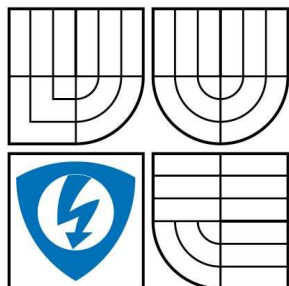


**VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ**

**BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY**



**FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A KOMUNIKACNÍCH  
TECHNOLOGIÍ  
ÚSTAV TELEKOMUNIKACÍ**

**FACULTY OF ELECTRICAL ENGINEERING AND COMMUNICATION  
DEPARTMENT OF TELECOMMUNICATIONS**

## **VLIV MONTÁŽÍ NA KVALITU KABELÁŽNÍCH SYSTÉMŮ**

**INFLUENCE ASSEMBLY ON QUALITY CABLING SYSTEMS**

**DIPLOMOVÁ PRÁCE**

MASTER'S THESIS

**AUTOR PRÁCE**

AUTHOR

**BC. VLADIMÍR KONVALINKA**

**VEDOUCÍ PRÁCE**

SUPERVISOR

**DOC. ING. MILOSLAV FILKA, CSC.**

BRNO 2008



## ANOTACE

Tato diplomová práce se zabývá problematikou měření kabelážních systémů. Je zde popsán vývoj strukturovaných kabeláží včetně pravidel jejich montáží, schvalování a jejich závěrečné měření.

První část práce je věnována pojmu strukturované kabeláže, její historii, která začíná na počátku 80. let kdy se na trhu začali objevovat první osobní počítače. Potřeba jejich uživatelů mezi sebou komunikovat zapříčinila prudký rozvoj sítí a technologií. To mělo za následek vznik mnoha jednoúčelových, nekompatibilních a na sobě nezávislých kabelových rozvodů. Tento způsob kabeláží byl neekonomický, velmi náročný na servis a nepraktický pro rozšiřování sítí. Proto byly vytvořeny univerzální kabelážní systémy, jejichž základem se stal kroucený pár. Vlastnosti strukturované kabeláže jsou navrženy tak, aby po ní bylo možné přenášet celou řadu aplikací. K samotnému instalování kabelážních systémů se používají metalické kabely a v dnešní době také optické kabely. Kabelážní systém se skládá z mnoha dalších prvků, mezi něž patří prvky aktivní a neaktivní. Nutné je proměření různých parametrů, které mají vliv na kvalitu přenosu dat na těchto sítích. Měření se provádí přístroji, které splňují základní požadavky stanovené normou dle technologie. Jsou zde popsány pravidla a správné postupy při instalování kabelážních systémů, které by měli montéři při instalaci dodržovat.

V závěru práce jsou uvedeny výsledky měření na simulačních segmentech, v podobě měřících protokolů, které slouží jako předávací protokoly mezi montážní firmou a odběratelem.

**Klíčová slova:** struktura, systém, síť, kabel, instalace, metodika, měření, protokol

## ABSTRACT

This master's thesis deals with questions of measuring of cabling systems. There is described the evolution of structured cabling including the rules of their installation, approval and their final measurement.

The first part of this work is dedicated to the conception of structured cabling and its history which originated at the beginning of 80s when the first personal computers began to appear at the market. The necessity of mutual communication of their users caused forceful development of networks and technologies. As a result lots of single-purpose, incompatible and mutual independent cabled distributions were developed. This method of cabling was uneconomical, very demanding on service and impractical for network expansion. That's why the universal cabled system was developed whose baseline became a twisted pair.

Characteristics of structured cabling are designed in order it could be possible to transmit whole range of applications through them. Metallic cables and nowadays also optical cables are used for their installation. The cabling system consists of lots of other items among them we can rank items active and stable. It's necessary to scale lots of criteria which involve the quality of data transmission in this network. The measurement is done by the devices which comply with basic requirements determined by the standards according to technology. There are described the rules and proper processes of installing cabling systems, which should be followed while installations.

At the end of my thesis there are mentioned the results of the measurements on simulation segments of cabling system which serve as completion certificates between an installation company and a consumer.

**Keywords:** structure, system, network, installation, methodology, measure, protocol

# Obsah

Úvod .....	10
<b>1 Úvod do strukturovaných kabelážních systémů.....</b>	<b>11</b>
1.1 Co je to strukturovaná kabeláž.....	11
1.2 Standardizace.....	11
1.2.1 Standardizační organizace pro telekomunikace.....	11
1.3 Topologie sítí.....	12
1.3.1 Sběrníková topologie.....	13
1.3.2 Hvězdíková topologie.....	13
1.3.3 Prstencová topologie .....	14
<b>2 Typy sítí dle technologie.....</b>	<b>15</b>
2.1 ArcNet.....	15
2.2 Token-ring.....	16
2.3 100VG-AnyLAN.....	16
2.4 FDDI.....	17
2.5 Ethernet.....	17
<b>3 Mezinárodní standardy a normy.....</b>	<b>19</b>
<b>4 Kabley TP a FO.....</b>	<b>22</b>
4.1 Metalické kabley.....	22
4.1.1 Druhy metalické kabeláže.....	22
4.2 Optické kabley.....	23
4.2.1 Optické propojovací kabley.....	24
4.2.2 Optické konektory.....	25
4.2.3 Optické vany.....	25
<b>5 Další prvky kabelážního systému.....</b>	<b>26</b>
5.1 Patch kabley.....	26
5.2 Modulární konektory CAT 3, CAT 4.....	28
5.3 Modulární konektory CAT 5, CAT 5E.....	28
5.3.1 Použití pinů konektoru RJ45.....	29
5.4 Patch panely 19“.....	29
5.4.1 Modulární Patch panel 19“.....	29
5.5 Keyston zařezávací.....	30
5.6 Keyston samořezný.....	30
5.7 Datové rozvaděče.....	31
5.7.1 Nástěnný datový rozvaděč.....	31
5.7.2 Stojanový datový rozvaděč.....	31
5.7.3 Police pro 19“ rozvaděče.....	31
5.8 Instalační nářadí.....	32

<b>6 Metodika měření kabelážního systému.....</b>	<b>32</b>
6.1 Měření kabeláží dle norem EN 50173.....	32
6.1.1 První norma TSB 67 pro CAT 5 požadovala měření násl. parametrů.....	32
6.1.2 Přehled doplněných parametrů pro CAT 5E, CAT 6.....	33
6.2 Podrobnější vysvětlení některých pojmů.....	34
6.3 Metody měření optické kabeláže.....	35
6.3.1 Přímá metoda.....	35
6.3.2 Reflektometr.....	36
<b>7 Přístroje pro měření kabelážního systému.....</b>	<b>37</b>
7.1 Měřicí metody (kroková frekvence versus pulsní).....	37
7.2 Měření Basic Link a Channel.....	38
7.3 TSB-67, základní požadavky na test.....	39
7.4 Výrobci měřících přístrojů.....	40
7.4.1 FLUKE TESTERY.....	40
7.4.1.1 Certifikační měřicí přístroje.....	41
7.4.1.2 Instalační měřicí přístroje.....	42
7.4.2 IDEAL TESTERY.....	43
7.4.3 DATACOM TESTERY.....	45
<b>8 Správná instalace kabelážního systému .....</b>	<b>46</b>
8.1 Rozdělení kabelážních systémů podle prostředí .....	47
8.1.1 Instalace v běžném prostředí.....	47
8.1.2 Průmyslové instalace.....	47
8.2 Kabelové trasy.....	48
8.2.1 Volná instalace rozvodů bez nosných prvků.....	48
8.2.2 Kabelové trasy na povrchu.....	49
8.2.3 Kabelové trasy pod povrchem.....	50
8.2.4 Venkovní kabelové trasy.....	50
8.3 Metalické rozvody pro datové aplikace.....	51
8.3.1 Vliv konstrukce kabelu na přenosové parametry.....	52
8.4 Optické rozvody pro datové aplikace.....	55
8.4.1 Základní rozdělení optických kabelů.....	55
8.4.1.1 S volnou sekundární ochranou.....	55
8.4.1.2 S těsnou sekundární ochranou.....	56
8.4.2 Technologie ukončování optických kabelů.....	56
8.4.2.1 Ukončení svařováním .....	56
8.4.2.2 Ukončení do optické spojky.....	57
8.4.3 Metody přímého ukončení optického kabelu do konektoru.....	57
8.4.3.1 Metoda krimpováním.....	57
8.4.3.2 Metoda lepení vlákna do konektoru.....	58

<b>9 Výsledky měření .....</b>	<b>59</b>
9.1 Měření metalických segmentů .....	59
9.1.1 Simulační segmenty metalických kabelů.....	59
9.2 Měření optických segmentů .....	73
9.2.1 Nepoškozený segment.....	73
9.2.1 Poškozený segment.....	74
<b>Závěr.....</b>	<b>75</b>
<b>Seznam použité literatury.....</b>	<b>77</b>

## Seznam obrázků

<b>Obr. 1.1</b>	Sběrníková topologie .....	13
<b>Obr. 1.2</b>	Hvězdicová topologie .....	14
<b>Obr. 1.3</b>	Prstencová topologie .....	14
<b>Obr. 2.1</b>	Typ ArcNet .....	15
<b>Obr. 2.2</b>	Typ Token-ring .....	16
<b>Obr. 2.3</b>	Typ 100VG-AnyLAN .....	16
<b>Obr. 2.4</b>	Typ FDDI .....	17
<b>Obr. 4.1</b>	Metalické kabely .....	22
<b>Obr. 4.2</b>	Klasifikace metalických kabelů .....	23
<b>Obr. 4.3</b>	Univerzální optický kabel .....	23
<b>Obr. 4.4</b>	Podrobnější zobrazení optického vlákna .....	24
<b>Obr. 4.5</b>	Konektor FC/PC .....	25
<b>Obr. 4.6</b>	Konektor ST .....	25
<b>Obr. 4.7</b>	Konektor SC .....	25
<b>Obr. 4.8</b>	Konektor E2000 .....	25
<b>Obr. 4.9</b>	Konektor MTR .....	25
<b>Obr. 4.10</b>	Konektor LC .....	25
<b>Obr. 5.1</b>	Rozváděcí panely v datových centrech .....	26
<b>Obr. 5.2</b>	Připojení pracovních stanic .....	27
<b>Obr. 5.3</b>	Použití přímého a překříženého kabelu .....	27
<b>Obr. 5.4</b>	Modulární konektor – nestíněný .....	28
<b>Obr. 5.5</b>	Ochrana na modulární konektor .....	28
<b>Obr. 5.6</b>	Zapojení T568A a T568B .....	28
<b>Obr. 5.7</b>	Modulární Patch panel .....	29
<b>Obr. 5.8</b>	Osazovací rámečky .....	29
<b>Obr. 5.9</b>	Keystone zařezávací .....	30
<b>Obr. 5.10</b>	Keystone samořezný .....	30
<b>Obr. 5.11</b>	Varianty provedení keystone .....	30
<b>Obr. 5.12</b>	Zapojení vodičů v keystone .....	31
<b>Obr. 5.13</b>	Kleště super 4p4c, 6p6c, 8p8c AMP, 10p10c .....	32
<b>Obr. 5.14</b>	Boxer pro panely .....	32
<b>Obr. 7.1</b>	Metoda krokové frekvence, samostatné frekvence jsou vyslány do linky a změřena jejich odezva .....	37
<b>Obr. 7.2</b>	Pulsní metoda vyše do linky puls a přijímací výsledné spektrum odrušeného signálu .....	37
<b>Obr. 7.3</b>	Porovnání širokopásmového a úzkopásmového detektoru .....	38
<b>Obr. 7.4</b>	Definice Cannel podle TSB-67 .....	38
<b>Obr. 7.5</b>	Definice Basic Link podle TSB-67 .....	39
<b>Obr. 7.6</b>	Zbytkový přeslech je způsoben konstrukcí měřicího přístroje .....	39
<b>Obr. 7.7</b>	DTX Cable Analyzer .....	41
<b>Obr. 7.8</b>	DSP-4300 .....	41
<b>Obr. 7.9</b>	Lantek7 .....	43
<b>Obr. 7.10</b>	Lantek 6 + FO sada .....	44
<b>Obr. 7.11</b>	LANcat 6 .....	46
<b>Obr. 8.1</b>	Pásy Velcro .....	48
<b>Obr. 8.2</b>	Minimální poloměr ohybu kabelů .....	49
<b>Obr. 8.3</b>	Nesvařený pár .....	52
<b>Obr. 8.4</b>	Svařený pár .....	52

<b>Obr. 8.5</b>	Separáční kříž .....	52
<b>Obr. 8.6</b>	Nesprávné zapojení (rozpletení páru kabelů).....	54
<b>Obr. 8.7</b>	System se zářezovým víčkem .....	54
<b>Obr. 8.8</b>	System se zářezovou hlavou .....	54



## Seznam tabulek

<b>Tab. 1.1</b>	Volba topologie .....	13
<b>Tab. 2.1</b>	Druhy Ethernetu .....	18
<b>Tab. 3.1</b>	Vztah mezi kategoriemi a třídou v závislosti na délce kanálu .....	20
<b>Tab. 3.2</b>	Norma ČSN 50173 do roku 2002 .....	20
<b>Tab. 3.3</b>	Norma ČSN 50173 od roku 2002 .....	20
<b>Tab. 4.1</b>	Vlastnosti optických kabelů .....	24
<b>Tab. 4.2</b>	Vlastnosti optických kabelů .....	24
<b>Tab. 5.1</b>	Specifikace zapojení T568A a T568B .....	28
<b>Tab. 5.2</b>	Zapojení jednotlivých pinů .....	29
<b>Tab. 9.1</b>	Měřicí protokoly .....	59

## Úvod

V první části diplomové práce bude ukázáno jaké existují druhy topologií a technologií sítí. Každá topologie či technologie má svá pravidla, která jsou shrnuta ve standardizacích a normách. Tyto normy jsou schvalovány standardizačními organizacemi. V práci najdeme ty nejdůležitější standardizační organizace pro telekomunikace. Jsou zde také popsány jednotlivé standardy a normy.

V druhé části jsou podrobně popsány prvky strukturovaných kabeláží, metalické a optické kabely, ale také další důležité prvky kabelážního systému. Z důvodu dnes nejrozšířenější technologie, je tato práce věnována technologii Ethernet. Budou popsány možnosti a jednotlivé varianty této technologie.

Třetí část je věnována metodice měření kabelážích systémů a různým typům přístrojů, které jsou vhodné pro závěrečné měření.

Ve čtvrté části práce jsou popsány podmínky a způsoby montážních prací s ohledem na kvalitu jejich provedení. Tyto podmínky jsou rozebrány po stránce metalické kabeláže, tak i po stránce optických kabelů.

Závěr práce tvoří experimentální část, kterou tvoří simulační segmenty metalických a optických kabelů. Na těchto segmentech jsou provedena a vyhodnocena měření, respektující normy dané technologie. Měření slouží k vyhotovení měřících protokolů, jež slouží jako podklad mezi montážní firmou a odběratelem.

# 1 Úvod do strukturovaných kabelážních systémů

## 1.1 Co je to strukturovaná kabeláž

Na počátku 80. let se na trhu začali prosazovat první osobní počítače. Všichni uživatelé byli nadšeni vlastním počítačem na stole. Po chvíli však poznali, že potřebují s ostatními komunikovat. Došlo tak k prudkému rozvoji sítí.

S rozvojem komunikačních technologií, počítačových komunikací nejrůznějších typů, telekomunikačních služeb, zabezpečovací a řídicí techniky se rozvíjí a dramaticky rostou nároky na technické prostředky pro realizaci celého komplexu zmíněných služeb v budovách a objektech. Historický vývoj jednotlivých technologií vedl k tomu, že vzniklo mnoho jednocíselových, nekompatibilních a na sobě nezávislých kabelových rozvodů. Prakticky se budovala každá kabeláž specificky a bez koncepce v návaznosti na ostatních, tak aby splňovala samostatně funkci dané technologie. Toto mělo za následek použití více typu kabelů, více typu rozvaděčů, více typů zásuvek aj. tzv. "divoké drátování". Servis tolika typů kabeláže je náročnější a dražší, vyžaduje držení mnoho různých náhradních dílů, znalosti topologie jednotlivých sítí a hlavně problém stěhování techniky při organizačních změnách. To se neobešlo bez upravování, přeměrování, rozšiřování a rušení kabeláže. Vývoj dospěl k tomu, že vznikla rostoucí a neřiditelná změť vzájemně se ovlivňujících kabeláží.

Byly proto vytvořeny univerzální kabelážní systémy, jejichž základem se stal kroucený pár. Vlastnosti strukturované kabeláže jsou navrženy tak, aby po ní bylo možné přenášet celou řadu aplikací.

## 1.2 Standardizace

Komunikace mezi jednotlivými síťovými zařízeními by nebyla možná bez dodržování určitých pravidel (rozhraní, formáty zpráv apod.). Ve světě existuje několik standardizačních organizací. Ty většinou předloží definovaný problém diskusnímu fóru odborníků, postupně se přechází od návrhů ke konečnému standardu.

### Pořadí standardizace:

- proposed standard
- draft standard
- standard

### 1.2.1 Standardizační organizace pro telekomunikace

**ISO (International Organization for Standardization)** , která hraje klíčovou roli ve standardizační činnosti pro mnoho oborů, mezi nimiž jsou i komunikace. Mezi oblasti, jimiž se v oboru komunikačních technologií zabývá, je to zejména oblast fyzických rozhraní sítí, vývoj technologie ISDN, vývoj multimediálních standardů a mnoho dalších. ISO je nevládní organizace, která soustřeďuje členy zastupující asi 100 zemí.

**ETSI (European Telecommunication Standards Institute)** , který vytváří normy pro oblast telekomunikací, např. Euro-ISDN a zejména pro komunikace bezdrátové (mobilní síť GSM, technologie TETRA - TERrestrial Trunked Radio aj.). Mezi dalšími oblastmi zájmu ETSI je možno uvést také otázky bezpečnosti informace, např. standardizaci elektronického podpisu.

**ITU-T (Internation Telecommunication Union -- Telecommunication Standardization Sector)**, Dřívější název **CCITT (Committee for International Telegraph and Telephone)** je nejvýznamnější mezinárodní standardizační organizace pro oblast telekomunikací, založená již v r.1865. Nyní má statut specializovaného orgánu OSN, který sdružuje téměř 450 členů z řad výrobců a prodejců telekomunikačních technologií i dalších standardizačních organizací. Má ve standardizaci telekomunikačních technologií dominantní postavení. V rámci ITU --T jsou vytvořeny pro každou problémovou oblast pracovní skupiny, které vydávají tzv. "doporučení" (recommendations), kterých je v současnosti již více než 2000 a která jsou podle svého zaměření členěna do řad s označením A - Z.

Např. řady ITU:

- přenos dat po telefonní síti (modemy) – V.xxx (V.24, V.90, ...)
- datové sítě – X.xxx (X.25, X.21 ...)
- popis ISDN – I.xxx, Q.xxx (I.441, ...)

**IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers)** je profesní organizaci, původně založenou v USA, která se zabývá standardy pro oblast technologií síťových přenosů (viz např.specifikace IEEE 802.3 pro lokální počítačové sítě).

Standardizaci na státní úrovni zpravidla zajišťují národní standardizační organizace. Zvláštní postavení mezi nimi zaujímá bezesporu normalizační organizace USA **ANSI (American National Standards Institute)** , jejíž mnohé specifikace a dokumenty byly přijaty v celosvětovém rozsahu. Jsou to především standardy z oblasti sítí, jmenovitě standardy pro technologie FDDI, Fibre Channel, ISDN a Frame Relay. Organizace ANSI reprezentuje USA v mezinárodních standardizačních organizacích ISO a IEC.

V České republice má standardizace dlouhou tradici. Jak již bylo uvedeno, místo termínu standard se v české terminologii používá spíše termínu norma. Proto i útvar pověřený tvorbou, vydáváním a distribucí národních norem v ČR nese jméno **Český normalizační institut (ČSN)** . Jeho prioritním zaměřením v posledních letech je harmonizace s evropskými a světovými normami -- standardy. Evropské a mezinárodní normy se do soustavy ČSN (České normy) přijímají jedním ze třech možných způsobů:

- převzetím normy překladem
- převzetím normy v originále s českou předmluvou
- převzetí normy schválením k přímému používání, kdy se vydá jen dokument s národní předmluvou a oznámením, kde je norma k dispozici

Na počátku 90. let vznikl univerzální kabeláží systém pro přenos dat, hlasu a dalších služeb – „strukturovaná kabeláž“. V roce 1991 byl tento systém v USA normalizován.

### 1.3 Topologie sítí

Všechny návrhy sítě vycházejí ze tří základních topologií: sběrníková, prstencová a hvězdíková.

Pokud jsou počítače zapojeny v řadě za sebou podél jediného kabelu (segmentu), nazývá se tato topologie sběrníková. Pokud jsou počítače zapojeny ke kabelovým segmentům, které vycházejí z jediného bodu neboli rozbočovače, nazývá se tato topologie hvězdíková. Pokud jsou počítače zapojeny ke kabelu, který tvoří smyčku, nazývá se tato topologie prstencová.

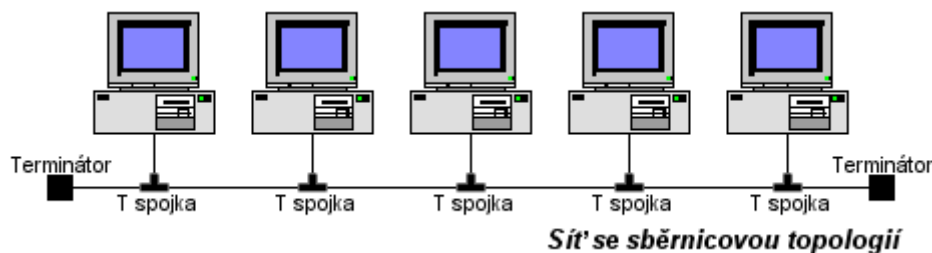
Zatímco tyto tři základní topologie jsou samy o sobě jednoduché, v praxi používané varianty často kombinují vlastnosti více než jedné topologie a mohou být složité.

Topologie	Výhody	Nevýhody
Sběrníková	Ekonomické využití kabelu. Média nejsou drahá a snadno se s nimi pracuje. Jednoduchá, spolehlivá. Snadno se rozšiřuje.	Síť může při velkém provozu zpomalit. Problémy se obtížně izolují. Porušení kabelu může ovlivnit mnoho uživatelů.
Prstencová	Rovnocenný přístup pro všechny počítače. Vyvážený výkon i při velkém počtu uživatelů.	Selhání jednoho počítače může mít dopad na zbytek sítě. Problémy se obtížně izolují. Rekonfigurace sítě přerušuje její provoz.
Hvězdicová	Snadná modifikace a přidávání nových počítačů. Centrální monitorování a správa. Selhání jednoho počítače neovlivní zbytek sítě.	Pokud selže centrální prvek, selže celá síť.

**Tab. 1.1** Volba topologie

### 1.3.1 Sběrníková topologie

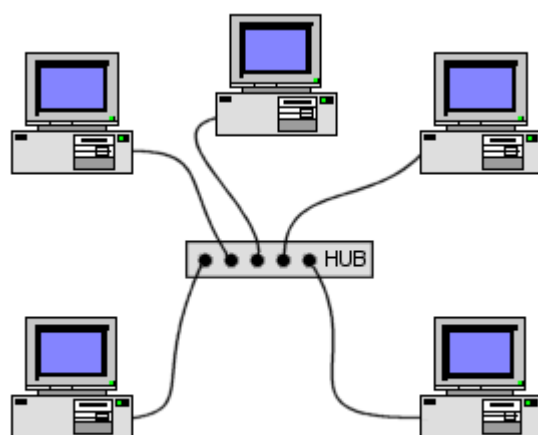
Sběrníková topologie je také známa jako lineární sběrnice. Jde o nejjednodušší způsob zapojení počítačů do sítě. Skládá se z jediného kabelu nazývaného hlavní kabel (také páteř nebo segment), který v jedné řadě propojuje všechny počítače v síti.



**Obr. 1.1** Sběrníková topologie

### 1.3.2 Hvězdicová topologie (strom)

Ve hvězdicové topologii jsou počítače propojeny pomocí kabelových segmentů k centrálnímu prvku sítě, nazývanému rozbočovač (HUB). Signály se přenáší z vysílacího počítače přes rozbočovače do všech počítačů v síti. Tato topologie pochází z počátků používání výpočetní techniky, kdy bývaly počítače připojeny k centrálnímu počítači mainframe. Mezi každými dvěma stanicemi musí existovat jen jedna cesta!



*Síť s hvězdicovou topologií*

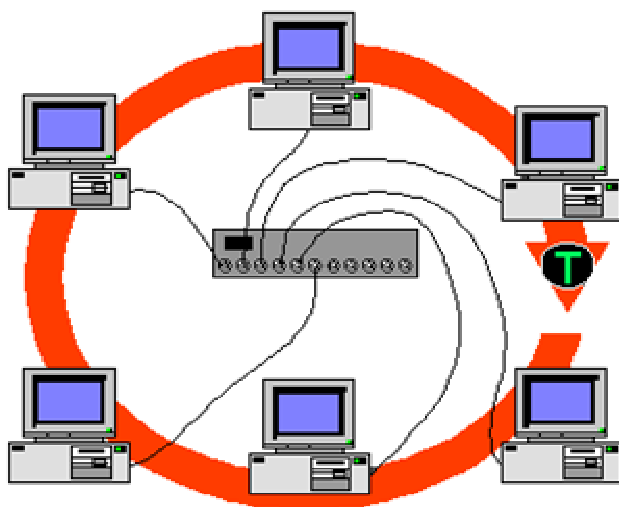
**Obr. 1.2** Hvězdicová topologie

Hvězdicová topologie nabízí centralizované zdroje a správu. Protože jsou však všechny počítače připojeny k centrálnímu bodu, vyžaduje tato topologie při instalaci velké síť velké množství kabelů. Selhání hubu ve hvězdicové topologii způsobí "spadnutí" sítě u stanic k němu připojených. Je proto vhodné ho chránit před výpadkem el. proudu zdrojem UPS.

Pokud ve hvězdicové síti selže jeden počítač nebo kabel, který ho připojuje k rozbočovači, pouze tento nefunkční počítač nebude moci posílat nebo přijímat data ze sítě. Zbývající část sítě bude i nadále fungovat normálně.

### 1.3.3 Prstencová topologie (kruh)

Prstencová topologie propojuje počítače pomocí kabelu v jediném okruhu. Neexistují žádné zakončené konce. Signál postupuje po smyčce v jednom směru a prochází všemi počítači. Narozdíl od pasivní sběrnice topologie funguje každý počítač jako opakovač, tzn. že zesiluje signál a posílá ho do dalšího počítače. Protože signál prochází všemi počítači, může mít selhání jednoho počítače dopad na celou síť.



*Síť s prstencovou topologií*

**Obr. 1.3** Prstencová topologie

### Předávání známky

Jeden způsob přenosu dat po kruhu se nazývá předávání známky. Znamka (token) se posílá z jednoho počítače na druhý, dokud se nedostane do počítače, který má data k odeslání. Vysílající počítač známku pozmění, přiřadí datům elektronickou adresu a pošle ji dál po okruhu. Data procházejí všemi počítači, dokud nenaleznou počítač s adresou, která odpovídá jim přiřazené adrese. Přijímací počítač vrátí vysílacímu počítači zprávu, že data byla přijata. Po ověření vytvoří vysílací počítač novou známku a uvolní ji do sítě.

## 2 Typy sítí dle technologie

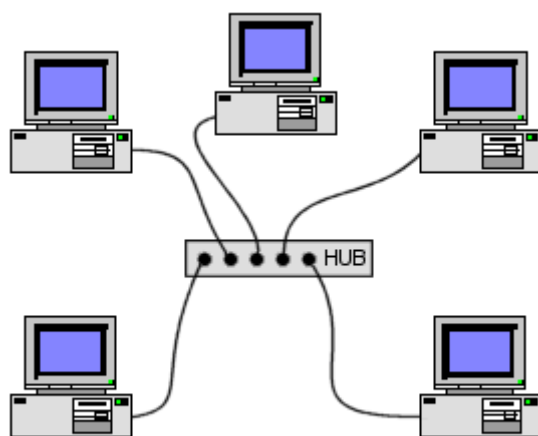
Sítě se dají rozdělit na 5 základních skupin, podle použité technologie:

- ArcNet
- Token-ring
- 100VG-AnyLAN
- FDDI
- Ethernet

### 2.1 ArcNet

Zkrácení slovního spojení "Attached Resource Computer Network" (počítačová síť s propojenými prostředky). Jedná se o počítačovou síť vyvinutou společností Datapoint Corporation roku 1977, která umožňuje propojit širokou škálu osobních počítačů a pracovních stanic. Maximální počet je 255.

Přenosovým médiem je koaxiální kabel RG-62 A/U s impedancí 93 ohmů. ArcNet ale lze provozovat i na kroucené dvoulince nebo optickém kabelu. S použitím koaxiálního kabelu je maximální délka kabelu od pracovní stanice k HUBu 610 metrů.



*Typ sítě ArcNet*

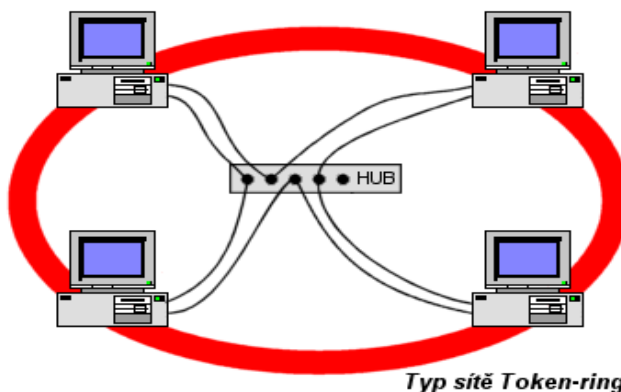
**Obr. 2.1** Typ ArcNet

Uvedená síť využívá přístupovou metodu založenou na předávání známky a má přenosovou rychlost 2,5 Mbps. Novější verze ArcNet Plus podporuje přenosovou rychlost až 20 Mbps. Maximální průměr sítě je 6,5 km. Fyzické zapojení je hvězda, ale logická komunikace je kruh.

## 2.2 Token-ring

Tato síť byla v roce 1984 představena společností IBM, jako součást řešení propojitelnosti všech tříd IBM počítačů.

Jedná se o síť s kruhovou topologií, využívá se zde přístupová metoda založená na předávání známky. Síť pracuje rychlostí 4 Mbps nebo 16 Mbps. Ačkoli je založena na kruhové topologii, síť Token-ring používá hvězdicové skupiny až osmi pracovních stanic napojených na kabelový koncentrátor (MAU - Multistation Access Unit) který je napojen na hlavní kruh. Maximální počet stanic u této sítě je až 260 na jeden koncentrátor.

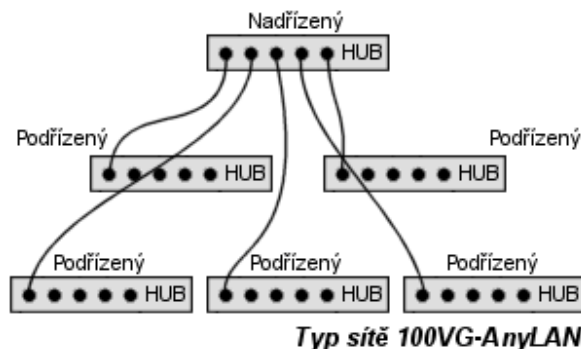


**Obr. 2.2** Typ Token-ring

Jako přenosové médium se používá stíněná nebo nestíněná kroucená dvoulinka a optický kabel. Maximální délka kabelového segmentu je 45 - 200 metrů, podle typu použitého kabelu.

## 2.3 100VG-AnyLAN

Jedná se o síť od firmy Hewlett-Packard. Rychlost této sítě je minimálně 100 Mbps. Maximální průměr sítě je 7,7 km. Maximální počet stanic není omezen, záleží na počtu HUBů. Médium je kroucená dvoulinka a optický kabel. Je zde použita bezkolizní přístupová metoda, umožňující dvě úrovně priority (nízkou a vysokou). Používají se zde jako rozbočovače HUBy. Síť lze rozšiřovat připojováním podřízených HUBů na centrální HUB. Na 7,7 km je jeden rozbočovač. Za každý druhý rozbočovač se musí odečíst 1,1 km.



**Obr. 2.3** Typ 100VG-AnyLAN

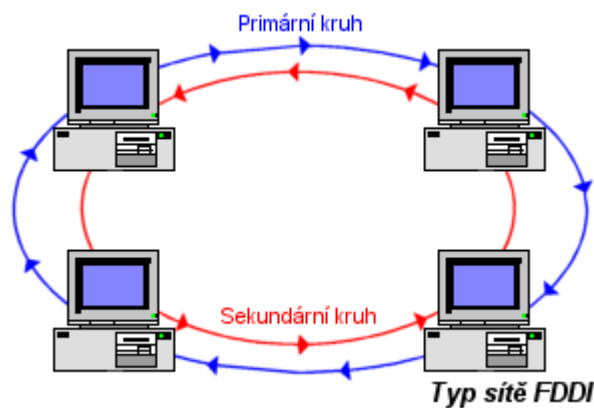
Kdyby toto řešení sítí přišlo dříve, stalo by se možná rozšířenější než Ethernet.



## 2.4 FDDI

Zkratka slovního spojení "Fiber Distributed Data Interface" (optické rozhraní pro distribuovaná data). Byla vytvořena roku 1986. A byla určena pro výkonné a nákladné počítače, kterým nedostačovala šířka pásma ve stávajících architekturách.

Rychlost přenosu je 100 Mbps používající dvojistou protisměrnou kruhovou topologii, podporující až 500 počítačů. Jeden kruh se označuje jako primární a druhý jako sekundární. Provoz většinou probíhá pouze v primárním kruhu. Pokud dojde k selhání primárního prstence, FDDI automaticky překonfiguruje síť tak, aby data probíhala v druhém kruhu, a to v opačném směru. Díky této redundanci je zajištěna vysoká spolehlivost sítě.



Obr. 2.4 Typ FDDI

Jako přístupovou metodu používá předávání známky. Síť FDDI jsou vhodné pro systémy, které požadují přenos velkých objemů informací, jako je například zpracování grafiky, animací atd. Síť FDDI používá jako médium optický kabel (vlákno). Celková délka kabelu nesmí být větší než 100 km, takže není určena pro používání v technologiích WAN. Po každých přibližně 2 km se musí použít opakovač.

Jiná varianta se nazývá CDDI. Jako médium se používá kroucená dvoulinka. Použitím měděného vodiče se však výrazně omezí možnosti přenášení dat na dálku.

## 2.5 Ethernet

Přes 80 % zasíťovaných počítačů je připojeno pomocí Ethernetu. Ethernet byl vyvinut firmou Xerox v roce 1976. Ethernet používá přístupovou metodu CSMA/CD. Má svůj typ rámců. Původně používal sběrnicovou topologii a umožňoval připojit na hlavní segmenty až 1024 počítačů a pracovních stanic. Jednotlivé stanice jsou propojeny pomocí koaxiálního kabelu, optickým kabelem či kroucenou dvoulinkou.

U Ethernetu je povinná mezirámcová mezera. Dnes rozdělujeme několik typů Ethernetu.

<b>Ethernet (spec.doc.)</b>	<b>Označení</b>	<b>Médium</b>	<b>Konektor</b>	<b>Max. délka segmentu</b>	<b>half/full duplex</b>
10Mb/s	<i>10Base-5</i>	tlustý koax. kabel	AUI	500m	half
	<i>10Base-2</i>	tenký koax. kabel	BNC	185m	half
IEEE 802.3	<i>10Base-T</i>	TP kabel	RJ-45	100m	half/full
		kategorie 3 a vyšší (2 páry)			
	<i>10Base-FL</i>	FO	ST nebo SC	2000m	half/full
100Mb/s	<i>100Base-TX</i>	TP kabel	RJ-45	100m	half/full
		kategorie 5 a vyšší (2 páry)			
IEEE 802.3u	<i>100Base-FX</i>	FO (MM)	ST, SC, MT-RJ nebo VF-45	412m/2000m	half/full
		FO (SM)	ST, SC, MT-RJ nebo VF-45	10 000m	
	<i>100Base-T4</i>	TP kabel			half
		kategorie 3 a vyšší (4 páry)			
	<i>100Base-T2</i>	TP kabel			half/full
		kategorie 3 a vyšší (2 páry)			
<b>Ethernet (spec.doc.)</b>	<b>Označení</b>	<b>Médium</b>	<b>Konektor</b>	<b>Max. délka segmentu</b>	<b>half/full duplex</b>
1Gb/s	<i>1000Base-T</i>	TP kabel	RJ-45	100m	half/full
		kategorie 5e a vyšší (4 páry)			
IEEE 802.3ab	<i>1000Base-CX</i>	STP kabel	RJ-45	25m	
		kategorie 5 a vyšší (2 páry)			
1Gb/s	<i>1000Base-SX</i>	FO (MM)	ST, SC, MT-RJ nebo VF-45	220 - 550m	half/full
IEEE 802.3z	<i>1000Base-LX</i>	FO (SM nebo MM)	ST, SC, MT-RJ nebo VF-45	3000m	half/full
10Gb/s	<i>10GBase-S</i>	FO (MM)	ST, SC, MT-RJ nebo VF-45	300m	full
IEEE 802.3ae	<i>10GBase-L</i>	FO (SM)	ST, SC, MT-RJ nebo VF-45	10 000m	
	<i>10GBase-E</i>	FO (SM)	ST, SC, MT-RJ nebo VF-45	40 000m	
	<i>10GBase-LX4</i>	FO (SM nebo MM)	ST, SC, MT-RJ nebo VF-45	300m (MM) 10 000m (SM)	
10Gb/s	<i>10GBase-CX4</i>	TP kabel	RJ-45	15m	
		kategorie 6 a vyšší (4 páry)			
IEEE 802.3ak					

**Tab. 2.1** Druhy Ethernetu

*Pozn.:* TP (Twisted Pair) – 4 páry vzájemně kroucené mezi vlastními, tak i mezi páry.  
FO (Fiber Optics) – optický kabel

Známa je už i technologie 10GBase-T, která se stala určujícím faktorem budoucího vývoje v oblasti strukturovaných kabeláží a odstartovala postupy pro zavedení a standardizaci nové výkonnostní kategorie CAT 6.

Kromě práce na přípravě normy pro CAT 6 standardizační komise zkoumaly i využitelnost existujících kabeláží CAT 5e, CAT 6 a CAT 7 pro přenos 10GBase-T s těmito výsledky:

- kabeláže CAT 5e jsou nevhodné pro přenos 10GBase-T
- nestíněné kabeláže CAT 6 jsou schopné přenosu 10GBase-T maximálně do 55m
- stíněné kabeláže CAT 6 mohou vyhovovat přenosu 10GBase-T až do vzdálenosti 100m
- stíněné kabeláže CAT 7 s určitostí vyhovují přenosu 10GBase-T na vzdálenost 100m

### **3 Mezinárodní standardy a normy**

#### **ANSI/EIA/TIA-568 (1991)**

První standard pro telekomunikační rozvody v administrativních budovách. Originální dokument společně s TSB-40 a TSB -36 specifikuje základní přenosové požadavky kategorií 3, 4 a 5. Většina parametrů byla založena na kabelážním systému Systemax firmy AT&T.

#### **ISO/IEC 11801, EN 50173 1995 do CAT 5 (Třída D)**

- definice generické kabeláže pro pět tříd vedení:

- vedení třídy A: specifikováno do 100 kHz
- vedení třídy B: specifikováno do 1 MHz
- vedení třídy C: specifikováno do 16 MHz
- vedení třídy D: specifikováno do 100 MHz

#### **ISO/IEC 11801, EN50173 2000 CAT 5E (Třída D+)**

V důsledku rychlého rozvoje nových vysokorychlostních protokolů jako např. Gigabit Ethernetu si klademe otázku, jak kvalitní kabeláž bude pro tyto aplikace potřeba. Ačkoli Gigabit Ethernet (1000Base-T) byl vyvíjen s cílem využít stávající CAT 5, je nutné znovu testovat stávající nainstalované sítě CAT 5 za účelem zjištění dalších potřebných parametrů a to ELFEXT, Return Loss, Delay Skew. Z toho důvodu byly v roce 2000 standardy doplněny o novou specifikaci dalších parametrů pro CAT 5. Vzniklá kategorie je nazývána CAT 5E.

#### **ISO/IEC 11801, EN 50173: second edition CAT 6 (Třída E)**

Očekávaná norma pro CAT 6 byla v červnu roku 2002 schválena. Tato kategorie je proměřována až do 250 MHz. Testované parametry jsou shodné s CAT 5E. Vymezuje ztráty způsobené mj. přeslechy (near-end crosstalk, NEXT; equal level far-end crosstalk, ELFEXT) a zpoždění pro čtyřpárový kabel. Pracovní rozsah je 200 MHz.

Typ kabelu	Třída A	Třída B	Třída C	Třída D	Třída D+	Třída E
CAT 3	2km	200m	100m	-	-	-
CAT 4	3km	260m	150m	-	-	-
CAT 5	3km	260m	160m	100m	-	-
CAT 5E	3km	260m	160m	100m	100m	-
CAT 6	3km	260m	160m	100m	100m	100m

**Tab. 3.1** Vztah mezi kategoriemi a třídou v závislosti na délce kanálu

Délka kanálu je včetně připojovacích kabelů, jejichž maximální délka je 10m.

**V současné době se také pracuje na CAT 7 (Třída F).**

Není dosud schválena. Při použití CAT 7 se předpokládají radikálnější změny ve strukturovaných kabelážích.

Pro přehlednost udávám tabulku kategorií a tříd

Kategorie	Třída	Přenášená frekvence	Typická aplikace	Přenášená data	Pracovní kmitočet
3	C	16 MHz	10 Base T	10 Mbit/s	10 MHz
4					
5	D	100 MHz	100 Base Tx	100 Mbit/s	31,25 MHz
5e	D+	100 MHz	1 Gbit	1000 Mbit/s	vícetavová modulace využití všech párů Full Duplex

**Tab. 3.2** Norma ČSN 50173 do roku 2002

Kategorie	Třída	Přenášená frekvence - pracovní/testovací	Typická aplikace	Přenášená data	Pracovní kmitočet
5	D	100 MHz / 100 MHz	1 Gbit	1000 Mbit/s	68 MHz
6	E	200 MHz / 250 MHz	není součástí stand.balíku EIA TIA, zatím jen americká specifikace		
7	F	600 MHz / 750 MHz	nelze reálně měřit - velmi drahé měřicí přístroje		
8	G	1,26 GHz / 1,5 GHz	pracuje se na ní, je určena pro domácí použití		

**Tab. 3.3** Norma ČSN 50173 od roku 2002

*V případě kabeláže kategorie 5E a třídy vedení Class D, je 1Gb/s již limitní rychlostí a pro 10GBase-T se s nimi nepočítá.*

Poslední aktualizace norem EN50173 a ISO 11801 také definují kabeláž kategorie 7, resp. třídu vedení Class F, která nabízí pracovní frekvenci 600MHz. Ve standardech je definována tato kategorie/třída pouze, jako stíněná varianta a to jen pro kabel s dvojitým stíněním (tzv. PiMF stínění), tj. stínění každého páru zvlášť, se společným opletem všech čtyřech párů.

Standardy jsou uvedeny pouze pro kabel a neobsahují specifikaci pro spojovací hardware, tj. Patch panely, zásuvky, konektory.

Novým stupněm vývoje v oblasti metalické kabeláže je tzv. 10 Gigabit Ethernet , s označením 10GE. Standardy jsou definovány normou 802.3an z roku 2006, která specifikuje protokol 10GBase-T po měděných kabelech, na plnou vzdálenost 100metrů.

Stávající rozdělení strukturované kabeláže z roku 2002 pro kategorie 5E, 6 a 7, pro síť nové generace již nepostačí. Jak již bylo uvedeno kabeláž 5E nevyhovuje, kabeláž kategorie 6 pro plnou délku 100m, ve většině případů také není dostatečná. Proto vzniká nová kategorie (třída) vedení s označením kategorie 6A (Class EA), která bude definována pro šířku pásma do 500MHz. Tyto nové kabelážní systémy by měly být schopny zajistit provoz v plné instalační vzdálenosti 100metrů a to jak na nestíněné, tak stíněné kabeláži. Nejlepších vlastností však bude možné dosáhnout na kabeláži stíněné.

*Definitivní schválení nové kategorie 6A/ třídy vedení Class EA, se předpokládá v roce 2008.*

Vysokorychlostní protokol 10GE, provozovaný po metalické kabeláži, tak ještě ve větší míře bude klást nároky na správný výběr kabelů a dalších síťových komponent a bude vhodné volit ucelené kabelážní systémy, před hybridní systémy, několika výrobců a spolu s tím vyšší nároky na návrh, řešení topologie, výše uvedených kabelových a v neposlední řadě na správnou, odbornou instalaci kabeláže, vč. zapojování.

Dříve, než bude nová technologie 10Gbitového Ethernetu plně vyvinuta i pro nestíněné metalické kabeláže a dosaženo plnohodnotných parametrů, především pro Alien Crosstalk (hodnota cizího přeslechu), je zapotřebí zvládnout správný návrh topologie, výběr síťových komponent a provést správnou instalaci strukturované kabeláže, v současnosti nepoužívanější kategorie 5E, resp. kategorie 6.

## 4 Kabely TP a FO

Rozdělení na metalické a optické kabely.

### 4.1 Metalické kabely:

Metalický kabel je 4-párový kroucený kabel (drát), jednotlivé vodiče jsou z měděného drátu, izolace polyethylen, vnější obal PVC. Pro jednodušší manipulaci je kabel v délce 305 m balen do papírového boxu. V ČR stejně jako v USA je nejrozšířenější nestíněná verze kabeláže (UTP), v německy mluvících zemích verze stíněná (FTP).

#### 4.1.1 Druhy metalické kabeláže:

*obecný TP* (Twisted Pair) – 4 páry vzájemně kroucené mezi vlastními vodiči, tak i mezi páry  
*UTP* (Unshilded Twisted Pair) nestíněný TP kabel

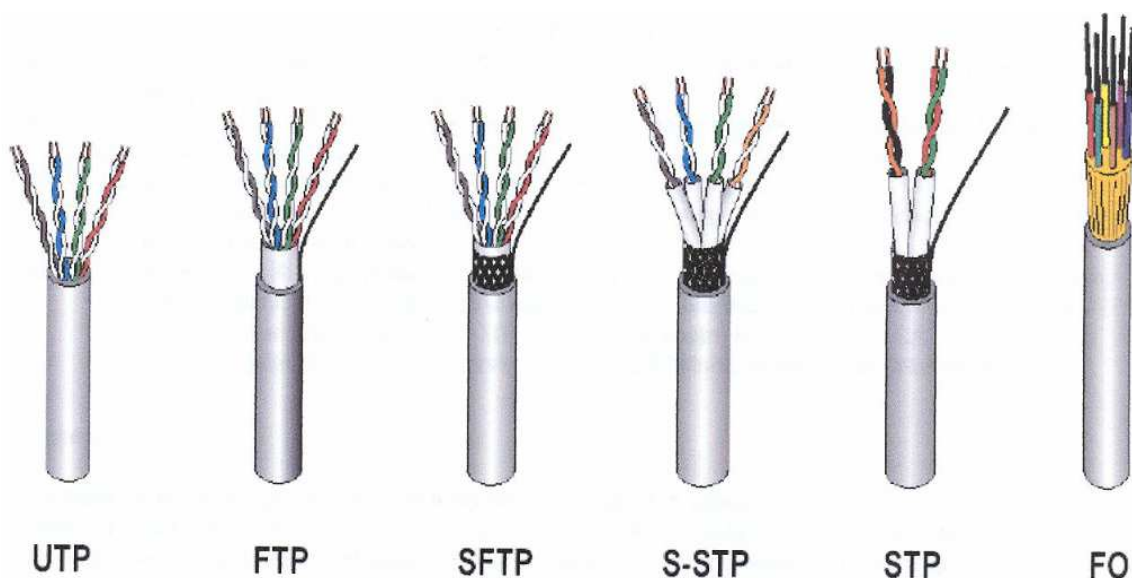
*FTP* (Foiled Twisted Pair) – stíněný TP kabel fólií . ochrana proti rušení vysokých frekvencí

*S-FTP* (Shilded Foiled Twisted Pair) – stíněný TP kabel fólií i opletením – ochrana pro rušení vysokých (fólie) i nízkých (opletení) frekvencí

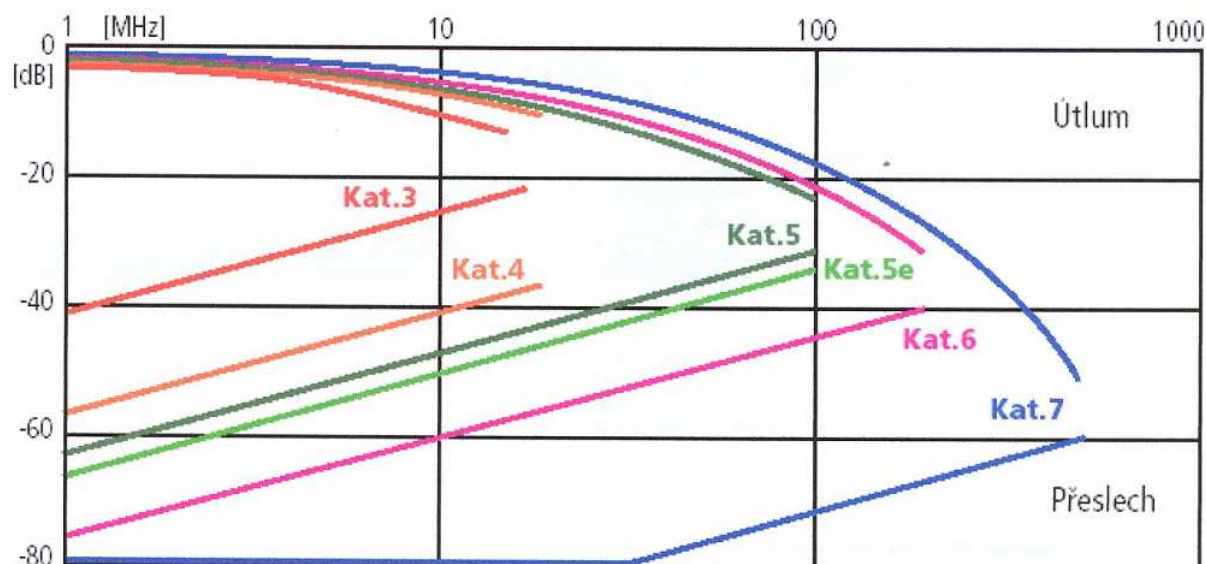
*S-STP* – stíněný TP kabel. Fólií stíněn každý pár, opletením celý kabel.

*STP* (Shilded Twisted Pair) – stíněný 2-párový kabel (IBM kabel). Fólií stíněn každý pár, opletením celý kabel.

Dnešním nejpoužívanějším kabelážím systémem je kabeláž kategorie 5e (optimalizován pro Gigabitový Ethernet 1000Base-T na vzdálenost Ethernetu – 100m. Přenos je obousměrný po všech 4 párech při šířce přenosového pásma 100 MHz).



Obr. 4.1 Metalické kabely

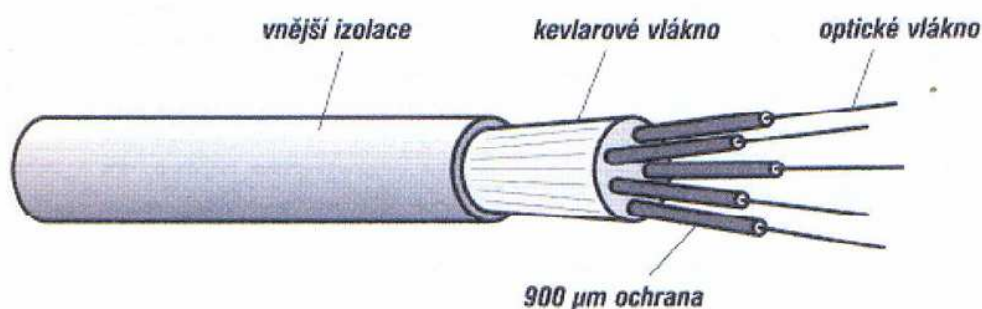


Obr. 4.2 Klasifikace metalických kabelů

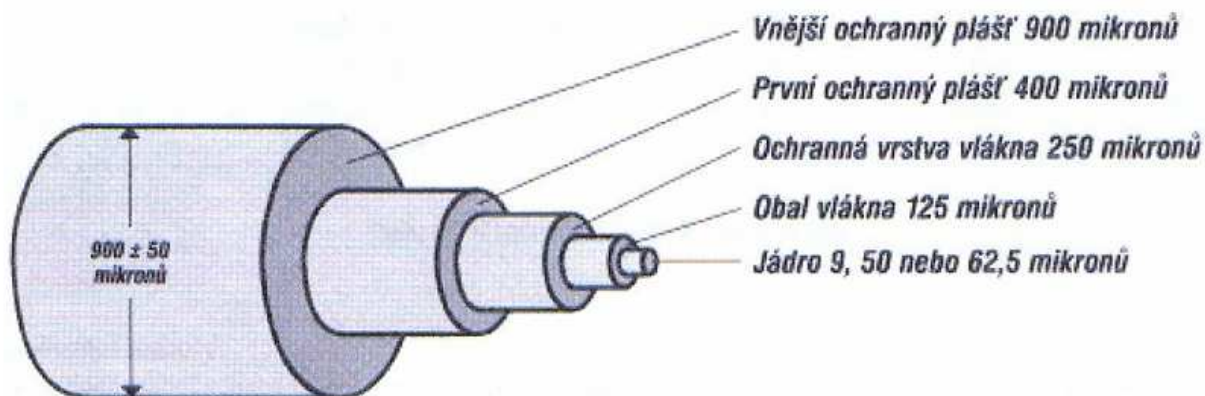
#### 4.2 Optické kabely:

Pro instalaci optických segmentů lze využít několik typů optických kabelů

- 1) vlákna s těsnou sekundární ochranou – vlákna s ochranou 900  $\mu\text{m}$  volně ložena v plášti kabelu
- 2) s vlákny s volnou sekundární ochranou – vlákna s ochranou 250  $\mu\text{m}$  uložena v trubičce s gelem chránícím vlákna proti poškození a vniknutí vlhkosti:
  - petrolejový gel (nebezpečí při požáru – možnost šíření ohně uvnitř kabelu)
  - silikonový gel
- 3) podle prostředí, ve kterém jsou použity:
  - vnitřní (instalace uvnitř budov)
  - univerzální (venkovní a vnitřní instalace)
  - venkovní (venkovní instalace)
  - speciální (různé ochranné izolace) např. proti agresivnímu prostředí, hlodavcům atd.)
- 4) mnohovidové do 2 km
  - 62,5/125  $\mu\text{m}$
  - 50/125  $\mu\text{m}$
- 5) jednovidové pro vzdálenosti vyšší jak 2 km
  - 9/125  $\mu\text{m}$



Obr. 4.3 Univerzální optický kabel



Obr. 4.4 Podrobnější zobrazení optického vlákna

<i>počet vláken</i>	<b>4</b>	<b>6</b>	<b>8</b>	<b>12</b>	<b>24</b>	<b>48</b>
<i>průměr kabelu [mm]</i>	4,9	5,7	7,5	11,2	18,4	21,4
<i>váha kabelu [Kg/Km]</i>	25	35	65	95	282	387
<i>min. poloměr ohybu na krátkou dobu [mm]</i>	98	114	150	224	276	321
<i>min. poloměr ohybu dlouhodobě [mm]</i>	49	57	75	112	184	214
<i>krátkodobá pevnost v tahu [N]</i>	1500	1500	1500	1500	1500	1500
<i>dlouhodobá pevnost v tahu [N]</i>	900	900	900	900	900	900
<i>počet opakovaných ohnutí</i>	300	300	300	300	300	300

Tab. 4.1 Vlastnosti optických kabelů

		<i>max. útlum [dB/Km]</i>		<i>min. šířka pásma [MHz/Km]</i>	
		850 m	1300 m	850 m	1300 m
<i>50/125 m Multimode</i>	standard	3,5	1,2	400	600
	premium	3,2	1	600	1200
	patch cord	3,5	1,2	150	200
<i>62.5/125 m Multimode</i>	standard	3,5	1,5	200	600
	premium	3,5	1	300	1000
	patch cord	3,5	1,5	150	200

Tab. 4.2 Vlastnosti optických kabelů

#### 4.2.1 Optické propojovací kabely

Optické propojovací kabely jsou určeny pro připojení aktivního zařízení (HUB, media konvertor, pracovní stanice) s pasivním (optickým rozvaděč, optická vana). Ve většině případů se používá tzv. duplexní propojovací kabel. V optických kabelážích se používá i tzv. simplexní (single) kabel pro připojování např. kamerových systémů, průmyslové televize. Dalším typem je tzv. pigtail (optický konektor zakončen na optickém vlákně) pro ukončování kabelů pomocí sváření, lepení, dnes i zakrmpování (technologie AMP).



## 4.2.2 Optické konektory

Optické konektory se v optickém kabelážím systému používají k zakončení optických vláken a výrobě optických propojovacích kabelů. Nejznámější jsou konektory typu ST s bajonetovým zámkem. Dalším typem konektorů je typ SC. Pokud je kabelážní systém určen pro telekomunikační rozvody lze použít konektory dle aktivního zařízení a to typ FC/PC nebo E2000.

Z důvodu úspory místa v Patch panelu ve velikosti 1U byly vyvinuty nové typy konektorů a to LC a MTRJ.



Obr. 4.5 Konektor FC/PC



Obr. 4.6 Konektor ST



Obr. 4.7 Konektor SC



Obr. 4.8 Konektor E2000



Obr. 4.9 Konektor MTRJ



Obr. 4.10 Konektor LC

## 4.2.3 Optické vany

Na zakončování optických kabelů jsou navrženy dvě řady komponent. Optické nástěnné rozvaděče pro čtyři a více vláken j jednoduchou instalací na zeď pro místa, kde není potřeba datového rozvaděče. Pokud je instalována metalická kabeláž nebo optická kabeláž či optická páteř lze využít tzv. optických van pro 12 a více vláken. Přední panel může být pro různé typy opt. konektorů .

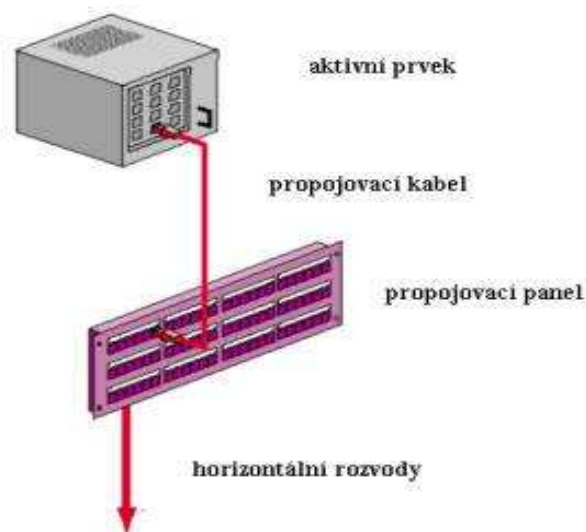
## 5 Další prvky kabelážního systému

### 5.1 Patch kabely

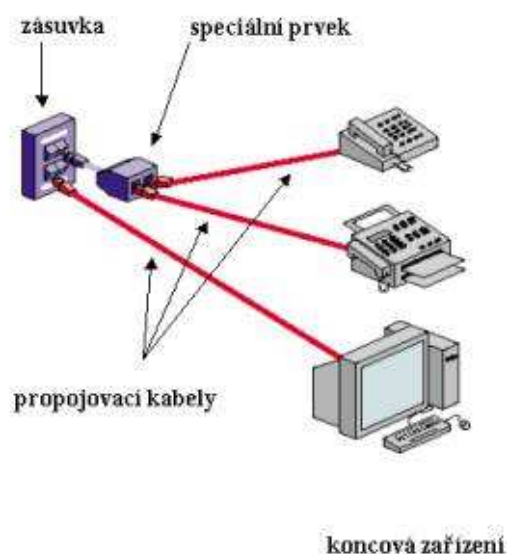
Jsou to propojovací kabely, které se používají jak v datových centrech u Patch panelů, tak v pracovní oblasti na připojení pracovních stanic. Standardní propojovací kabely jsou na obou koncích osazené konektory RJ45. Pro spojování koncových stanic s aktivními prvky se používají kabely průchozí, zapojené 1:1. Pro vzájemné propojování dvou koncových uzlů nebo dvou aktivních prvků stejného logického typu (DTE-DTE nebo DCE-DCE), musíme zajistit spojení signálu, vysílaného jedním zařízením, s přijímacím členem zařízení druhého. To znamená, že, musíme vyrobit křížený kabel.

Pokud jde o propojovací kabely u rozváděcích panelů v datových centrech, liší se podle účelu propojení. Jde-li o spojení dvou panelů, oba konce kabelu mají speciální konektor pro příslušný počet párů. Jde-li o propojení panelu s aktivním prvkem, jeden konec má ukončení RJ45 a druhý má speciální konektor.

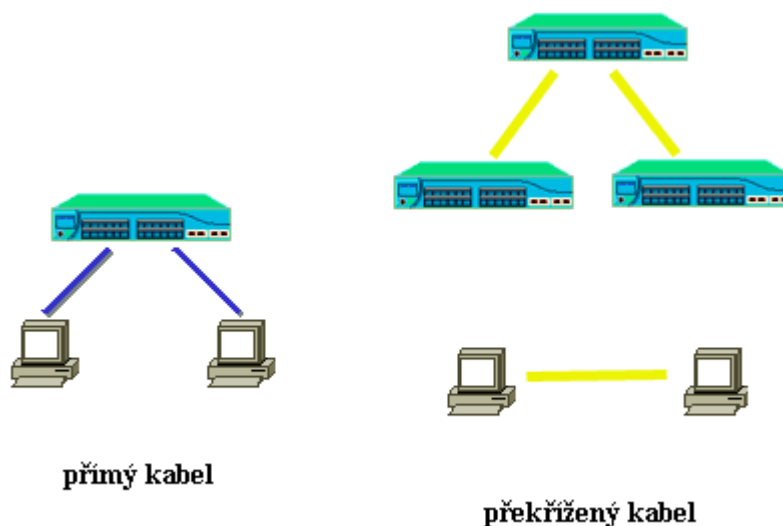
Na následujících obrázcích je vidět rozdíl v použití jednotlivých typů propojovacích kabelů.



**Obr. 5.1** Rozváděcí panely v datových centrech



**Obr. 5.2** Připojení pracovních stanic



**Obr. 5.3** Použití přímého a překříženého kabelu

Pozn.: většinou přepínače mají nejméně jeden port s funkcí (často automatickou) MDI/MDI-X. To umožňuje snadné propojování s dalšími přepínači nebo rozbočovači bez nutnosti použití křížených kabelů nebo speciálních portů. Jinou možností je častý tzv. Uplink port, jeden vyhrazený port pro využití vzájemného propojení s dalším aktivním prvkem za použití přímého kabelu.

## 5.2 Modulární konektory CAT 3, CAT 4

Jsou určeny pro telefonní účely. CAT3 má krytí kontaktů zlatem 15  $\mu\text{m}$ . CAT 4 má krytí zlatem 30  $\mu\text{m}$

## 5.3 Modulární konektory CAT 5, CAT 5E

Konektor má označení RJ45, mají vyšší krytí zlatem – 50  $\mu\text{m}$  a i konstrukčně jsou uzpůsobeny tak, aby bylo zajištěno bezchybné spojení mezi zlaceným kontaktem a vodičem.



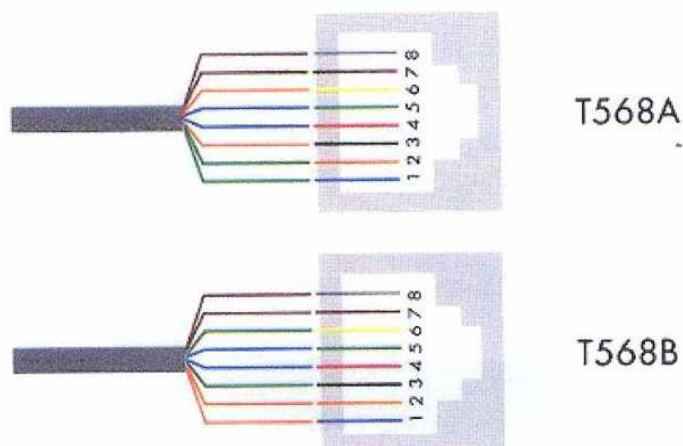
Obr. 5.4 Modulární konektor – nestíněný



Obr. 5.5 Ochrana na modulární konektor

T568A	T568B
1. bílo-zelené	1. bílo-oranžová
2. zelená	2. oranžová
3. bílo-oranžová	3. bílo-zelená
4. modrá	4. modrá
5. bílo-modrá	5. bílo-modrá
6. oranžová	6. zelená
7. bílo-hnědá	7. bílo-hnědá
8. hnědá	8. hnědá

Tab. 5.1 Specifikace zapojení T568A a T568B



Obr. 5.6 Zapojení T568A a T568B

### 5.3.1 Použití pinů konektoru RJ45

Na obr. 5.6 je vidět zapojení datového portu podle specifikace 568-B. Specifikace 568-A se liší v tom, že má zaměněnou zelenou barvu s oranžovou. Základní informací je tedy to, že na konektoru nejsou jednotlivé páry zapojeny postupně, ale stylem 1-2, 3-6, 4-5 a 7-8. Jednotlivé technologie pak mají specifikované páry, které používají.

Technologie	pinů 1-2	pinů 3-6	pinů 4-5	pinů 7-8
10BASE-T (802-3)	TX	RX	—	—
100BASE-TX (802.3u)	TX	RX	—	—
100BASE-T4 (802.3u)	TX	RX	Bi	Bi
1000BASE-T	Bi	Bi	Bi	Bi

\* TX = vysílání (Transmit)  
RX = přijímání (Receive)  
Bi = obousměrný (bi-directional)

**Tab. 5.2** Zapojení jednotlivých pinů

### 5.4 Patch panely 19“

Patch panely jsou osazeny speciálně konstruovanými zásuvkovými bloky. Všechny Patch panely mají standardně rozteč uchycování otvorů 19“. Pro lepší orientaci jsou vyráběny v různém barevném provedení. Na svorkovnice lze použít zařezávací nástroj.

#### 5.4.1 Modulární Patch panel 19“

Patch panely jsou neosazené, lze je osadit přímo keystonem s využitím barevných rámečků a zvýšit tím tak přehlednost panelu nebo kombinovat různá připojení v rámci jednoho panelu. Neosazený Patch panel může být pro 16, 24, 32, 48 pozic.



**Obr. 5.7** Modulární Patch panel

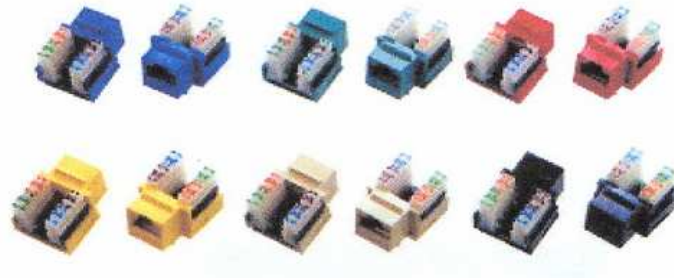
Osazovací rámečky pro skládaný Patch panel se vyrábí v těchto variantách: záslepka, rámeček pro keystone, rámeček pro keystone s popiskou, rámeček pro BNC konektor, rámeček pro ST konektor a rámeček pro F konektor.



**Obr. 5.8** Osazovací rámečky

## 5.5 Keyston zařezávací

Zásuvky typu keystone jsou vyrobeny z ABS v široké škále barev. Kontakty jsou z fosforbronzu, zlaceny 50  $\mu\text{m}$  zlata na vrstvě 100  $\mu\text{m}$  niklu. Vodiče se připojují do zářezových kontaktů.



Obr. 5.9 Keystone zařezávací

## 5.6 Keystone samořezný

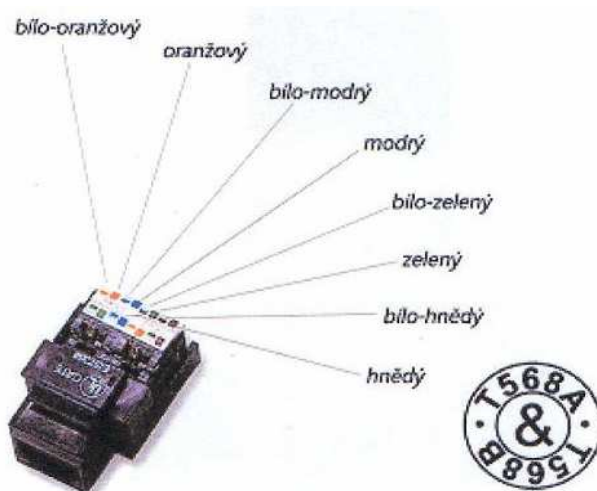
Tyto keystoney mají stejné složení jako keystoney zařezávací. K zaříznutí není potřeba žádného nástroje. Proti náhodnému uvolnění zařezávací příklopky se ještě jistí západkou.



Obr. 5.10 Keystone samořezný



Obr. 5.11 Varianty provedení keystone



**Obr. 5.12** Zapojení vodičů v Keystone

## 5.7 Datové rozvaděče

### 5.7.1 Nástěnný datový rozvaděč

Nástěnný rozvaděč je určený pro instalace strukturovaných kabelážích systémů menšího rozsahu. Typickým znakem jsou pomocné odvětrávací otvory. Konstrukce umožňuje jeho přichycení na stěnu, s možností točení o 180° vertikálně, případně jeho postavení na pevnou oporu. Rozvaděč je tvořen samostatnou samonosnou konstrukcí. Do této konstrukce jsou na dvou pantech zasazeny dveře se zámkem. Větrací otvory zabezpečují snadné odvětrávání v případě instalace aktivních prvků nebo jiných prvků s vyšší výhřevností. Vstup pro kabely je řešen v horní a dolní části rozvaděče, dále v zadní části.

### 5.7.2 Stojanový datový rozvaděč

Stojanová rozvaděčová datová skříň je zařízení určené pro instalaci prvků datových a telekomunikačních rozvodů. Konstrukce rozvaděče umožňuje spojení dvou a více skříní do jednoho kompaktního celku. Dveře rozvaděče jsou skleněné, je v nich použito kouřové bezpečnostní sklo. Jsou možné i celoplechové dveře. Bočnice i zadní část rozvaděče jsou snadno odnímatelné, zabezpečeny mohou být buď zámkem nebo uzavíráním zevnitř. Vstup pro kabely je řešen zadním dolním posuvným otvorem s těsnící pěnou. Volitelně je možno řešit vstup kabeláže také dnem nebo stropem. Všechny stojanové rozvaděče jsou dodávány se čtyřmi pozinkovanými 19“ lištami.

### 5.7.3 Police pro 19“ rozvaděče

S uchycením na přední lišty nebo na všechny čtyři lišty a to pevné nebo pojezdové, v různých hloubkách a různých způsobech uchycení. Použití pro uložení aktivních prvků a dalších prvků bez vlastního uchycení do 19“ rámu, výsuvných polic pro klávesnici, uložení záložních zdrojů apod. Nosnost se pohybuje dle způsobu uchycení a hloubky police, od 15 kg až do 60 kg.

## 5.8 Instalační nářadí

Součástí kabelážního systému je i řada instalačního nářadí, které pomůže při práci.



Obr. 5.13 Kleště super 4p4c, 6p6c, 8p8c AMP, 10p10c



Obr. 5.14 Boxer pro panely

## 6 Metodika měření kabelážního systému

### 6.1 Měření kabeláží dle norem EN 50173

Přenosy dat na síti 100 Mb/s a vyšší kladou zvýšené požadavky na kvalitu kabelážích systémů. Jedinou cestou, jak zjistit, aby kabeláž splňovala požadavky kladené na síť s vysokou přenosovou rychlostí a splňovala požadavky CAT 5E, případně CAT 6 je přesné měření důležitých parametrů.

Měření kabeláže se provádí specializovaným zařízením, které je schopno měřit poměrně značné množství parametrů z nichž je zřejmá kvalita systému. Výrobci měřících zařízení je poměrně široká škála viz. kap. Výrobci měřících přístrojů.

#### 6.1.1 První norma TSB 67 pro CAT 5 požadovala měření následujících parametrů:

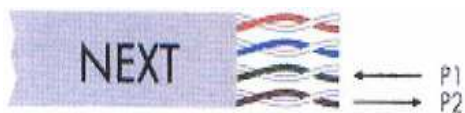
##### *Wire map, délka, útlum, NEXT*

Wire map, mapa zapojení – detekuje správné zapojení jednotlivých vodičů v konektoru, je schopna odhalit zkrat, či chybějící vodič.

Length, délka – určuje délku segmentu, který je testován.

Hodnota NEXT neboli přeslech na blízkém konci určuje, kolik rušivého signálu se dostává do měřeného páru z ostatních.

Jedná se tedy vlastně o útlum přeslechu. NEXT by měl být co největší.





Útlum udává poměr mezi výkonem vstupního signálu vstupujícího do vodiče a výkonem na jeho konci. Útlum by měl být co nejmenší.

ACR je rozdíl mezi NEXT a útlumem  $ACR [dB] = NEXT [dB] - Útlum [dB]$ .

Čím vyšší frekvence, tím je ACR nižší (NEXT klesá, útlum roste). Minimální hodnota ACR, kdy je kabeláž provozuschopná je 10 dB.



### Testování linek Enhanced CAT 5 a CAT 6

Původní norma EN 50173: 1995 předpokládala využití pouze 2 párů strukturované kabeláže. Zbylé byly určeny jako rezerva pro budoucí aplikace. Dnešní nejrychlejší aplikace skutečně využívají již všechny 4 páry. Ukázalo se však, že pro použití vícepárových aplikací je třeba testovat na kabeláži další parametry.

Tyto parametry byly popsány a definovány ve verzi EN 50173: 2000 pro CAT 5E. V nejnovějším vydání normy EN 50173: second edition byla tato norma rozšířena pouze o CAT 6, pro kterou se dané parametry testují do 250 MHz.

#### 6.1.2 Přehled doplněných parametrů pro CAT 5E, CAT 6:



NEXT podle definice TIA TSB-67 je míra signálu přecházejícího z jednoho páru do druhého v čtyřpárovém kabelu. TSB-67 vyžaduje měření všech kombinací párů. Vycházelo se z předpokladu, že vždy budou využity maximálně 2 páry. **Power Sum NEXT** je metoda, kdy se do tří párů vysílá signál a na čtvrtém měříme přeslech.

#### Delay Skew/Propagation Delay – rozdíl zpoždění

Zpoždění je čas, za který je elektrický signál přenesen z jedné strany vedení na druhou. Pro paralelní přenosy je nutné, aby signál ve dvou či více párech měl stejné zpoždění. Toto měří rozdíl dopravního zpoždění.

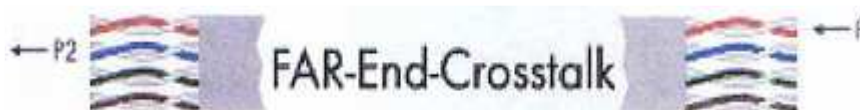


#### Return Loss – ztráta při návratu

Return Loss [dB] je měření, které určuje konzistenci impedance v kabelu. Pokud je v kabelu impedanční nehomogenita, dojde zde k odrazu signálu a k jeho šíření zpět. Toto může způsobit vznik nežádoucího echa, šumu či může dojít k interferenci s původním signálem.

**Far End Crosstalk** – přeslech na vzdáleném konci

Měření přeslechu na vzdáleném konci je velmi podobné měření přeslechu na konci blízkém, pouze měření probíhá na opačné straně než je vysílač.

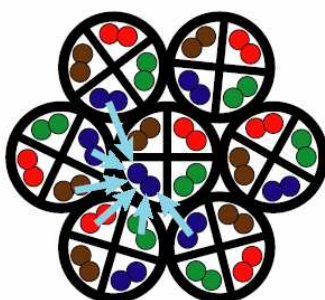


Porovnáním FEXT a útlumu získáme parametr nazvaný **Equal Level Far End Crosstalk** nebo **FLFEXT**.

**Alien Crosstalk** – cizí přeslech

Jedná se o nový parametr, který je zaveden z důvodu certifikování nainstalované kabeláže pro 10GBASE-T.

Je naprosto stejný jev, jako je parametr Far End Crosstalk či NEXT, přeslech zde vznikl vazbou mezi páry drátů sousedních kabelů. Jde tedy o přeslech mezi kabely.



## 6.2 Podrobnější vysvětlení některých pojmů:

**Útlum** (attenuation) je ztráta síly signálu způsobená např. překročením maximální doporučené délky. Útlum může být ovlivněn kvalitou materiálu a podmínkami instalace kabelu. Určitý útlum je však nevyhnutelný neboť je způsoben odporem materiálu. Útlum se vyskytuje jak u metalických, tak i u optických kabelů; tam může být minimalizován vlnovou délkou a barvou světla a stejně jako u metaliky materiálem (dnes se používají kromě skleněných i plastová vlákna). Útlum je vlastností i bezdrátových (mikrovlnných) přenosů. Zde je závislý na atmosférických podmínkách. Řešením útlumu je kromě výběru materiálu použití opakovačů (pro metaliku, optiku i bezdrátové spojení).

**Odráz** (reflection) vzniká když elektrický, optický nebo bezdrátový signál narazí na nějaké porušení kontinuity. Tím může být např. ukončení kabelu konektorem, vada materiálu, apod. Odráz se vyskytuje i u bezdrátových spojení když signál narazí na jinou vrstvu atmosféry. Při přechodu do jiného prostředí dochází k odrazu části energie. Pokud je množství energie dostatečně vysoké, může dojít ke zmatení dvojúrovňového systému komunikací. Při pečlivém výběru komponent s odpovídající impedancí by odraz neměl být problémem. Jako příklad si uveďme alespoň jeden zářný příklad poruchy sítě odrazem – jde o chybějící terminátor na konci koaxiálního kabelu.

**Šum** (noise) je energie (elektrická, optická nebo elektromagnetická), která se nechtěně nabalila na originální signál. Žádný signál není bez šumu, jde pouze o to udržet přijatelnou úroveň poměru signálu vůči šumu. Příliš vysoká úroveň šumu může změnit úroveň signálu a tím i její interpretaci, což poruší přenášenou informaci. Zdrojů šumu je poměrně vysoké množství, pokusíme si některé z nich popsat.

1. Pokud je původcem elektrického šumu signál na jiných drátech v rámci jednoho kabelu, pak je tento šum nazýván přeslech (*Crosstalk*). Pokud jsou dva dráty blízko sebe a nejsou zkrouceny do sebe (twistovány), energie jimi protékající se vzájemně indukuje do druhého. To může způsobit šum patrný na obou koncích kabelu. Tento typ šumu se nazývá near-end crosstalk – *NEXT*. Může být ovlivněn ukončením kabelu (špatná kvalita osazení konektoru nebo split pair) a porušením twistování kabelu (způsobeným např. velkou silou při zatahování, ostrým ohybem apod.).

2. Šum způsobený střídavým napětím a problémy s uzemněním je poměrně složitým problémem počítačových sítí. Jeho vliv je ovlivňován kvalitou uzemnění. Referenční signálová zem je totiž na šasi počítače propojena se zemí napájení. Zemnicí vodič napájení se chová (v souladu s ostatními dráty) jako anténa a čím je delší, tím větší je interference s okolními vlivy.

3. **EMI/RFI** – (EMI – electromagnetic interference; RFI – radio frequency interference) jsou šумы v signálu způsobené externími vlivy jako jsou blesky, elektromotory nebo rádiové systémy. Každý drát v kabelu se totiž chová jako anténa a kromě absorpce elektrických signálů od okolních drátů v kabelu (*crosstalk*), absorbuje i signály z vnějších zdrojů. Cest jak minimalizovat vliv EMI/RFI je několik. Tou nejlevnější je vybrat kvalitní kabely a dodržet doporučené vzdálenosti a postupy instalace. Dále jsou implementovány technologie pro předcházení (zabránění) vlivu EMI/RFI. Jsou nazývané shielding (stínění) a cancelation (potlačení). Obě jsou diskutovány v sekci věnované rozdílům mezi stíněnými a nestíněnými kabely.

## 6.3 Metody měření optické kabeláže

### 6.3.1 Přímá metoda

Měříme optický kabel - přímou metodou útlum a stav na jednom vláknu při vlnové délce 850 a 1310 nm - mnohovidový kabel 50 a 62,5/125  $\mu\text{m}$ , při vlnové délce 1310 a 1550 nm - jednovidový kabel 9/125  $\mu\text{m}$ .

Základem měření přímou metodou je porovnání změřené úrovně signálu na začátku a konci měřeného vlákna. Na jednom konci připojíme kalibrovaný zdroj optického záření s danou vlnovou délkou a na druhém konci přijímač s měřícím přístrojem. Každé vlákno má vzhledem ke své délce tzv. měrný útlum. Ten je dán výrobcem optického kabelu a měl by být stejný u všech výrobců pro daný profil vlákna. Výrobce jej uvádí v katalogových listech. Uvádí se v dB na km. Dále se přičte k *měrnému útlumu* na trase *útlum trasy* (různé mikro a makro ohyby, kvalita svarů v trase, kvalita lepeného konektoru na koncích a v průběhu trasy). Výsledek měření je změřený signál utlumený útlumem měřené trasy. Aktivní prvky, které budou pracovat na dané trase, mají tzv. překlenutelný útlum - budou kvalitně fungovat na trase, která má hodnotu útlumu menší než je hodnota překlenutelného útlumu. Z tohoto důvodu měříme útlum trasy, abychom stanovili její kvalitu a rezervu. Tato metoda stanovuje kvalitu trasy, neřekne nám však, kde jsou slabá či nekvalitní místa trasy. Pro tuhle informaci musíme použít měření reflektometrickou metodou.

### 6.3.2 Reflektometr

Měříme optický kabel - reflektometrickou metodou útlum vlákna, délku vlákna, útlum jednotlivých anomálií, svarů a spojek na trase vlákna, vzdálenost jednotlivých anomálií svarů a spojek na trase vlákna od bodu měření při vlnové délce 850 a 1310 nm - mnohovidový kabel 50 a 62,5/125  $\mu\text{m}$ , při vlnové délce 1310 a 1550 nm - jednovidový kabel 9/125  $\mu\text{m}$

Měření reflektometrickou metodou spočívá v tom, že se do měřené trasy vysílá signál a přijímač na stejném konci čeká, kdy se signál odrazí na konci trasy a vrátí zpět utlumen o útlum trasy. Měření funguje na základě fyzikálního jevu rychlosti šíření světla ve skle. Podle času se dá spočítat, jak dlouhá je trasa. Kdyby celá trasa byla jednotná, signál by se odrazil až na konci trasy. Jelikož jsou však v trase sváry, konektory, mikro a makro ohyby, část signálu se od každého tohoto útlumu odrazí a vrací se zpět. Takto se vrátí zpět několik signálů, které přijímač vyhodnotí a měřicí přístroj vykreslí grafem průběh celé trasy. Tímto získáme informaci o každém metru trasy, o kvalitě a velikosti jednotlivých útlumů a můžeme spolehlivě vyhodnotit, kde je nutný servisní zásah.

## 7 Přístroje pro měření kabelážního systému

Přenos dat na síti 100/1000 Mbps kladou zvýšené požadavky na kvalitu kabelážních systémů. Jedinou cestou, jak zajistit, že kabeláž splňuje požadavky kladené na síť s vysokou přenosovou rychlostí a splňuje požadavky CAT 5E, CAT 6 a CAT 7 je přesné měření důležitých parametrů.

V současné době je na trhu k dispozici několik přenosných měřicích přístrojů, které by měly splňovat základní požadavky. Přestože se zdá, že všechny tyto měřicí přístroje jsou podobné, existují mezi nimi podstatné rozdíly, které je potřeba znát pro správné rozhodnutí při nákupu. Obecně platí, že náklady na pořízení měřicího přístroje jsou menší než případné náklady způsobené chybným měřením.

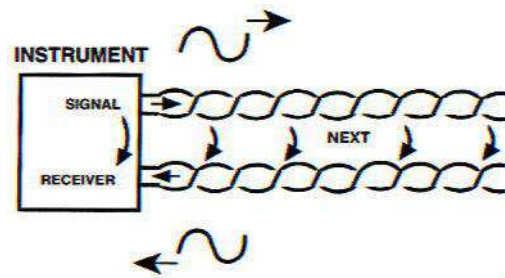
### 7.1 Měřicí metody (kroková frekvence versus pulsní)

Často se hovoří o měřicích přístrojích digitálních a analogových. Skutečností je, že každý měřicí přístroj pro CAT 5E, CAT 6 a CAT 7 obsahuje jak analogové obvody (pro vysílání a přijímání signálu), tak i digitální obvody a mikroprocesor pro zpracování výsledného signálu a zobrazení na displeji.

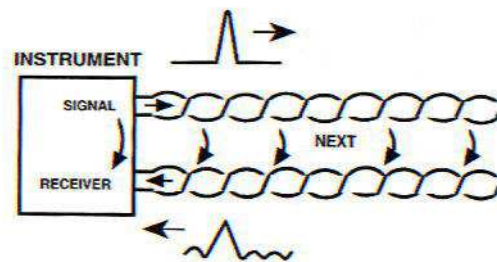
Hlavní rozdíl v měřicích přístrojích je především ve způsobu měření a vyhodnocování informace. Je proto přesnější dělit měřicí přístroje na přístroje s krokovou frekvencí a pulsní. Přístroje používající krokovou frekvenci (frequency-domain) někdy označované jako analogové využívají při měření postupné frekvenční kroky od 0 až do 100/250/600/900 MHz (podle měřené kategorie). Každá frekvence je samostatně vyslána a její odezva přijata přijímačem.

Pulsní metoda (time-domain) neboli digitální využívá princip, kdy je do měřeného segmentu vpuštěn individuální puls a signální procesor snímá odražený signál. Matematickou metodou je výsledný signál přepočítán na jednotlivé úrovně NEXT pro dané frekvence. Ve skutečnosti je do měřeného obvodu vysláno několik tisíc měřicích pulsů, které jsou potom vyhodnoceny a vypočítán celý průběh NEXT.

Shrneme-li stručně obě měřicí metody, pak měřicí přístroje s krokovou frekvencí vysílají do linky sérii různých frekvencí, zatímco pulsní měřicí přístroje vysílají sérii pulsů.



**Obr. 7.1** Metoda krokové frekvence, samostatné frekvence jsou vysílány do linky a změřena jejich odezva



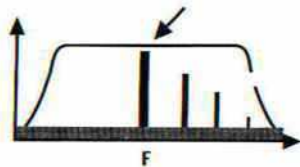
**Obr. 7.2** Pulsní metoda vyše do linky puls a přijímací výsledné spektrum odrušeného signálu

Zastánci pulsní metody tvrdí, že je možné touto metodou (time-gate) eliminovat některé chyby způsobené modulárním konektorem a výstupními obvody měřicího přístroje. Při měření je do měřeného páru vyslán puls a současně detektor v přijímači měřicího přístroje měří indukovaný signál v ostatních párech. Time-gating neboli časové zpoždění umožňuje vynechat první část zpětného signálu, který pravděpodobně obsahuje chyby způsobené vysílacími obvody měřicího přístroje. Jinými slovy, měřicí přístroj ignoruje první část přijatého přeslechu NEXT.

Podstatná nevýhoda této metody spočívá v tom, že prakticky ignoruje prvních 50 až 90 cm kabeláže, konektorů a kabelů. Tím se zvyšuje riziko, že bude akceptován segment s chybně instalovanou zásuvkou nebo Patch panelem. Tato chyba pulsních měřicích přístrojů se někdy nazývá "mrtvá zóna NEXT" (NEXT Dead Zone). Uvědomíme-li si, že podle definice měření typu Channel má být měřen celý segment včetně Patch kabelů, ale bez koncového konektoru, nelze touto metodou měření provést. V krajním případě, je-li použit velmi krátký kabel u měřicího přístroje, se může stát, že bude chybně změřena i Basic Link.

Další nevýhoda pulsní metody spočívá v použití širokopásmového detektoru přijímače. Po vyslání série pulsů je směs odraženého signálu přijímána širokopásmovým detektorem. Širokopásmové detektory jsou podstatně více náchylné přijímat externí rušení způsobené vysílači, zářivkami a ostatními zdroji el. magnetického záření. V praxi to například znamená, je-li v blízkosti měřicího přístroje zaklíčována přenosná vysílačka používaná při komunikaci měřicích techniků, může el. magnetické záření podstatně ovlivnit měření NEXT.

Nutno poznamenat, že i některé přístroje používající metodu krokové frekvence, používají také širokopásmový detektor protože je konstrukčně jednodušší a levnější. Tzn. že takto laděný úzkopásmový detektor ignoruje veškeré externí rušící signály.



**Obr. 7.3** Porovnání širokopásmového a úzkopásmového detektoru

## 7.2 Měření Basic Link a Channel

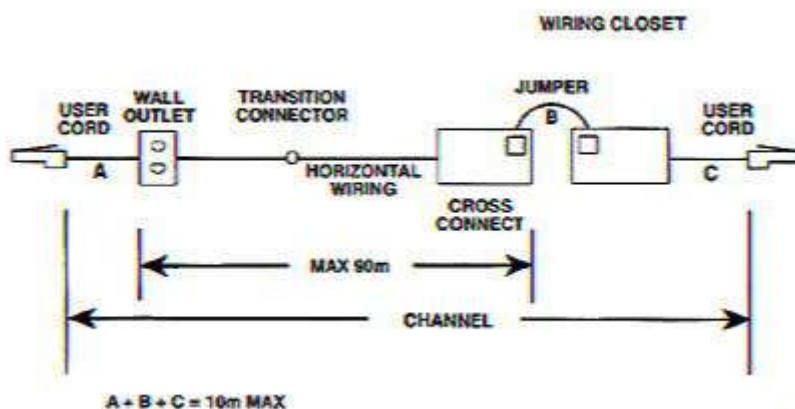
V TSB-67 byly definovány dvě základní konfigurace pro testování strukturované kabeláže.

### *Channel (kanál)*

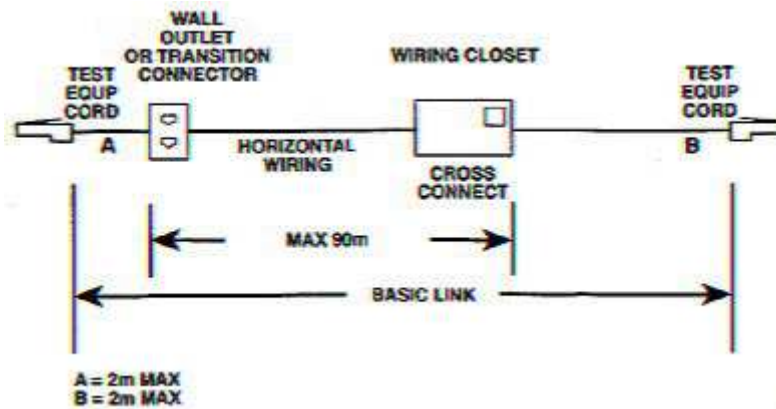
Channel je definován jako kompletní segment kabeláže včetně Patch kabelu na straně uživatele a Patch panelů včt. Patch kabelů na straně rozvaděče.

### *Basic Link*

Basic Link zahrnuje pouze horizontální kabeláž v segmentu od zásuvky počítače po první Patch panel v rozvaděči.

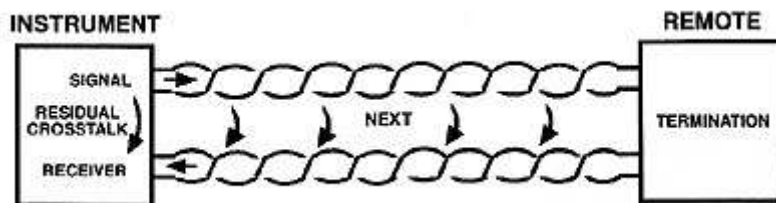


**Obr. 7.4** Definice Cannel podle TSB-67



Obr. 7.5 Definice Basic Link podle TSB-67

V závislosti na předpokládaném použití byste měli vybírat měřicí přístroj schopný měřit Basic Link, Channel, případně obojí. Některé měřicí přístroje jsou navrženy pouze pro měření „Basic Link“ a pro měření „Channel“ potřebují speciální adaptéry. Nevýhodou speciálních adaptérů je, že přidávají do měření další chyby, mohou být snadno ztraceny a někdy mohou zbytečně zatěžovat obsluhu při měření



Obr. 7.6 Zbytkový přeslech je způsoben konstrukcí měřicího přístroje

### 7.3 TSB-67, základní požadavky na test

TSB-67 požaduje měření pouze 4 základních parametrů kabeláže UTP:

- zapojení párů kabelů UTP (Wire Map)
- délka segmentu (Length)
- útlum segmentu (Attenuation)
- přeslech na blízkém konci NEXT (Near End Crosstalk)

Test "Zapojení párů" kontroluje správnost zapojení twistovaného kabelu mezi místy připojení.

"Length" testuje skutečnou délku kabelů, která nesmí přesahovat normované údaje.

"Attenuation" měří útlum signálů v průběhu celé délky kabelu.

"NEXT" měří množství signálu, který je přenesen z jednoho páru na druhý.

TSB-67 stanovuje maximální hodnoty pro délku, útlum a NEXT pro dva způsoby zapojení:

- Basic link
- Channel

Každý tester by měl být schopen měřit obě tyto konfigurace.

Další parametry, které nejsou vyžadovány normou TSB-67 však mohou být velmi nápomocné viz. kap. 6.

## 7.4 Výrobci měřících přístrojů

Do prezentace výrobců měřících přístrojů pro měření kabelážního systém jsem vybral tři základní firmy, které se zabývají hlavně výrobou přístrojů pro tyto účely.

Měřící přístroje ukazují parametry kabeláže okamžitě po dokončení parciálního proměření a zároveň si tyto parametry ukládají do paměti. Protože mají nastaveny mezní úrovně jednotlivých parametrů, jsou schopné okamžitě informovat o tom, zda je segment v pořádku nebo neodpovídá požadavkům. Z paměti lze výsledky většinou vytisknout přímo na tiskárnu nebo přenést do počítače a tam je dále zpracovávat.

I mezi těmito přístroji jsou rozdíly, proto bych rád jednotlivé firmy a jejich nabídku přístrojů předvedl.

### 7.4.1 FLUKE TESTERY

Nejvýznamnější firmou zabývající se výrobou měřících přístrojů je Fluke Network.

***Měřící přístroje se dají rozdělit na dvě skupiny:***

- certifikační měřící přístroje
- instalační přístroje

#### 7.4.1.1 Certifikační měřící přístroje

Význam certifikačních měřících přístrojů pro měření kabelážních rozvodů je dán potřebou zaručeného proměření systému instalované kabeláže, s cílem zjistit parametry realizované instalace, tj. shody mezi deklarovanými a skutečnými parametry, a generovat protokoly o tomto měření aby podklad nutný nejen pro výrobce udělujícího garance na tento kabelážní systém, ale i pro investora či budoucího uživatele kabeláže.

- DTX Cable Analyzer
- DSP – 4300
- CertiFiber
- OptiFiber

#### ***DTX Cable Analyzer***

DTX Cable Analyzer se svými parametry stává leaderem v oblasti certifikačních měřících přístrojů. Nabízí především zvýšení rychlosti, flexibility a přesnosti vlastního měření, umožňuje snadnou manipulaci a jednoduché ovládání.

Sada obsahuje: Hlavní jednotku a remote jednotku, LinkWare Software, 16MB memory kartu, Permanent Link adaptéry CAT 6 (2ks), Channel adaptéry CAT 6 (2ks), dorozumívací sada (2ks), napájecí zdroj (2ks), přepravní taška, USB kabel, manuál.





**Obr. 7.7** DTX Cable Analyzer

### **DSP-4300**

Fluke DSP-4300 LAN Cable Analyzer je ruční měřicí přístroj používaný k certifikaci, testování a lokalizaci chyb kabelů s kroucenými páry v LAN instalacích. Testovací zařízení umožňuje kombinaci rychlých analogových obvodů s digitálním zpracováním signálu rychlé a přesné měření všech komunikačních parametrů kabeláže do 350 MHz a nabízí i rozšířené testovací možnosti pro Cat 5E i Cat 6. Záměnou testovacích adaptérů lze měřicí přístroj použít i pro testování singlemodových a multimodových optických tras. Základní sada obsahuje: hlavní jednotku, remote jednotku, kalibrační modul, sadu permanent link adaptérů s PM06 personality moduly, napájecí adaptéry, channel adaptéry, 16 MB memory kartu, dorozumívací sady, LinkWare software, manuál, přepravní tašku.



**Obr. 7.8** DSP-4300

### **CertiFiber**

Optický měřicí přístroj pro certifikační měření MM optických tras. S tímto měřicím přístrojem lze v krátkém časovém intervalu současně změřit dvě vlákna v obou směrech na dvou vlnových délkách. Okamžitě vyhodnotí naměřené hodnoty zda je výsledek PASS/FAIL. Možnost uložení až 100 výsledků měření a následné zpracování pomocí LinkWare Software. Dodávaná sada obsahuje: CertiFiber, CertiFiber remote, LinkWare Software, DM9M/DM9F seriový kabel, baterie, manuál.

## ***OptiFiber***

Modulární, robustní a lehký certifikační OTDR pro instalatéry LAN. Certifikuje optické trasy integrovanou Auto OTDR analýzou. Vhodnou volbou modulu jej lze použít pro certifikační měření singlemodových i multimodových optických tras. Automatizuje měření útlumu a délky a kontroluje zakončení jednotlivých vláken. Naměřené výsledky se zpracovávají LinkWare PC data managementem a reporting softwarem.

### **7.4.1.2 Instalační měřicí přístroje**

Instalační měřicí přístroje slouží instalačním firmám coby nástroj pro základní kontrolu existence fyzického propojení realizovaného segmentu kabeláže a ověření správného zapojení.

- Cable IQ
- VisiFault
- Micro Scanner
- SimpliFiber
- Další produkty

#### ***Cable IQ***

Cable IQ je první kabelážní kvalifikační tester pro síťové techniky. Umožní i nezkušenému uživateli snadno a rychle rozpoznat jakou přenosovou rychlost měřená kabeláž podporuje, tzn. šířku pásma pro podporu přenosu hlasu, přenosovou rychlost pro Ethernet, možnosti VOIP a další. Dále dovoluje rychle odhalit problémy kabeláže a sítě, tedy identifikovat problém a jeho příčinu a věcně tento problém kvalifikovat. Dále přístroj dokáže odhalit jaké síťové zařízení je na konci měřeného kabelu a zjistit jeho konfiguraci nebo u aktivních prvků odhalit nevyužité porty. Přístroj zobrazuje výsledky měření v grafické podobě, nabízí grafickou mapu zapojení na niž přímo zobrazí místo výskytu identifikované chyby. Tento tester je možné použít pro měření všech metalických kabelových médií, jak twisted pair, koaxiální kabel a audio kabeláž.

#### ***VisiFault***

Je výborným pomocníkem při prvotní kontrole kontinuity optických vláken po celé jeho délce. Pomáhá velmi rychle nalézt nehomogenity jako těsné ohyby vláken, přerušení vláken (jako zlomy vláken, špatné sváry v držácích svárů, zlomy v optických rezervách smotaných v optických vanách apod.) nebo špatné konektory. Dále ho lze použít pro identifikaci vlákna zakončeného v optické vaně nebo skřínce anebo pro určení polaritu a orientaci vláken v konektorech s více vlákny. Pro identifikaci lze nastavit buď continuous (nepřetržitý) mod nebo flashing (blikající) mod. Je konstruován pro dlouhou životnost - je odolný vůči otřesům, nárazům a pádům. Je napájen dvěma AA bateriemi, které zaručí více jak 80 hodinový provoz v continuous modu. VisiFault je standardně dodáván s univerzálním 2,5mm konektorovým adaptérem pro snadné připojení konektorů ST, SC, FC a FJ. Lze jej doplnit 1,25mm konektorovým adaptérem pro připojení LC a MU konektorů.

### ***MicroScanner***

Malý výkonný tester pro zjištění integrity kabeláže nebo pro lokalizaci chyb ve vaší kabeláži. Měří délku kabelu, vzdálenost poruchy kabelu Time Domain Reflektometry technologií. Lze s ním měřit UTP/FTP kabely nebo 75W/50W koaxiální kabely, lze identifikovat 10/100 Ethernet a identifikovat port na hubu.

### ***SimpliFiber***

Optický měřicí přístroj pro měření útlumu optických tras. Pouze volbou zdroje lze měřit MM trasy na vlnových délkách 850nm a 1300nm a SM trasy na vlnových délkách 1310nm nebo 1550nm. Vestavěný automatický senzor nastavení vlnové délky eliminuje chyby při měření. Dle použitých adaptérů lze zvolit jednotky s ST nebo SC konektory. Možnost uložení až 100 výsledků měření do paměti a jejich následné zpracování pomocí LinkWare Software. K přístroji jsou nabízeny ST, SC a FC konektorové adaptéry.

## **7.4.2 IDEAL TESTERY**

Dalším na trhu známým výrobcem je IDEAL dříve pod názvem WAVETEK, jejich produkty jsou:

### **Certifikační testery Lantek6 a Lantek7**

Nová řada certifikačních testerů pro kabeláže kategorie 6 a kategorie 7 (pouze Lantek 7). Lantek 6 je plně kompatibilní s návrhy kategorie 6/ISO E má rozsah měření do 350MHz. Autotest kategorie 6/ISO E s grafickými výsledky trvá cca. 25 sekund. Tester Lantek 6 je možno upgradovat na tester Lantek7 pro testování kabeláží kategorie 7/ISO F do 750MHz s Autotestem za cca. 35 sekund.



**Obr. 7.9** Lantek7

## LANTEK 6 - tester CAT6

- Plně kompatibilní s návrhy kategorie 6/ISO E
- Kompletní Autotest kategorie 6/ISO E s grafickými výstupy za cca. 25sekund
- Provádí testování s limity kategorie 7/ISO F do 350MHz
- Paměť až pro 6.000 výsledků (24.000 s FLASH RAM).
- Zlepšená verze měřících adaptérů nabízí větší flexibilitu a snižuje provozní náklady
- Autotest je možné spouštět i ze vzdálené jednotky a je tak usnadněno měření jednou osobou.
- Vestavěný reflektometr pro lokalizaci problematických míst na metalické i optické kabeláži\*
- Optické příslušenství, které umožňuje analyzovat problematické body na optickém vlákne a tak nahrazuje nákladné reflektometry OTDR
- Hlavní jednotka vybavena barevným LCD displejem s vysokým rozlišením (1/4 VGA), vzdálená jednotka dvojřádkovým černobílým LCD displejem
- Sériový a USB port pro nahrávání výsledků do PC a upgrade
- LANTEK reporter program pro nahrávání textových i grafických výsledků
- Dva plně funkční PCMCIA sloty pro rozšíření paměti a další budoucí aplikace
- Lanek6 je možné upgradovat na vyšší verzi LANTEK7

## LANTEK 7 - první tester CAT7 na trhu!!!

- První tester plně kompatibilní s návrhy kategorie 7/ISO F s frekvenčním rozsahem 750MHz
- Kompletní Autotest kategorie 7/ISO F s grafickými výstupy za cca. 35sekund
- Ostatní vlastnosti shodné s Lantek6



**Obr. 7.10** LanTek 6 + FO sada

### 7.4.3 DATACOM TESTER

Poslední výrobcem měřících přístrojů, které bych chtěl představit je firma DATACOM. Jejím hlavním produktem je:

#### *LANcat 6*

LANcat je síťový modulový systémem pro měření kabeláže, který umožňuje vybrat rozsah testů, které splní vaše potřeby dnes, a následně ekonomicky zlepšit výkon tak, aby bylo možné vyhovět budoucím požadavkům. Zásuvné výkonové moduly ( Plug-in Performance Modules), patentované firmou Datacom, umožňují pružnou výměnu systému tak, abyste vždy šli ruku v ruce s novými normami.

Konfigurace LANcat System 6, vybavená výkonovými moduly CAT 5E, je nejnovější inovací v technologii certifikace kabeláže. Je schopný provádět měření až do 250MHz.

#### Měření výkonu do 250 MHz

LANcat System 6 byl první přenosný přístroj, schopný provádět základní testy kabeláže nad navrhovanými frekvencemi 200MHz CAT 6/třída E a schopný zajišťovat verifikaci výkonu kabeláže Enhanced CAT 5 a Gigabit do 250MHz. Není však možné ho použít pro certifikaci CAT 6.

Pomocí výměnných modulů C5e zajišťuje System 6 rozšířená zdokonalená měření Equal Level Far End Crosstalk (ELFEXT), Power Sum ELFEXT, a Return Loss za účelem certifikace kabelů inovované kategorie (Cat 5E) do 100 MHz. Kromě toho rovněž umožňuje měření 250 Mhz u Power Sum NEXT, Attenuation, a Power Sum ACR, včetně Propagation Delay a Skew - všechny zcela zásadní pro verifikovanou podporu velmi rychlých datových sítí. Testy vyšších frekvencí zajišťují měření využitelných šířek pásma, a to stanovením výchozího (nulového) bodu PS-ACR. LANcat System 6 je plně v souladu s kategorií 5/třídou D podle požadavků, kladených TIA/EIA TSB-67 a ISO/IEC, a rovněž umožňuje měření CAT 5 .

#### Vlastnosti systému LANcat

LANcat System 6 má veškeré schopnosti a přednosti, kterými se vyznačují produkty LANcat, mimo jiné:

Stačí jednoduše připojit displej k AUTOTESTU a za 20 sekund již můžeme odečítat výsledky. Nejsou zde žádné matoucí klávesnice ani víceúrovňová menu, která neustále zpomalují. Přehledné i podrobné výsledky testu a grafy jsou srozumitelně zobrazeny. Jasný podsvícený LCD displej je obzvláště užitečný v prostorách s omezeným přístupem okolního světla. Vestavěný Cable Toner usnadňuje nalezení konců kabelu pomocí společného indukčního zesilovače/sondy. Každý příruční sada umožňuje uložit do paměti až 400 AUTOTESTS (celkem 800), které je možné později vyvolat nebo vložit do počítače.

### Provádět testy a komunikovat s jediným přístrojem

LinkTalk TM umožňuje hlasovou komunikaci při testování kabelu, automaticky vyhledává odpovídající žíly, i když je kabel nesprávně zapojen. LinkTalk obsahuje zabudované mikrofony, samostatná sluchátka, kontrolu hlasitosti a signál Call Alert. Miniaturní audio zdířky umožňují připojit jakoukoliv standardní sadu pro ruční přepojování. LinkTalk umožňuje komunikaci i v budovách, v nichž nelze používat obousměrné komunikační prostředky.



Obr. 7.11 LANcat 6

## **8 Správná instalace kabelážního systému**

Pro správný návrh jakékoliv strukturované kabeláže je zapotřebí dodržet několik základních pravidel, které mají v konečném důsledku zásadní vliv na funkčnost a požadované parametry. Základní pravidla pro vytvoření projektu vychází z určených norem a standard pro systém, jako celek, z cílem zajistit dlouhodobou ochranu vložených investic.

Dlouhodobou statistikou se prokázalo, že komplexní řešení kabeláží představuje 3-5% z celkových investic, což vlastně není ani odměna za provedení studie, návrhu, natož projektu stavební části objektů. Celková koncepce komunikačních systémů je do jisté míry stále opomíjena a v konečném důsledku pak na ní závisí veškerý chod organizací, firem a institucí.

Další statistiky dokázaly, že 70% všech selhání komunikačních technologií je zapříčiněno pasivní vrstvou (kabeláže) a špatné řešení vede k vysokým provozním nákladům na udržení provozu sítí a někdy i nevyčísitelných finančních ztrát při jejich zkolabování.

Proto je důležité se problematikou pasivní vrstvy (kabeláže) komunikačních systémů zabývat.

Vývoj výpočetní techniky a s ní komunikačních technologií udělal za posledních 15. let značný pokrok. U kabelážích systémů, od koaxiálních rozvodů sběrníkové topologie, přes hvězdicové a prstencové topologie, až po vysokorychlostní 10Gbitový Ethernet.

Vhodnost návrhu komunikačního systému by neměla být postavena jen na úrovni lokální datové sítě (LAN), ale měla by být navrhována na úrovni metropolitní komunikační sítě (MAN), pro rozsáhlé lokality, areály a objekty organizací a institucí, se všemi atributy technických i technologických požadavků na parametry, kvalitu a design prostředí, nejen z hlediska funkčnosti.

Technické řešení návrhu kabelážích systémů mohou ovlivňovat i požadavky směrem k architektonickému provedení staveb (u nových objektů), u historických staveb (památková péče), v neposlední řadě i majetková ochrana objektu.

*Jako základní potřebu doby lze považovat bezprostřední těsnou součinnost architekta a projektanta technologické infrastruktury a komunikační obzvláště.*

Mezi důležitá kritéria návrhu kabelážního systému patří především:

- nadčasovost řešení
- maximální spolehlivost
- maximální bezpečnost
- flexibilita kabelážního systému

Důležitým aspektem návrhu řešení kabelážního systému je prostředí, které lze rozdělit na základní (kancelářské budovy), průmyslové (výrobní stroje a zařízení), speciální (např. nemocnice, výroba potravin atd.).

## **8.1 Rozdělení kabelážních systémů podle prostředí**

### **8.1.1 Instalace v běžném prostředí**

Běžným prostředím se rozumí objekty typu administrativních budov, kancelářských prostor a prostor výroby, bez speciálních požadavků na ochranu kabelážích systémů z hlediska rušivých vlivů a krytí. V těchto prostředích lze uplatnit veškeré známé kabelážní systémy z pohledu parametrů, kde důležitou roli může hrát i cena.

Zvýšeným požadavkem pak může být provedení s ohledem na bezpečnost osob (školy, nemocnice, letiště, sportovní haly, veřejné budovy). V takových případech je zapotřebí navrhovat kabelážní systémy v samozhášivém nebo nehořlavém provedení.

### **8.1.2 Průmyslové instalace**

V průmyslovém prostředí se vyskytují dva základní problémy. Rušivé vlivy a zvýšené požadavky na odolnost proti mechanickému poškození.

Za mechanické poškození lze rovněž považovat vliv vlhkého prostředí nebo přímý styk z vodou. Je nutné proto volit vhodné materiály pro kabelové trasy (s krytím až IP55).

Před rušivými vlivy (především elektromagnetická pole), volit kovové kabelové trasy nebo stíněnou kabeláž. Tam kde i zvolené varianty řešení, trasy nebo typy metalické kabeláže, nezaručují spolehlivost provozu, volit optickou kabeláž.

Optická kabeláž má však také svoje zásady, které je nutné projekčně i instalačně splnit (dále viz. kabelové trasy).

## 8.2 Kabelové trasy

Kabelové trasy lze rozdělit na čtyři základní skupiny.

### 8.2.1 Volná instalace rozvodů bez nosných prvků (žlaby, lišty, trubky)

Volné uložení jednotlivých vodičů nebo svazků kabelů do zdvojených podlah, vysvazkováním izolační páskou nebo stahovacími pásky PA, případně fixací do drátěných roštů typu Cablofil. Totéž platí pro kabelové trasy nad podhledy pevnými nebo kazetovými. Zde je možné ukládat svazky vodičů rovněž do PVC držáků a kabelových příchytěk (hmoždin se stahovacími pásky), instalovaných po cca 1m od sebe a méně, aby nedocházelo k průvěsům vedení kabeláže a svojí vahou svazku, nedošlo k narušení párování (symetrie). Kabelové svazky je třeba stahovat velice citlivě, nedotahovat, aby rovněž nebyla narušena symetrie. K tomuto účelu jsou nejvhodnější široké pásky, z přírodního polyamidu 66 (PA), UV nebo stabilního PA, teplotně odolného dále na bázi teflonu (TEFZELu), aby nedocházelo ke zkřehnutí (zestárnutí), které by mělo za následek praskání pásek. Vhodným příkladem jsou pásky Velcro, na principu suchého zipu (viz. **Obr. 7.1**).



**Obr. 8.1** Pásky Velcro

Volné instalace, jak pro horizontální, tak vertikální rozvody jsou nejbezpečnější, co do zachování parametrů přenosu, především pak vysokorychlostního 1Gbit a 10Gbit.

Pro vertikální rozvody platí rovněž, již zmíněná fixace kabeláže po krátkých vzdálenostech, aby nedocházelo k přetažení kabelů vlastní vahou. Platí jak pro metalické tak optické rozvody. U optického kabelu by došlo k vnitřnímu pnutí ve skleněném vláknu, které by mělo za následek jeho prasknutí. Taková závada, porucha se může projevit i po dlouhém čase, od pokládky vedení (uvedení do provozu).

Kabelové trasy pro strukturovanou kabeláž v provedení UTP, pod zdvojenou podlahou nebo podhledy, při souběhu s rozvody nízkého napětí (NN) 230/380V, řešit v provedení celokovovém (typ MARS) nebo OBBO. Pro menší svazky kabelů lze zvolit i kovové elektroinstalační trubky v provedení do prům 36mm.

Nutné zemnění tras mezi sebou, při jeho přerušení, svedení zemnicího vodiče a připojení do jednoho společného bodu, nejlépe do patrového nebo hlavního rozvaděče NN, který je propojen s zemnicím pásem, vně objektu. Zemnění provádět vodičem CYA (lanko) min. průřez 6mm, u vodičů typ CY (drát) pr.10mm. Uvedené zemnění platí rovněž pro kabelážní systémy STP/ UFTP (viz. vlastní instalace kabelážních systémů).

Datová centra, vybavená celoplechovými rozvaděči nebo rámy typizovaného rozměru 19“ se vzájemně propojují zemnicím vodičem i v případě, je-li kabelová trasa v nevodivém provedení (PVC žlaby, trubky) a páteřní vedení provedeno optickými kabely., k zabezpečení, co největšího rozdílného potenciálu (max.1V).

Pro rozvaděče (obecně), vč. datových, platí norma ČSN 332000-7-7-707, ochrana před nebezpečným dotykem.

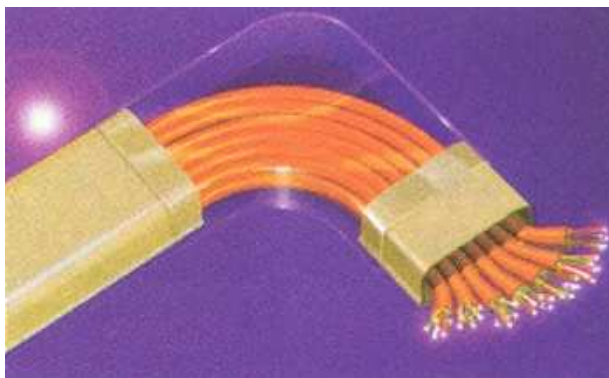


## 8.2.2 Kabelové trasy na povrchu

Kabelové trasy pro pevnou instalaci kotvením na povrch se provádí vkládacími nástěnnými nebo podlahovými lištami, kabelovými kanály s odnímatelným víkem, parapetními kanály různých typů a výrobců. Parapetní kanály mohou být i provedení jako součást vybavení interiérů (stoly, nábytkové stěny, zástěny, vč. Zásuvek shodného designu.

V průmyslových prostředích se rovněž kabelové trasy na povrchu provádí ohebnými nebo pevnými trubkami PVC, vkládáním do příchytek, shodného průměru s trubkou. Součástí systémů kabelových kanálů a trubek jsou odbočky, vnější a vnitřní rohy, spojky. Renomované firmy TEHALIT, ACKERMANN, REHAU, LEGRAND nebo OBBO BETTERMAN, mají v sortimentu i speciální flexibilní kabelové systémy „Fiber-Runner“ pro horní rozvody nad soustavy datových rozvaděčů.

U všech těchto systémů je dbáno na dodržování minimálních poloměrů ohybu metalických i optických kabelů (viz. **Obr. 7.2**).



**Obr. 8.2** Minimální poloměr ohybu kabelů

Vyráběny jsou rovněž kabelové kanály s dělicí příčkou. Pro samostatná vedení strukturovaných kabeláží mají své opodstatnění, kde lze rozdělit svazky kabelů. Pohodlná instalace kabelových svazků, efektní vzhled. Kabelové kanály s kovovou dělicí příčkou, k souběžnému ukládání vedení strukturované kabeláže a rozvodů NN, již tak vhodné nejsou. Takových řešení kabelových tras má jen omezené použití. Použití do krátkých vzdáleností, s ohledem na souběh, pro datové rozvody Cat 5 a 5e, ne vyšší. Vzhledem k bezpečnému provozu se doporučují stíněné kabely. Ty mají větší průřez a tím lze instalovat menší (omezený) počet vodičů. Při přerušení kabelového kanálu se musí dělicí kovové příčky vzájemně propojit zemnicím vodičem (viz. Popis výše). Součástí kabelových kanálů jsou krabice pro instalace datových i elektrických zásuvek, jednotlivě nebo v blokovém, až pětinasobném provedení (typy ABB), vč. Shodného designu. Krabice zásuvek však z 1 až 2/3 dle velikosti kanálu, omezují průchodnost. Nutné počítat, při dimenzování kabelových tras. Cenově i co do pracnosti vybudování kabelové trasy, náročné řešení.

Při vedení kabelových tras na povrchu přes dělicí příčky, stěny nebo stropy, je důležité zabezpečit, aby nemohlo při instalaci vlastní kabeláže (vodičů), dojít k mechanickému poškození oděrem, rozříznutí, protržení izolace. Kabelové kanály ponechat celistvé, nedělené. Spojování žlabů, kanálů provádět mimo stěny nebo průchody opatřit průchodkami z ohebných trubek. Po dokončení instalace průchody vyplnit pěnou, silikonovými nebo akrylátovými tmely. U objektů s vyšší náročností na požární odolnost (dle požární technické zprávy), opatřit průchody protipožárními přepážkami.

Při zmínce protipožárních předpisů však vzniká problém v návrhu kabelových tras z PVC kanálů. Prakticky všechny výrobky z PVC uvolňují při hoření jedovaté plyny a nelze zabezpečit ochranu osob před otravou. Pro dodržení zvýšených protipožárních předpisů je nutné řešit kabelové trasy v celokovovém provedení nebo již výše uvedené volné uložení kabeláže, v provedení bezhalogenovém (LSOH).

### 8.2.3 Kabelové trasy pod povrch (trubkování)

Kabelové trasy pod omítku nebo do sádkartonových příček a opláštění stěn, se provádí ohebnými trubkami PVC.

U pevné instalace trubek pod omítkou je důležité dodržet co nejpřímější směr vedení. Zvlnění, nerovnosti v uložení trubky, má za následek snížení průchodnosti a omezení počtu ukládaných vodičů. Pro návrh a realizaci kabelových tras pod povrch, pro vedení strukturovaných kabeláží je nejdůležitější neopomenout přechodové a protahovací krabice.

Instalují se na místa ohybů, odbočení, při řešení trasy v délce větší, jak 10m v přímém směru, jakož před vlastní datovou zásuvkou. Protahovací krabice umožní vytažení příslušné délky instalovaného kabelu, vodičů a znovuzavedení do další části trubkování.

Případné očištění nebo namazání (např. silikonový olej, tuk), pro snadnější protažení, bez namáhání a tak zachování daných parametrů kabelů, výrobcem. Přechodové krabice pak umožní dodržet potřebný minimální ohyb, přitom nutný k úspěšnému provedení instalace, např. přes roh. Do trubkových rozvodů pod povrch je vhodné instalovat zaváděcí vodič, pro usnadnění protažení datových kabelů.

Trubkování pod povrch se doporučuje pro nižší kategorie datového přenosu.

Parametry pro vysokorychlostní aplikace lze splnit, pouze v přímých směrech kabelových tras.

Obecně pro návrh a dimenzování kabelových tras, který je dán počtem požadovaných přípojních míst (zásuvek), v daném směru platí dimenzování o 20-30% vyšší než je požadavek, pro případ dalšího možného rozšíření počtu segmentů vedení strukturované kabeláže, jakož pro snadnější vlastní montáž (ukládání) kabelů, především v ohybech (odbočky, rohy).

### 8.2.4 Venkovní kabelové trasy.

Venkovní kabelové trasy a ukládání kabeláže pro datové rozvody (převážně optické), jsou pro svoje specifické prostředí značně rozsáhlou oblastí. Především, co do dodržování norem ČSN v souvztažnosti k ostatními vedeními a to :

- slaboproudu (telekomunikační rozvody-distribuce Telefonica O2),
- silnoproudých rozvodů (distribuce EON),
- plynu (RWE)
- kanalizace atd.

Ke specifickému prostředí patří i respektování majetkových vztahů a tak téměř ke každému venkovnímu kabelovému vedení jsou zapotřebí územní rozhodnutí, s následným stavebním povolením, kde musí být uvedeny jednotlivé normy o souběhu, křížení a odstupů od výše uvedených rozvodů, jakož přesná specifikace dotčených pozemků, se souhlasu majitelů. Uvedené platí jak pro podzemní, tak i nadzemní vedení.

Podzemní kabelové trasy jsou většinou řešeny výkopy s pískovým ložem, do kterých jsou ukládány pevné (např. Dura-Line) nebo ohebné HDPE chráničky ( např. Kopoflex).

V menším rozsahu, zato náročné na provedení a techniku, jsou trasy řešené protlaký, pod komunikacemi nebo vodními zdroji apod.

Do chrániček jsou většinou výrobcem (použití na menší vzdálenosti), instalovány zaváděcí tahové prvky, (jako jsou silonová nebo ocelová lanka). Na větší vzdálenosti se používá zafukování stlačeným vzduchem. Zafukuje se tahový prvek nebo přímo vlastní kabel. Tato technologie je využívána k zavádění optických kabelů na velké, až několika kilometrové vzdálenosti.

Na krátké vzdálenosti, pokud chybí tahový prvek, lze použít průmyslový vysavač, který vysaje zavedenou např. polystyrénovou kuličku, fixovanou na silonu (rybářský vlasec). Po profouknutí určitou vzdáleností (až 100m), což představuje návin ohebné Polyetylenové trubky, se na silon naváže pevnější tahový prvek (ocelové lanko), po kterém lze protáhnout vlastní kabel.

Při řešení kabelových tras do výkopu (kynety), je nutné dbát na instalaci vstupních šachet, po vzdálenostech, v závislosti na směru trasy (ohyby), prostředí (prostupy, podkopy, protlaký), k usnadnění protažení vodičů, aby nedocházelo k nadměrnému tření a tím namáhání kabelu, které má za následek změnu jeho parametrů u metalických vodičů nebo ke zlomení vláken u optických kabelů, dále viz správná instalace kabeláže.

Nadzemní kabelové trasy (rozvody) se řeší většinou závěsným uložením mezi objekty nebo sloupy a to:

1. V ochranném PVC plášti je zataven přímo tahový prvek (ocelové lano). Jedná se většinou o vícepárové telekomunikační kabely nebo optické kabely.
2. Vodiče se instalují do trubek, opatřených lanem, zataveným v plášti trubky. Trubky jsou pro univerzální použití, většinou opatřeny vnitřním pláštěm z AL folie, k odstínění metalických kabelů.
3. Komunikační vodiče se instalují pevně (stahovacími pásky, PVC svorkami) nebo volně do spirály z pozinkovaného drátu na napínací lano.

Zde je nutné dbát na použití výhradně venkovních typů kabelů., tj. opatřených pláštěm z vysoko odolného PVC proti UV záření a změnám teploty nebo přímo s teflonovým pláštěm. U optických kabelů, pak dále s těsnou primární i sekundární ochranou, proti vniknutí vlhkosti, s vysokým procentem pevnostního prvku (např. Kevlar.), pod pláštěm, který zvyšuje odolnost v tahu, pokud již kabel není přímo opatřen ocelovým kordem.

### **8.3 Metalické rozvody pro datové aplikace**

Na samém začátku je správně zvolená topologie sítě. Tu samozřejmě v největší míře ovlivní možnosti prostředí, kde má být instalována. Ne vždy se podaří dosáhnout nejoptimálnějšího řešení, kde datové centrum, je pomyslný střed hvězdicové sítě, kde se dosáhne již zmíněných, co nejpřímějších vedení kabelových tras a tím uložení segmentů datových rozvodů, kde jedinými ohyby bude zakončení v zásuvce na straně přípojného místa (pracoviště) a na straně datového centra, zapojení v Patch panelu.

Pro dosažení nejlepších přenosových parametrů sítě, je nutné začít již ve stavu studie návrhu objektu, resp. projektové dokumentace stavby. Je to taková prevence a osvěta, jak předcházet nemocem, které později stěží vyřeší sebelepší lékař (aktivní prvek nebo server). Samozřejmě zavádějící jsou priority provozovatele, které z jeho pohledu jsou nad ideálním řešením topologie sítě.

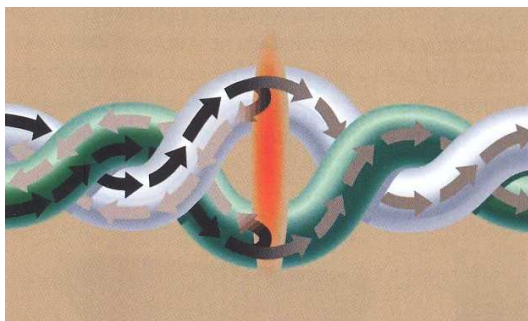
### 8.3.1 Vliv konstrukce kabelu na přenosové parametry

Základním parametrem, který ovlivňuje kvalitu přenosu je impedance vedení, resp. podélná stabilita impedance vedení. Rozhodujícím faktorem pro podélnou stabilitu je symetrie vodičů (konstantní vzdálenost os obou vodičů).

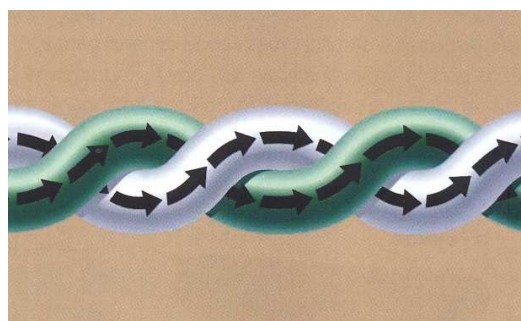
Příkladem konstantní impedance (stability) je koaxiální kabel, u kterého je mezi středovým vodičem a vnějším vodičem pevná distance (dielektrikum) a zaručuje tak lepší přenosové vlastnosti ve srovnání s jinými konstrukcemi kabelu.

U twistovaných (kroucených) párů se nedokonalost symetrie násobí její destrukcí při ostrém ohybu nebo v místě rozpletu, tj. při zapojení do konektoru, když pomíneme kvalitu výroby.

Pro zlepšení přenosových parametrů a jejich stability byla vyvinuta firmou Belden Technologie svařeného krouceného páru, který vykazuje výrazně lepší symetrii páru, než pár pouze kroucený. Velkou předností je zachování konstantních prostorových dimenzí páru při ohybu, zkrutu, či dalších mechanických namáháních při instalaci (viz. **Obr. 7.3** a **Obr. 7.4**).



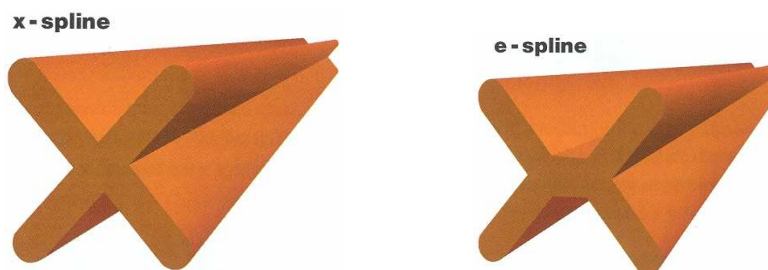
**Obr. 8.3** Nesvařený pár



**Obr. 8.4** Svařený pár

Nevýhodou lepených kroucených párů je pracnost při ukončování (konektorování).

U některých konstrukcí kabelů kategorie 6 je pro zlepšení přenosových parametrů vložen mezi páry separační kříž, který zajišťuje podélně prostorovou dimenzi párů vůči sobě. Tím jsou minimalizovány přeslechy v kabelu na vysokých kmitočtech. Dělicí kříž je rovněž podélně ztáčen, tak jak jsou krouceny všechny čtyři páry (viz. **Obr. 7.5**).



**Obr. 8.5** Separační kříž

Jak již bylo uvedeno, nejdůležitějším parametrem kvality přenosu signálu po kroucených párech, je zachování jejich podélné symetrie, aby nevznikaly ztráty (útlumy) a přeslechy mezi jednotlivými páry.

Pro instalaci je proto nejvhodnější volit kvalitní, konstrukčně odolné typy kabelů, renomovaných výrobců, jakož i další síťové komponenty, tzv. ucelený kabeláží systém.

Zde je vhodné zmínit, že v posledních dvou letech, po výrazném zdražení cen mědi na světových trzích, se objevily typy kabelů (především z Číny), které jsou tzv. ošizené. Vlastní vodič, v krouceném kabelu, je vyroben ze slitin železa, na kterém je proveden pouze minimální potah mědi.

Tyto kabely nedosahují požadovaných parametrů datového přenosu a lze je využít pouze pro telefonní rozvody nebo signalizační a ovládací okruhy.

Výrobci se spoléhají na to, že parametry instalované kabeláže se zjišťují až při závěrečném měření, kdy už jsou kabely nainstalovány a proto se jako použité, již nedají reklamovat. Za zmínku rovněž stojí, nespolehat se před vlastní instalací kabeláže na to, že je kabel od výrobce dodán v pořádku a v celé své délce návinnu (boxy po 305m nebo cívky 500m). Je vhodné si kabel proměřit nebo alespoň jednotlivé páry tzv. prozvonit a vyvarovat se následných problémů, které se zjistí opět až při závěrečném měření. Nefunkční, porušené nebo nedostatečné parametry instalovaných kabelů vedou k velikým ztrátám, kde převyšuje vlastní cenu kabelu, vynaložený čas na instalaci (odměna za práci technika) a s tím spojené další režijní náklady.

Často se pak nevyplatí vadné kabely ani odstraňovat z instalovaných svazků (např. v trubkování), kdy by mohlo dojít k poškození těch, které jsou v pořádku.

Mimo vlastní konstrukci kabelu a zmíněnou kvalitu, je nejdůležitějším činitelem lidský faktor. Pro správnou instalaci kabeláže je zapotřebí dodržet několik zásad.

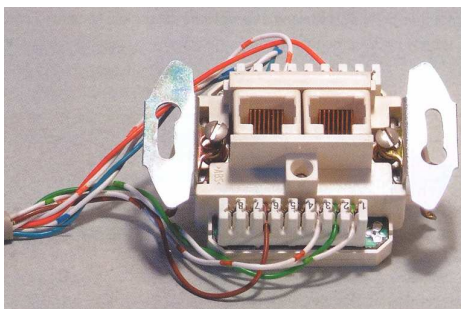
Instalovat co nejkratší úseky, především do trubkování. Využívat již zmíněných (kabelové trasy), protahovacích a přechodových krabic, mít neustálý přehled o odmotávání kabelů z návinnu, aby nedošlo k překroucení, velkým ohybům nebo až zauzlování. V žádném případě nevyvíjet sílu na tah, pokud se kabel zadrhne, zasekne (pro Cat.6 se uvádí, že hodnota v tahu by neměla překročit 50Newtonů). Kabel(y) je nutné uvolnit, třeba opětovným vytažením z trubkování, provést lepší uspořádání (srovnání) a opětovné vtažení do trubky.

Při instalaci do trubkování pod povrch, kde nelze zabezpečit kratší vzdálenost k protažení kabelů, použít mazacích tuků. Samozřejmě na přírodní bázi, které nevedou časem k narušení pláště kabelu (naleptání). Na rozích kabelových tras použít kladky nebo válečky, pokud není k dispozici další pracovník. Třením přes hrany, rohy, dojde opět k porušení symetrie twistování. V neposlední řadě je zapotřebí dbát na to, aby kabel nebyl mechanicky poškozen. Např. pádem nějakého předmětu na kabel, svazek kabelů, aby nedošlo k jejich pošlapání, ba dokonce přejetí kabeláže (např. mobilním lešením, plošinou, stavebním kolečkem apod.).

Po vlastní instalaci kabeláže (uvedeno již u kabelových tras) dbát na to, aby při svazkování kabelů, např. stahovacími pásky, nedošlo k přílišnému stažení (zaškrvení) a opětovnému porušení podélné symetrie a stability impedance vedení. Před stahovacími pásky, upřednostnit pásky lepící, samovulkanizační, pokud nejsou kabely pevně fixovány do kabelových kanálů, roštů apod.

Dalším velmi důležitým aspektem správné instalace kabeláže je vlastní ukončování kabelu do konektoru RJ45 (jacku-keystonu). Vlastní koncovka na kabelu, nejen svým konstrukčním řešením, ale rovněž systémem technologie připojení ke kabelu, jakož podíl lidského faktoru (zručnosti instalačního technika) při vlastním zapojení, určuje celkové parametry daného segmentu vedení strukturované kabeláže.

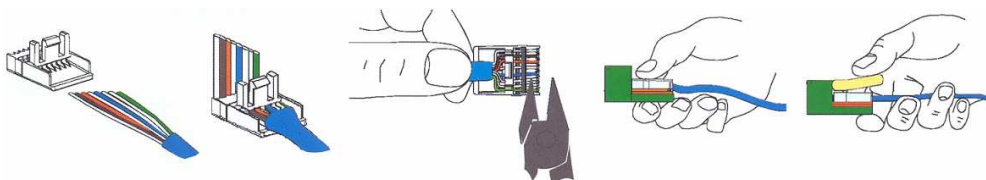
V provedení zakončení (zapojení) je důležité opět dodržet, co nejdokonalejší symetrii twistování (kroucení) páru. Proto rozpletení páru pro vlastní zapojení do, většinou zářezového kontaktu, bylo co nejmenší (uvádí se do 1cm). Důležité je i pořadí zapojování vlastních párů do Jacku (keystonu) RJ45. Pořadím zapojených párů, rovněž dodržíme kroucení jednotlivých párů vodičů mezi sebou v celém kabelu tzv. slovosled párů, jehož pořadí uvádí výrobce kabelu a který by měl být respektován na prvním místě. Docílí se tak nejmenší možná vzdálenost (souosost) mezi párováním a zářezovými kontakty v konektoru. (viz. **Obr. 7.6**) nesprávného zapojení (rozpletení párů kabelu).



**Obr. 8.6** Nesprávné zapojení (rozpletení páru kabelů)

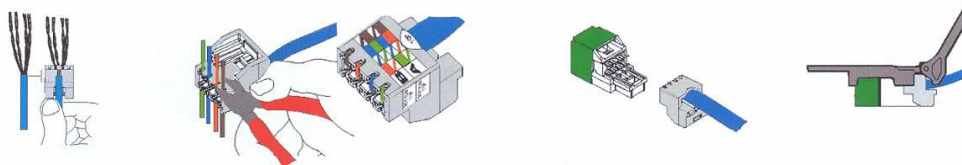
Existují technologie, které v maximální možné míře eliminují vliv lidského faktoru na kvalitu zapojování. Navíc některé zaručují výrazně vyšší produktivitu práce (ovšem která je diskutabilní z pohledu spolehlivosti spoje).

Ukázka technologií ukončování kabelu do Jacku RJ45 (viz. **Obr. 7.7** a **Obr. 7.8**).



**Obr. 8.7** Systém se zářezovým víčkem

Systém se samozářezovým víčkem (výrazně vyšší produktivita – rychlost zapojení), Ovšem menší spolehlivost, že všechny vodiče byly řádně zaříznuty do kontaktu.



**Obr. 8.8** Systém se zářezovou hlavou

Za nejspolehlivější a nadále nejužnavanější systém (např. produkty SCS Systimax), firmy AVAYA, se nadále drží klasických zářezových kontaktů IDC110 (vodič je zářezován kolmo k ose kontaktu), z důvodu přehlednosti v pořadí zapojování párů kabelu (zmíněné kroucení vlastních párů v kabelu), přehlednosti v minimálním rozpletu vodičů vlastního páru, jakož spolehlivosti v jednotlivém zaříznutí vodiče do kontaktu.

## 8.4 Optické rozvody pro datové aplikace

Optické kabeláže se používají všude tam, kde je zapotřebí vysokých rychlostí přenosu datového signálu, vysoké spolehlivosti a překlenutí velkých vzdáleností.

Jedná se především o „páteřní“ propojení datových uzlů (tzv. přímá redundantní trasa), ať už v budovách nebo areálech. Důvodem je především galvanické oddělení jednotlivých uzlů, dále ochrana proti přepětí (např. při zásahu budovy bleskem) a nejen při přímém zásahu blesku, ale i při vzdáleném i několika desítek metrů, od příslušného objektu, způsobí přepětí v řádech desítek kV, které se přenesou i zemí a naindukují se na kovové části objektu, tedy i veškeré rozvody, nejen datové. Největší škody vlivem přepětí jsou páchané mimo elektronická zařízení na uložitých dat, které při nedostatečném zálohování vedou k nevyčíslitelným ztrátám.

Jak bylo výše uvedeno, k poškození elektronických zařízení vlivem přepětí může dojít i po jiných vedeních (elektrická rozvodná síť, telefonní rozvody atd.), jakož po kovových nosných konstrukcích, ale to je již další široká oblast a škála možností, jak chránit nejdůležitější zařízení infrastruktur mimo řešení optickými rozvody.

Optickou kabeláž navrhujeme nejen pro páteřní propojení datových uzlů, ale i jako lokální segmenty ke koncovým zařízením, všude tam, kde si nejsme jisti spolehlivostí metalických rozvodů, vlivem rušivých vlivů. Magnetická pole vysokonapěťových rozvodů, zářivkových svítidel nebo točivých strojů, které mají za následek zpomalení nebo rozpad přenášeného signálu po metalické kabeláži. Optické kabely plně eliminují vnější vlivy, které nevyřeší ani kvalitní stíněné metalické kabely, oddělené kabelové trasy se samostatnými elektrickými přívody, s oddělovacími transformátory nebo záložní zdroje UPS.

Optická kabeláž řeší překlenutí vzdáleností, která je omezena po metalickém kabelu do 100m, ale při použití Singlemodových vláken a příslušných převodníků na vzdálenosti 70 až 100km.

Pro datové aplikace se většinou používají optické kabely s MultiModovými (označení FO MM) s vlákny 62,5/125 nebo 50/125um. Návrh a použití příslušného typu optického kabelu musí vycházet z požadavku na přenášenou rychlost. Čím vyšší je požadovaná rychlost, tím se zkracuje délka optického segmentu. Současné normy přesně specifikují garance rychlosti pro délky 300, 500 a 2000m u MultiModových vláken a výše pro vlákna SingleModová. Mimo datové aplikace lze použít optické kabely i pro jiné aplikace konvergované sítě např. IP telefonii, IP kamery, IP systémy řízení a regulace.

Příslušný návrh optického kabelu pro danou aplikaci, je potřeba provést nejen z pohledu délky, požadované rychlosti, ale rovněž i prostředí v kterém bude kabel veden a uložen. Zmíněno bylo v řešení kabelových tras.

### 8.4.1 Základní rozdělení optických kabelů

#### 8.4.1.1 S volnou sekundární ochranou

Je to metoda vhodná pro dálkové kabelové trasy. Parametry méně ovlivňuje vnější teplota, vyrábí se s odolným pláštěm, většinou gelové.

Venkovní provedení kabelů i pro přímou pokládku do země, do vody, s robustními vnějšími plášti, ocelovým kordem. Proto se nedoporučují instalovat pro vertikální rozvody (stupačky) v budovách (možnost vytékání gelu), pokud není příslušně opatřen hermetickými vývodkami. Venkovní kabely jsou vyráběny s pláštěm PE (hořlavý materiál), který je v rozporu z bezpečnostními požadavky (ochrana zdraví osob ve veřejných budovách), protipožárními předpisy (požadavky na dobu přehoření - zachování funkčnosti ) atd..

### 8.4.1.2 S těsnou sekundární ochranou

Kabely pro vnitřní rozvody v budovách, vyráběné odsimplexních až po mnohažilové (vícevláknové) typy.

Kabely jsou většinou se samozhášivým pláštěm (LSOH) , s ochranou proti hlodavcům (označení FRNC). Kabely s těsnou primární ochranou se dají rovnou zakončovat příslušnými typy optických konektorů, nebo svařovat.

Při návrhu a realizaci optických kabelových rozvodů je zapotřebí dodržet několik základních zásad.

Jak již bylo zmíněno při návrhu a řešení kabelových tras je nutné dbát na jejich dostatečné dimenzování – průchodnost, aby nedošlo k poškození FO kabelu při zatahování. Dodržet minimální poloměry ohybu , které jsou specifikované v technických parametrech každého FO kabelu. Ohyby mají zásadní vliv na parametry přenášeného signálu - útlum. Vzniká vyzařováním signálu v ohybech na kabelové trase nebo na konektoru (vlastní ukončení kabelu). Při pokládce optických kabelů je nutné stejně, jako při instalaci metalických kabelů, dbát na maximální opatrnost v namáhání (tahu), protahování přes rohy. Instalovat co nejkratší úseky, v nepřímém směru trasy. Raději volit vytažení kabelu z trasy (smyčku) a pak opětovně zatáhnout do dalšího úseku, než silou se dostávat přes ohyb.

Neopomenout fixaci optických kabelů ve stoupacích vedeních (vertikální rozvody), po krátkých úsecích kolem 1m i méně, aby nemohlo dojít k samovolnému poškození vláken, vlastní vahou kabelu. Stejně tak nepodcenit značení optické trasy. V případě, že není optický kabel berevně odlišen, při společných instalacích s ostatními rozvody, provést popisky i po krátkých vzdálenostech. Nechtěné přerušení optického kabelu a následné spojování (svaření) je stále ještě finančně náročné a ne vždy snadno proveditelné (dále viz. vlastní ukončení optických vláken).

Jakýmkoliv mechanickým poškozením vlákna, kdy ještě nedošlo k úplnému přerušení (např. i krátkodobý velký ohyb, překroucení), dojde k vnitřnímu pnutí a vlákno praskne až za určitý čas. Nazývá se postupným slepnutím vlákna, které se projeví samozřejmě zvýšeným útlumem (při měření), v reálném provozu pak zpomalením rychlosti (větší odezvy přenášených paketů).

Následky špatné instalace, ty finanční, jsou mnohem markantnější, než u poškození metalického kabelu. Závada na optickém kabelu se opět a stejně jako u metalického kabelu zjistí až po ukončení příslušnými konektory, při vlastním měření parametrů . V případě optických vláken, měřením útlumu. Vysoký útlum má měřená optická trasa, při použití jednoduchých decibelových přístrojů, ať je již vlákno přerušeno někde na trase vedení nebo v samotném konektoru. Identifikace je téměř nemožná. Zjištění závady se musí poté provést reflektometrem, který svojí specifickou metodou měření, přesně odhalí místo útlumu na trase nebo vlastní přerušení vlákna. Reflektometrové měření je náročné na čas, následné vyhodnocení výsledků a finanční ztráta je v neposlední řadě vyjádřena i pořizovací cenou přístroje, která se musí zásadně objevit v ceně měření.

## 8.4.2 Technologie ukončování optických kabelů

### 8.4.2.1 Ukončení svařováním

Ukončení optických vláken je provedeno svařením tzv. „Pig-tailu“ (tj. MultiModové vlákno 50/125 / 62,5/125um nebo SingleModové vlákno 9/125um) shodné s vlákem vlastního optického kabelu, v délce cca 1m osazené příslušným typem konektoru (ST, SC, LC, MTRJ nebo E2000). Svaření se provede v přístroji, který automaticky a symetricky



vystředí spojovaná vlákna a zataví je do polykarbonátové trubičky, která je opatřena pevnostním prvkem. Přístroj rovněž automaticky provede vyhodnocení kvality provedeného spoje, „prohlédnutím“ z více stran. Kvalita spoje je přímo úměrná typu použitého přístroje a zalomení vláken ve speciálním přípravku.

Vlastnímu spojení (svaření) předchází zdrhnutí sekundární izolace vláken, očištění a již uvedeném zalomení vláken. Takto provedený spoj se poté ukládá do optické kazety, jejíž součástí je hřeben pro fixaci trubičky se spojem (svarem). Vlastní Pig-tail s optickým konektorem se zapojí do spojky shodného typu s použitým FO konektorem, která je většinou instalována v průčelí (čelním panelu) optického rozvaděče (vany), která je v provedení typizovaného rozměru 19“, instalována do rámu datového rozvaděče.

Popsanou metodou se dá docílit nejkvalitnějších ukončení, co do útlumu, neboť při svaření se předpokládá utlum do 0,05dB, dále se samozřejmě přičítá útlum na vlastním konektoru (na Pig-Tailu), který je proveden ve výrobním závodě, za pomoci příslušných zařízení (zalamovací nože, leštičky) a výsledný útlum Pig-tailu by neměl přesáhnout 0,2dB.

#### **8.4.2.2 Ukončení do optické spojky**

Ukončení – spojení vláken v optické spojce Fiber Lock je patentem firmy 3M. Jedná se o mechanické provedení spoje za pomoci Pig-tailu, který je popsán u metody svařování.

Postup je prakticky shodný (očištění, zalomení vláken), pouze svaření je nahrazeno mechanickou spojkou. Nepřesnost v symetrii vláken proti sobě eliminuje gel uvnitř spojky. Jedná se o metodu vhodnou pro spojování optických kabelů v terénu, kde není možnost dosahu elektrického proudu k připojení svařovacího přístroje nebo v méně přístupných místech. Svařování vyžaduje určitý komfort prostředí.

Výrobce garantuje vysoké procento úspěšnosti provedení spoje, s malou poruchovostí, či vykazování vyššího útlumu. Nevýhodou může být simetrizační gel, který časem stárne a vysychá.

#### **8.4.3 Metody přímého ukončení optického kabelu do konektoru**

*Jedná se o dva základní způsoby ukončování přímo do příslušného FO konektoru a to:*

- krimpováním konektoru na kabel (patent koncernu AMP)
- lepením konektoru

##### **8.4.3.1 Metoda krimpováním**

Je to vysoce efektivní metoda, co do rychlosti (produktivity) provedení ukončení optického vlákna. Při ukončení se nemusí z vlastního vlákna odstranit ani sekundární ochrana, ani zalamovat. Kvalitu spoje obstará speciální konektor s gelem, který nahrazuje možné odchylky vystředění vlákna na feruli konektoru nebo odchylení paprsku světla vlivem nepřesného čela vlastního vlákna (bez zalomení). Rychlost provedení spoje (menší pracnost) je částečně vyvážena cenou konektoru, která se projeví ve větším množství ukončení. Otázkou opět zůstává kvalita spoje (útlumu) po několika letech po „vystárnutí“ konektoru (vysychání gelu). Výrobce garantuje až 30let, po laboratorních zkouškách umělého stárnutí konektoru.

### 8.4.3.2 Metodu lepení vlákna do konektoru

Lze rozdělit hned na tři známé způsoby.

Prvním způsobem je ukončení do konektoru Hot-Melt (firma 3M). Konektor je opatřen hmotou, která se rozežře ve speciální pídce.

Očištěné skleněné vlákno od ochrany se prostrčí ferulí konektoru vně. Po schladnutí konektoru (zatumnutí hmoty), se přistoupí k zalomení vlákna a vlastnímu zaleštění konektoru.

Výhodou této metody je možnost znovu použít konektor při špatném zalomení vlákna, při vlastním ukončování nebo při manipulaci (např. je-li tímto konektorem opatřen ohebný Patch cord). Vlákno nesmí zůstat zalomené ve feruli konektoru. Obtížné vytlačení dalším vláknem. Nevýhodou je vyšší cena konektoru, další příslušné náklady na pořízení pícky, přípravků, potřebných k rozežrání konektoru (hmoty) v pídce. Rovněž tak dostupnost elektrické energie pro pícku. Obtížné použití v terénu, vyžaduje určitý komfort prostředí, jako při svařování.

Dalším způsobem lepení do konektoru je za použití epoxidových pryskyřic. Tímto způsobem je ukončena většina optických Patch cordů pro propojování pevně ukončených optických tras s aktivními prvky nebo výše popsané Pig-taily.

Jedná se o velice spolehlivý způsob ukončení, který není nikterak finančně náročný, pouze na čas, pokud se nepoužije urychlovacích způsobů (již zmíněná pícka).

Urychlovací způsob však vyžaduje určitou praxi, aby nedošlo k nadměrné reakci při vytvrzování, což má negativní důsledek na samotné vlákno. Následkem neodborného provedení je tzv. zčernání pryskyřice v konektoru, což vede k malé propustnosti světla (vysokému útlumu).

Méně známým, zato vysoce efektivním a progresivním ukončování do konektoru, je tzv. lepení za studena, produktové řady Systemax SCS patent firmy AVAYA (dříve Lucent Technologies). Lepení se provádí za pomoci dvou složek lepidel, z nichž jedna je předem instalována do konektoru a druhá v mikroskopickém množství jako aktivátor nanese na vlastní vlákno. Po zasunutí vlákna do konektoru dochází k okamžité reakci (vytvrnutí) lepidla v konektoru. Po pár sekundách může dojít již k vlastnímu zalomení vlákna a následnému zaleštění konektoru. Tímto způsobem se dají ukončovat veškeré, doposud známé typy optických konektorů, mimo konektory E2000. Tyto nelze správně ručně zalestit. Zaleštění provádí příslušné zařízení pod úhlem 8° a proto lze instalovat (ukončovat), jen v provedení Pig-tail některou z výše popsaných metod (krimpování nebo svařování).

Způsobem „lepení za studena“ lze ukončovat optická vlákna v jakémkoliv prostředí, terénu, bez ohledu na přístup k elektrické energii. Progresivitu spoje umocňuje rychlost provedení, možnost použití konektorů všech výrobců, jak v provedení na vlákno (ukončení pevné kabeláže), tak na optickou dvojlinku, k vytvoření pohyblivého Patch cordu.

Dokonalá kvalita spoje je deklarována systémovou zárukou 20let, uceleného kabelážního systému Systemax SCS, který je svým způsobem vyjímečný ve srovnání s jinými, ucelenými kabelážními systémy. Nejen co se týče produktové řady, ale především systémem dokumentace a její archivace, která vede ke správnému naplnění systémové záruky.

## 9 Výsledky měření

Tuto kapitolu tvoří experimentální část diplomové práce, v níž jsem zpracovával výsledky simulovaných segmentů kabeláže (metalické a optické) s porovnáním poškozených a nepoškozených segmentů. Dále obsahuje měření s porovnáním různých druhů a typů dnes na trhu dostupných kabelážích systémů, které vyrábí celou řadu kabelážích prvků..

K měření segmentů jsem použil, v případě metalické kabeláže, certifikační měřicí přístroj OMNI Scanner 2 od výrobce měřících přístrojů FLUKE Networks. Samotné parametry kabeláže, které přístroj vyhodnocuje a ukládá do své paměti, jsem musel dále zpracovat v měřicí protokoly v programu Fluke Network LinkWare, který je součástí vybavení přístroje.

Ke změření optických segmentů kabeláže jsem použil měřicí přístroj LANTEK 7, vybavený modulem pro testování optický vláken, který nám nahrazuje nákladnější reflektometr pracující na základě metody OTDR.

### 9.1 Měření metalických segmentů

Podkapitola s názvem měření metalických segmentů obsahuje simulační trasy (segmenty) kabelů CAT 5E a CAT6 různých délek, variant a také výrobců. Segmenty byly měřeny měřicím přístrojem OMNI Scanner 2, který změří jednotlivé parametry kabeláže (délka, wire map, útlum, NEXT, Power Sum, Delay Skew, Return Loss, Far End Crosstalk a Alien Crosstalk), které jsou podrobněji popsány v kapitole 6. Tyto pramatky nám udávají zda kabeláž vyhovuje či nevyhovuje standardům dané kategorie.

Je-li kabeláž nainstalovaná a ukončená na straně datového centra, tak i na straně přípojného místa (tzn. datové zásuvky), může se provádět měření daného segmentu. Po připojení měřicího přístroje na obě strany segmentu je možné zahájit měření. Přístroj testuje postupně jednotlivé hodnoty parametrů. Jestliže hodnoty změřené na daném segmentu vyhovují hodnotám standardu, které jsou uloženy v přístroji, oznamuje přístroj, že měření proběhlo úspěšně. Poté nám nabídne uložení tohoto měření do paměti. Pokud neprojde jedním z parametrů, měření se ukončí a oznámí, že segment neprošel, ale i tak lze uložit do paměti, případně je možné podle hodnoty parametru se pokusit trasu opravit.

Při instalování kabeláže může dojít k různým prohřeškům a tím také ke znehodnocení kvality kabeláže, jak je vidět na simulačních segmentech.

#### 9.1.1 Simulační segmenty metalických kabelů

Cable ID	Výrobce	Typ	Délka	Poškození	Poznámka
Cat 5E 01	AVAYA - SYSTIMAX	UTP	50m	nepoškozený	
Cat 5E 02	AVAYA - SYSTIMAX	UTP	50m	poškozený	zkroucený segment
Cat 5E 03	AVAYA - SYSTIMAX	UTP	50m	poškozený	dva uzly na segmentu
Cat 5E 04	AVAYA - SYSTIMAX	UTP	50m	poškozený	konec segmentu před ukončením rozpleten (20cm)
Cat 5E 05	R&M Freenet	FTP	70m	nepoškozený	
Cat 5E 06	R&M Freenet	FTP	70m	poškozený	dva uzly na segmentu
Cat 5E 07	R&M Freenet	FTP	70m	poškozený	konec segmentu před ukončením rozpleten (20cm)
Cat 6 01	R&M Freenet	UTP	80m	nepoškozený	
Cat 6 02	R&M Freenet	UTP	40m	nepoškozený	
Cat 6 03	R&M Freenet	UTP	40m	poškozený	konec segmentu před ukončením rozpleten (20cm)
Cat 6 04	Draka Norsk Kabel	FTP	80m	nepoškozený	
Cat 6 05	Draka Norsk Kabel	FTP	80m	poškozený	dva uzly na segmentu
Cat 6 06	Draka Norsk Kabel	FTP	40m	poškozený	špatné rozpletení těsně před zařezávacími noži modulu

Tab.9.1 Měřicí protokoly



**Cable ID: Cat 5E 01**

**Test Summary: PASS**

Date / Time: 04/27/2008 10:57:00am  
 Headroom: 11.1 dB (NEXT 45-78)  
 Test Limit: Cat 5e P-Link  
 Cable Type: Cat 5e UTP

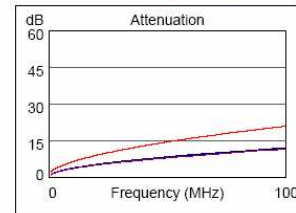
Operator: Vladimir Konvalinka  
 Software Version: V06.12  
 NVP: 72%

Model: OMNIScanner2  
 Main S/N: 50D04A00011  
 Remote S/N: 50E04A00033  
 Main Adapter: CHAN 5/5E/6  
 Remote Adapter: CHAN 5/5E/6

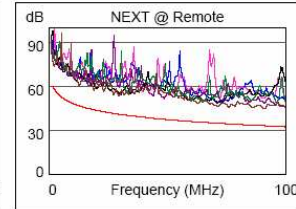
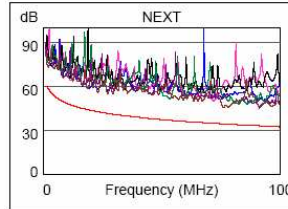
Wire Map	Expected	Actual
<b>PASS</b> Omni:	12345678	12345678
Remote:	12345678	12345678



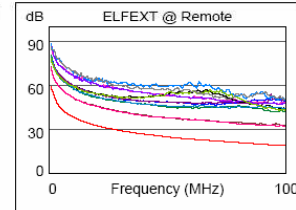
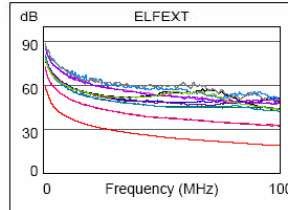
Length (ft), Limit 295	[Pair 78]	180
Prop. Delay (ns), Limit 498	[Pair 12]	263
Delay Skew (ns), Limit 44		9
Resistance (ohms)		N/A
Attenuation (dB)	[Pair 12]	8.9
Frequency (MHz)	[Pair 12]	99.9
Limit (dB)	[Pair 12]	21.0



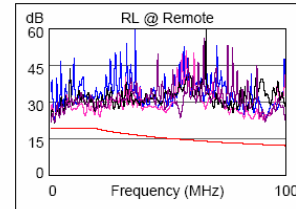
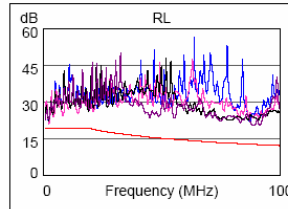
<b>PASS</b>	Worst Case Margin	
	MAIN	SR
Worst Pair	45-78	45-78
<b>NEXT (dB)</b>	11.1	11.2
Freq. (MHz)	76.0	75.8
Limit (dB)	34.3	34.3
Worst Pair	45	78
<b>PSNEXT (dB)</b>	12.6	12.3
Freq. (MHz)	91.1	70.9
Limit (dB)	30.0	31.8



<b>PASS</b>	Worst Case Margin	
	MAIN	SR
Worst Pair	36-78	78-36
<b>ELFEXT (dB)</b>	11.5	11.5
Freq. (MHz)	1.9	1.9
Limit (dB)	55.1	55.1
Worst Pair	36	36
<b>PSELFEXT (dB)</b>	13.6	13.4
Freq. (MHz)	2.1	1.9
Limit (dB)	51.0	52.1



<b>PASS</b>	Worst Case Margin	
	MAIN	SR
Worst Pair	36	36
<b>RL (dB)</b>	5.3	5.0
Freq. (MHz)	8.4	21.4
Limit (dB)	19.0	18.7



Project: MASTER'S THESIS

test.flw



**Cable ID: Cat 5E 02**

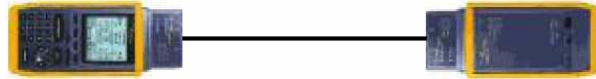
**Test Summary: PASS**

Date / Time: 04/27/2008 11:22:00am  
 Headroom: 9.6 dB (NEXT 45-78)  
 Test Limit: Cat 5e P-Link  
 Cable Type: Cat 5e UTP

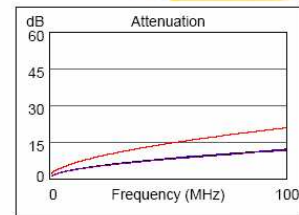
Operator: Vladimir Konvalinka  
 Software Version: V06.12  
 NVP: 72%

Model: OMNIScanner2  
 Main S/N: 50D04A00011  
 Remote S/N: 50E04A00033  
 Main Adapter: CHAN 5/5E/6  
 Remote Adapter: CHAN 5/5E/6

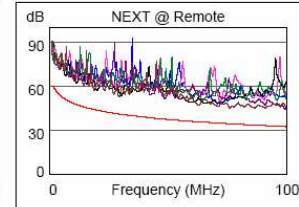
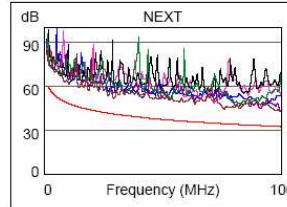
Wire Map	Expected	Actual
<b>PASS</b> Omni:	12345678	12345678
Remote:	12345678	12345678



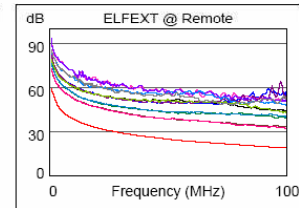
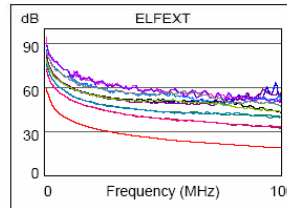
Length (ft), Limit 295	[Pair 78]	180
Prop. Delay (ns), Limit 498	[Pair 12]	263
Delay Skew (ns), Limit 44		8
Resistance (ohms)		N/A
Attenuation (dB)	[Pair 12]	8.9
Frequency (MHz)	[Pair 12]	99.9
Limit (dB)	[Pair 12]	21.0



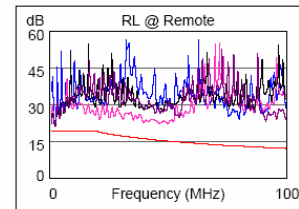
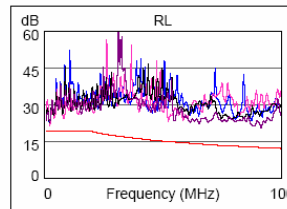
<b>PASS</b>	Worst Case Margin	
	MAIN	SR
Worst Pair	45-78	45-78
<b>NEXT (dB)</b>	9.6	10.8
Freq. (MHz)	75.8	75.8
Limit (dB)	34.3	34.3
Worst Pair	45	45
<b>PSNEXT (dB)</b>	10.8	12.2
Freq. (MHz)	99.2	90.7
Limit (dB)	29.4	30.0



<b>PASS</b>	MAIN		SR	
	Worst Pair	78-36	36-78	
<b>ELFEXT (dB)</b>	12.4	12.4		
Freq. (MHz)	1.9	1.9		
Limit (dB)	55.1	55.1		
Worst Pair	36	36		
<b>PSELFEXT (dB)</b>	13.9	13.9		
Freq. (MHz)	2.5	2.1		
Limit (dB)	49.1	51.0		



<b>PASS</b>	MAIN		SR	
	Worst Pair	36	36	
<b>RL (dB)</b>	5.2	5.0		
Freq. (MHz)	8.4	21.4		
Limit (dB)	19.0	18.8		



Project: MASTER'S THESIS

test.fiw



**Cable ID: Cat 5E 03**

**Test Summary: PASS**

Date / Time: 04/27/2008 11:28:00am  
 Headroom: 10.9 dB (NEXT 45-78)  
 Test Limit: Cat 5e P-Link  
 Cable Type: Cat 5e UTP

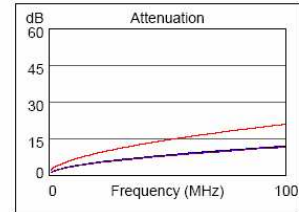
Operator: Vladimir Konvalinka  
 Software Version: V06.12  
 NVP: 72%

Model: OMNIScanner2  
 Main S/N: 50D04A00011  
 Remote S/N: 50E04A00033  
 Main Adapter: CHAN 5/5E/6  
 Remote Adapter: CHAN 5/5E/6

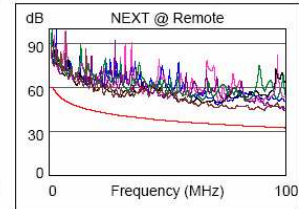
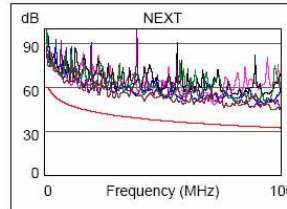
Wire Map	Expected	Actual
<b>PASS</b> Omni:	12345678	12345678
Remote:	12345678	12345678



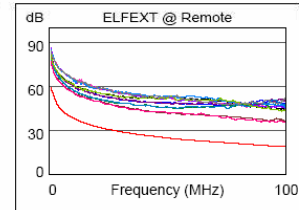
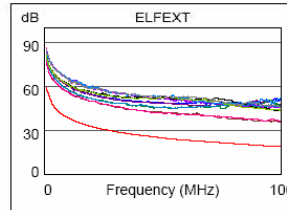
Length (ft), Limit 295	[Pair 78]	180
Prop. Delay (ns), Limit 498	[Pair 12]	263
Delay Skew (ns), Limit 44		9
Resistance (ohms)		N/A
Attenuation (dB)	[Pair 12]	8.9
Frequency (MHz)	[Pair 12]	99.2
Limit (dB)	[Pair 12]	20.9



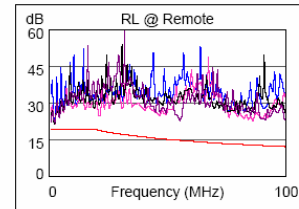
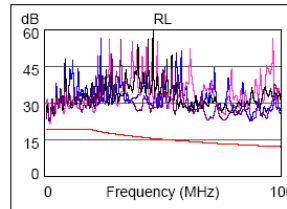
<b>PASS</b>	Worst Case Margin	
	MAIN	SR
Worst Pair	45-78	45-78
<b>NEXT (dB)</b>	11.3	10.9
Freq. (MHz)	27.3	78.1
Limit (dB)	41.6	34.1
Worst Pair	45	45
<b>PSNEXT (dB)</b>	12.5	12.1
Freq. (MHz)	59.0	99.4
Limit (dB)	33.0	29.3



<b>PASS</b>	MAIN		SR	
	Worst Pair	78-36	36-78	
<b>ELFEXT (dB)</b>	15.7	15.7		
Freq. (MHz)	2.1	2.1		
Limit (dB)	54.0	54.0		
Worst Pair	36	36		
<b>PSELFEXT (dB)</b>	16.2	16.2		
Freq. (MHz)	2.1	2.5		
Limit (dB)	51.0	49.2		



<b>PASS</b>	MAIN		SR	
	Worst Pair	36	36	
<b>RL (dB)</b>	6.8	5.8		
Freq. (MHz)	8.4	21.4		
Limit (dB)	19.0	18.7		



Project: MASTER'S THESIS

test.flw



**Cable ID: Cat 5E 04**

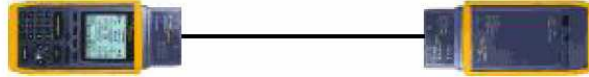
**Test Summary: PASS**

Date / Time: 04/27/2008 11:30:00am  
 Headroom: 11.0 dB (NEXT 45-78)  
 Test Limit: Cat 5e P-Link  
 Cable Type: Cat 5e UTP

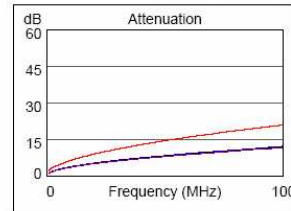
Operator: Vladimir Konvalinka  
 Software Version: V06.12  
 NVP: 72%

Model: OMNIScanner2  
 Main S/N: 50D04A00011  
 Remote S/N: 50E04A00033  
 Main Adapter: CHAN 5/5E/6  
 Remote Adapter: CHAN 5/5E/6

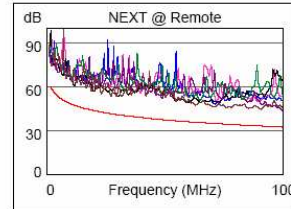
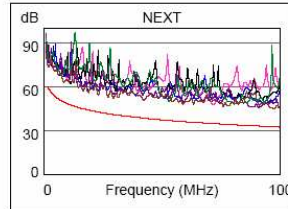
Wire Map	Expected	Actual
<b>PASS</b>	Omni: 12345678	12345678
	Remote: 12345678	12345678



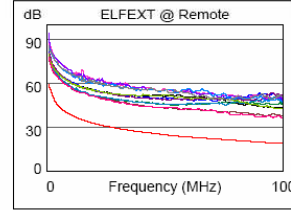
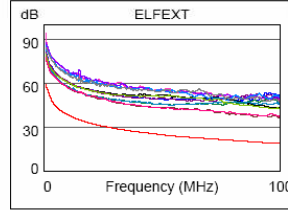
Length (ft), Limit 295	[Pair 78]	180
Prop. Delay (ns), Limit 498	[Pair 12]	263
Delay Skew (ns), Limit 44		9
Resistance (ohms)		N/A
Attenuation (dB)	[Pair 12]	8.9
Frequency (MHz)	[Pair 12]	99.4
Limit (dB)	[Pair 12]	21.0



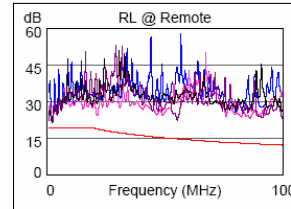
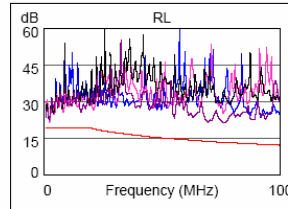
<b>PASS</b>	Worst Case Margin	
	MAIN	SR
Worst Pair	45-78	45-78
<b>NEXT (dB)</b>	11.0	11.2
Freq. (MHz)	29.5	76.0
Limit (dB)	40.9	34.3
Worst Pair	45	45
<b>PSNEXT (dB)</b>	12.1	12.2
Freq. (MHz)	59.0	99.4
Limit (dB)	33.0	29.3



<b>PASS</b>	MAIN		SR	
	Worst Pair	36-78	36-78	
<b>ELFEXT (dB)</b>	17.1	17.0		
Freq. (MHz)	1.9	2.5		
Limit (dB)	55.1	52.2		
Worst Pair	36	36		
<b>PSELFEXT (dB)</b>	17.1	17.1		
Freq. (MHz)	2.5	2.3		
Limit (dB)	49.2	50.0		



<b>PASS</b>	MAIN		SR	
	Worst Pair	36	36	
<b>RL (dB)</b>	6.6	5.2		
Freq. (MHz)	8.4	21.4		
Limit (dB)	19.0	18.7		



Project: MASTER'S THESIS

test.flw



**Cable ID: Cat 5E 05**

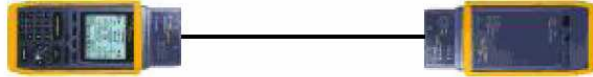
**Test Summary: PASS**

Date / Time: 04/27/2008 01:35:00pm  
 Headroom: 4.4 dB (NEXT 45-78)  
 Test Limit: Cat 5e P-Link  
 Cable Type: Cat 5e FTP

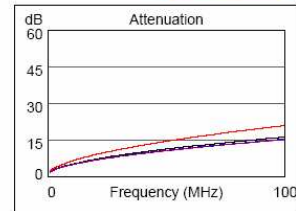
Operator: Vladimir Konvalinka  
 Software Version: V06.12  
 NVP: 72%

Model: OMNIScanner2  
 Main S/N: 50D04A00011  
 Remote S/N: 50E04A00033  
 Main Adapter: CHAN 5/5E/6  
 Remote Adapter: CHAN 5/5E/6

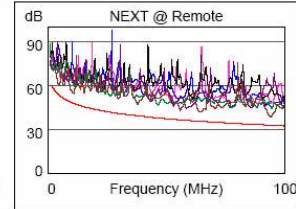
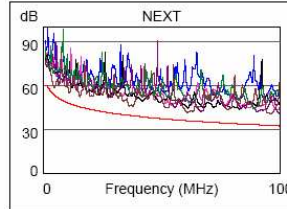
Wire Map	Expected	Actual
<b>PASS</b> Omni:	12345678S	12345678S
Remote:	12345678S	12345678S



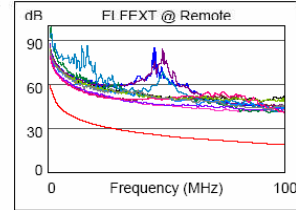
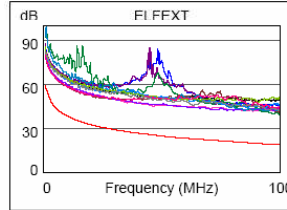
Length (ft), Limit 295	[Pair 36]	265
Prop. Delay (ns), Limit 498	[Pair 12]	385
Delay Skew (ns), Limit 44		11
Resistance (ohms)		N/A
Attenuation (dB)	[Pair 45]	4.7
Frequency (MHz)	[Pair 45]	99.7
Limit (dB)	[Pair 45]	20.9



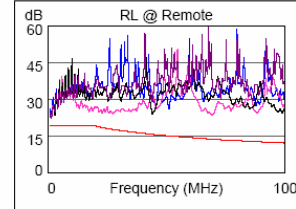
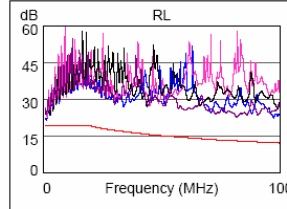
<b>PASS</b>	Worst Case Margin	
	MAIN	SR
Worst Pair	45-78	45-78
<b>NEXT (dB)</b>	4.4	5.4
Freq. (MHz)	4.8	93.8
Limit (dB)	53.6	32.8
Worst Pair	78	78
<b>PSNEXT (dB)</b>	6.6	7.4
Freq. (MHz)	61.0	94.0
Limit (dB)	32.8	29.8



<b>PASS</b>	MAIN		SR	
	Worst Pair	36-78	36-78	
<b>ELFEXT (dB)</b>	18.6	18.7		
Freq. (MHz)	1.9	2.3		
Limit (dB)	55.1	53.1		
Worst Pair	78	78		
<b>PSELFEXT (dB)</b>	19.5	19.6		
Freq. (MHz)	1.9	2.5		
Limit (dB)	52.1	49.2		



<b>PASS</b>	MAIN		SR	
	Worst Pair	45	36	
<b>RL (dB)</b>	6.2	5.5		
Freq. (MHz)	4.3	17.6		
Limit (dB)	19.0	19.0		



Project: MASTER'S THESIS

test.flw





**Cable ID: Cat 5E 06**

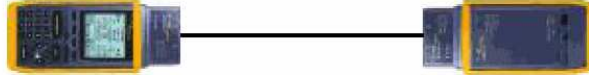
**Test Summary: PASS**

Date / Time: 04/27/2008 01:41:00pm  
 Headroom: 5.0 dB (NEXT 45-78)  
 Test Limit: Cat 5e P-Link  
 Cable Type: Cat 5e FTP

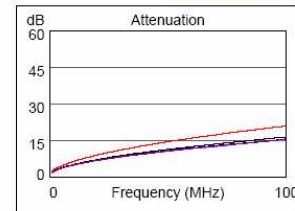
Operator: Vladimir Konvalinka  
 Software Version: V06.12  
 NVP: 72%

Model: OMNIScanner2  
 Main S/N: 50D04A00011  
 Remote S/N: 50E04A00033  
 Main Adapter: CHAN 5/5E/6  
 Remote Adapter: CHAN 5/5E/6

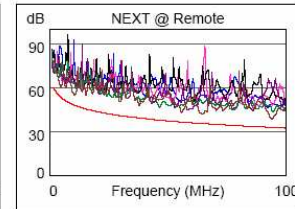
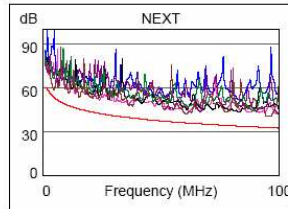
Wire Map	Expected	Actual
<b>PASS</b> Omni:	12345678S	12345678S
Remote:	12345678S	12345678S



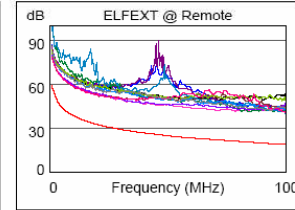
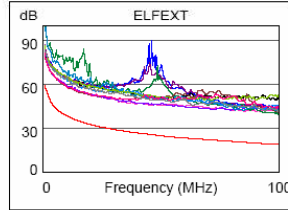
Length (ft), Limit 295	[Pair 36]	265
Prop. Delay (ns), Limit 498	[Pair 12]	385
Delay Skew (ns), Limit 44		11
Resistance (ohms)		N/A
Attenuation (dB)	[Pair 45]	4.6
Frequency (MHz)	[Pair 45]	99.7
Limit (dB)	[Pair 45]	20.9



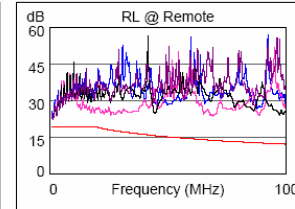
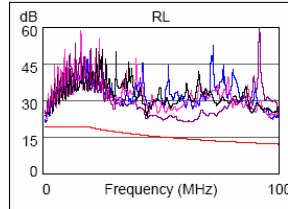
<b>PASS</b>	Worst Case Margin	
	MAIN	SR
Worst Pair	45-78	45-78
<b>NEXT (dB)</b>	5.0	5.4
Freq. (MHz)	4.8	94.0
Limit (dB)	53.6	32.7
Worst Pair	78	78
<b>PSNEXT (dB)</b>	6.8	7.3
Freq. (MHz)	60.8	94.0
Limit (dB)	32.8	29.8



<b>PASS</b>	Worst Case Margin	
	MAIN	SR
Worst Pair	12-45	45-12
<b>ELFEXT (dB)</b>	19.1	19.1
Freq. (MHz)	2.5	2.5
Limit (dB)	52.1	52.2
Worst Pair	78	78
<b>PSELFEXT (dB)</b>	19.9	19.8
Freq. (MHz)	1.9	2.5
Limit (dB)	52.1	49.2



<b>PASS</b>	Worst Case Margin	
	MAIN	SR
Worst Pair	45	36
<b>RL (dB)</b>	5.7	5.6
Freq. (MHz)	4.3	17.6
Limit (dB)	19.0	19.0



Project: MASTER S THESIS

test.flw



**Cable ID: Cat 5E 07**

**Test Summary: PASS**

Date / Time: 04/27/2008 01:47:00pm  
 Headroom: 4.9 dB (NEXT 12-45)  
 Test Limit: Cat 5e P-Link  
 Cable Type: Cat 5e FTP

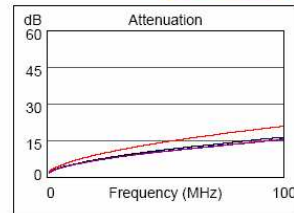
Operator: Vladimir Konvalinka  
 Software Version: V06.12  
 NVP: 72%

Model: OMNIScanner2  
 Main S/N: 50D04A00011  
 Remote S/N: 50E04A00033  
 Main Adapter: CHAN 5/5E/6  
 Remote Adapter: CHAN 5/5E/6

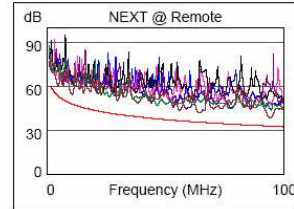
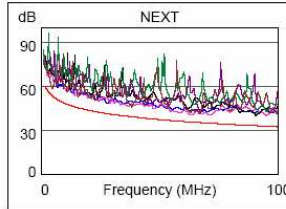
Wire Map	Expected	Actual
<b>PASS</b> Omni:	12345678S	12345678S
Remote:	12345678S	12345678S



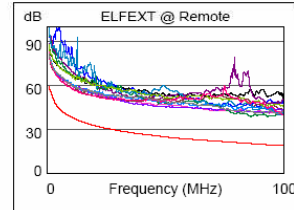
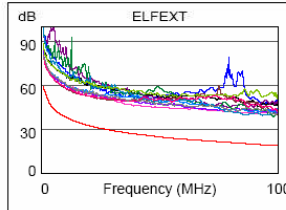
Length (ft), Limit 295	[Pair 36]	264
Prop. Delay (ns), Limit 498	[Pair 12]	383
Delay Skew (ns), Limit 44		10
Resistance (ohms)		N/A
Attenuation (dB)	[Pair 45]	4.6
Frequency (MHz)	[Pair 45]	99.7
Limit (dB)	[Pair 45]	21.0



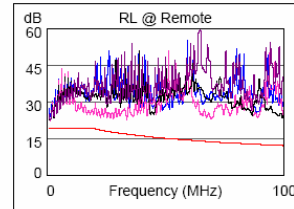
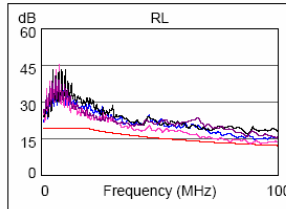
<b>PASS</b>	Worst Case Margin	
	MAIN	SR
Worst Pair	12-45	45-78
<b>NEXT (dB)</b>	4.9	5.6
Freq. (MHz)	63.5	93.8
Limit (dB)	35.5	32.8
Worst Pair	45	78
<b>PSNEXT (dB)</b>	5.0	7.6
Freq. (MHz)	67.1	94.0
Limit (dB)	32.1	29.8



<b>PASS</b>	MAIN		SR	
	Worst Pair	36-78	36-45	
<b>ELFEXT (dB)</b>	18.5	18.5		
Freq. (MHz)	13.6	86.2		
Limit (dB)	36.0	20.0		
Worst Pair	78	45		
<b>PSELFEXT (dB)</b>	19.5	18.9		
Freq. (MHz)	2.1	86.2		
Limit (dB)	51.0	16.9		



<b>PASS</b>	MAIN		SR	
	Worst Pair	36	36	
<b>RL (dB)</b>	0.2*	4.9		
Freq. (MHz)	88.4	22.6		
Limit (dB)	12.5	18.5		



Project: MASTER'S THESIS

test.flw



**Cable ID: Cat 6 01**

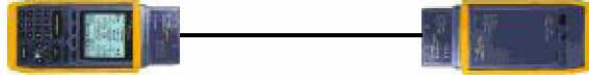
**Test Summary: PASS**

Date / Time: 04/26/2008 04:15:00pm  
 Headroom: 1.3 dB (NEXT 36-45)  
 Test Limit: Cat 6 Link  
 Cable Type: Cat 6 UTP

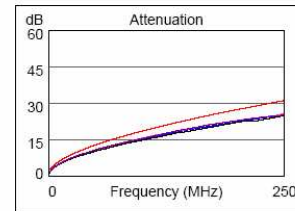
Operator: Vladimir Konvalinka  
 Software Version: V06.12  
 NVP: 74%

Model: OMNIScanner2  
 Main S/N: 50D04A00011  
 Remote S/N: 50E04A00033  
 Main Adapter: CHAN 5/5E/6  
 Remote Adapter: CHAN 5/5E/6

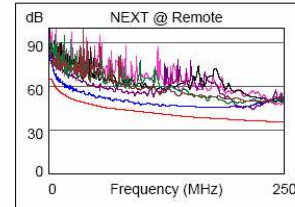
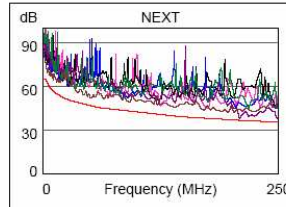
Wire Map	Expected	Actual
<b>PASS</b> Omni:	12345678	12345678
Remote:	12345678	12345678



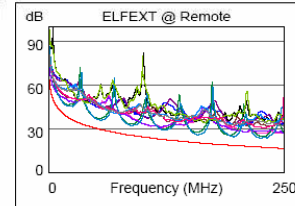
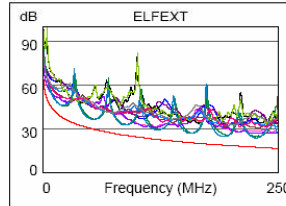
Length (ft), Limit 295	[Pair 45]	294
Prop. Delay (ns), Limit 498	[Pair 36]	433
Delay Skew (ns), Limit 44		29
Resistance (ohms)		N/A
Attenuation (dB)	[Pair 36]	5.4
Frequency (MHz)	[Pair 36]	248.8
Limit (dB)	[Pair 36]	31.1



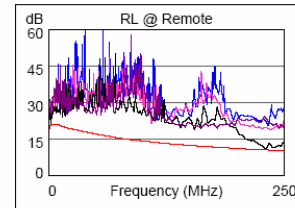
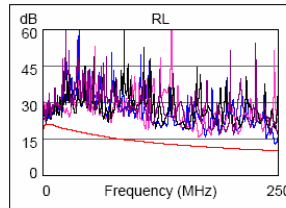
	Worst Case Margin	
	MAIN	SR
<b>PASS</b>		
Worst Pair	36-45	12-36
<b>NEXT (dB)</b>	1.3	4.9
Freq. (MHz)	209.2	98.3
Limit (dB)	36.6	42.0
Worst Pair	45	12
<b>PSNEXT (dB)</b>	3.0	6.9
Freq. (MHz)	209.2	17.6
Limit (dB)	34.0	51.6



	Worst Case Margin	
	MAIN	SR
<b>PASS</b>		
Worst Pair	45-36	45-36
<b>ELFEXT (dB)</b>	5.7	5.3
Freq. (MHz)	191.7	158.8
Limit (dB)	18.6	20.2
Worst Pair	45	45
<b>PSELFEXT (dB)</b>	7.4	7.2
Freq. (MHz)	120.6	121.0
Limit (dB)	19.6	19.5



	Worst Case Margin	
	MAIN	SR
<b>PASS</b>		
Worst Pair	12	45
<b>RL (dB)</b>	1.9	0.4*
Freq. (MHz)	6.4	230.8
Limit (dB)	21.0	10.4



Project: MASTER'S THESIS

test.flw



**Cable ID: Cat 6 02**

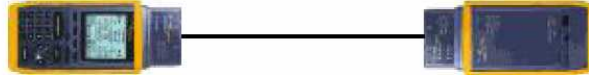
**Test Summary: PASS**

Date / Time: 04/26/2008 04:25:00pm  
 Headroom: 1.3 dB (NEXT 36-45)  
 Test Limit: Cat 6 Link  
 Cable Type: Cat 6 UTP

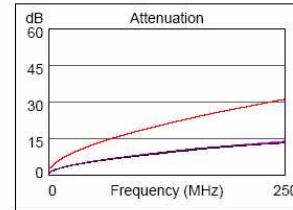
Operator: Vladimir Konvalinka  
 Software Version: V06.12  
 NVP: 74%

Model: OMNIScanner2  
 Main S/N: 50D04A00011  
 Remote S/N: 50E04A00033  
 Main Adapter: CHAN 5/5E/6  
 Remote Adapter: CHAN 5/5E/6

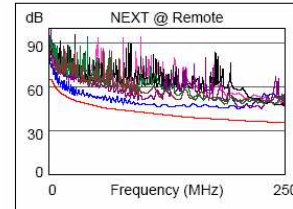
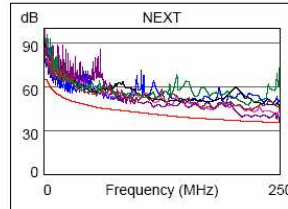
Wire Map	Expected	Actual
<b>PASS</b> Omni:	12345678	12345678
Remote:	12345678	12345678



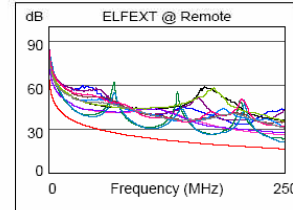
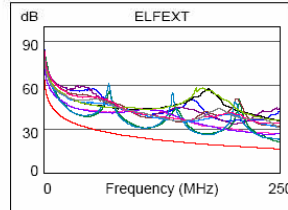
Length (ft), Limit 295	[Pair 45]	151
Prop. Delay (ns), Limit 498	[Pair 36]	222
Delay Skew (ns), Limit 44		14
Resistance (ohms)		N/A
Attenuation (dB)	[Pair 36]	17.1
Frequency (MHz)	[Pair 36]	248.8
Limit (dB)	[Pair 36]	31.0



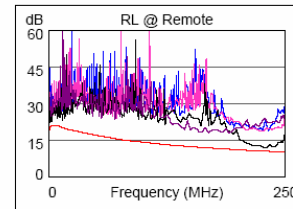
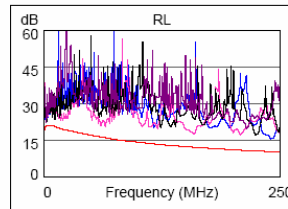
Worst Case Margin	Worst Case Margin	
	MAIN	SR
<b>PASS</b>		
Worst Pair	36-45	12-36
<b>NEXT (dB)</b>	1.3	3.3
Freq. (MHz)	249.7	22.8
Limit (dB)	35.3	52.1
Worst Pair	45	36
<b>PSNEXT (dB)</b>	2.7	5.4
Freq. (MHz)	249.7	20.3
Limit (dB)	32.7	50.6



Worst Case Margin	Worst Case Margin	
	MAIN	SR
<b>PASS</b>		
Worst Pair	36-45	45-36
<b>ELFEXT (dB)</b>	4.7	4.7
Freq. (MHz)	247.9	247.9
Limit (dB)	16.3	16.3
Worst Pair	45	36
<b>PSELFEXT (dB)</b>	6.4	7.3
Freq. (MHz)	247.9	247.9
Limit (dB)	13.3	13.3



Worst Case Margin	Worst Case Margin	
	MAIN	SR
<b>PASS</b>		
Worst Pair	36	45
<b>RL (dB)</b>	3.3	1.3*
Freq. (MHz)	20.3	226.3
Limit (dB)	19.5	10.4



Project: MASTER'S THESIS

test.flw



**Cable ID: Cat 6 03**

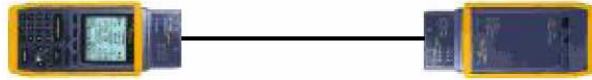
**Test Summary: FAIL**

Date / Time: 04/26/2008 04:38:00pm  
 Test Limit: Cat 6 Link  
 Cable Type: Cat 6 UTP

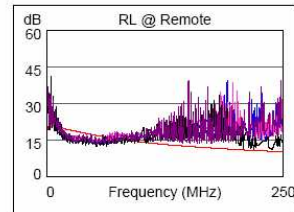
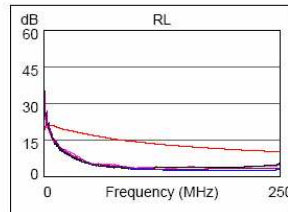
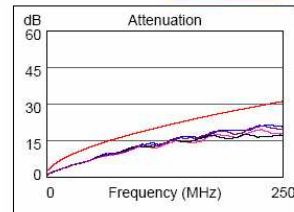
Operator: Vladimir Konvalinka  
 Software Version: V06.12  
 NVP: 74%

Model: OMNIScanner2  
 Main S/N: 50D04A00011  
 Remote S/N: 50E04A00033  
 Main Adapter: CHAN 5/5E/6  
 Remote Adapter: CHAN 5/5E/6

Wire Map	Expected	Actual
<b>PASS</b>		
Omni:	12345678	12345678
Remote:	12345678	12345678



Length (ft), Limit 295	[Pair 45]	153
Prop. Delay (ns), Limit 498	[Pair 36]	221
Delay Skew (ns), Limit 44		11
Resistance (ohms)		N/A
Attenuation (dB)	[Pair 12]	8.5
Frequency (MHz)	[Pair 12]	235.3
Limit (dB)	[Pair 12]	30.0





**Cable ID: Cat 6 04**

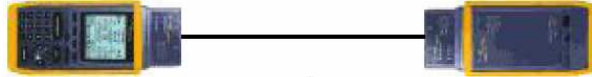
**Test Summary: PASS**

Date / Time: 04/27/2008 09:44:00am  
 Headroom: 3.4 dB (NEXT 36-45)  
 Test Limit: Cat 6 Link  
 Cable Type: Cat 6 FTP

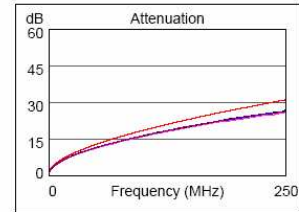
Operator: Vladimir Konvalinka  
 Software Version: V06.12  
 NVP: 74%

Model: OMNIScanner2  
 Main S/N: 50D04A00011  
 Remote S/N: 50E04A00033  
 Main Adapter: CHAN 5/5E/6  
 Remote Adapter: CHAN 5/5E/6

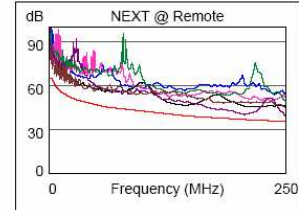
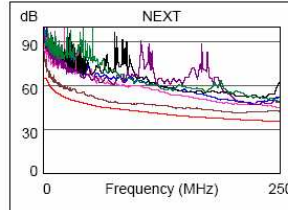
Wire Map	Expected	Actual
<b>PASS</b> Omni:	12345678S	12345678S
Remote:	12345678S	12345678S



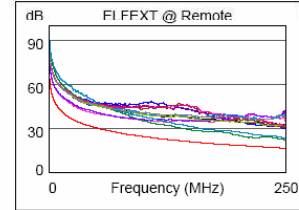
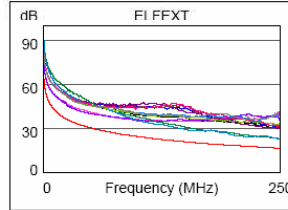
Length (ft), Limit 295	[Pair 36]	282
Prop. Delay (ns), Limit 498	[Pair 78]	391
Delay Skew (ns), Limit 44		4
Resistance (ohms)		N/A
Attenuation (dB)	[Pair 45]	4.1
Frequency (MHz)	[Pair 45]	249.7
Limit (dB)	[Pair 45]	31.1



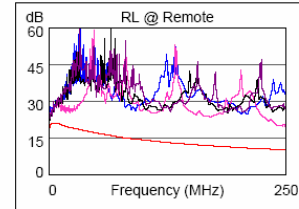
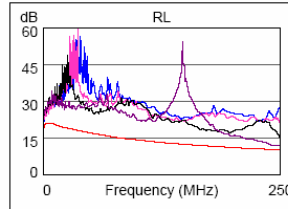
<b>PASS</b>	Worst Case Margin	
	MAIN	SR
Worst Pair	45-78	36-45
<b>NEXT (dB)</b>	4.1	3.4
Freq. (MHz)	79.4	207.4
Limit (dB)	43.5	36.7
Worst Pair	45	45
<b>PSNEXT (dB)</b>	5.6	5.1
Freq. (MHz)	202.0	207.4
Limit (dB)	34.3	34.1



<b>PASS</b>	MAIN		SR	
	Worst Pair	36-45	36-45	
<b>ELFEXT (dB)</b>	6.2	5.4		
Freq. (MHz)	249.7	249.7		
Limit (dB)	16.2	16.2		
Worst Pair	36	45		
<b>PSELFEXT (dB)</b>	8.4	8.1		
Freq. (MHz)	249.7	249.7		
Limit (dB)	13.3	13.3		



<b>PASS</b>	MAIN		SR	
	Worst Pair	78	45	
<b>RL (dB)</b>	1.5	2.9		
Freq. (MHz)	243.4	4.1		
Limit (dB)	10.1	21.0		



Project: MASTER'S THESIS

test.flw



**Cable ID: Cat 6 05**

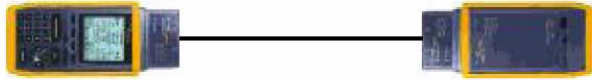
**Test Summary: FAIL**

Date / Time: 04/27/2008 10:16:00am  
 Test Limit: Cat 6 Link  
 Cable Type: Cat 6 FTP

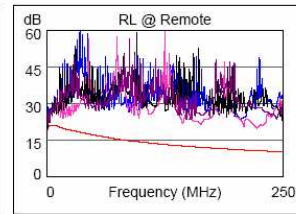
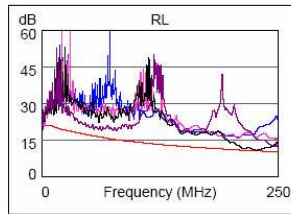
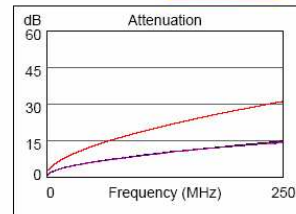
Operator: Vladimir Konvalinka  
 Software Version: V06.12  
 NVP: 74%

Model: OMNIScanner2  
 Main S/N: 50D04A00011  
 Remote S/N: 50E04A00033  
 Main Adapter: CHAN 5/5E/6  
 Remote Adapter: CHAN 5/5E/6

Wire Map	Expected	Actual
<b>PASS</b>	Omni: 12345678S	12345678S
	Remote: 12345678S	12345678S



Length (ft), Limit 295	[Pair 36]	145
Prop. Delay (ns), Limit 498	[Pair 12]	200
Delay Skew (ns), Limit 44		1
Resistance (ohms)		N/A
Attenuation (dB)	[Pair 45]	16.2
Frequency (MHz)	[Pair 45]	249.7
Limit (dB)	[Pair 45]	31.1





**Cable ID: Cat 6 06**

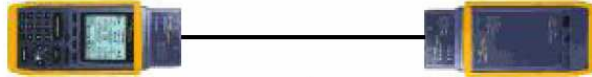
**Test Summary: PASS**

Date / Time: 04/27/2008 10:14:00am  
 Headroom: 2.8 dB (NEXT 36-45)  
 Test Limit: Cat 6 Link  
 Cable Type: Cat 6 FTP

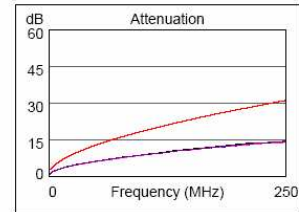
Operator: Vladimir Konvalinka  
 Software Version: V06.12  
 NVP: 74%

Model: OMNIScanner2  
 Main S/N: 50D04A00011  
 Remote S/N: 50E04A00033  
 Main Adapter: CHAN 5/5E/6  
 Remote Adapter: CHAN 5/5E/6

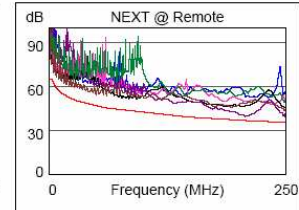
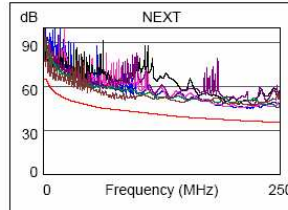
Wire Map	Expected	Actual
<b>PASS</b> Omni:	12345678S	12345678S
Remote:	12345678S	12345678S



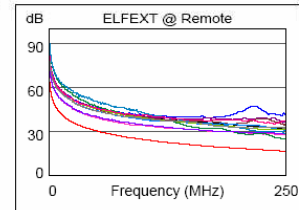
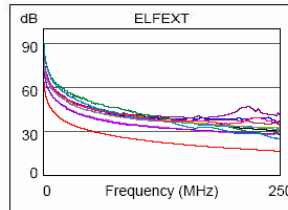
Length (ft), Limit 295	[Pair 36]	145
Prop. Delay (ns), Limit 498	[Pair 12]	200
Delay Skew (ns), Limit 44		1
Resistance (ohms)		N/A
Attenuation (dB)	[Pair 45]	16.6
Frequency (MHz)	[Pair 45]	247.9
Limit (dB)	[Pair 45]	31.0



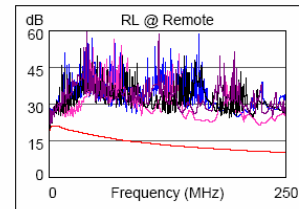
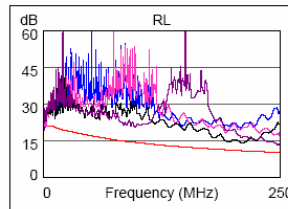
<b>PASS</b>	Worst Case Margin	
	MAIN	SR
Worst Pair	45-78	36-45
<b>NEXT (dB)</b>	7.1	2.8
Freq. (MHz)	5.2	207.4
Limit (dB)	62.2	36.7
Worst Pair	12	45
<b>PSNEXT (dB)</b>	7.7	4.7
Freq. (MHz)	207.4	207.4
Limit (dB)	34.1	34.1



<b>PASS</b>	Worst Case Margin	
	MAIN	SR
Worst Pair	45-36	36-45
<b>ELFEXT (dB)</b>	8.4	8.2
Freq. (MHz)	249.7	247.9
Limit (dB)	16.3	16.3
Worst Pair	12	45
<b>PSELFEXT (dB)</b>	10.2	9.0
Freq. (MHz)	71.8	247.9
Limit (dB)	24.1	13.3



<b>PASS</b>	Worst Case Margin	
	MAIN	SR
Worst Pair	45	45
<b>RL (dB)</b>	3.0	4.7
Freq. (MHz)	210.1	13.1
Limit (dB)	10.7	20.4



Project: MASTER'S THESIS

test.flw



## 9.2 Měření optických segmentů

Postup měření optických segmentů bude obdobný jako u měření metalických segmentů. Segmenty byly změřeny měřicím přístrojem LANTEK 7, vybaveným modulem pro testování optických vláken, který nám nahrazuje nákladnější reflektometr pracující na základě metody OTDR. Tato metoda je podrobně popsána v kapitole 6.

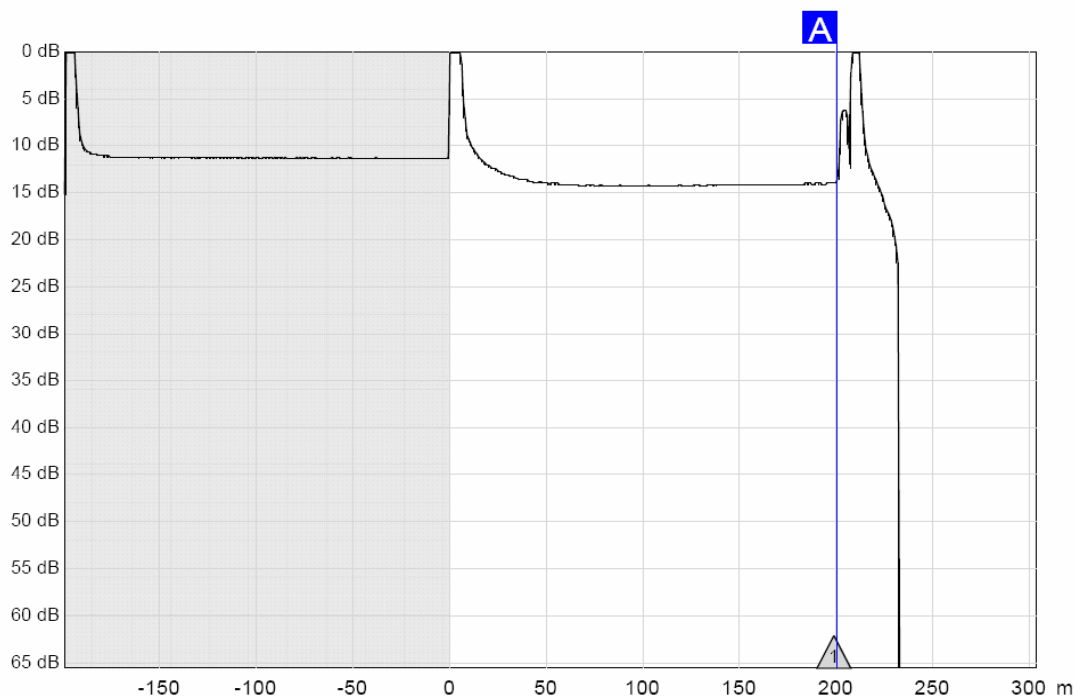
Jako simulační segment jsem použil optický kabel AVAYA MultiMode. Měření je provedeno na vlnové délce 1300nm. Jsou zde dva protokoly, vytvořené z měření dvou vláken. Jedno vlákno bylo v pořádku (viz. nepoškozený segment), druhé vlákno vykazovalo chybu (viz. poškozený segment). Tato chyba může být způsobena zdeformováním kabelů v určitém místě, kde mohlo dojít k přelomení, či roztržení vlákna. Takové vlákno je pak slepé (neprochází jím světlo).

### 9.2.1 Nepoškozený segment

#### OTDR Trace Report:

Thursday, October 18, 2007

Fiber #:	13	Test Site:	
Wavelength:	1300 nm	Far Site:	
Cable ID:		Tested By:	
Cable Type:		Test Date:	10/15/2007 12:44:28 PM
File name: C:\DATA\OTDR-M200\BRNO-VUT-15-10-2007\IDF8-serv\13-24.v\SAMPLE_111_M013.sor			
Comment:			
Module:	M200	Backscatter Coef:	-76.00 dB
Port:	MM	Loss Threshold:	0.20 dB
Range:	502.67 m	Reflection Threshold:	-65.00 dB
Pulse Width:	30 ns	End Threshold:	6.00 dB
Averages:	5120	Group Index:	1.4910
		Cursor A:	200.30 m
		Cursor B:	408.67 m
		B-A Distance:	208.4 m
		B-A Loss:	51.45 dB
		B-A Loss per km:	685.93 dB/km



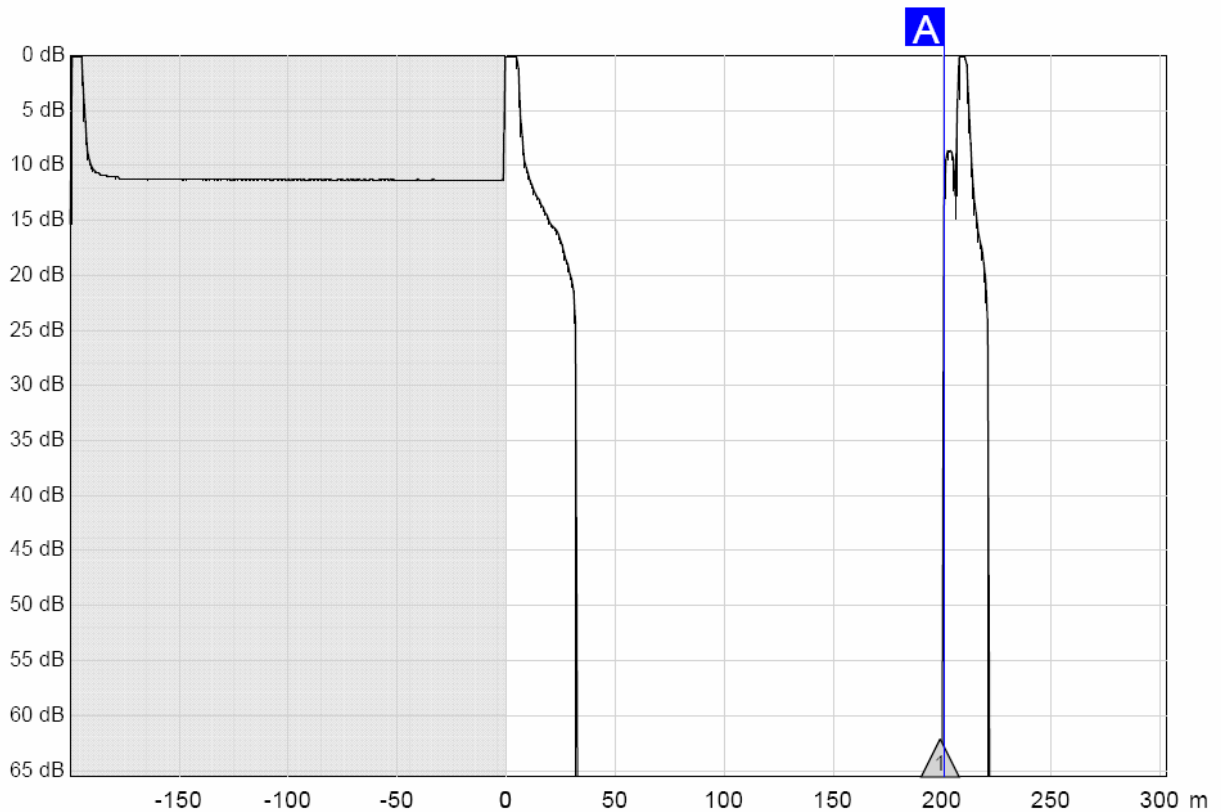
Event Table								
Number of Events: 2		Loss: 2.69 dB		Link ORL: 33.52 dB		Link Length: 200.16 m		
#	Fiber Before Event	Link Events						
	Atten. (dB / km)	Loss (dB)	Source	Type	Location (Meters)	Ref. (dB)	Loss (dB)	
1	--	--	Auto	←	Single Reflective	199.14	-38.79	2.74
	Link Start							
2	--	0.05	Auto	→	Reflective End	399.3	-33.39	0.0

## 9.2.2 Poškozený segment

# OTDR Trace Report:

Thursday, October 18, 2007

Fiber #:	19	Test Site:	
Wavelength:	1300 nm	Far Site:	
Cable ID:		Tested By:	
Cable Type:		Test Date:	10/15/2007 12:52:16 PM
File name: C:\DATA\OTDR-M200\BRNO-VUT-15-10-2007\IDF8-serv\13-24.v\SAMPLE_111_M019.sor			
Comment:			
Module:	M200	Backscatter Coef:	-76.00 dB
Port:	MM	Loss Threshold:	0.20 dB
Range:	502.67 m	Reflection Threshold:	-65.00 dB
Pulse Width:	30 ns	End Threshold:	6.00 dB
Averages:	5120	Group Index:	1.4910
Cursor A:	200.97 m	B-A Distance:	209.1 m
Cursor B:	410.04 m	B-A Loss:	47.08 dB
		B-A Loss per km:	515.55 dB/km



Event Table								
Number of Events: 1		Loss: 0.00 dB		Link ORL: 0.00 dB		Link Length: 0.0 m		
Fiber Before Event		Link Events						
#	Atten. (dB / km)	Loss (dB)	Source	Type	Location (Meters)	Refl. (dB)	Loss (dB)	
1	--	--	Auto	→	Reflective End	199.9	-39.11	0.0
Link Start								

## Závěr

V diplomové práci s názvem „Vliv montáží na kvalitu kabelážních systémů“, jsem provedl detailní rozbor strukturovaných kabeláží. Jsou zde popsány jednotlivé druhy topologií a technologií včetně standardů a norem, kterými se musejí tyto technologie řídit. Poté jsem rozebral jednotlivé prvky strukturovaných kabeláží, se zaměřením na kategorii 5 a 6, které jsou dnes nejpoužívanější.

Nejlepší cestou jak zjistit zda kabeláž splňuje požadavky kladené na síť s vysokou přenosovou rychlostí je přesné proměření důležitých parametrů.. Podle norem pro CAT 5 jsou to parametry Wire map (mapa zapojení), délka, útlum, NEXT (přeslech na blízkém konci), Power Sum NEXT. Tyto parametry se rozšířili po schválení normy pro CAT 6 o parametry Delay Skew (rozdíl zpoždění), Return Loss (měření určující konzistenci impedance v kabelu), Far End Crosstalk (přeslech na vzdáleném konci).

Z důvodu certifikování nainstalované kabeláže pro 10GBASE-T vznikl nový parametr s názvem Alien Crosstalk (cizí přeslech). Je naprosto stejný jev, jako je parametr Far End Crosstalk či NEXT, přeslech zde vznikl vazbou mezi páry drátů sousedních kabelů. Jde tedy o přeslech mezi kabely.

Měření kabeláží se provádí speciálními zařízeními, které mohou přeměřit vybrané parametry udávané normou. V současné době je na trhu mnoho výrobců těchto přenosných přístrojů, mezi nejznámější patří firma FLUKE.

Měřicí přístroje ukazují naměřené hodnoty kabeláže okamžitě po dokončení proměření a zároveň si tyto hodnoty ukládají do paměti. Protože mají nastaveny mezní úrovně jednotlivých parametrů, jsou schopné okamžitě informovat o tom zda je segment v pořádku nebo neodpovídá požadavkům.

Další problematikou, kterou jsem se v diplomové práci zabýval je vliv samotné instalace kabeláže na kvalitu kabelážního systému jako celku. Proto jsou v práci popsány veškeré práce při instalaci, tak i použité materiály a hlavně způsob jak systém správně instalovat, aby byli zachovány veškeré parametry, na které je kladen velký důraz při certifikaci kabelážního systému.

Pro představu jednotlivých parametrů, které jsou vyžadovány nejnovějšími technologiemi, dnes i nejrychlejším 10Gbit Ethernetem, je vypracována kapitola Metodika měření kabelážního systému.

V závěrečném hodnocení měření kabelážních systémů, se chci opřít o vlastní simulační segmenty, které jsem vytvořil jak po stránce nekvalitní, tak kvalitní. Simuloval jsem zde narušení kroucení párů, izolace, rozpletení jednotlivých párů, oddělení stínících prvku u kabelů typu FTP. Veškeré hodnoty parametrů jsou patrné z přehledných měřích protokolů.

K praktickému provedení měření jsem využil komponent různých certifikovaných kabelážních systémů (např. AVAYA). Nejčastější rozdíly byly v přeslechových parametrech NEXT a Power Sum. Rovněž je velký rozdíl mezi kategorií Cat 5E a Cat 6. Cat 5E obdržela větší poškození než Cat 6, na kterou jsou kladeny větší požadavky, hlavně kvůli možnostem přenosu větší přenosovou rychlostí. Cat 5E je konstruována pro přenosovou rychlost do 1Gb/s, zatímco Cat 6 by měla zvládat 10 Gb/s, kterou bylo dodnes možné využít pouze pomocí optických kabelů a to i na delší vzdálenosti.

Závěrečným měřením jsem si rovněž dokázal jak velký vliv má kvalita práce na instalovaný segment. Kvalita provedení instalace se řadí ještě nad parametry použitých síťových komponent, jako je nešetrné zacházení s kabelem (násilné tažení, překroucení, zlomení), které naruší twistování (kroucení) páru kabelu a tím znehodnocení jeho parametrů. Důležitým kritériem kvality funkčních parametrů segmentu je i vlastní zapojení na modul RJ-45, kdy je důležité dbát na minimální rozpletení párů (do 0,5 cm) a dodržení postupného zapojení pořadí párů stanovené výrobcem dle typu keystone RJ-45. Pro správné pořadí při zapojení párů na modul RJ-45 je potřeba dbát i na počátek pokládky vlastního segmentu a to od centra (datový uzel) k zásuvce. Veškeré tyto uvedené zásady nám odhalí kvalitní měřicí přístroj.

## Seznam použité literatury

- [1] MICROSOFT, *Základy sítí Training Kit*, Microsoft Press, 1999
- [2] ČEJPOVI V. a T., *Topologie sítí Ethernet*
- [3] FILKA M., *Přenosová media, Skripta*, VUT FEKT, Brno 2003
- [4] FILKA M., *Optické sítě*, Skripta, VUT FEKT, Brno 2006
- [5] KOČ Z., *Optická vlákna v telekomunikacích*, Sdělovací technika, 1999, č.3
- [6] JORDAN V., *Jak na to?*, Publikace, Brno 2006
- [7] Intelek, *Katalog strukturované kabeláže*, 2006/2007
- [8] KELine, *Katalog strukturované kabeláže*, 2006/2007
- [9] AMP – Tyco Electronics, *European Product Catalog* , 2006
- [10] AVAYA – Systimax SCS, *Connectivity Systems*, 2006
- [11] FLUKE, *Produkty, Měřicí přístroje*, dostupnost na [www.fluke.com](http://www.fluke.com)
- [12] IDEAL, *Měřicí přístroje*, dostupnost na [www.idealindustries.com](http://www.idealindustries.com)
- [13] INTELEK, *LANcat6*, dostupnost na [www.intelek.cz](http://www.intelek.cz)
- [14] VANĚK D., *Výkonnostní kategorie*, Článek, Časopis Connect, 2005
- [15] RADKOVSKÝ P., *Kabely hýbou světem*, Článek, Časopis Connect, 12/2007
- [16] SAMČÍK J., *Jak na výběr kabeláže*, Článek, Časopis Upgrade IT, 10/2007
- [17] NAIK D.C., *Ethernet standardy a protokoly*, Computer Press, 1999
- [18] PTÁČEK J., *Categorie 6 a 7*, Článek, Svět Sítí, 2005

## PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že svoji diplomovou práci na téma „Vliv montáží na kvalitu kabelážních systémů“ jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucího semestrálního projektu a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou všechny citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce.

Jako autor uvedeného semestrálního projektu dále prohlašuji, že v souvislosti s vytvořením tohoto projektu jsem neporušil autorská práva třetích osob, zejména jsem nezasáhl nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a jsem si plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujících autorského zákona č. 121/2000 Sb., včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení § 152 trestního zákona č. 140/1961 Sb.

V Brně dne 28.5.2008

.....

Autor

## **PODĚKOVÁNÍ**

Děkuji vedoucímu diplomové práce Doc. Ing. Miloslavu Filkovi, CSc. za velmi užitečnou metodickou pomoc, trpělivost a cenné rady při zpracování diplomové práce.

V Brně dne 28.5.2008

.....

Autor

# LICENČNÍ SMLOUVA POSKYTOVANÁ K VÝKONU PRÁVA UŽÍT ŠKOLNÍ DÍLO

uzavřená mezi smluvními stranami:

## 1. Pan/paní

Jméno a příjmení: Bc. Vladimír Konvalinka  
Bytem: Novoměstská 59, 621 00, Brno - Řečkovice  
Narozen/a (datum a místo): 2.11.1982, Brno

(dále jen „autor“)

a

## 2. Vysoké učení technické v Brně

Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií  
se sídlem na Údolní 53, 60200, Brno  
jejímž jménem jedná na základě písemného pověření děkanem fakulty:  
prof. Ing. Kamil Vrba, CSc.  
(dále jen „nabyvatel“)

## Článek 1 Specifikace školního díla

1. Předmětem této smlouvy je vysokoškolská kvalifikační práce (VŠKP):

- disertační práce
- diplomová práce
- bakalářská práce
- jiná práce, jejíž druh je specifikován jako

.....  
(dále jen VŠKP nebo dílo)

Název VŠKP: Vliv montáží na kvalitu kabelážních systémů  
Vedoucí/ školitel VŠKP: Doc. Ing. Miloslav Filka, CSc.  
Ústav: Telekomunikací  
Datum obhajoby VŠKP: .....

VŠKP odevzdal autor nabyvateli v\*:

- tištěné formě – počet exemplářů 2
- elektronické formě – počet exemplářů 2

---

\* hodící se zaškrtněte



2. Autor prohlašuje, že vytvořil samostatnou vlastní tvůrčí činností dílo shora popsané a specifikované. Autor dále prohlašuje, že při zpracovávání díla se sám nedostal do rozporu s autorským zákonem a předpisy souvisejícími a že je dílo dílem původním.
3. Dílo je chráněno jako dílo dle autorského zákona v platném znění.
4. Autor potvrzuje, že listinná a elektronická verze díla je identická.

## **Článek 2**

### **Udělení licenčního oprávnění**

1. Autor touto smlouvou poskytuje nabyvateli oprávnění (licenci) k výkonu práva uvedené dílo nevýdělečně užít, archivovat a zpřístupnit ke studijním, výukovým a výzkumným účelům včetně pořizování výpisů, opisů a rozmnoženin.
2. Licence je poskytována celosvětově, pro celou dobu trvání autorských a majetkových práv k dílu.
3. Autor souhlasí se zveřejněním díla v databázi přístupné v mezinárodní síti
  - ihned po uzavření této smlouvy
  - 1 rok po uzavření této smlouvy
  - 3 roky po uzavření této smlouvy
  - 5 let po uzavření této smlouvy
  - 10 let po uzavření této smlouvy(z důvodu utajení v něm obsažených informací)
4. Nevýdělečné zveřejňování díla nabyvatelem v souladu s ustanovením § 47b zákona č. 111/1998 Sb., v platném znění, nevyžaduje licenci a nabyvatel je k němu povinen a oprávněn ze zákona.

## **Článek 3**

### **Závěrečná ustanovení**

1. Smlouva je sepsána ve třech vyhotoveních s platností originálu, přičemž po jednom vyhotovení obdrží autor a nabyvatel, další vyhotovení je vloženo do VŠKP.
2. Vztahy mezi smluvními stranami vzniklé a neupravené touto smlouvou se řídí autorským zákonem, občanským zákoníkem, vysokoškolským zákonem, zákonem o archivnictví, v platném znění a popř. dalšími právními předpisy.
3. Licenční smlouva byla uzavřena na základě svobodné a pravé vůle smluvních stran, s plným porozuměním jejímu textu i důsledkům, nikoliv v tísní a za nápadně nevýhodných podmínek.
4. Licenční smlouva nabývá platnosti a účinnosti dnem jejího podpisu oběma smluvními stranami.

V Brně dne: 28.5.2008

.....  
Nabyvatel

.....  
Autor