkele, virtuele "grote pijp", waarmee operators de bitrate voor bestaande abonnees (want je gebruikt twee aderparen) verdubbelen. Dit alternatief biedt de mogelijkheid om dezelfde bitrates over langere afstanden te leveren (voor abonnees die voorheen buiten het bereik waren, waardoor ook het verminderen van het aantal die moeten worden gebouwd om een bepaald gebied te dekken).

3.5 Internationale trends

In deze paragraaf worden enkele landen belicht die de VDSL2 vectoring en bonding toepassen. Verder is er een tabel verwerkt, waarin de landen te zien zijn die de FFTH toepassen. Een aantal landen in Europa kiezen eerder voor de VDSL2 vectoring en bonding. De landen België en Nederland worden belicht. In figuur 9 is te zien hoe de trend met betrekking tot glasvezel (fiber) zich in de wereld voortzet.



Source: IDATE – Nov. 2009, Belgacom analysis

Figuur 9. Fiber bezetting in de wereld

België

In België wordt VDSL2 aangeboden en gebruikt door Belgacom en andere providers die gebruikmaken van het netwerk van Belgacom via wholesale. Het is de enige provider in België die de technologie aanbiedt. Origineel werd het netwerk gebruikt voor het aanbieden van hdtv voor de dienst Belgacom TV, maar nu wordt het ook gebruikt voor het aanbieden van hogesnelheidsinternet. In België gebruikt 85% van de bevolking VDSL2 van Belgacom. Tegen eind 2014 wil Belgacom tot 90% van de bevolking VDSL2 aanbieden.

Belgacom legt glasvezel aan vanuit de centrales naar de wijkkasten waardoor de lengte van het koperpaar vanaf het aansluitpunt thuis tot het eerste glasvezelknooppunt veel korter wordt.

Belgacom maakt gebruik van de apparatuur geleverd door Alcatel-Lucent.

- Belgacom biedt VDSL2 aan in combinatie met Belgacom TV maar ook op een internetverbinding zonder televisiedienst. De maximale download- en uploadsnelheid voor particulieren is respectievelijk 50 Mbit/s en 6 Mbit/s.

Voor de bedrijven zijn de snelheden beperkt tot respectievelijk 50 en 6 Mbit/s. Sinds kort experimenteert Belgacom ook met snelheden tot 70 Mbit/s (download) en 6 Mbit/s (upload). Op termijn zal Belgacom ook vectoring gaan toepassen, waardoor snelheden nog verder verhoogd worden.

- Dommel biedt ook VDSL2 aan sinds eind mei 2009. De maximale snelheden zijn gelijk aan die van Belgacom.

- Scarlet, dochteronderneming van Belgacom, biedt VDSL2 aan met theoretische maximumsnelheden van 50 Mbps download en 4 Mbps upload.
- EDPnet biedt de technologie aan sinds 5 november 2009. Vanaf 20 maart 2012 verhoogt de provider de snelheden van zijn abonnementen naar 50 Mbps in downloadsnelheid, en 6 Mbps in uploadsnelheid. Het aanbod is er ook voor de zakelijke markt.

Belangrijk in het verhaal is dat de afstand tussen de eindklant en de zogeheten ROP ('remote optical platform') onder de 700 meter blijft: dat is het enige stuk van het netwerk waarin nog koper gebruikt wordt. "Belgacom heeft al meer dan 20.000 ROP's aangelegd waarbij de afstand typisch een paar honderd meter bedraagt. In totaal heeft Belgacom al meer dan 16.000 kilometer optische vezel in het lokale netwerk. Dat is exclusief de backhaul.

Met deze innovatie verlengt Belgacom opnieuw de levensduur van het koperpaar. Maar is het dan niet beter om meteen te investeren om glasvezel tot in de woning te krijgen? De zogenaamde fibre to the home of FTTH. "Als je kijkt naar de FTTH rollout, dan is dat niet enkel het leggen van glasvezel in de straat, maar zijn het vaak ook de kosten om die glasvezel tot in het huis te brengen waardoor je misschien een oprit moet openbreken. Daarnaast vraagt zo een aanleg meer tijd. Waar Belgacom via upgrades (tot) aan zijn straatcabines relatief snel de netwerksnelheid kan optrekken voor grote delen van de bevolking, moet een FTTH-provider die glasvezelkabel bij elk huis gaan binnenbrengen. Kort samengevat: te duur, te complex en een te trage aanleg. Volgens Belgacom zijn andere Europese DSL-providers daarom intussen teruggekomen van hun FTTH-plannen. Ze slagen er enkel in een klein percentage een zeer hoge snelheid te geven, terwijl Belgacom zo snel mogelijk een groot deel van zijn klanten snel VDSL2 kan aanbieden.

Nederland

KPN blijft investeren in zijn bestaande kopernetwerk. Hierdoor kunnen steeds meer Nederlanders genieten van nog snellere internetverbindingen en diensten als Interactieve Televisie. Zo zijn bijvoorbeeld op dit moment alle wijkcentrales aangepast om klanten hogere breedbandsnelheden via VDSL te geven. Ook worden zogenoemde buitenringen ingezet. Deze buitenringen brengen als het ware de wijkcentrale dichterbij de klanten. Door de straatkasten aan te sluiten op glasvezel in plaats van koper, wordt de koperen infrastructuur die naar de klant leidt verkort en gaan de snelheden omhoog. Het blijft echter niet bij het verkorten van de koperen infrastructuur naar de klanten. KPN hanteert technologieën als pairbonding, het gebruiken van het ongebruikte koperen aderpaar dat in vrijwel alle woningen aanwezig is, en 'VDSL-vectoring', die het koper nog sneller moeten maken. VDSL-vectoring neemt de interferentie of 'ruis' op de korte afstand van de VDSL-koperverbindingen weg.

Deze ruis ontstaat doordat er in straatkasten veel VDSL-koperverbindingen in een kabel naast elkaar liggen en zo elkaar ‘storen’. Zonder ruis is er op de VDSL-lijn meer ruimte voor de VDSL-signalen en neemt de snelheid toe. Door dit in duizenden Nederlandse straatkasten te doen, kan KPN op korte afstand, waar de ruis het sterkst is, breedbanddiensten via koper aan de klanten aanbieden met een snelheid tot 80 Mbps en wordt het marktgebied voor snelheden tot 50 Mbps verder uitgebreid. In de komende kwartalen wordt nog meer snelheid mogelijk. KPN doet op dit moment een testproject met vectoring in tien VDSL-buitenringlocaties in noordoost-, zuidwest- en zuidoost-Nederland. Per 1 september breidt KPN dit testproject uit met 23 nieuwe locaties in andere delen van Nederland. In oktober van dit jaar wordt een test gestart met al langer openstaande buitenringen. Hiervoor worden ook alle andere providers die het KPN-kopernetwerk gebruiken uitgenodigd. KPN streeft ernaar om per 1 november alle nieuwe opgeleverde straatkasten direct van vectoring te voorzien. Met vectoring loopt KPN voorop in West-Europa met het moderniseren van bestaande koperen netwerken. Veel Europese collega’s starten pas met vectoring aan het eind van dit jaar of in de loop van 2014. Voor KPN blijft het echter hier niet bij. Vanaf volgend jaar wil KPN de vectoring met pairbonding combineren. Met deze combinatie kan de snelheid vanaf de buitenringen zelfs tot maar liefst 200 Mbps oplopen. Zo doet KPN er alles aan om de klanten nu en in de toekomst het beste netwerk te bieden.

- Tele2 is de eerste provider in Nederland die VDSL2 commercieel aanbiedt. Het heeft een bereik van 200.000 huishoudens in de grote en middelgrote steden van het land. Tegen het einde van 2010 wilde het bedrijf 1 miljoen huishoudens bereiken. VDSL2 is zowel apart als in een pakketvorm beschikbaar. De downloadsnelheid is beperkt tot 60 Mbit/s terwijl de uploadsnelheid beperkt is tot 6 Mbit/s.
- KPN, de historische Nederlandse operator, startte in april 2010 met het leveren van internetdiensten via VDSL2. Die levert een maximale downloadsnelheid van 40 Mbit/s en uploadsnelheid van 3 Mbit/s. Sinds begin april levert hij ook Hdtv via het netwerk.
- XS4ALL is op 27 juli 2010 gestart met het aanbieden van VDSL2, een televisiepakket volgde op 2 maart 2011.

Andere landen waar de VDSL2 wordt toegepast zijn:

Europa: Oostenrijk, België, Tjechie, Cyprus, Denemarken, Estland, Finland, Frankrijk, Duitsland, Gibraltar, Griekenland, Groenland, Hongarije, Ysland, Italië, Ierland, Luxemburg, Nederland, Noorwegen, Polen, Portugal, Roemenie, Servie, Slowakije, Slovenie, Spanje, Zweden, Zwitserland, Turkije, Verenigd Koninkrijk.

Azie: Bahrein, Hong Kong, Indie, Israël, Macau, Maleisie, Pakistan, Saoedi Arabië, Singapore, Taiwan, Thailand.

Noord - Amerika: Canada, Mexico en Verenigde Staten.

Centraal - Amerika: Dominicaanse Republiek.

Zuid – Amerika: Argentinië, Brazilië en Chili.

Afrika: Zuid – Afrika.

Oceanië: Australië en Nieuw Zeeland.

4 DE 3M DYNATEL 965AMS

Alle metingen en onderzoeken zijn gedaan vanuit een praktische situatie. Voor het verrichten van de meting is er gebruikgemaakt van 3M dynatel 965AMS meter en het daarbij behorende far end device (FED) (figuur 10). Vandaar dat in dit hoofdstuk de meter en de verschillende metingen die uitgevoerd zijn, worden beschreven.



Figuur 10. 3M dynatel 965AMS en de FAR End Device

De meter is ontworpen voor telecommunicatiedoeleinden zoals:

- kabelfoutmetingen,
- lijnmetingen,
- ADSL- kwaliteitsmetingen.

De meter wordt het meest gebruikt voor het meten en localiseren van kabelfouten. Met kabelfouten wordt bedoeld sluitingen, open verbindingen en overspraak. Naast deze opties heeft de meter ook de mogelijkheid om ander soorten metingen uit te voeren, in het bijzonder metingen ten behoeve van ADSL. De meter beschikt over een far end device dat de mogelijkheid biedt om ADSL- metingen nauwkeuriger te verrichten. Een FED wordt aan het ene uiterste van de kabel geplaatst en de meter aan het andere uiteinde. De FED fungeert dan als een DSLAM, waarbij de signalen worden gesimuleerd als te zijn ADSL- signalen. Het is dan vast te stellen of de te testen lijn voldoet aan de eisen om daarop breedbandinternet op te plaatsen.

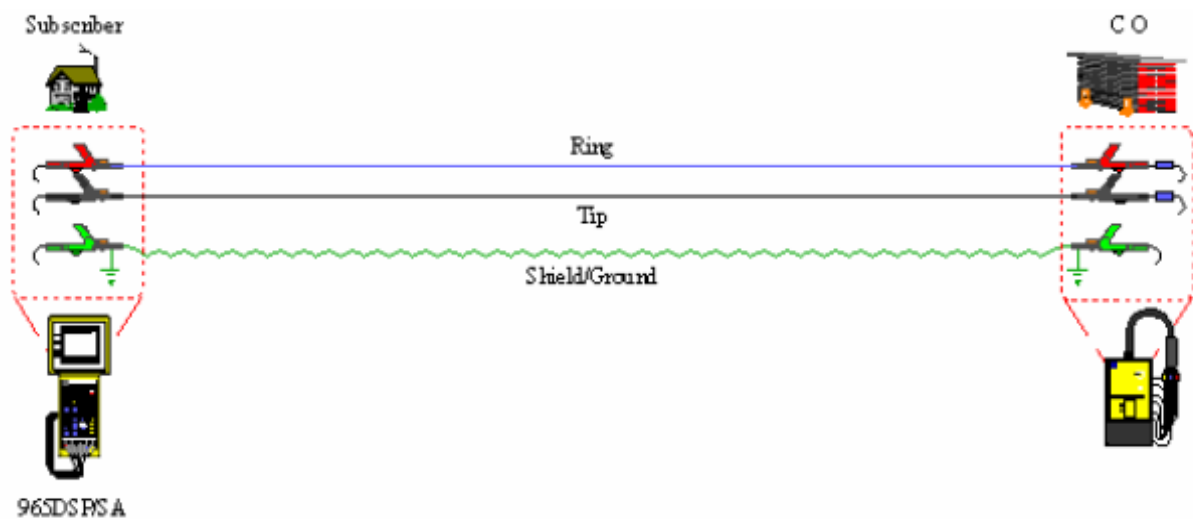
Hoe geschiedt de lijnmeting?

- Bij de meting wordt de 3M Dynatel 965 AMS en de bijbehorende Far End Device (FED) gebruikt. In figuur 11 wordt de meetopstelling aangegeven.
- Bij de meting wordt de meter bij de lasdop van de abonnee geplaatst en de FED op de HVD in de centrale. De lijn moet afgesloten worden (geen kiestoon op de lijn).

Tijdens de meting communiceert de meter met de FED.

Indien nodig doe de meting in twee delen, namelijk:

1. vanuit de centrale tot de KVK kast
2. vanuit d KVK tot naar de abonnee



Figuur 11. Meetopstelling Meter/FED

Voor het onderzoek is gebruikgemaakt van de volgende opties, te weten:

Wideband autotest: hierbij is het verplicht gebruik te maken van de FED. Bij deze test worden alle individuele testen in een keer gedaan, waardoor andere individuele testen overbodig zijn. De resultaten van zo een test zijn te downloaden op de computer en eventueel uit te printen (zie bijlage 3. Uitgeprinte wideband autotestresultaten).

DSL Noise: Meet de longitudinale verliezen en de metalische verliezen.

Longitudinaal: Een aderpaar bestaat uit twee vrije ongeaarde geleiders. Deze test geeft voor het gehele frequentiespectrum een indicatie van de verschilspanning tussen A en B, veroorzaakt door imperfecte balans met betrekking tot de aarde. De meting wordt uitgedrukt in dB. Hoe hoger de dB-waarde, des te beter de balans. Een slechte balans maakt het aderpaar gevoelig voor overspraak. Een waarde van 50 dB is acceptabel. DSL Noise metingen worden vooral gebruikt als er meerdere breedbandverbindingen (ADSL, ISDN, SDSL of HDSL) in een kabelbundel lopen, omdat dan de kans op overspraak het grootst is.

DSL Loss: hiermee worden de verliezen “Loss” voor een bepaalde frequentie op de lijn gemeten. Signalen van hoge frequenties verzwakken meer naarmate de afstand die ze moeten overbruggen groter wordt dan de lage frequenties. De Frequency Response Test meet voor verschillende frequenties de sterkte van het signaal van een testtoon die over de lijn gaat.

Op basis van deze test zien we of het signaalverlies bij bepaalde frequenties te groot is om ADSL te kunnen leveren. Een signaalverlies van 40 dB is acceptabel.

Het apparaat kent enkele specificaties waarmee rekening gehouden dient te worden. Deze zijn weergegeven in tabel 4.

Tabel 4. Specificaties meter

3M™ Dynatel™ Advanced Modular System 965AMS

Electrical Specifications

Functions	Range	Resolution	Accuracy
Loss (and frequency) With 600 Ω Zin	-40 to +10 dBm, 200 to 3,000 Hz	0.1 dB, 1 Hz	±0.5 dB, 2 Hz
	-40 to +10 dBm, 3,000 to 9,995 Hz	0.1 dB, 10 Hz	±0.5 dB, 10 Hz
	-40 to +10 dBm, 10 k to 19.9 kHz	1 dB, 10 Hz	±1 dB, 20 Hz
Noise metallic 600 Ω Zin C Message and Psophometric filters	0 to 50 dBmC (-90 to -40 dBm0p)	1 dB	±2 dB
Noise to ground 600 Ω Zin	40 to 100 dBmC (-50 to 10 dBm0p)	1 dB	±2 dB
Longitudinal balance	0 to 85 dB	1 dB	±2 dB
Dial mode	DTMF, pulse	—	—
Caller ID (U.S. and Canada only)	Date, time, number, name	—	—
Carrier level	-4 to -32 dBm	1 dBm	±2 dBm
TDR			
Length	100 ft, 200 ft, 500 ft, 1,000 ft, 2,000 ft, 5,000 ft, 10,000 ft, 20,000 ft, 30,000 ft (30 m, 60 m, 150 m, 300 m, 600 m, 1.5 km, 3km, 6 km, 10 km)	1 ft. (1 m)	0.3% range Fixed values
Pulse width	5 nS, 34 nS, 235 nS, 1600 nS		
Velocity input	0.50 to 0.99 (75 to 150 m/μs)	—	—
Modes	Single trace, dual trace, differential, memory, crosstalk, peak, memory differential, live differential (optional)	—	—
Wideband specifications (without SA option)			
Wideband loss - 100, 135 Ω Zin	-85 to +5 dBm, 20 kHz to 2.2 MHz	0.1 dB, 100 Hz	±1 dB, 1% Hz
Wideband tone output-100,135 Ω Zout	0 dBm, 20 kHz to 2.2 MHz	1 kHz	±1 dB
SA wideband specifications (with SA option)			
Wideband Loss	-85 to +5 dBm	0.1 dB, 100 Hz	±1 dB, 1% Hz
Wideband Loss 100, 135 Ω Zin	-85 to +5 dBm, 20 kHz to 2.2 MHz	0.1 dB, 100 Hz	±1 dB, 1% Hz
Wideband noise metallic			
100, 135 Ω Zin	E filter 10-90 dBm	1 dB	±2 dBm
E, F, G & G2 filters	F filter 20-90 dBm	1 dB	±2 dBm
	G-2, G filter 30-90 dBm	1 dB	±2 dBm
Wideband spectral analysis			
100, 135 Ω Zin dynamic range	10 kHz to 2.2 MHz -90 dBm to +10 dBm	1% of span	1%
Wideband tone			
Wideband tone output 100, 135 Ω Zout	0 dBm, 20 kHz to 2.2 MHz	1 dB, 1 kHz	+/-1 dB, ±0.1% Hz
Impulse noise counting			
E, F, G & G2 filters Counting interval threshold	1 to 60 minutes 0 to 90 dbm	1 minute 1 dB	±5% ±1 dB

5 HET ONDERZOEK

Voor het onderzoek is gekozen voor een HVD- blok waarop de meeste ADSL- aansluitingen aanwezig waren. Op een HVD- blok kunnen maximaal 100 klanten aangesloten worden. Tijdens het vooronderzoek is er een HVD-blok gevonden met de meeste ADSL-aansluitingen, en wel met 52 aansluitingen. Dit HVD-blok is de reeks tussen 32001 tot 32100 geweest en correspondeert met een aanvoerreeks van 5001 tot 5100 van KVK wst20. De meting is dus gedaan op een bundel van 100 aderpennen waarbij de ADSL- bezetting min of meer 50% bedraagt. De telefoonkabelverdeelkast ligt tussen de rotonde van de Commissaris Weytingweg en Leiding11A, en wel de hoek Commissaris Weytingweg met de Soekadoedoekweg. In figuur 12 is een praktische opstelling te zien bij KVK West 20.



Figuur 12. Testopstelling bij de KVK

Om ADSL aan te bieden op de koperkabel, zijn er enkele factoren waarmee rekening gehouden moet worden. Deze factoren kunnen ertoe leiden, dat de snelheid van de internetverbinding beïnvloed wordt.

Deze factoren zijn onder andere:

1. De lengte van de koperlijn tussen de DSLAM en de klantlocatie;
2. De dikte van de gebruikte koperdraden;
3. Het aantal 'bridge taps', dat wil zeggen doodlopende lijnaftakkingen;
4. Het aantal andere breedbandverbindingen in dezelfde koperkabel.

Vandaar dit onderzoek naar de kwaliteit van de koperkabel en daarbij meegenomen de kwaliteit van de ADSL- verbinding (breedbandinternet).

Technieken die thans gebruikt worden om internet aan te bieden, zijn ADSL en in een mindere

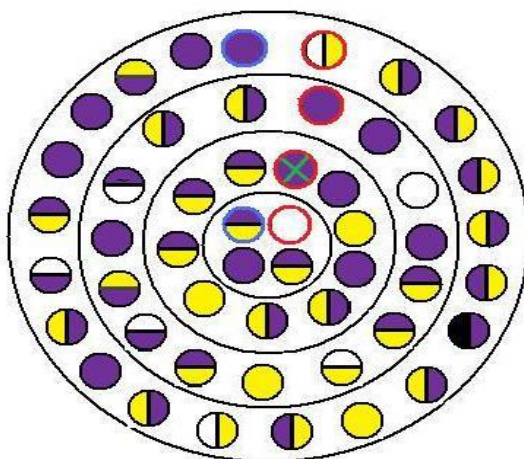
mate de VDSL. Met ADSL is de snelheid waarmee een internetgebruiker gegevens kan ontvangen (*downstream*) groter dan de snelheid waarmee diezelfde gebruiker gegevens kan versturen (*upstream*).

Dit is dan ook de oorsprong van het woord *Asymmetrisch* in de afkorting ADSL. De ADSL-technologie biedt een maximale snelheid van 24Mbps op de koperkabel.

Het onderzoek hield het volgende in:

- Het meten van de koperenkabelkwaliteit bij de kvk en de klanten;
- Het meten van de internetsnelheden bij zowel de centrale, kvk als bij de klant;
- Uit het resultaat concluderen wat de oorzaken zijn waarom klanten niet de juiste snelheid halen;
- Het meten van de afstanden tussen de centrales en de pvk's.

De onderzoeken, metingen en testen zijn gedaan op het kabelnetwerk van Telesur. De reden hiervoor is omdat dit het enige bedrijf is dat gebruikmaakt van een kabelnetwerk naast het aanwezige draadloze netwerk. In figuur 13 is een doorsnede van een 100-aderparige kabel te zien met een daarbij behorende legenda. De centrale van Balona behorende bij verzorgingsgebied West werd tijdens het onderzoek gebruikt. Binnen de centrale bevindt zich de HVD en de DSLAM (fig 14 rechts)(DSL Acces Multiplexer). In de HVD (hoofdverdeler) (fig 14 links) zijn er reeksen die telkens in blokken van honderd aansluitingen ofwel aderparen zitten. Deze HVD-blokken corresponderen op hun beurt met een aanvoerblok in de KVK. Binnen de centrale worden het hoog- en laagfrequente signaal gescheiden. Het laagfrequente signaal vindt zijn weg naar de HVD en het hoogfrequente signaal gaat naar de DSLAM. Het gemoduleerde signaal (de hoogfrequente signalen) worden dan in de DSLAM omgezet in data en verder verstuurd over het ip-netwerk.



Kleur	Omschrijving
Purper	ADSL
Geel	Telefoon
Zwart	ATM machine
Wit	Vrij
X	Gemeten ader

Figuur 13. Doorsnee zonekabel



Figuur 14. HVD (links) en DSLAM (rechts)

De keuze voor een KVK als meetpunt is om de lengte van de kabel constant te hebben, simpel omdat de afstand vanuit de centrale tot de KVK dan niet variabel is. Aangezien de afstand van de kabel al voor enige demping zorgt in de kwaliteit van het breedbandinternet, want hoe langer de kabel hoe groter de demping, is het de bedoeling van dit onderzoek om erachter te komen hoeveel ADSL- aansluitingen maximaal aangesloten kunnen worden op een bundel kabel zonder dat de kwaliteit van de breedbandinternet daalt.

De meting zag er als volgt uit:

Alle ADSL- aansluitingen werden eerst afgestopt; daarna is de koperkwaliteit gemeten en zijn de snelheden van de internetverbindingen gemeten. Dit is eerst gedaan zowel in de KVK als bij de klanten, dat wil zeggen dat bij metingen zowel het primaire als het secundaire net meegenomen is.

Dit is gedaan om te kijken of de kwaliteit van de kabel nog voldoet of niet. Na deze metingen zijn er metingen gedaan om te kijken of de internetaansluitingen op de bundel kabel invloed hebben op elkaar. De HVD's zijn vervolgens weer afgestopt, behalve HVD 32010. HVD 32010 is gekozen als referentiepunt, omdat tussen de HVD's 32005 en 32012 al de aders van de telefoonkabel een ADSL- aansluiting hebben. Afstoppen houdt in dat in de centrale de andere aansluitingen aanwezig op de HVD worden uitgeschakeld, waarna de lijnkwaliteit van al de HVD's gemeten wordt op ADSL- niveau waarop een breedbandinternet aanwezig is. Daarna zijn de volgende metingen uitgevoerd op de lijn, te weten: Wideband Auto Test, DSL loss, DSL noise en een speedtest met speedtest.sr. Vervolgens werden er steeds naar willekeur vijf (5) ADSL- verbindingen vrijgegeven en werd de lijn gemeten met behulp van de metingen zoals eerder

aangegeven. Deze vijf (5) aansluitingen hebben een belasting van ongeveer 10% op de ADSL-bezetting op de bundel kabel en 5% bezetting op de kabel zelf. De reeks tussen 32008 tot 32012 werd als laatste vrijgegeven om te kijken wat de invloed zou zijn op de kwaliteit. Bij de laatste reeks werden steeds twee (2) ADSL-verbindingen vrijgegeven en gemeten waarna uiteindelijk de volledige reeks werd vrijgegeven en de meting daarop werd verricht. Door middel van de kabeltekeningen van de bestaande koperkabelnetwerken zijn de afstanden van de verschillende PVK's gemeten om te kijken wat de gemiddelde afstanden zijn van de centrales en de KVK's. Dit is gedaan om te kijken of er daar al beperkingen optreden of niet. En wat er in de toekomst zal gebeuren indien de snelheden verhoogd worden.

6 RESULTATEN EN OPLOSSINGEN

In dit hoofdstuk worden de gemeten resultaten vergeleken met de standaardwaarden, om te bepalen of de koperkabel voldoet aan de kwaliteitseisen, en ten slotte ook aan de kwaliteit van de internetverbindingen. De weergave van de resultaten is veelal in grafiek- en tabelvorm.

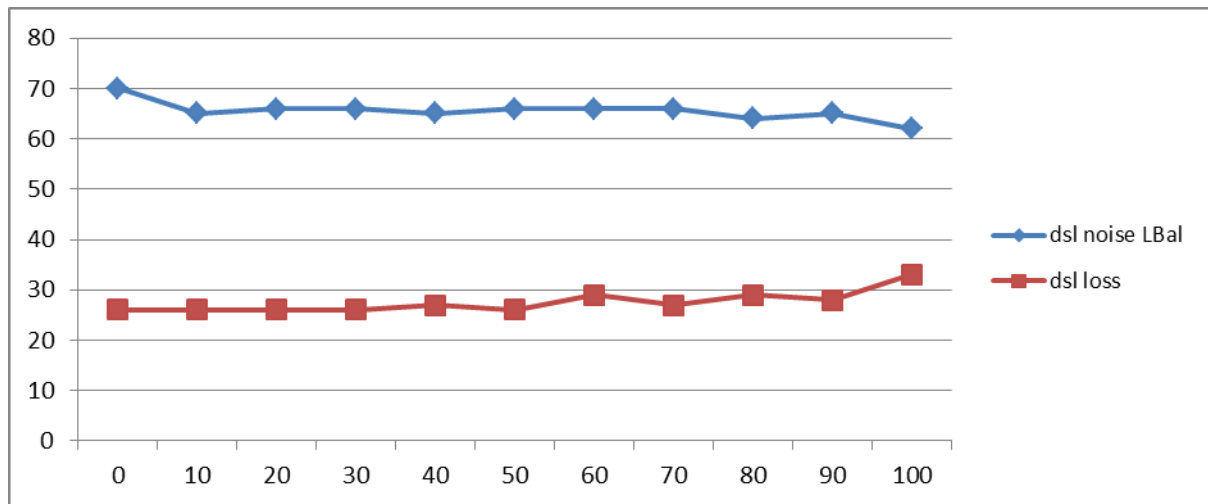
In paragraaf 6.1 zijn de resultaten verwerkt en in paragraaf 6.2 zijn de mogelijke oplossingen aangeboden om de kwaliteit van de internetverbinding te verbeteren.

6.1 Resultaten

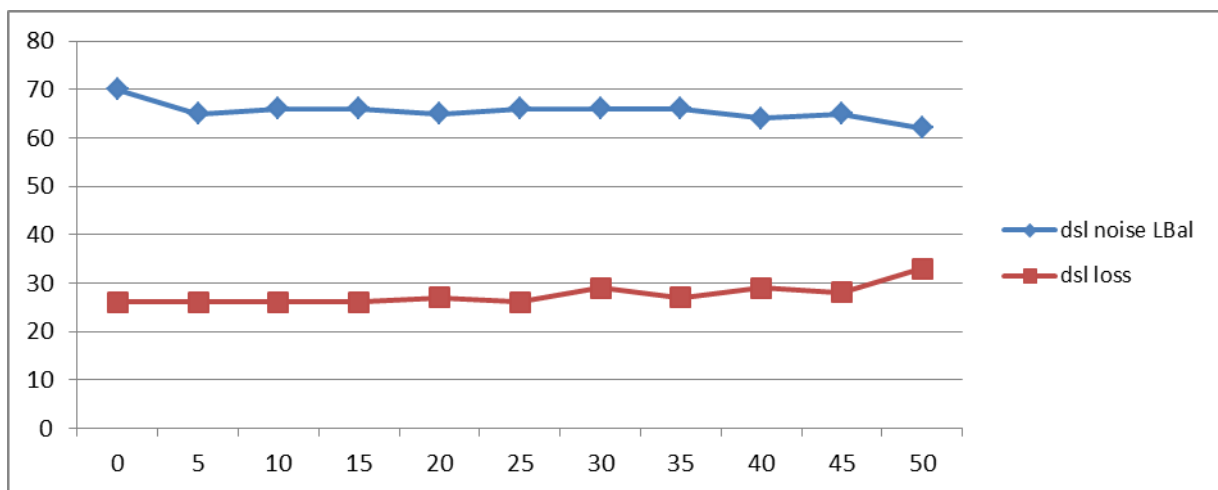
In tabel 5 zijn de resultaten van de DSL-noise, DSL-loss en de speedtesten verwerkt. Deze metingen zijn gedaan bij de KVK. Hierbij is meegenomen, de invloed van de ADSL- bezetting op de kabel. Bij deze meting is 1 ADSL- verbinding als referentie gebruikt, daarna zijn op de kabel steeds ADSL- verbindingen, met 5% toegelaten. Dit is gedaan om te kijken wat de invloeden kunnen zijn op het referentiepunt. Het is te merken dat bij een bezetting van 50% geen invloed te constateren is. Dit is te merken aan de de waarden van de DSL-Noise en DSL-loss. In figuur 15 en 16 is dat grafisch te zien.

Tabel 5. ADSL - meetresultaten

ADSL- bezetting 100 paren- kabel	ADSL- bezetting in procenten op de kabel	ADSL bezetting in %	DSL-Noise > 50dB	DSL-Loss < 40dB	Speedtest (Mbps)	
ADSL			L bal (dB)	dBrnC	Download	Upload
1	1	1	70	26	1.75	0.99
5	5	10	65	26	1.84	1.03
10	10	20	66	26	1.82	1.05
15	15	30	66	26	1.83	1.05
20	20	40	65	27	1.82	0.99
25	25	50	66	26	1.82	0.93
30	30	60	66	29	1.82	1.04
35	35	70	66	27	1.79	0.96
40	40	80	64	29	1.81	1.02
45	45	90	65	28	1.82	1.01
50	50	100	62	33	1.79	0.99



Figuur 15. DSL – Noise en -Loss verloop t.o. v ADSL-bezetting



Figuur 16. DSL-Noise en DSL-Loss verloop t.o.v kabelbezetting

Speedtestresultaten

In tabel 6 zijn de speedtestresultaten van enkele nummers verwerkt. De speedtesten zijn gedaan in de centrale, KVK en bij de klanten. Het is aan de speedtesten te zien dat de snelheden steeds constant zijn. Aan de hand van de resultaten kan er geconcludeerd worden dat er geen verlies plaatsvindt op de kabel. Hieruit kan dan ook geconcludeerd worden dat de kwaliteit van de koper kabel goed is. Zou dat niet het geval zijn, dan moest dat te merken zijn aan de speedtesten. Er zou dan steeds een afname zijn in de speedtesten.

Tabel 6. Speedtesten

		speedtest	kvk(Mb)	speedtest	centrale(Mb)	speedtest	klant(Mb)
telno	HVD	Download	upload	download	upload	download	upload
532215	32006	1.825	1.05	1.794	1.127	1.815	1.13
438652	32010	1.752	0.999	1.774	1.091	1.764	1.075
495277	32015	1.822	1.018	1.789	1.183	1.812	1.165
434016	32019	1.837	1.033	1.813	1.162	1.834	1.153
530305	32081	1.82	0.994	1.794	1.127	1.81	1.134
499190	32090	1.815	0.933	1.813	1.139	1.809	1.129
531540	32095	1.82	1.041	1.818	1.146	1.817	1.135

Widebandtesten

In tabel 7 zijn de referentiewaarden van een widebandtest aangegeven. In tabel 8 zijn enkele resultaten van de widebandtest verwerkt. Deze resultaten geven de conditie van de koperkabel aan, en tegelijkertijd geven ze ook aan of een lijn geschikt is om ADSL- dienst te leveren. De resultaten van de volledige metingen zijn in een verkorte vorm te zien in bijlage 1.

De resultaten van deze meting wijzen aan dat de kabel goed is. Wat uit al de metingen naar voren komt, is dat de koperkwaliteit goed is, en dat niet de koperkwaliteit de oorzaak is waarom de internetverbinding niet aan de eisen voldoet. Bij het meten is naar voren gekomen dat de afstand van de PVK tot aan de KVK meer dan 5 km bedraagt. Deze afstand zorgt al voor de beperking. Theoretisch (tabel 2) is de maximale snelheid bij deze afstand net 2 Mbps. Bij speedtesten zijn praktisch 3Mbps te halen. In bijlage 2 is te zien dat van enkele PVK's de afstanden zijn gemeten.

Tabel 7. Referentiewaarden widebandautotest

	Goed	Marginaal	Slecht
Ohm TR	Groter 3M Ω	300k Ω – 3M Ω	Kleiner 300k Ω
Ohm TG	Groter 3M Ω	300k Ω – 3M Ω	Kleiner 300k Ω
Ohm RG	Groter 3M Ω	300k Ω – 3M Ω	Kleiner 300k Ω
% Cap	Kleiner 1%	1% - 5%	Groter 5%
L Bal	Groter 60dB	60dB – 50dB	Kleiner 50dB
Noise	Kleiner 44 dBrnG	44dBrnG – 54dBrnG	Groter 54dbrnG
Loss	Groter -46dB	-46dB - -56dB	Kleiner -56dB
R Bal	Kleiner 1000 Ω	1000 Ω – 1300 Ω	Groter 1300 Ω
% Diff	Kleiner 1%	1% - 5%	Groter 5%

Tabel 8. Gemeten Wideband autotestwaarden

HVD	OHMS			% CAP	Noise	L Bal	R Bal			% Diff
	Mohm						ohm			
	T-R	T-G	R-G	%	dBrnC	dB	T-R	T-G	R-G	%
32006	704	533	792	0.4	39	63	912	457	455	0.4
32010	848	658	912	0.2	33	70	915	458	456	0.5
32019	778	459	847	0.1	33	63	912	456	456	0.1
32046	889	691	987	0.7	37	81	919	458	460	0.9
32090	599	687	322	0.2	39	64	916	458	457	0.4
32095	603	185	337	0.9	35	56	916	459	457	0.5

6.2 Oplossingen

Enkele oplossingen die aangeboden kunnen worden zijn:

1. Het plaatsen van glasvezel tot aan huis: het zogenaamde FTTH. Dit brengt enkele voordelen mee ten opzichte van de koperkabel. Deze zijn:

- Geen afstandsbeperking
- Geen aderdikteprobleem
- Weinig onderhoud

Dit zou echter niet op korte termijn realiseerbaar zijn, omdat dit gebied al van koperkabel is voorzien en de focus van Telesur voor het plaatsen van FTTH op de gebieden ligt waar geen kabels aanwezig zijn.

2. Het plaatsen van een ROP zou in dit gebied de snelste en goedkope oplossing kunnen bieden, omdat er een kopernet aanwezig is. Dit zou op korte termijn wel kunnen geschieden, omdat het primaire gedeelte alleen voorzien wordt van glasvezel. Het secundaire gedeelte blijft koper, omdat uit de metingen is gebleken dat de kwaliteit van de koperkabel nog goed is, en er geen extra investeringen gepleegd moeten worden. Omdat hier de PVK in feite vervangen wordt door glasvezel, komt de DSLAM dichterbij de klant. Alleen het secundaire gedeelte blijft koper. Dit kan voor een drastische verbetering gaan zorgen. De gemiddelde afstand DSLAM naar klant wordt ongeveer 1.5 km, waarmee minimaal 20 Mbps aan snelheid geleverd kan worden. Door de komst van de VDSL2 vectoring en bonding kan in feite zelfs meer dan de 20 Mbps geleverd worden en wel tussen de 50 en 100 Mbps. Echter moet hier de afstand wel voor de 100 Mbps kleiner zijn dan 700 meter, en voor de 50Mbps kleiner dan 1.5 km.

Er is intussen een voorlopige oplossing voor West20 in de planning, namelijk de KVK overnemen op een andere centrale die dichterbij ligt. In dit geval gaat het om de centrale van leiding 10. Met deze overname wordt de afstand van de PVK gereduceerd van 5 km naar ongeveer 2.3 km. Dit is een aanzienlijke verandering. Maar deze oplossing brengt wel een ongerief met zich en dat is dat de klanten een ander nummer toegewezen krijgen. Dus de klanten kunnen niet bereikt worden op het aan hun kennissen en vrienden bekende nummer. Maar dit wordt wel tijdig aan de klanten doorgegeven. Met deze oplossing zal Telesur de klanten zeker blij maken en dat is ook gebleken uit de metingen verricht na de overname. Door deze ingreep kan tot aan de kast een snelheid van 14Mbps gehaald worden. De afstand van de kast naar de laatste klanten ligt nu ongeveer tussen de 2.3- en 4 km.

Dus de snelheden die gehaald kunnen worden zijn tussen de 4- en 14Mbps. Dit zal echter later weer problemen kunnen veroorzaken indien de minimale snelheden steeds verhoogd worden. Dit scenario kan zich ook afspelen voor andere KVK's. In tabel 9 en 10 zijn speedtestresultaten verwerkt van klanten voor en na de overname. Er is duidelijk een verschil merkbaar.

De speedtestresultaten na de metingen zien er als volgt uit.

Tabel 9. Speedtestresultaten 2 Mbps lijnen

			voor overname		na overname	
			speedtest	klant(Mb)	speedtest	klant(Mb)
Speed (Mb)	Oud nummer	Nieuw nummer	download	upload	download	upload
2	532215	339215	1.815	1.13	2.385	1.103
2	438652	338652	1.764	1.075	2.397	1.115
2	464741	338741	1.812	1.165	2.412	1.065
2	434016	339116	1.834	1.153	2.406	1.163
2	530305	338305	1.81	1.134	2.379	1.094
2	499190	339590	1.809	1.129	2.413	1.129
2	531540	338540	1.817	1.135	2.391	1.115

Tabel 10. Speedtest resultaten > 2 Mbps lijnen

			voor overname		na overname	
			speedtest	klant(Mb)	speedtest	klant(Mb)
speed (Mb)	Oud nummer	Nieuw nummer	download	upload	download	upload
5	492584	339884	2.756	1.091	5.289	1.106
4	494135	339135	1.825	1.037	4.102	1.097
4	439710	338710	3.219	1.142	4.245	1.121
4	497950	338850	3.219	1.142	4.098	1.124
5	531363	339363	3.153	1.071	5.326	1.107

7 KOSTENRAMING

In dit hoofdstuk wordt er in hoofdlijnen aangegeven wat de kosten van zo een project kunnen zijn. Het woongebied telt ongeveer 300 telefoonaansluiting waarvan ongeveer 185 een ADSL-aansluiting hebben. De kostenraming vindt plaats op basis van een ROP.

De mogelijkheid bestaat om vanuit twee verschillende centrales zo een ROP te bedienen en wel vanuit centrale Balona met een afstand van 5.3 km en vanuit centrale Leiding 10 die een afstand heeft van 2.3 km tot de KVK West 20. De kostenraming wordt vanuit beide centrales gemaakt, om-dat centrale Leiding 10 een remote centrale is die vanuit Balona wordt bediend. De kosten worden berekend op basis van de 300 telefoonaansluitingen. Voor de arbeidskosten is er vanuit een minimaal oogpunt vertrokken, omdat er bij verharde wegen en straatboringen extra kosten aan worden gekoppeld. Dus de arbeidskosten kunnen toenemen. In tabel 11 zijn de kosten verwerkt.

Vanuit centrale Balona

Tabel 11. Kostenplaat vanuit centrale Balona

Product	VDSL2
Kosten	Bedrag (US- dollar)
Materialen en equipments	55000
Arbeid	45000
Onvoorziene	20000
Totaal	120000

De kostprijs is per eenheidsproduct, in dit geval de kostprijs per klant. Er zijn 200 klanten dus per klant betekent het delen door 200 en dat is $USD\ 120.000/200 = usd\ 600$. Als er wordt uitgegaan van een abonnement van USD 39 per mnd. dan is de verwachte opbrengst op maandbasis $USD\ 39 \times 200 = USD\ 7800$. Op jaarbasis is die $12 \times USD\ 7800 = USD\ 93\ 600$.

Investeringskosten zijn USD 120.000, dat zijn de de totale kosten.

Return on Investment

Return of Investment (ROI) is verwachte opbrengst / investeringskosten, dat is $USD\ 93600/USD\ 120.000=0.78$. Indien de ROI positief is, betekent het dat de onderneming winst gaat maken; als die negatief is, betekent het verlies voor de onderneming.

Terugverdientijd

De terugverdientijd wordt berekend door de investeringskosten te delen door de omzet. $USD\ 120\ 000/7800 = 15.3$ maanden, dat is 15 maanden en 11 dagen

Vanuit centrale Leiding 10

Tabel 12. Kostenraming vanuit centrale Leiding 10

Product	VDSL2
Kosten	Bedrag (US- dollar)
Materialen en equipments	45000
Arbeid	25000
Onvoorziene	14000
Totaal	84000

De kostprijs is per eenheidsproduct, in dit geval de kostprijs per klant. Er zijn 200 klanten dus per klant betekent het delen door 200 en dat is $USD\ 84000/200 = USD\ 420$. Als er wordt uitgegaan van een abonnement van USD 39 per mnd dan is de verwachte opbrengst op maandbasis $USD\ 39 \times 200 = USD\ 7800$. Op jaarbasis is die $12 \times USD\ 7800 = USD\ 93600$.

Investeringskosten zijn USD 84000, dat zijn de de totale kosten. In tabel 12 zijn de kosten te zien vanuit centrale Leiding 10.

Return on Investment

Return of Investment (ROI) is verwachte opbrengst / investeringskosten, dat is $USD\ 93600/USD\ 84000 = 1.11$. Indien de ROI positief is, betekent het dat de onderneming winst gaat maken, als die negatief is, betekent het verlies voor de onderneming.

Terugverdientijd

De terugverdientijd wordt berekend door de investeringskosten te delen door de omzet. $USD\ 84000/7800 = 10.8$ maanden, dat is 10 maanden en 24 dagen.

8 CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN

In dit hoofdstuk zijn er conclusies getrokken uit de resultaten wat ook nog betrekking kan hebben op de kwaliteit van de internetverbinding. Aan de hand hiervan zijn er aanbevelingen gedaan om de kwaliteit te verbeteren.

Conclusies

De resultaten verkregen uit dit onderzoek kunnen niet bindend verklaard worden omdat het onderzoek veelomvattend en de ruimte daarvoor niet voldoende was. Er dient een vervolgonderzoek verricht te worden alvorens de resultaten bindend te verklaren. Het onderzoek heeft de volgende resultaten naar voren gebracht:

- De kabelafstand is er de oorzaak van, dat de klanten de dienst niet als van hoge kwaliteit ervaren.
De afstand van de klant naar de DSLAM is groot: hoe langer de afstand hoe trager de verbinding. De koperkabel heeft een aantal condities waarmee rekening gehouden moet worden, zoals de aderdiktes en de afstanden. Hoe kleiner de aderdikte en hoe langer de kabelafstand van de DSLAM naar de klant, hoe meer de internetverbinding in snelheid afneemt.
- De kwaliteit van de koperkabel is goed.
Zou de kabelkwaliteit niet goed zijn dan zou dat bij de speedtest al merkbaar zijn. Want de meetsnelheden zijn steeds constant gebleven op de verschillende meetpunten, namelijk bij de klant, de KVK en de centrale. Zou de kabel niet goed zijn, dan zou dat uit de speedtesten moeten blijken. Want er zou dan steeds een verschil merkbaar zijn in de gemeten snelheden.
- Er is een gemengd koperkabelnet aanwezig met aderdiktes van 0.4mm en 0.5mm, omdat het kabelnet toendertijd gebouwd was voor telefonie alleen.
- De KVK zorgt ervoor dat de afstand van de DSLAM naar de klant toeneemt, want het ADSL- signaal gaat eerst van de centrale naar de KVK en vervolgens naar de klant.
- Bij een afname van de DSL-noise en een toename van DSL-loss, die de kwaliteit van de breedbanddienst vermindert bij grote belasting van een koperen aanvoerkabel met ADSL-aansluitingen, kan er gesteld worden dat hoe lager de DSL- noise waarde voorbij de grenswaarde van 50dBm is en hoe hoger de DSL- loss grenswaarde van 40dBm is, hoe meer kans er bestaat op overspraak.

De afstand alsook de aangelegde spanning op de kabel is constant; dit betekent dat de metallische verliezen ontstaan ten gevolge van de magnetische inductie binnen de kabel.

De weerstandwaarde neemt toe vanwege de toename in de hoeveelheid stroom die gaat vloeien in de kabel.

- Het optimale en reguliere onderhoud van het koperkabelnet is achterwege gebleven en de graafwerkzaamheden die door derden worden uitgevoerd veroorzaken heel wat beschadigingen.

Dit kan ook leiden tot kwaliteitsdalingen, omdat de kabels dan belast worden met extra lassen. En elke las is een bron van storing.

Aangezien de meting op één tijdstip is verricht en slechts op één bundel kabel is het verkregen resultaat niet voldoende. Voor een beter resultaat dient deze meting uitgevoerd te worden op verscheidene tijdstippen alsook op meerdere locaties. Hierdoor kan er een beter en duidelijker beeld verkregen worden.

Aanbeveling

De aanbeveling die gedaan kan worden ten aanzien van West 20 is:

- Het plaatsen van een ROP of FTTC zou een oplossing kunnen bieden.

Omdat hier de PVK in feite vervangen wordt door glasvezel, komt de DSLAM dichterbij de klant. Alleen het secundaire gedeelte blijft koper. Dit kan voor een drastische verbetering gaan zorgen. De gemiddelde afstand DSLAM naar klant wordt ongeveer 1.5 km, waarmee met ADSL 20Mbps en VDSL2 minimaal 30Mbps aan snelheid geleverd kan worden. De telefooncentrale kan in dit geval op Balona of Leiding 10 zijn. Alleen de verwerking van de optische signalen naar elektrische signalen vindt plaats in de ROP. Aangezien de vraag naar bandbreedte toeneemt, en Telesur zijn dienstverlening verbetert door de snelheden steeds te verhogen zal na een bepaalde periode hetzelfde probleem zich blijven herhalen, niet alleen in deze gebieden, maar uiteindelijk ook in andere gebieden. Want hoe hoger de snelheden, des te korter de afstanden moeten zijn van de DSLAM naar de klant.

LITERATUURLIJST

Handleidingen

Instruction Manual 3M Dynatel™ 965DSP Series
Subscriber Loop Analyzers

Pinas, F. Richtlijnen voor het aanbieden van ADSL door Telesur (augustus 2005)

I. Dobai, persoonlijke communicatie, 27 september tot 7 oktober 2013

Internet

<http://adsl.xandrios.net/index.php>

http://books.google.com/books?id=-7cRCblwG3MC&pg=PA33&lpg=PA33&dq=adsl+speed+between+an+24awg+and+26awg&source=bl&ots=dhaD8PMxz6&sig=AB_xTZ8APeFY3OowDPI0FWa2YQQ&hl=en&sa=X&ei=E8zvUei8FIq48wSp1YGIBw&ved=0CEsQ6AEwBzgK#v=onepage&q=adsl%20speed%20between%20an%2024awg%20and%2026awg&f=false

<http://books.google.com/books?id=g6Vu7vu20rgC&pg=PA110&lpg=PA110&dq=adsl+speed+between+an+24awg+and+26awg&source=bl&ots=Elh-2Y1Vbu&sig=el5fcjAnX1X14QvGw4ZtP79cuLg&hl=en&sa=X&ei=E8zvUei8FIq48wSp1YGI Bw&ved=0CEMQ6AEwBTgK#v=onepage&q=adsl%20speed%20between%20an%2024awg%20and%2026awg&f=false>

<http://broadbandtrends.com/blog1/2013/07/29/is-vdsl2-vectoring-destroying-the-ftth-business-case/>

http://connectedplanetonline.com/mag/telecom_dsl_loop_test/

<http://datanews.knack.be/ict/nieuws/belgacom-50-mbps-tegen-uiteindelijk-2014/article-1195110847388.html>

<http://de.wikipedia.org/wiki/VDSL2-Vectoring>

http://en.wikipedia.org/wiki/Asymmetric_digital_subscriber_line

http://en.wikipedia.org/wiki/Fiber_to_the_x

http://en.wikipedia.org/wiki/Multi-service_access_node

http://en.wikipedia.org/wiki/Passive_optical_network

http://en.wikipedia.org/wiki/Thrust_vectoring

http://en.wikipedia.org/wiki/Very-high-bit-rate_digital_subscriber_line_2

<http://forum.kpn.com/t5/KPN-Actueel/Sneller-internet-door-slim-gebruik-van-koper/bap/123342>

http://mpintranet.bsnl.co.in/bb/trouble_shooting/troubleshooting.htm
<http://nl.wikipedia.org/wiki/DSL-Splitter>
<http://nl.Wikipedia.Org/wiki/Glasvezel>
http://nl.Wikipedia.org/wiki/Remote_optical_platform
<http://nl.wikipedia.org/wiki/VDSL>
<http://sortius-is-a-geek.com/?p=2983>
<http://tweakers.net/nieuws/77044/belgacom-gaat-vectoring-gebruiken-om-vdsl2-te-versnellen.html>
<http://www.alcatel-lucent.com/solutions/vdsl2-vectoring>
<http://www.authorstream.com/Presentation/aSGuest89012-876056-adsl/>
http://www.charlesindustries.com/download/AdrenaLine_Practices_in_PDF/LTADR-00X-201.pdf
http://www.elkhart.net/business/adsl/about_adsl
<http://www.epanorama.net/documents/wiring/twistedpair.html>
http://www.moore.org.au/comms/04/04_comms.htm
<http://www.netlingo.com/more/adsl.php>
<http://www.network4all.nl/docs/viewdoc.php?aid=6>
<http://www.ospmag.com/issue/article/vdsl2-turning-copper-gold>
http://www.speedguide.net/faq_in_q.php?qid=373
http://www.tkf.nl/brochures/montagedraad_etc.pdf
http://www.tkf.nl/producten_portal/producten/printArtikel.asp?HoofdstukNr=4357&boom=2510%7C3063%7C3064%7C3096%7C3097%7C4357&ArtNr=13012&Language=DutchParagraaf
<http://www.zdnet.nl/telecom/144297/belgacom-wil-50-mbps-voor-bijna-iedereen/>

BIJLAGE 1. OVERZICHT GEMETEN LIJNWAARDEN

			LIJNMETING	ADSL SNELHEID	WERKELIJKE SNELHEID
HVD	TELNO	PORTEN	CENTRALE	IN Mb	
32001	497950	adsl port 3937	OK	4	3
32002	dvb				
32003	434359	adsl port 2430	OK	2	2
32004	532051				
32005	495028	adsl port 1263	OK	2	2
32006	532215	adsl port 2103	OK	2	2
32007	495037				
32008	433764	adsl port 1498	OK	2	2
32009	494752	adsl port 393	MARGINAL	2	2
32010	438652	adsl port 4341	OK	2	2
32011	493964	adsl port 2164	MARGINAL	2	2
32012	532155	adsl port 5988	OK	2	2
32013	494188				
32014	494196				
32015	495277	adsl port 4914	OK	2	2
32016	464741	adsl port 4116	OK	2	2
32017	492584	adsl port 5021	OK	5	3 tot 4
32018	494257	adsl port 5193	OK	2	2
32019	434016	adsl port 65	OK	2	2
32020	531650	wijz			
32021	491837	port 2633	OK	2	2
32022	532534	port 4447	OK	2	0.35
32023	494844				
32024	494135	adsl port 4695	OK	4	2
32025	495052				
32026	465805	adsl port 3214	OK	2	2
32027	531675	PORT 604	OK	2	2
32028	531727	adsl port 5262	OK	2	2
32029	494267	adsl port 4612	OK	2	1.5

32030	493935	adsl port 4556	OK		
32031	439710	adsl port 1261	OK	4	3
32032	491117	EDA adsl 157	LOW RES	2	2
32033	532051	port 5719	MARGINAL	2	2
32034	def				
32035	495259	adsl port 3922	OK	2	2
32036	494056	adsl port 1221	OK	2	1.2
32037	494860	adsl port 1218	OK	2	down
32038	495253				
32039	439259	adsl port 5449	OK	2	2
32040	434744	port 879	OK		
32041	439269				
32042	532119				
32043	464613				
32044	498892				
32045	438901				
32046	439247	adsl port 2981	OK	2	2
32047	497950	adsl port 3940	OK	2	2
32048	vrij				
32049	531363	adsl port 4453	OK	5	3
32050	439155				
32051	492550	adsl port 5194	OK	2	2
32052	498797	adsl port 3339	OK	2	2
32053	bez				
32054	491234	adsl port 1308	OK	2	1
32055	494560				
32056	494584	adsl port 1387	OK	2	2
32057	433440	port 2162	OK	2	2
32058	497737				
32059	bez				
32060	498798				
32061	493458				
32062	499512	adsl port 2182	LOW RES	2	2
32063	493721	adsl port 5291	OK	2	2

32064	493410				
32065	464303	adsl port 1481	OK		down
32066	493436				
32067	530125				
32069	530960	adsl port 1417	OK	2	2
32070	439287				
32071	dvb	comm weytingw			
32072	493350	adsl port 692	OK	2	2
32073	439283				
32074	499867	adsl port 3494	OK		down
32075	434687	ivm.overpl.16/1/08			
32076	493353	omst			
32077	493345				
32078	493337	adsl port 2028			
32079	494843				
32080	bez				
32081	530305	adsl port 4993	OK		down
32082	493423				
32083	494736	adsl port 4098	MARGINAL	2	2
32084	463244	adsl port 4774	OK	2	2
32085	531090	adsl port 2010	OK	4	3
32086	490912				
32087	531400	adsl port 3118	OK	4	3
32088	bez				
32089	491879				
32090	499190	adsl port 4296	OK	2	2
32091	433013	adsl port 1490	OK		
32092	494868	adsl port 4577	OK	2	2
32093	433728	adsl port 4194	OK	2	2
32094	439223	adsl port 3250	OK	2	2
32095	531540	adsl port 3781	OK	2	2
32096	434320				
32097	530811	adsl port 3422	MARGINAL	2	2

32098	494585	adsl port 3222	OK	2	2
32099	463426	adsl port 1728	OK	4	2
32100	530436	adsl port 1290	OK	2	2

BIJLAGE 2. GEMETEN AFSTANDEN PVK

centrales	pvk	kvk	afstand(meter)		
balona	1	wst01	1109		
		wst02	1099		
	2	wst10	1868		
		wst11	1478		
	3	wst10	1856		
		wst11	1479		
	7	wst05	335		
		wst35	2346		
8		wst23	2543		
		huize majella	2870		
		wst21	3175		
		wst18	3493		
		9	wst08	1926	
		wst24	2246		
		19	wst59	1219	
wst35	2141				
wst42	2588				
		wst20	5265		
		welgelegen	3	wlg07	1500
		wlg03	472		
		wlg06	1260		
		wlg05	760		
		uitkijk	2	uit03	1497
uit05	3725				
	1	uit02	1062		
		uit01	3602		
		uit06	4716		
		groningen	1	grn02	3479
grn01	1319				

BIJLAGE 3. UITGEPRINTE WIDEBANDAUTOTESTRESULTATEN

Wire	24 AWG
Cable	Jelly-Filled
Vdc TR	0.00 Vdc
Vdc TG	0.00 Vdc
Vdc RG	0.00 Vdc
Ohm TR	>999.00 MOhms PASS
Ohm TG	>999.00 MOhms PASS
Ohm RG	>999.00 MOhms PASS
Open TR	428.00 ft PASS
Open TG	377.00 ft
Open RG	378.00 ft
Cap Bal	0.23 % PASS
Res Bal	0.90 % PASS
Lng Bal	>85.00 dB PASS
R loop	16.68 Ohms
R tip	8.38 Ohms
R ring	8.30 Ohms
Service	ADSL
Loss	-0.60 dB/138.00 kHz PASS
Loaded	NO
Loss	-3.20 dB/1.10 MHz
Sweep	-0.30 dBm/20.00 kHz
Sweep	0.00 dBm/30.00 kHz
Sweep	-0.30 dBm/50.00 kHz
Sweep	-0.30 dBm/69.00 kHz
Sweep	-0.40 dBm/90.00 kHz
Sweep	-0.50 dBm/110.00 kHz
Sweep	-0.60 dBm/138.00 kHz
Sweep	-1.40 dBm/276.00 kHz
Sweep	-2.00 dBm/400.00 kHz
Sweep	-2.40 dBm/600.00 kHz
Sweep	-2.70 dBm/800.00 kHz
Sweep	-2.90 dBm/1.00 MHz
Sweep	-3.20 dBm/1.10 MHz

BIJLAGE 4. BEKABELINGSSCHEMA R.O.P EN DE R.O.P

