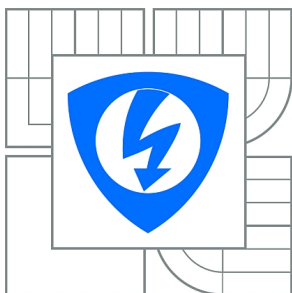


VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A KOMUNIKAČNÍCH
TECHNOLOGIÍ

ÚSTAV TELEKOMUNIKACÍ

FACULTY OF ELECTRICAL ENGINEERING AND COMMUNICATION
DEPARTMENT OF TELECOMMUNICATIONS

OPTICKÉ KABELY V MODERNÍCH DATOVÝCH CENTRECH

OPTICAL CABLES IN MODERN DATA CENTRES

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

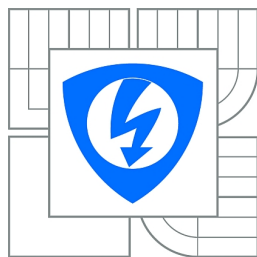
ONDŘEJ HEJTMÁNEK

VEDOUcí PRÁCE

SUPERVISOR

doc. Ing. MILOSLAV FILKA, CSc.

BRNO 2010



**VYSOKÉ UČENÍ
TECHNICKÉ V BRNĚ**

**Fakulta elektrotechniky
a komunikačních technologií**

Ústav telekomunikací

Bakalářská práce

bakalářský studijní obor
Teleinformatika

Student: Ondřej Hejtmánek

ID: 106459

Ročník: 3

Akademický rok: 2009/2010

NÁZEV TÉMATU:

Optické kabely v moderních datových centrech

POKYNY PRO VYPRACOVÁNÍ:

Úkolem práce je vyhodnotit problematiku optických kabelů a datových kabelů v moderních datových centrech - jejich typy, použití a aplikace. Cílem je vyhodnotit optimální variantu jednotlivých technologií z hlediska instalace. Jako parametry zvolte - výkon, spolehlivost, dobu instalace, flexibilitu, hmotnost a velikost, požadavky na údržbu a školení a celkové ceny. Závěry vyhodnoťte tabulkami, grafy, statisticky.

DOPORUČENÁ LITERATURA:

- [1] FILKA, M. Optoelektronika pro telekomunikace a informatiku. CENTA, Brno 2009.
- [2] TRULOVE, J. Sítě LAN. Mc.Graw - Hill, N.Y. 2006. (Český překlad - Grada Publ.)
- [3] ŠÍMA, J. Optické sítě - Vláknová optika. RLC, Praha 2008.

Termín zadání: 29.1.2010

Termín odevzdání: 2.6.2010

Vedoucí práce: doc. Ing. Miloslav Filka, CSc.

prof. Ing. Kamil Vrba, CSc.
Předseda oborové rady

UPOZORNĚNÍ:

Autor bakalářské práce nesmí při vytváření bakalářské práce porušit autorská práva třetích osob, zejména nesmí zasahovat nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a musí si být plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujících autorského zákona č. 121/2000 Sb., včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení části druhé, hlavy VI. díl 4 Trestního zákoníku č.40/2009 Sb.

ANOTACE

Podstatou této práce bylo vyhodnocení problematiky optických a datových kabelů v moderních datových centrech. K porovnání a vyhodnocení optimální varianty byly zvoleny následující parametry: Výkon, spolehlivost, doba instalace, flexibilita, hmotnost a velikost, požadavky na údržbu a školení a celková cena. V úvodních kapitolách je rozepsána struktura datového centra a základy síťových a ukládacích technologií používaných v datových centrech. Jedná se především o lokální síť Ethernet a ukládací technologie DAS, SAN a SAS. Následuje metalická a optická kabeláž. Pro metalickou kabeláž jsou využívány především kabely PiMF. U optické kabeláže byl důraz kladen na vícevidové vlákna OM3 a OM4. Hlavním bodem této práce bylo porovnání tří druhů instalace pro metalickou a tří druhů pro optickou kabeláž. Řešení MRJ-21, předkonektorovaný systém a standardní instalaci tzv. zářezovou technikou pro metalickou kabeláž. Pro optickou kabeláž bylo zvoleno řešení MPO, předkonektorovaný systém a standardní instalace pomocí sváření vláken. V závěru byla porovnána a vyhodnocena jednotlivá řešení. Hlavní důraz byl kladen na parametry výkonu, spolehlivosti a doby instalace. V optických systémech bylo nejlépe ohodnoceno řešení MPO a předkonektorovaný systém. Výsledky byly podobné i u metalické kabeláže, kde nejvíce parametrů splňovalo řešení MRJ-21 následované předkonektorovaným systémem. Standardní instalace se pro oba druhy kabeláže v datových centrech příliš neosvědčila. Všechny druhy instalace byly prakticky vyzkoušeny a změřeny jednotlivé časy instalace.

KLÍČOVÁ SLOVA

Datové centrum, metalická kabeláž, optická kabeláž, vícevidové vlákno, MPO, MRJ-21, předkonektorovaný systém, standardní instalace.

ABSTRACT

The essence of this study was to evaluate the issue of fiber optic and data cables in modern data centers. To compare and evaluate optimal design parameters were chosen as follows: Performance, reliability, installation time, flexibility, weight and size, requirements maintenance and training and the total price. The introductory chapters describes structure of the data center and network bases and storage technologies used in data centers. Particularly a local area network Ethernet and storage technology, DAS, SAN and SAS. Followed by a metallic and fiber optic cabling. For metallic cabling are used primarily PiMF cables. The fiber optic cabling emphasis was placed on multimode fiber OM3 and OM4. The main point of this study was to compare three types of installation metallic and three types of fiber optic cabling. MRJ-21 solution, pre-terminated system and standard installation of the so-called notch technique for metallic cables. For optical cabling has been chosen MPO solution, pre-terminated system and standard installation by welding fibers. In the end were compared and evaluated various solutions. The main focus was placed on the parameters of performance, reliability and installation time. The optical systems were rated the best solution MPO and pre-terminated system. Results were similar for the metallic cabling, where most of the parameters of the solution satisfies MRJ-21 followed by pre-terminated system. Standard installation for both types of cables in data centers too has not worked. All types of installations have been tested in practice and measured at different times during install.

KEYWORDS

The data center, metallic cables, optical cables, multimode fiber, MPO, MRJ-21, pre-terminated system, standard installation.

CITACE PRÁCE

HEJTMÁNEK, O. *Optické kabely v moderních datových centrech*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, 2010. 59 s.
Vedoucí bakalářské práce doc. Ing. Miloslav Filka, CSc.

PROHLÁŠENÍ O PŮVODNOSTI PRÁCE

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci na téma „Optické kabely v moderních datových centrech“ jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce 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 uvedené bakalářské práce dále prohlašuji, že v souvislosti s vytvořením této bakalářské práce 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

.....

podpis autora

PODĚKOVÁNÍ

Děkuji vedoucímu bakalářské práce doc. Ing. Miloslavu Filkovi CSc., za užitečnou metodickou pomoc a cenné rady při zpracování bakalářské práce. Zvláštní poděkování patří Ing. Jiřímu Kapounovi ze společnosti CATEGORY a.s. za poskytnutí zázemí a odborných informací potřebných pro zpracování bakalářské práce.

V Brně dne

.....

podpis autora

OBSAH

ÚVOD.....	13
1 DATOVÉ CENTRUM.....	14
1.1 Hlavní požadavky spojené s kabeláží.....	14
2 STRUKTURA DATOVÉHO CENTRA PODLE TIA-942.....	16
2.1 Popis modelu TIA-942	17
2.1.1 MDA – Main Distribution Area	17
2.1.2 HDA – Horizontal Distribution Area	17
2.1.3 ZDA – Zone Distribution Area	17
2.1.4 EDA – Equipment Distribution Area	17
3 TECHNOLOGIE UKLÁDÁNÍ DAT POUŽÍVANÉ V DC	18
3.1 DAS.....	18
3.2 SAN – technologie Fiber Channel.....	19
3.3 SAN – technologie iSCSI	20
3.4 SAS	21
4 ETHERNET	22
4.1 Desetimegabitový Ethernet	23
4.2 Fast Ethernet	23
4.3 Gigabitový Ethernet.....	23
4.4 10G Ethernet.....	24
5 KABELÁŽ V DATOVÝCH CENTRECH.....	25
5.1 Metalická kabeláž.....	25
5.1.1 Kabel PiMF	26
5.2 Optická kabeláž.....	27
5.2.1 Vícevidové vlákno	27
5.2.2 Jednovidové vlákno.....	29
6 KABELÁŽNÍ SYSTÉMY	31
6.1 MPO	32
6.2 MRJ-21.....	34
6.3 Předkonektorovaný systém	35
6.3.1 Optický předkonektorovaný systém.....	35
6.3.2 Metalický předkonektorovaný systém	36
7 TERMINACE.....	37
7.1 Optické konektory v DC.....	37
7.2 Kabelový management.....	39
8 PŘEHLED PARAMETRŮ PRO METALICKOU KABELÁŽ.....	40
8.1 MRJ-21.....	40
8.2 Předkonektorovaný metalický systém.....	41

8.3	Standardní instalace.....	41
9	PŘEHLED PARAMETRŮ PRO OPTICKOU KABELÁŽ	43
9.1	MPO	43
9.2	Předkonektorovaný optický systém.....	44
9.3	Standardní instalace.....	44
10	PRAKTICKÉ OVĚŘENÍ JEDNOTLIVÝCH SYSTÉMŮ	46
10.1	Metalická kabeláž	46
10.1.1	MRJ-21	46
10.1.2	Předkonektorovaný systém	47
10.1.3	Standardní instalace	47
10.2	Optická kabeláž	48
10.2.1	MPO	48
10.2.2	Předkonektorovaný systém	49
10.2.3	Standardní instalace	49
11	CELKOVÉ VYHODNOCENÍ JEDNOTLIVÝCH TECHNOLOGIÍ.....	51
11.1	Vyhodnocení jednotlivých parametrů pro metalickou kabeláž pomocí grafického zobrazení.....	52
11.2	Vyhodnocení jednotlivých parametrů pro optickou kabeláž pomocí grafického zobrazení	53
12	ZÁVĚR	54
	POUŽITÁ LITERATURA.....	55
	SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK.....	57
	SEZNAM PŘÍLOH.....	58

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 2.1: Model TIA-942	16
Obr. 3.1: DAS.....	18
Obr. 3.2: SAN-FC	19
Obr. 3.3: SAN-iSCSI.....	20
Obr. 5.1: U/UTP kabel	25
Obr. 5.2: F/UTP kabel	26
Obr. 5.3: PiMF kabel.....	26
Obr. 5.4: Jednoduchý optický kabel.....	27
Obr. 5.5: Vláknno se skokovým indexem lomu.....	28
Obr. 5.6: Gradientní vlákno.....	28
Obr. 5.7: Jednovidové vlákno.....	30
Obr. 6.1: Pigtail	31
Obr. 6.2: MPO konektor – 72 vláken	32
Obr. 6.3: MPO konektor – 12 vláken	32
Obr. 6.4: MPO kazeta.....	32
Obr. 6.6: MPO konfigurace linky [17]	33
Obr. 6.5: Patch panel pro MPO kazety.....	33
Obr. 6.7: Přímý 1U patch panel.....	34
Obr. 6.8: Úhlový 1U patch panel	34
Obr. 6.9: Snap-in kazeta	34
Obr. 6.10: Panel na Snap-in kazety	34
Obr. 6.11: MRJ-21 páteřní kabel.....	35
Obr. 6.12: MRJ-21 rozvětvený svazek.....	35
Obr. 6.13: Předkonektorované kazety a patch panel	36
Obr. 7.1: Konektor E2000	38
Obr. 7.2: Konektor LC	38
Obr. 7.3: Konektor FC.....	38
Obr. 7.4: Konektor SC.....	38
Obr. 7.5: Konektor MT-RJ	39
Obr. 7.6: Kabelový management.....	39

Obr. 11.1: Vyhodnocení pro metalické systémy – část 1	52
Obr. 11.2: Vyhodnocení pro metalické systémy – část 2	52
Obr. 11.3: Vyhodnocení pro optické systémy – část 1	53
Obr. 11.4: Vyhodnocení pro optické systémy – část 2.....	53

SEZNAM TABULEK

Tab. 4.1: Typy a označení sítí Ethernet.....	22
Tab. 5.1: Porovnání vláken.....	30
Tab. 10.1: Přehled časů instalace systému MRJ-21	46
Tab. 10.2: Přehled časů instalace pro předkonektorovanou kabeláž.....	47
Tab. 10.3: Přehled časů instalace pro standardní instalaci	48
Tab. 10.4: Přehled časů instalace systému MPO.....	48
Tab. 10.5: Přehled časů instalace pro předkonektorovanou kabeláž.....	49
Tab. 11.1: Vyhodnocení jednotlivých technologií z hlediska instalace	51

ÚVOD

V současném světě IT jsou DATOVÁ CENTRA jednou z nejaktuálnějších oblastí. Jsou považována za jednu z nejdůležitějších součástí informačních systémů a právě proto se řada světových výrobců zaměřuje na vývoj a řešení této problematiky. V datových centrech se soustřeďuje obrovské množství dat na jedno místo, je zde vyžadována maximální spolehlivost a dostupnost. Hlavní důraz je kladen na centrální datový kabelový systém. Hlavní požadavky spojené s kabeláží v datových centrech jsou rozepsány v úvodní kapitole.

Při návrhu struktury datového centra vycházíme z modelu TIA-942, který je součástí mezinárodní normy TIA-942, stanovující požadavky na jejich návrh a konstrukci. Hlavní oblast datového centra je tvořena uzly MDA, HDA, ZDA a EDA, které mezi sebou spojuje pátevní nebo horizontální kabeláž. Podrobnější popis jednotlivých uzlů nalezneme ve druhé kapitole.

V následujících dvou kapitolách jsou popsány ukládací a síťové technologie používané v datových centrech. DAS, SAN a SAS jsou technologie určené pro ukládání dat. V poslední kapitole najdeme stručně rozepsaný vývoj nejrozšířenější síťové technologie Ethernet od jejího vývoje až po dnešní 10G Ethernet.

Obsahem dalších kapitol bude hlavní náplň této práce, a to kabeláž v datových centrech a jednotlivé kabelážní systémy. V metalické kabeláži se zaměříme na kabely PiMF, které jsou v dnešní době nepoužívanější při návrhu datových center. Optická vlákna dělíme na vícevidová a jednovidová, v dnešních datových centrech jsou nejvíce využity kabely s vícevidovými vlákny OM3 a OM4. Kabelážní systémy jsou dalším z velmi důležitých prvků v datových centrech. Mezi ně patří předkonektorovaná kabeláž, optické řešení MPO a metalické řešení MRJ-21. Přednosti jsou především v čase instalace, systematickosti, ale i v přenosových vlastnostech. Osmá a devátá kapitola shrnuje popis jednotlivých parametrů, největší důraz byl kladen na parametry výkonu, spolehlivosti a doby instalace. V následující kapitole jsou rozepsány poznatky z praktického ověření zvolených systémů.

Vyhodnocení jednotlivých technologií z hlediska instalace je obsaženo v poslední kapitole, kde jsou pomocí tabulky a následného grafického zobrazení porovnány jednotlivé systémy dle zadaných parametrů.

1 DATOVÉ CENTRUM

V současné době ve světě IT se datová centra považují za jednu z nejdůležitějších součástí informačních systémů a řada světových výrobců se zaměřuje na vývoj nových řešení. Datové centrum soustřeďuje mnoho různých zařízení, např. servery, switche, routery, disková pole atd., na jedno místo pro poskytování různorodých IT služeb. Díky koncentraci všech služeb na jedno místo je tedy nutná vysoká spolehlivost a dostupnost. Není-li tomu tak, může dojít k vážným obchodním výpadkům, které jsou poté spojeny s obrovskými náklady. Z těchto důvodů je velmi důležitý centrální datový kabelový systém. Požadavky se soustřeďují na přenos vysokými rychlostmi a na dlouhodobé a kvalitní propojení jednotlivých částí datacenter. Mezinárodní standard vyčlenil pro toto kabelážní řešení samostatnou normu označující se EN 50173-5 Datová centra.[6]

1.1 Hlavní požadavky spojené s kabeláží

- **Vysoká kvalita a spolehlivost**

V případě strukturovaných kabelážních systémů pro LAN sítě hraje kvalita kabelážních řešení důležitou roli pro celkovou spolehlivost datových center. Pouze kvalitní řešení jsou základem minimálních výpadků a prostojů.

- **Služby podporovány vysokým výkonem**

Datová centra musí sloužit všem druhům služeb. Tím pádem potřebují i podporovanou kabelážní infrastrukturu. Je nutné splňovat požadavky aplikací používaných v současné době, ale také těch, které přijdou v budoucnu.

- **Čas potřebný při stěhování a změnách**

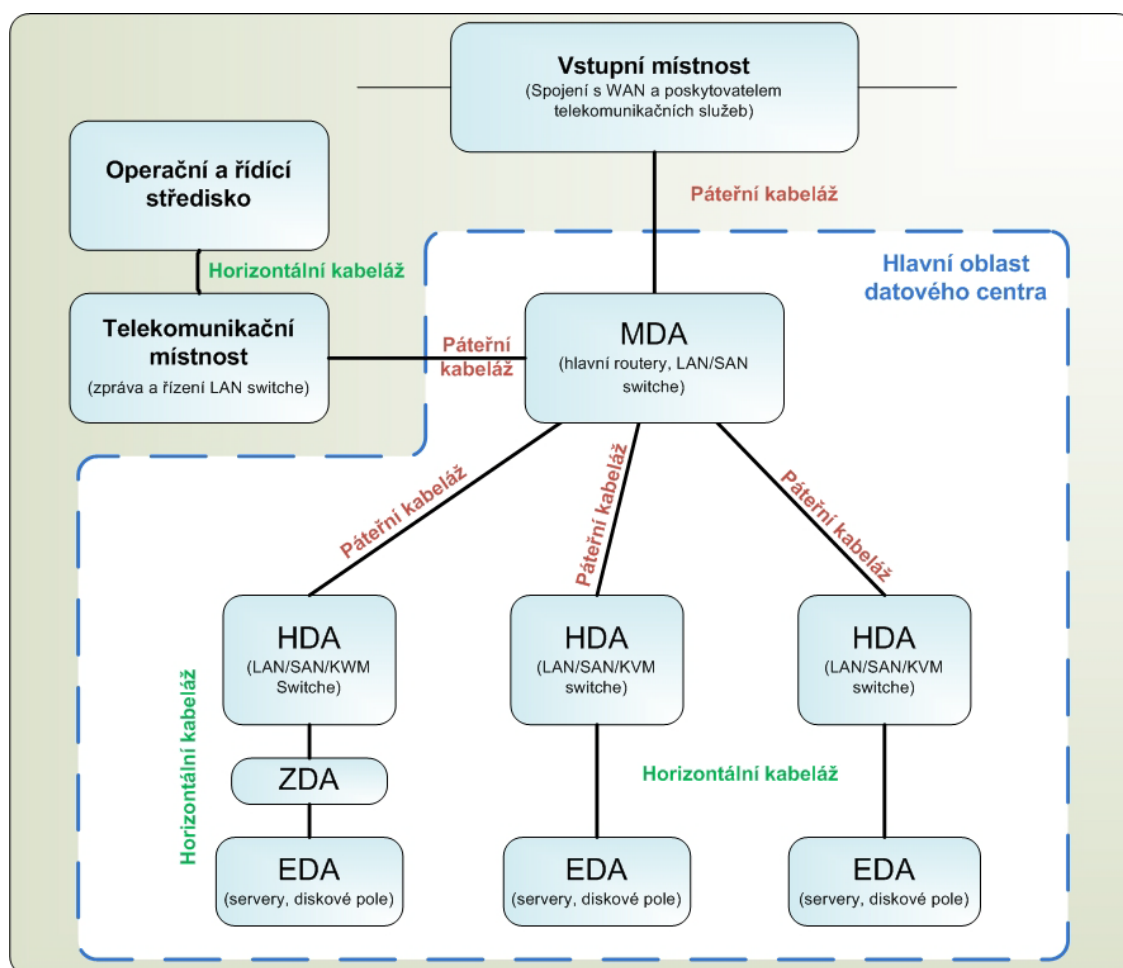
Čas potřebný k zapojení serverů a zařízení pro ukládání dat je důležitým faktorem při vzniku datových center. S tím jsou spojené i pozdější požadavky při stěhování a změnách aktivních zařízení. Čas pro tyto operace musí být co nejrychlejší a musí dojít k co nejkratšímu výpadku poskytovaných služeb.

- **Nejvyšší hustota**

Datová centra jsou budována ve velmi drahých kontrolovaných prostorech. Možnosti vysokohustotního řešení redukuje množství zastavěné plochy a prostor v datových rozvaděčích.

2 STRUKTURA DATOVÉHO CENTRA PODLE TIA-942

Datové centrum musí splňovat velmi přísné normy z hlediska integrity a funkčnosti výpočetní techniky, která je v něm umístěna. Důležitost datových center je podtržena existencí mezinárodní normy TIA-942 stanovující požadavky na jejich návrh a konstrukci. Při návrhu struktury datového centra vychází z modelu TIA-942 (Obr. 2.1)[13].



Obr. 2.1: Model TIA-942

2.1 Popis modelu TIA-942

2.1.1 MDA – Main Distribution Area

Je udáváno jako centrální místo pro připojení datových center. Uzel MDA je určen pro umístění centrálních prvků a je zde umístěný Main Cross-Connect, v překladu jako centrální bod podniku, hlavní rozvaděč.[5] Tento uzel lze možno distribuovat do dvou i více záložních systémů. Zastřešuje také spojení s WAN (*Wide Area Network*) a s poskytovatelem telekomunikačních služeb přes vstupní místnost. Je zde vyžadována pevná a stabilní infrastruktura a vysokovýkonová kabeláž.[17]

2.1.2 HDA – Horizontal Distribution Area

Jedná se o distribuční bod kabeláže pro přístrojovou oblast. Je připojena k hlavnímu rozvaděči pomocí výkonných datových kabelů kategorie 6A a pomocí multivodových optických kabelů OM3. Uzly HDA jsou umístěny do samotných center konektivity, případně jsou distribuovány do prvních rozvaděčů řad EDA nebo přímo do EDA. Jedná se zde zejména o LAN (*Local Area Network*) a SAN (*Storage Area Network*) switche, KVM (*Keyboard Video Mouse*) prvky a koncentrátoři environmentálních čidel.[17]

2.1.3 ZDA – Zone Distribution Area

Můžeme jej nazvat jako konsolidační bod spojující mezi sebou uzly HDA a EDA. Tohoto bodu se využívá hlavně při realizaci velkých datových center, která jsou rozdělena do jednotlivých uliček. Aby se z každého serveru nemusely tahat jednotlivé kabely do HDA, jsou jednotlivé servery a různá síťová zařízení připojeny nejdříve do ZDA a odtud pomocí moderních kabelových systémů vedeny společně do HDA.[17]

2.1.4 EDA – Equipment Distribution Area

V EDA rozvaděčích jsou umístěna hostitelská zařízení jako jsou servery, disková pole, síťové zdroje a konektivita do HDA. V malých datových centrech jsou většinou přímo propojeny do HDA.[17]

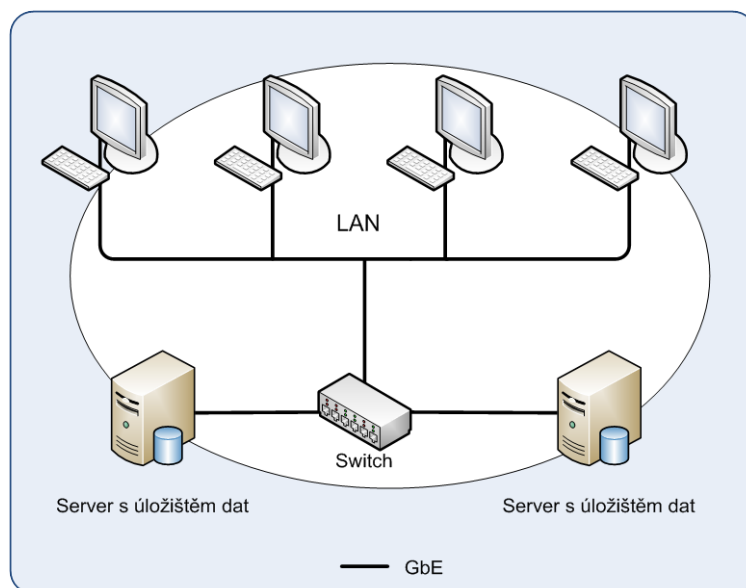
3 TECHNOLOGIE UKLÁDÁNÍ DAT POUŽÍVANÉ V DC

Se stoupající kapacitou a cenovou dostupností pevných disků na straně jedné a vzrůstající hodnotou dat na straně druhé, prodělala oblast ukládání dat nový vývoj. Mezi následující používané technologie ukládání dat patří:

3.1 DAS

Tradičně se v serverech používají disky, kvůli bezpečnosti zapojené například v diskovém poli či v zrcadlovém zapojení. Tomuto způsobu říkáme DAS (*Directly Attached Storage*), tedy ukládací zařízení přímo připojené k serveru.[18] Tento způsob sebou nese spoustu nevýhod:

- Při poruše serveru se k datům nijak nedostaneme.
- Na některých serverech můžeme mít spoustu nevyužitého místa a na některých zase disky plně zaplněny.
- Rozšiřitelnost diskové kapacity je značně omezena.

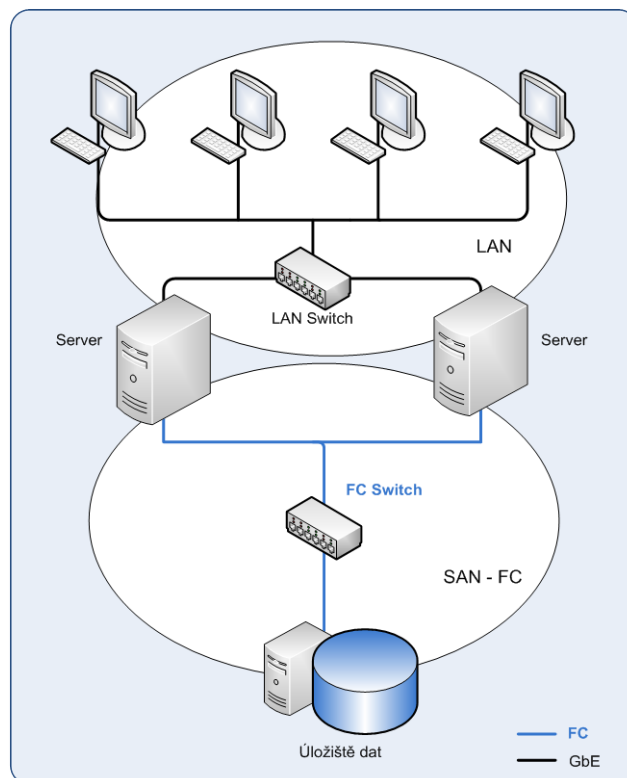


Obr. 3.1: DAS

Na obrázku 3.1 [18] vidíme tradiční Ethernetovou síť s několika klientskými systémy a servery, každý se svým samostatným diskovým subsystémem.

3.2 SAN – technologie Fiber Channel

Na základě zájmu o oddělení diskového ukládání a procesorového výkonu serverů, vznikly sítě SAN (*Storage Area Network*). Pro propojení se používá technologie FC (*Fiber Channel*), tedy propojení přes optické kabely, které umožňují propojení desítky až stovky metrů.[18]



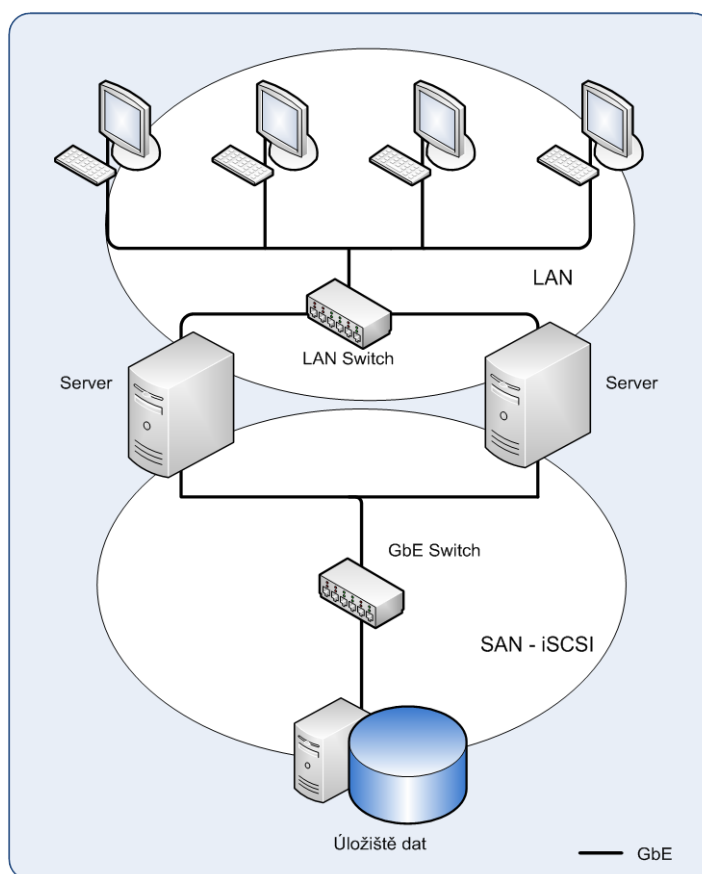
Obr. 3.2: SAN-FC

Na obrázku 3.2 [18] můžeme vidět, že servery jsou připojeny přes FC switch ke společnému diskovému úložišti, což bývá většinou diskové pole s vlastní inteligencí (řadič RAID), na kterém má každý server připojený diskový prostor. Při požadavku na zvětšení kapacity se dynamicky zvýší volné místo přidělené danému serveru. Hlavní nevýhodou technologie Fiber Channel jsou stále vysoké náklady spojené s cenou jednotlivých komponentů, ale také jsou zde vysoké nároky na obsluhu systému. Proto bývá její nasazení vyhrazeno především větším podnikům a institucím s vlastním týmem pro správu informačních technologií. Od této technologie se však poslední dobou upouští a je nahrazována následující technologií SAN-iSCSI.

3.3 SAN – technologie iSCSI

Koncept iSCSI vychází ze dvou rozšířených technologií, a to z SCSI rozhraní pro připojování disků v serverech, a technologie protokolu TCP/IP (*Transmission Control Protocol / Internet Protocol*), který dnes pohání naprostou většinu počítačových sítí.

Z rozhraní SCSI si bere pouze protokol, přes který spolu zařízení komunikují. Zcela zde přitom opouští jeho fyzickou vrstvu (kabely, konektory, atd.). Při přenosu paketů SCSI se použije jejich zapouzdření do protokolu TCP/IP. Jelikož jsou obě normy již dlouhou dobu rozšířené a tedy jejich implementace je kvalitní a stabilní, můžeme vycházet z již předešlých, vyvinutých technologií. Veškeré switche, adaptéry i ostatní hardware jsou nepoměrně levnější než u technologie Fiber Channel.[18]



Obr. 3.3: SAN-iSCSI

Obrázek 3.3 [18] je na první pohled stejný jako SAN-FC, v dolní části jsou však nahrazeny FC adaptéry a FC switch levnější variantou gigabitového Ethernetu.

Hlavní výhoda řešení SAN je při nedostatečné kapacitě úložného datového prostoru. Zde se nabízí snadné řešení – připojení nového diskového pole. U klasických

Ethernetových sítí, které neobsahují SAN technologii, by se musel koupit nový server, což by se velmi prodražilo. Dalším výhodným způsobem použití je sdílené úložiště, (více serverů vidí ten samý logický svazek).

3.4 SAS

SAS (*Seriál Attached SCSI*) je technologie určená pro výkonné počítače, převážně servery a slouží pro přenos dat mezi disky. Nahrazuje dřívější paralelní zapojení SCSI novým sériovým zapojením. Rozhraní SAS sice přebírá ovládací protokol rozhraní SCSI, ale fyzický způsob propojení je zde zcela nahrazen. Na rozdíl od SCSI, který využíval sběrníkovou topologii, SAS rozhraní využívá propojení všech zařízení s řadičem po samostatných kabelech. Výhodou tedy je, že elektrická závada na jednom zařízení neohrozí ostatní. SAS podporuje rychlosti 1,5; 3,0 a 6,0 Gb/s. Každé zařízení na SAS řadiči využívá vlastní nastavené rychlosti na rozdíl od SCSI, kde je rychlost sdílená. Rozhraní také přineslo novou vlastnost a to dual-port, tzn., že každý disk má dva nezávislé kanály. To umožňuje plně redundantní disková pole, kde je zdvojený i RAID kontrolér. Diskové pole je tedy chráněno jak proti výpadku disku, tak proti výpadku řadiče.[14][18]

4 ETHERNET

Síť Ethernet je v současnosti nejpoužívanější lokální síť. Vznik se datuje již v roce 1973 ve výzkumném středisku společnosti Xerox s rychlostí 2,94 Mb/s. Od této doby prošel však Ethernet nesmírným vývojem až po dnešní desetigigabitový Ethernet. Koncem roku 2010 se již počítá schválení standardu 40/100 Gb/s Ethernetu. Je specifikován skupinou standardu IEEE 802.3. Využívá se v LAN i WAN sítích a je založen na stromové síťové architektuře. Existuje již široká škála jednotlivých standardů a rychlostí, které jsou zaznamenány v tabulce 4.1. Jsou používány různé typy propojovacích médií, od koaxiálních kabelů přes kroucený dvojdrát, až po optickou kabeláž. Výhodami této sítě je velká rozšířenost po celém světě, široká podpora výrobců, jednoduchost technologie, nízká cena a relativně jednoduchá správa s údržbou.[8] V dalších kapitolách je rozepsaný stručný vývoj Ethernetu, podrobné specifikace však najdeme v literatuře [4].

Tab. 4.1: Typy a označení sítí Ethernet

Rychlost sítě	Standard	Označení jednotlivých typů
10 Mb/s	IEEE 802.3	<i>10Base-2, 10Base-5, 10Base-T, 10Base-FL, 10Base-FB, 10Base-FP, 10Broad-36</i>
100 Mb/s	IEEE 802.3u	<i>100Base-TX, 100Base-T4, 100Base-FX</i>
	IEEE 802.3xy	<i>100Base-T2</i>
1 Gb/s	IEEE 802.3z	<i>1000Base-LX, 1000Base-SX, 1000Base-CX</i>
	IEEE 802.3ab	<i>1000Base-T</i>
10 Gb/s	IEEE 802.3ae	<i>10GBase-SR, 10GBase-SW, 10GBase-LX4, 10GBase-LR, 10GBase-LW, 10GBase-ER, 10GBase-EW</i>
	IEEE 802.3an	<i>10GBase-T</i>
	IEEE 802.3aq	<i>10GBase-LRM</i>

4.1 Desetimegabitový Ethernet

Síť Ethernet s přenosovou rychlostí 10 Mb/s je první standardem, který byl schválen již v roce 1983 jako standard IEEE 802.3. Síť se vyznačuje přenosovou rychlostí 10 Mb/s, kódováním Manchester a propojením segmentů pomocí opakovačů či rozbočovačů. Využívá metodu CSMA/CD (*Carrier Sence Multiple Access/Collision Detection*), minimální délka rámce je 512 bitů, maximální 1518 B. Bylo navrženo několik specifikací jako např. 10 Base-2 označovaný Thin Ethernet, který používá jako přenosové médium dvakrát stíněný koaxiální kabel. Ethernet 10 Base-T využívá jako přenosové médium kroucený dvojdrát s impedancí 100 Ω a konektorem RJ-45. Pro optická vlákna byl specifikován standard 10 Base-FX. Další specifikace a jejich podrobný popis najdeme v literatuře [8].

4.2 Fast Ethernet

V principu se tento typ liší od klasického Ethernetu pouze rychlostí, a to desetkrát vyšší. Zachovává přístupovou metodu CSMA/CD, strukturu i minimální délku rámce 64 B. Standard 100 Base-T může být implementován do většiny 10 Mb/s Ethernet sítí bez nutnosti podstatných změn v kabeláži. Byly vyvinuty i další standardy 100 Base-TX, 100 Base-FX, 100 Base-T4 a 100 Base-T2. Jako kabeláž mohou být použity metalické kabely U/UTP kategorie 5 a vyšší a optické kabely.[8]

4.3 Gigabitový Ethernet

Gigabitový Ethernet vedl ke zvýšení rychlosti na 1 Gb/s. První skupina standardů byla schválena pod označením IEEE 802.3z v roce 1998. Tato skupina, označována také jako 1000 Base-X, byla založena na kódování 8B/10B s modulační rychlostí 1025 Mbaud. Byly vytvořeny specifikace pro metaliku i optiku. 1000 Base-CX je specifikace pro speciální stíněné kabely, pro optiku jsou dvě, a to 1000 Base-SX založena na vlnové délce 850 nm a 1000 Base-LX na vlnové délce 1310 nm. Další specifikací byl v roce 2000 schválen standard IEEE 802.3ab, který podporován U/UTP kabely kategorie 5e s využitím všech 4 párů. Maximální vzdálenost mezi 2 uzly je 100 metrů, podporuje jak poloviční, tak i plný duplexní přenos.[8]

4.4 10G Ethernet

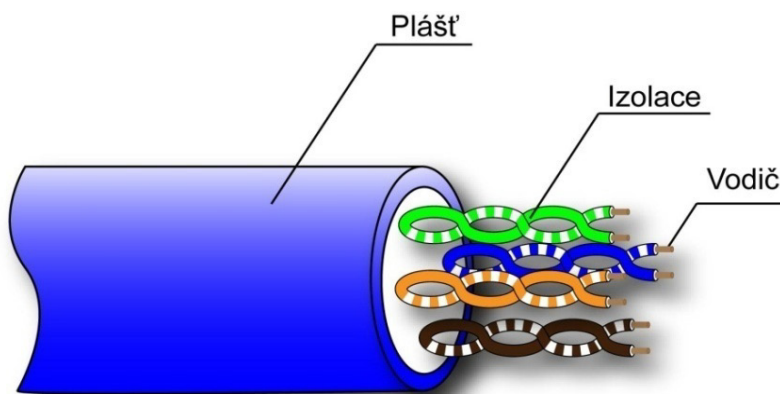
Je zatím posledním a nejrychlejším typem sítí Ethernet. První standard byl schválen v roce 2002 pod označením IEEE 802.3ae. Na rozdíl od dřívější verze je navržen pouze pro plně duplexní přenos, dosah je tedy omezen pouze použitou technologií. Odpadá tedy i metoda CSMA/CD. Standard zahrnuje spoustu specifikací, které nalezneme v tabulce 4.1. V IEEE 802.3ae je počítáno pouze s přenosem po optických vláknech na vlnových délkách 850, 1310 a 1550 nm. Kódování je zde většinou použito 64B/66B, pouze u 10G Base-LX4 se používá kódování 8B/10B. Druhý standard byl schválen pro metaliku v roce 2006 pod názvem 802.3an, označován je také 10G Base-T. Je navržen pro přenos po U/UTP kabelech s kroucenými páry kategorie 6a, 7a a 7. Byly uvažovány různé druhy kódování, nakonec bylo vybráno kódování PAM-10. 500 MHz je požadovaná šířka přenosového pásma.

5 KABELÁŽ V DATOVÝCH CENTRECH

Kabeláž v datových centrech můžeme rozdělit na páteřní a horizontální. Páteřní kabeláž zahrnuje propojení MDA s hlavní vstupní místností a HDA. Ve skutečnosti jde o páteř datových center, proto tedy kabeláž musí být navržena s nejvyšším možným výkonem. Většinou se zde jedná o OM3 a OM4 optické řešení nebo o stíněnou metalickou kabeláž PiMF plně podporující 10 Gigabit aplikace. Horizontální kabeláž zahrnuje kabeláž mezi HDA a EDA, zahrnuje také ZDA, jak můžeme vidět na modelu TIA-942. Je to více aplikačně orientovaná část, v této oblasti také dochází nejvíce k změnám (stěhování, přidávání a výměna jednotlivých komponentů). Jako hlavní cíle u horizontální kabeláže můžeme uvést flexibilitu, co nejkratší čas strávený při provádění změn a vysokou hustotu. Existují přímo jednotlivé kabelové systémy, které rozebereme v další kapitole. Jak u páteřní, tak horizontální kabeláže, je nutné provádět detailní analýzy současných či budoucích požadavků na služby v datových centrech. Při nesprávném rozhodnutí můžeme přijít o spoustu času spojeného s instalací, ale také o nemalé částky spojené s volbou jednotlivých komponentů.

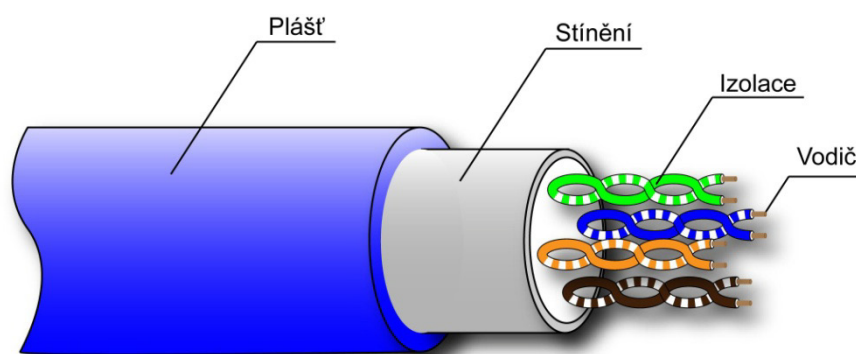
5.1 Metalická kabeláž

Při návrhu datových center volíme metalickou kabeláž na bázi kroucené dvojlinky. Dříve se používaly kabely označované U/UTP (*Unshielded / Unshielded Twisted Pair*), tedy nestíněný kabel ve formě kroucené dvojlinky (Obr. 5.1) a kabely F/UTP (*Foiled / Unshielded Twisted Pair*), folií stíněný kabel (Obr. 5.2).



Obr. 5.1: U/UTP kabel

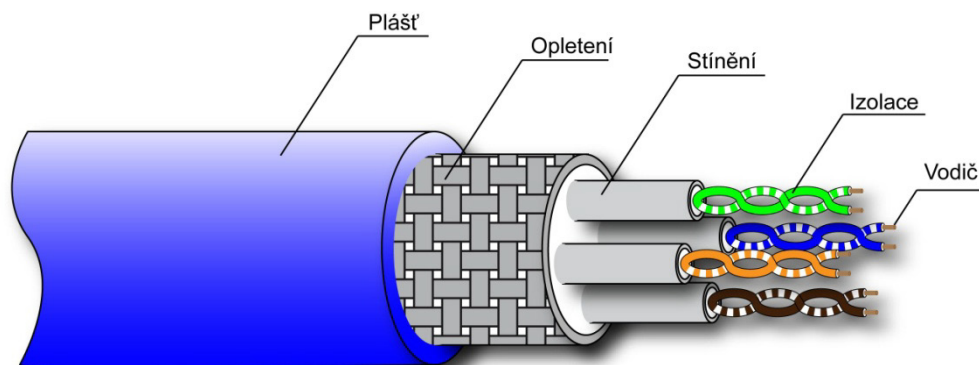
U/UTP kabely jsou nejvíce rozšířené v počítačových sítích, ale také se využívají pro zabezpečovací služby. V datových centrech se už takřka neobjevují. Výhody těchto kabelů spočívají v malém průměru, snadné manipulaci a také v nižší ceně. Hlavní nevýhodou v současné době je náchylnost k elektromagnetickému rušení. Proto většina firem zabývajících se montáží DC začala používat kabely označované jako PiMF. Rozhraním metalických kabeláží jsou konektory RJ-45. Pro vícepárová propojení a dvojistou reprezentaci využíváme konektory MRJ-21 se sdruženými kabely.[16]



Obr. 5.2: F/UTP kabel

5.1.1 Kabel PiMF

Kabely PiMF (*Pair in Metal Folio*) jsou někdy také označovány S/FTP (*Screened Fully shielded Twisted Pair*). Tyto kabely jsou v dnešní době nejvíce využívány při návrhu datového centra. Jedná se o kabel, kdy jsou jednotlivé páry stíněny fólií a pak i všechny páry dohromady jsou stíněny opředanou síťkou.

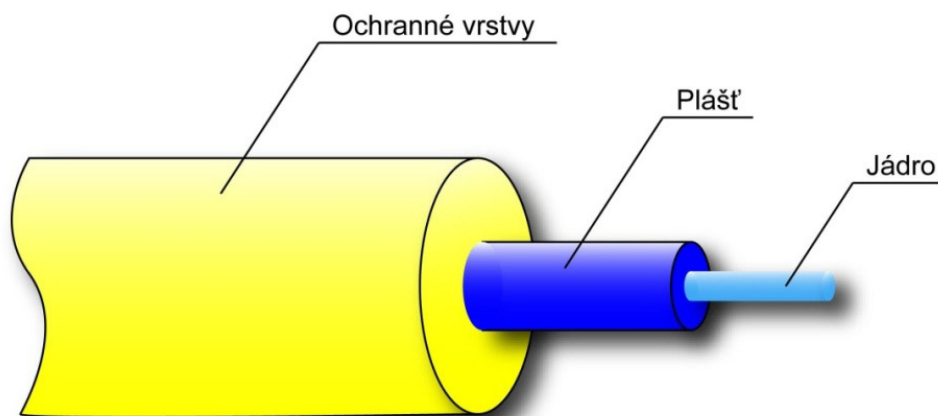


Obr. 5.3: PiMF kabel

Tento kabel je určen pro kabeláže kategorie 6A (třída E_A) a vyšší. Nejnovější technologie využívající PiMF dosahují frekvenční pásma až 2000 MHz. Kabely umožňují provoz všech aktuálních i připravovaných verzí Ethernetu včetně 10 gigabitového. Odolnost proti rušení je neodmyslitelně hlavní výhodou. Vnější průměr kabelu přesahující 8 mm komplikuje manipulaci při instalaci v datových centrech, toto můžeme společně s vyšší cenou zahrnout do nevýhod.[6]

5.2 Optická kabeláž

O optických kabelech se v poslední době mluví jako o technologii budoucnosti. Hlavními výhodami jsou požadovaná šířka pásma, odolnost vůči elektromagnetickému rušení, zvýšená bezpečnost proti odposlechům, nižší energetická náročnost a v neposlední řadě v současnosti tolik diskutovaná ekologičtější výroba. Optická vlákna rozdělujeme do dvou hlavních odvětví, a to do multimode (vícevidové vlákna) a singlemode (jednovidová vlákna). Na obrázku 5.4 je znázorněn jednoduchý optický kabel.[2]



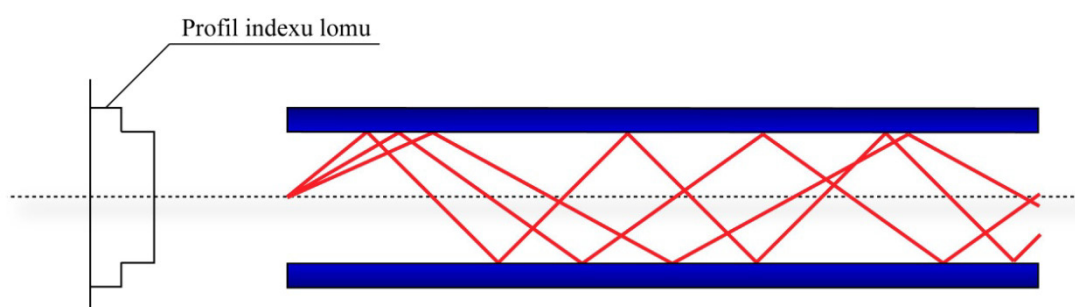
Obr. 5.4: Jednoduchý optický kabel

5.2.1 Vícevidové vlákno

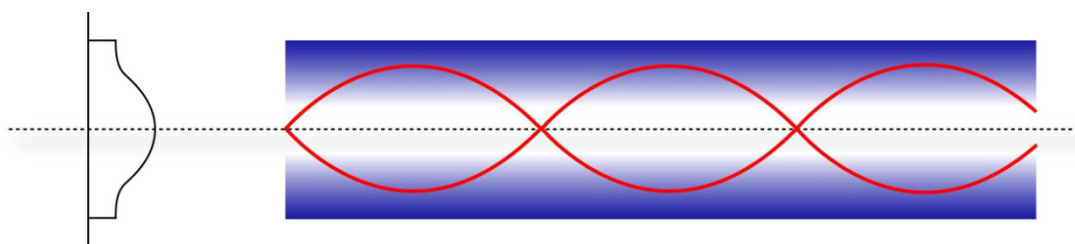
Vícevidové optické vlákno označované MM (*MultiMode*) je nejčastěji používané vlákno pro kratší vzdálenosti. Rychlosti přenosu dosahují od 10 Mb/s do 10 Gb/s,

u novějších standardů se počítá s rychlostmi 40 Gb/s a 100 Gb/s. Vzdálenosti se pohybují v maximálních délkách kolem 600 metrů.[3]

Vícevidové vlákno můžeme podle konstrukce rozdělit do dvou skupin, a to na vlákna se skokovým indexem lomu a na vlákna s proměnným indexem lomu. Index lomu je optická vlastnost na přechodu mezi jádrem vlákna a jeho pláštěm. Mění-li se skokem, jedná se o první typ vlákna. Paprsky vstupují pod mnoha úhly a šíří se totálním odrazem, paprsek se odrazí pod stejným úhlem dopadu (Obr. 5.5)[2]. Tato vlákna se vyznačují jednodušší výrobou a manipulací. Za nevýhody se udává větší útlum a disperze, což omezuje šířku přenášeného pásma. Vlákna tohoto typu se nejvíce využívají pro spoje na krátkou vzdálenost, především pro automatizační účely a krátké přenosy dat.[2] Druhý typ vláken je často označován jako gradientní vlákna a index lomu se zde mění plynule. Paprsek opisuje sinusovou křivku (Obr. 5.6)[2], a tím se snižuje vidová disperze, což je jedna z výhod. Další výhody jsou menší útlum a zkreslení. Mají často složitější výrobu, a tím i složitější konstrukci a spojování vláken. Tato vlákna jsou výhodná pro telekomunikační a datové účely.[10]



Obr. 5.5: Vlákno se skokovým indexem lomu



Obr. 5.6: Gradientní vlákno

Vícevidová vlákna jsou označována podle průměru jádra a pláště, ale také pomocí určeného standardu ISO 11801 – OM1, OM2, atd. Tedy optické vlákno značené jako 62,5/125 má průměr jádra 62,5 μm a průměr pláště 125 μm . Dříve se hojně používala

vlákna 62,5/125 μm označovaná také jako OM1 a vlákna 50/125 μm (OM2). Jsou využívána hlavně pro přenos od 10 Mbit Ethernetu do Gigabit Ethernetu s využitím LED diodových vysílačů. Díky požadavku na zvyšování přenosových rychlostí byla vyvinuta vlákna označovaná jako OM3 a nově připravované vlákno OM4.[10]

- **Vlákno OM3**

Přechod na vícevidové vlákno OM3 (*On Multimode*) nastal při požadavku na vyšší přenosové rychlosti. Průměr jádra a pláště je stejný jako u předešlého standardu OM2 a to 50/125 μm . Bývá také označován jako LaserWave 300, kde 300 značí maximální délku vlákna v metrech pro 10 Gbit Ethernet. Pro gigabit Ethernet se maximální délka pohybuje okolo 550 metrů. Vícevidové vlákno je navrženo pro použití s VCSEL (*Vertical Cavity Surface Emitting Laser*) lasery. VCSEL pracují na vlnové délce 850 nm a jsou schopny dosáhnout modulační rychlosti převyšující 10 Gb/s, a proto se používají v mnoha sítích s vysokými rychlostmi. OM3 je optimalizováno pro 50 μm vlákno s 2000 MHz-km efektivní modální šířkou pásma EMB (*Effective Modal Bandwidth*) a vyrobeno pro 10 Gbit přenosy. EMB se také někdy nazývá jako laserová šířka pásma. V dnešní době je nejpoužívanějším vláknem v datových centrech.[3]

- **Vlákno OM4**

Nejnovější připravovaný standard se nazývá OM4. Vlákno je optimalizované pro laser a má rozšířenou šířkou pásma, EMB je rovno 4700 MHz/km. Stejně jako OM3 využívá 850 nm VCSEL lasery, které jsou relativně levným řešením pro vyšší přenosové rychlosti. 850 nm je jediná specifikovaná vlnová délka.[6] Vlákno je primárně určeno pro 40 Gbit a 100 Gbit přenosy, převážně je plánováno právě pro datová centra a vysoce výkonné výpočetní aplikace.[3]

5.2.2 Jednovidové vlákno

O jednovidovém optickém vlákně SM (*Single Mode*) se zmíním jen obecně, protože toto vlákno se v datových centrech používá hlavně k dálkovým spojmům a propojením s jinými celky DC. Jedná se zejména o pevně a dlouhodobě instalované kabely, kde není vyžadována flexibilita konektivity. SM přenáší pouze jediný vid, jak můžeme vidět na obrázku 5.7 [10]. Nejběžnější typy mají průměr jádra od 8 do 10 μm a 125 μm průměr pláště. Tato vlákna dosahují nejvyšších přenosových rychlostí a velkých vzdá-

leností, řádově až desítky km. Pro své buzení vyžadují laserové diody. V datových centrech se používají v omezené míře, protože jsou určena na delší trasy v řádu kilometrů, a ne na trasy maximálně stovky metrů. Omezením pro použití v DC je také výrazně vyšší cena vysílacích a přijímacích prvků a komplikace při používání útlumových článků. Jednovidová optická vlákna známe OS1 a OS2 (On Singlemode).[2]



Obr. 5.7: Jednovidové vlákno

Tab. 5.1: Porovnání vláken

Multimode	Singlemode
+ nižší cena zdroje světla	+ nižší cena vlákna
+ nižší cena konektorů	+ nižší útlum, větší šířka pásma
+ nižší cena instalace	+ velké vzdálenosti, velké přenos. rychlosti
+ nižší cena celkového systému	- vyšší cena světelných zdrojů
- vyšší cena vlákna	- vyšší cena konektorů
- vyšší útlum, menší šířka pásma	- vyšší cena instalace
- maximální vzdálenost 2 km	- vyšší cena celkového systému

Multividová vlákna jsou tedy vhodnější pro LAN, SAN sítě, datová centra a menší areály, naopak vlákna jednovidová se hodí pro WAN, MAN, přístupové sítě a rozsáhlé areály.[3]

6 KABELÁŽNÍ SYSTÉMY

Kabelážní systémy jsou dalším z velmi důležitých prvků v datových centrech. Dokud tyto systémy neexistovaly, bylo třeba velké množství jednotlivých kabelů. To způsobovalo velkou nepřehlednost a nesystematičnost. Dalším důvodem vzniku kabelážních systémů byly nároky kladené na čas instalace. Pro zakončení optických vláken se obecně používají metody lepení, popř. krimpování optických konektorů nebo navaření předkonektorovaných pig-tailů (Obr. 6.1). Toto řešení má jednu hlavní nevýhodu, a to čas instalace. Výkonný technik je schopen za den svařit kolem 60 až 80 vláken. Při budování velkých datových center, kde jsou např. tisíce vláken, by instalace trvala týdny. Tyto metody nejsou proto v DC z časových a technických důvodů prakticky použitelné. Z tohoto důvodu byly vyvinuty technologie předkonektorovaných optických kabelů – hotových optických linek konkrétní vzdálenosti.

Mezi průkopníky těchto systémů patří produkty OSI Rosenberger s předkonektorovanými kabely osazenými konektory SC, LC, apod. Tyto kabely jsou vybaveny instalačními punčoškami, pomocí kterých se kabel nainstaluje do DC a následně se jednotlivé konektory zapojí v optické vaně do barelspojek a vznikne tak plnohodnotný optický propoj. Nevýhodou tohoto řešení je mechanická neodolnost jednotlivých vláken. Právě proto byly vyvinuty kabelážní systémy s vícevláknovými konektory MTP/MPO, které tuto nevýhodu značně eliminují a také několikanásobně zrychlují instalaci.

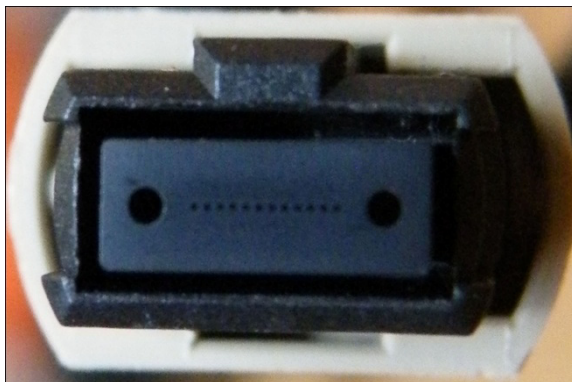
Výhody jsou značné v čase budování, přehlednosti, jednoduchosti, ale také v přenosových vlastnostech, protože systémy jsou ve výrobě testovány a jsou stoprocentně funkční.



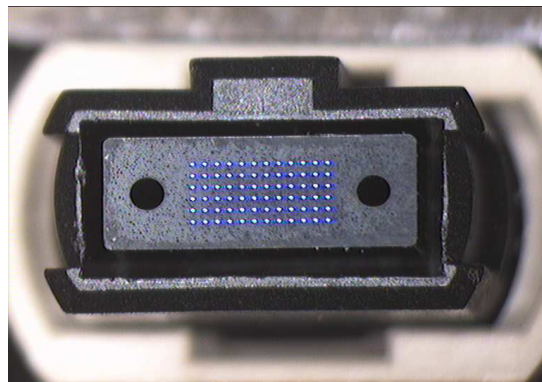
Obr. 6.1: Pigtail

6.1 MPO

MPO (*Multifiber Pull Off*) řešení bylo speciálně vyvinuto pro optické kabely, jak pro singlemode, tak pro multimode. Systém je volitelný se všemi standardními vlákny, pro multimode to jsou vlákna OM2, OM3, OM4 a pro singlemode OS1, OS2. Základní komponenty systému jsou základem pro rychlou instalaci, rozmístění a flexibilitu. Předkonektorované trunk kabely, univerzální kazety a příslušenství jsou základní komponenty pro kompletní kabelážní systém. Trunk kabely jsou již z výroby předkonektorované s vysokohustotními konektory MPO a jsou stoprocentně testovány před dodáním. Kabely jsou dlouhé od 10 do 300 metrů a jsou dodávány s ochranou pro zatahování. MPO konektor spojuje standardně 12 optických vláken v jednom konektoru (Obr. 6.3), ale k dispozici jsou i konektory MPO spojující až 72 optických vláken



Obr. 6.3: MPO konektor – 12 vláken



Obr. 6.2: MPO konektor – 72 vláken

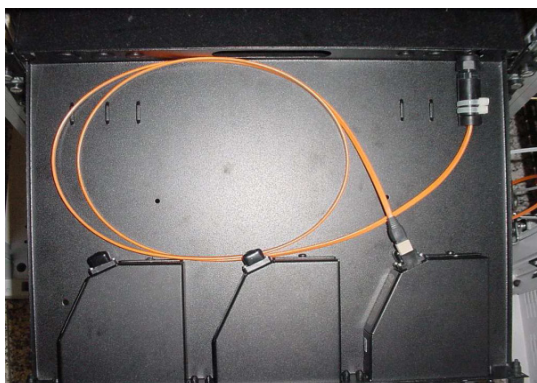
(Obr. 6.2)[17]. Design MPO vychází z konektoru MTP (*Mechanical Transfer Pull Off*). Velikost konektoru je na počet vláken velmi malá, jeho rozměry jsou srovnatelné s rozměry konektoru SC, který spojuje jedno vlákno. MPO optické kazety (Obr. 6.4) jsou



Obr. 6.4: MPO kazeta

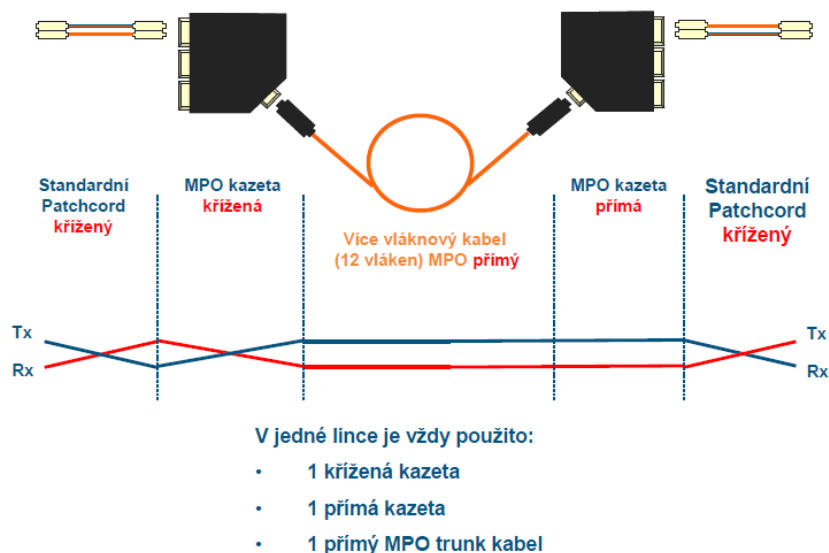
dostupné za účelem přechodu na jiné standardní konektory, jako jsou například SC, LC, MT-RJ.

Jsou v provedení, jak pro singlemode, tak pro multimode, až do 10 Gigabit aplikací v přímých i křížených verzích. Patch panely jsou buď prázdné 1U panely standardně pro 3 MPO kazety (Obr. 6.5) nebo pevné MPO panely se zadním kabelovým managementem.[1][13]



Obr. 6.5: Patch panel pro MPO kazety

MPO konfigurace linky



Obr. 6.6: MPO konfigurace linky[17]

6.2 MRJ-21

Systém MRJ-21 (*Modular Registered Jack 21*) je řešení pro metalickou kabeláž a stejně jako MPO byl speciálně vyvinut pro datová centra a SAN prostředí. Konektor MRJ-21 je optimalizovaný pro vysokorychlostní přenosy dat, jako je například Gigabit Ethernet. MRJ-21 kabely, kazety a panely jsou základní součásti této moduluární propojitelnosti konceptů. Všechny součásti jsou továrně testované a ukončené. Propojovací patch panely a jednotlivé Snap-in moduly poskytují přenosy až šesti Gigabit Ethernetů nebo dvanácti Fast Ethernetů pomocí jednoho kabelu s konektorem MRJ-21. Gigabit Ethernet využívá pro přenos čtyři páry, na rozdíl od Fast Ethernetu, který využívá pouze dva páry. Největší hustota v jednom 1U panelu je až 48 portů RJ-45 pro Gigabit Ethernet, které jsou propojeny s osmi MRJ-21 konektory v zadní části. Všechny MRJ-21 propojovací panely jsou vysokohustotní s konektory RJ-45 zepředu a MRJ-21 konektory zezadu. Panely o velikosti 1U jsou k dispozici jak v přímém (Obr. 6.7)[13], tak v úhlovém provedení (Obr. 6.8)[13], pro 24 nebo 48 portů. Úhlové panely jsou vytvořeny hlavně pro zjednodušení kabelového managementu. Snap-in kazety jsou šesti nebo dvanácti portové (Obr. 6.9)[13] a můžeme je vkládat také do 1U panelu (Obr. 6.10) [13], maximálně však 3.[1][13]



Obr. 6.7: Přímý 1U patch panel



Obr. 6.8: Úhlový 1U patch panel



Obr. 6.9: Snap-in kazeta



Obr. 6.10: Panel na Snap-in kazety

Co se týče propojovacích kabelů, jsou vyráběny jak kabely páteřní (Obr. 6.11) [13], tak kabely větvené do svazků (Obr. 6.12)[13]. Jako páteřní jsou používány kabely MRJ-21 na MRJ-21, mají podle potřeby vyrobený kabelový vývod

z konektoru. Kabelové vývody se používají přímé označované 180°, kabelový vývod pod úhlem 45° a boční vývod. Další páteřní kabel je s konektory MRJ-21 na RJ-21. Větvené kabelové svazky se vyrábějí pro 1000 Base-T v provedení 6x RJ-45 na MRJ-21 a pro 100 Base-T v provedení 12x RJ-45 na MRJ-21.



Obr. 6.11: MRJ-21 páteřní kabel



Obr. 6.12: MRJ-21 rozvětvený svazek

6.3 Předkonektorovaný systém

6.3.1 Optický předkonektorovaný systém

U optické kabeláže vznikl předkonektorovaný systém v nedávné době. Důvodem vzniku byla eliminace vytváření kabeláže přímo na místě instalace. Například při standardní instalaci se jednotlivé kabely nejdříve natáhly do kabelových tras a poté se navařovaly jednotlivé pigtaily s konektory. Tato technika sice byla jednodušší na protahování, ale z časového hlediska absolutně nevyhovovala. Proto se začala vyrábět předkonektorovaná kabeláž. Z hlediska doby instalace je tato technika velmi rychlá, což je jeden z hlavních požadavků v DC. Kabeláž je vyráběna již pro předem neprojektované prostředí dle požadavků (délka kabeláže, konektory, patch panely...) firmy provádějící instalaci. V dnešní době existuje již velké množství druhů této kabeláže, záleží na požadavcích firmy. Jsou vyráběny kabeláže osazené velkými počty konektorů různých druhů, kabeláže přímo osazené patch panely různých druhů nebo kombinace obou. Jelikož se nejedná o tovární výrobu, je tento druh instalace poměrně drahý. V porovnání s MPO je cena přibližně stejná, v některých případech i dražší. I přes vysokou cenu je tento způsob velmi oblíbený a v některých případech i nutný.

6.3.2 Metalický předkonektorovaný systém

Je již z výroby předem ukončené řešení pomocí různých druhů kazet, patch panelů či konektorů. Tyto komponenty však nejsou napojovány pouze přes jeden kabel, jak to bylo u řešení MRJ-21, ale jsou vedeny ve svazku U/UTP nebo S/FTP kabelů. Předkonektorovaná kabeláž je převážně ukončena konektory RJ-45 nebo TERA, dle požadavků i různými druhy patch panelů a kazet. Kazeta má tři standardní provedení. První provedení je řešeno pomocí šesti čtyřpárových kabelů S/FTP kategorie 7a a pomocí konektoru TERA. Šestkrát čtyři páry S/FTP kabelu kategorie sedm zakončené v kazetě konektory RJ-45 je druhé řešení. Poslední je realizováno pomocí U/UTP kabelů kategorie šest zakončené v kazetě šesti konektory RJ-45. Vyrábí se v provedení kazeta – kazeta, kazeta – konektory. Délka těchto kabelů je standardně vyráběna od dvou do 90 metrů. V provedení kazeta – kazeta je integrováno plastové optické vlákno POF (*Plastic Optical Fiber*), vyvedené na čelo kazety. Pomocí tohoto vlákna se s jednoduchým LED prosvětlovačem identifikují vzdálené konce instalací. Pro instalaci do racků slouží speciální 1U patch panel až pro čtyři kazety tak, že do jednoho panelu připojíme maximálně 24 konektorů. Patch panely jsou vyráběny v různých úhlových verzích pro zjednodušení a přehlednost kabelového managementu.[11]



Obr. 6.13: Předkonektorované kazety a patch panel

7 TERMINACE

Jak už jsme zmínili v předešlé kapitole, pro zakončení optických vláken se používají metody lepení, krimpování nebo navaření předkonektorovaných pig-tailů. U všech metod se musí vlákno řádně zalomit a očistit. U krimpování se používají speciální kleště, se kterými se jednotlivé části konektoru nebo vláknové spojky spojí dohromady. U navařování pig-tailů se používá svářečka.

Všechny tyto metody jsou citlivé na čistotu pracovního prostředí a jsou časově značně náročné.

7.1 Optické konektory v DC

- **E2000**

Optický konektor E2000 (Obr. 7.1) patří mezi nejkvalitnější optické konektory, používá se převážně pro jednovidová vlákna. Je určen k zakončení optických kabelů a vláken v optických rozvaděčích, pro připojení aktivních prvků a pro použití jako vstupní konektor v měřicích přístrojích. Jeho provedení s úhlovým broušením zaručuje minimální vložný útlum spojení a minimální zpětný odraz. Integrovaná krytka proti prachu poskytuje zvýšenou ochranu konektoru proti jeho zašpinění a zabraňuje vyzařování optického výkonu z nezapojeného konektoru.[12]

- **LC**

Optický konektor typu LC (*Lucent Connector*) patří k rodině miniaturních typů SFF (*Small Form Factor*) konektorů. Tento konektor (Obr. 7.2) byl vyvinut firmou Lucent Technologies. Patří mezi nejkvalitnější optické miniaturní konektory. Je určen k zakončení optických kabelů a vláken v optických rozvaděčích a pro připojení aktivních prvků. Nalezneme jej zejména v nových instalacích optických kabeláží a sítí a také jako vstupní konektor aktivních prvků pro vysokorychlostní přenosy. Konektor se dodává v provedení pro vícevidová (MM) a jednovidová (SM) vlákna. V případě provedení s úhlovým broušením je zaručen také minimální zpětný odraz. Velikost konektoru byla navržena tak, aby jej bylo možné použít v duplexním provedení jako náhrada metalického konektoru RJ-45. Konektor LC se nejčastěji používá v duplexním provedení, kdy jsou dva simplexní konektory sepnuty dohromady a vytváří jeden duplexní konektor.[12]

- **FC**

Kvalitní optický konektor ve šroubovacím provedení (Obr. 7.3). FC (*Fixed Connection*) je určený pro SM a MM vlákna. Používá standardní feruli o průměru 2,5 mm, většinou z nerez. Spolehlivost ferule při spojení zaručuje válcové tělo konektoru s perem. Používá se velice často pro telekomunikační účely a hojně se vyskytuje v měřicích zařízeních.[16]

- **SC**

SC (*Subscriber Connector*) je velice rozšířený konektor v LAN sítích. Nabízí nízké náklady, jednoduchost a trvanlivost. Bývá použit jako náhrada za starší konektor ST. Optický konektor (Obr. 7.4) je určený pro vícevidová i jednovidová vlákna s kompozitní nebo keramickou ferulí. Je vyroben z plastu a pomocí spojek lze vytvořit duplexní zapojení. Tento konektor disponuje průchozím útlumem 0,25 dB.[12]



Obr. 7.1: Konektor E2000



Obr. 7.3: Konektor FC



Obr. 7.2: Konektor LC



Obr. 7.4: Konektor SC

- **MT-RJ**

MT-RJ (*Mechanical Transfer Registered Jack*) je nově vzniklý konektor, který standardně spojuje dvě optická vlákna a stále více se protlačuje do síťového odvětví. Byl vyvinut místo duplexního konektoru SC, který má v duplexním provedení dva krát větší rozměry než tento konektor. Vychází z MT konektoru stejně jako MPO konektor. K přesnému propojení konektorů slouží dva technické výstupky. MT-RJ disponuje podstatně nižšími náklady, ale také menšími rozměry než SC v duplexním provedení. K dispozici je jak v provedení pro jednovidová tak i pro vícevidové

optická vlákna. Všechny tyto výhody mají za následek výměnu optických konektorů v duplexním provedení za konektory MT-RJ.



Obr. 7.5: Konektor MT-RJ

7.2 Kabelový management

Při budování datového centra nemůžeme zapomenout ani na kabelový management (Obr. 7.6). V dnešní době obrovského nárůstu používaných kabelů bylo zapotřebí určité formy vedení kabeláže. Dobrý kabelový management je důležitý nejen pro spolehlivost a lepší dostupnost sítě, ale také pro rychlejší stěhování a případné změny. Je vyráběno velké množství systémů kabelových tras. Dokonce i jednotlivé patch panely jsou upraveny pro jednoduché vedení horizontální kabeláže.[17]



Obr. 7.6: Kabelový management

8 PŘEHLED PARAMETRŮ PRO METALICKOU KABELÁŽ

V této kapitole jsou porovnány zadané parametry tří druhů používaných instalací pro metalickou kabeláž, a to systém MRJ-21, předkonektorovaná kabeláž a standardní instalace.

8.1 MRJ-21

- **Výkon** je omezen díky používaným komponentům (především konektoru MRJ-21) na přenosovou rychlost 10 Gb/s.
- **Spolehlivost** systému je maximální, všechny komponenty jsou stoprocentně otestovány a funkční přímo z výroby.
- **Doba instalace** je ze všech systémů metalické kabeláže nejrychlejší. Rychlost zvyšuje velký počet vedení v jednom kabelovém svazku.
- **Flexibilitu** a následné použití neomezuje samotný kabel, ale jeho fyzikální vlastnosti, v tomto případě jeho délka.
- **Velikost a hmotnost** je ze všech metalických možností nejmenší a nejideálnější. V jednom svazku je vedeno buď 12 kabelů pro megabitový Ethernet nebo šest kabelů pro gigabitový Ethernet.
- **Údržba** je po instalaci už minimální, co se týče **školení**, není zapotřebí žádného odborně školeného technika na metalickou kabeláž, postačí základní školení.
- **Cena** je úměrná kvalitě a všem výhodám tohoto systému. Proto z metalických řešení patří k nejdražším.

8.2 Předkonektorovaný metalický systém

- **Výkon** je omezen pouze použitými komponenty, většinou tedy na přenosovou rychlost 10 Gb/s. U kabelů PiMF a konektorů TERA již žádné omezení ve výkonu nehrozí a přenosové rychlosti stoupají.
- **Spolehlivost** je zde stejně jako u systému MRJ-21 stoprocentní, všechny komponenty jsou již ve výrobě proměřené.
- **Doba instalace** zabere o něco více času než MRJ-21 i když by se na první pohled zdálo, že tomu bude opačně. Dobu instalace zkracuje natažení pouze jednoho kabelového svazku. Naopak doba se prodlužuje při protahování a vyvazování z důvodu pevně zapojeného patch panelu a tloušťce kabelového svazku.
- **K flexibilitě** můžeme říct, že následné použití komplikuje velký počet konektorů. U některých případů, kde je předem připojen patch panel, je velmi obtížné a u většiny případů již nemožné následné použití.
- **Velikost a hmotnost** je zde díky předem předkonektorovaným kabelům výrazně větší než u systému MRJ-21. Velikost také zvyšuje, že jsou taženy jednotlivé kabely a nejsou v jednom kabelovém svazku, jak tomu bylo u předešlého systému.
- Požadavky na **údržbu a školení** jsou shodné s předcházejícím systémem.
- **Cena** je ve srovnání s MRJ-21 nižší. Velký rozdíl zde však není díky na míru připravenému systému.

8.3 Standardní instalace

- **Výkon** zde omezují pouze přenosové vlastnosti kabelů a příslušných konektorů. Konektory TERA a kabely PiMF již výkon neomezují.
- **Spolehlivost** záleží převážně na technikovi, který montáž provádí. Tedy není tak vysoká jako u předešlých systémů, které byly testovány ve výrobě. Na rozdíl od předcházejících řešení se u tohoto řešení musí po instalaci provést měření.

- **Doba instalace** je hlavní nevýhodou standardní instalace, proto se od této techniky v datových centrech upouští. Čas instalace mnohonásobně převyšuje jak předkonektorované systémy, tak řešení MRJ-21. Další čas navíc způsobuje proměření všech konektorů, které nejsou předem otestované.
- U **flexibility** již nemůžeme mluvit o následném použití kabeláže, jediné, co by ve výjimečných případech šlo použít, jsou patch panely.
- **Velikost a hmotnost** můžeme přirovnat k předkonektorovaným systémům. Velikost natažených kabelů je větší, jelikož každý kabel se instaluje samostatně a tvoří jeden souvislý svazek.
- Tato technika vyžaduje plné **školení** na metalickou kabeláž.
- **Cenově** je tato technika sice nejlevnější, co se týče komponentů, ale cenu práce zvyšuje práce technika. I za těchto předpokladů je cena standardní instalace nejlevnější.

9 PŘEHLED PARAMETRŮ PRO OPTICKOU KABELÁŽ

V této kapitole jsou porovnány zadané parametry tří druhů používaných instalací pro optickou kabeláž, a to systém MPO, předkonektorovaná kabeláž a standardní instalace.

9.1 MPO

- **Výkon** u řešení MPO v době našeho měření omezovala především vlákna OM2 a OM3 optimalizovaná pro přenosy do 10 Gb/s. V dnešní době jsou však vyráběny systémy i s vlákny OM4, s kterými přenosové rychlosti vzrostly. Tedy současný výkon již nic neomezuje.
- **Spolehlivost** je však už naprosto maximální a takřka stoprocentní díky předem testovaným komponentům přímo ve výrobě. Při montáži musíme dbát opatrnosti a vlákna zbytečně neohýbat.
- **Doba instalace** je v porovnání se všemi možnostmi, jak metalické kabeláže, tak optické kabeláže, nejrychlejší a nejjednodušší.
- **Flexibilita** – Optické kabely i kazety můžeme opětovně použít při změnách v DC bez starostí, že by došlo k jejich poškození.
- I v **hmotnosti a velikosti** nemá toto řešení velkou konkurenci. Dvanáct vláken je vedeno v kabelu milimetrových rozměrů a konektor MPO má podobné rozměry jako konektor SC, který spojuje pouze jedno vlákno.
- **Školení** nevyžaduje takřka žádné odborné znalosti, postačí základní instalační školení.
- **Cena** odpovídá vlastnostem a výhodám tohoto systému, což cenu značně zvyšuje. V datových centrech však není cena rozhodujícím faktorem.

9.2 Předkonektorovaný optický systém

- **O výkonu** nemůžeme říct, že by byl jakkoli omezen. Již v dnešní době můžeme počítat s vlákny OM4, a tím pádem i s rychlostmi 40 až 100 Gb/s.
- Konec kabelu je vždy rozvětven na jednotlivá vlákna s navařenými konektory. Právě v těchto místech, kde není vlákno příliš chráněno, může při zatahování do optických tras dojít k mikrozlomům vláken, což snižuje **spolehlivost**.
- **Čas instalace** se prodlužuje, protože je pracnější protáhnout všech 24 konektorů kabelovou trasou. Instalaci také může prodloužit čištění jednotlivých konektorů před zapojením.
- **Flexibilita** je u předkonektorované kabeláže složitější. Vlákna jsou zde většínou velmi náchylná na mikrozlomky. Při opětovném použití kabelu můžeme strhnout gel, ve kterém je vlákno zalito pod primární ochranou, to může mít za následek praskání vláken.
- **Velikost** zvětšuje především velký počet konektorů (pro každé vlákno jeden konektor), oproti MPO, kde jsou všechna vlákna propojena přes jeden konektor.
- Plné **školení** na vláknovou optiku u tohoto řešení nepotřebujeme. Avšak technik by měl mít základní školení a přehled o dané problematice předem nastudován.
- **Cena** je zde přibližně stejná, někdy i vyšší než u MPO. Hlavním důvodem vysoké ceny je řešení přímo vyráběné na míru a vysoký výkon.

9.3 Standardní instalace

- **Výkon** především snižuje instalace v terénu, kde nikdy neuděláme tak kvalitní spojení konektorů s vlákny, jak u řešení, které se vyrábějí v prostorech předem určených pro tuto činnost.
- **Spolehlivost** plyne již z předcházejícího parametru. Při instalaci v terénu nemůžeme počítat s tak kvalitními spoji, jak u řešení MPO a předkonektorované kabeláže.

- **Doba** potřebná pro instalaci je velmi zdlouhavá. Při instalaci v datových centrech je kladen velký důraz na rychlost montáže. V DC se tedy používá velmi zřídka.
- **Flexibilita** – u standardní instalace se již žádné komponenty nedají použít pro opětovnou profesionální instalaci.
- **Hmotnost a velikost** můžeme srovnat s předkonektorovanou kabeláží. Velikost převážně zvyšuje velký počet konektorů.
- **Údržba a školení** jsou velmi složité. Je vyžadován odborník na vláknovou optiku a plné školení pro tuto problematiku.
- **Cena** jako v předešlých případech odpovídá vlastnostem řešení. Z optických systémů je tedy nejlevnější díky negativním parametrům, jakými jsou opětovná nepoužitelnost při přestavbách DC, zdlouhavá instalace a vysoké požadavky na školení.

10 PRAKTICKÉ OVĚŘENÍ JEDNOTLIVÝCH SYSTÉMŮ

Ve firmě CATEGORY a.s. nám bylo umožněno si jednotlivé technologie používané v DC vyzkoušet. K dispozici jsme měli všechny systémy používané v DC pro optickou i metalickou kabeláž. Postupně jsme provedli simulaci jednotlivých instalací a změřili časy instalace. Udávaný čas přísluší práci jednoho technika. U jednotlivých systémů jsme využívali kabeláž o délce kolem deseti metrů, třímetro-
vý kabelový žlab a patřičné komponenty k jednotlivým technologiím. K dispozici nám byl také odborný technik Martin Malý, který se touto problematikou zabývá. Všechny fotografie z instalace kabeláží můžeme nalézt na přiloženém mediu.

10.1 Metalická kabeláž

10.1.1 MRJ-21

Při simulaci natažení a zapojení jsme použili kabeláž dlouhou deset metrů z jedné strany osazenou konektorem MRJ-21, a z druhé strany šesti konektory RJ-45, dvakrát přímý patch panel pro gigabitový Ethernet se čtyřmi konektory MRJ-21 vedenými ze zadní strany a s dvaceti čtyřmi konektory RJ-45 z přední strany.

Před instalací jsme si vybalili a připravili čtyři kabely a dva patch panely. Nejdříve jsme natáhli kabely do kabelového žlabu a vyvázali. Poté jsme jednotlivé konektory připojili do patch panelů. V následující tabulce 10.1 jsou zaznamenány přibližné časy montáže.

Tab. 10.1: Přehled časů instalace systému MRJ-21

Jednotlivé kroky instalace	Čas
Příprava a vybalení	6 min
Natažení kabelu	10 min
Vyvázání	12 min 10 s
Zapojení	5 min 50 s
Celkový čas	34 min

10.1.2 Předkonektorovaný systém

Pro ukázkou předkonektorovaných metalických systémů jsme využili desetimetrový kabelový svazek předem připravený a osazený konektory RJ-45 a patch panelem. Jednotlivé kabely zakončené konektory RJ-45 měly odlišnou délku, která se od prvního do 24. kabelu zvyšovala z důvodu větší přehlednosti a jednoduššího kabelového managementu.

Instalaci jsme provedli obdobně jako u prvního případu. Zde jsme ale nepoužili čtyři svazky kabelů jako u předchozího řešení, ale pouze jeden. Všech 24 kabelů bylo tedy sloučeno v jeden. Natažení kabelů komplikoval napevno připojený patch panel a velký počet konektorů. Kompletní instalace byla časově podobná systému MRJ-21. U většiny případů je však čas strávený touto instalací o poznání delší díky malému prostoru v DC a tím velmi obtížným protahováním předem zakončených kabelů konektory a patch panely.

Tab. 10.2: Přehled časů instalace pro předkonektorovanou kabeláž

Jednotlivé kroky instalace	Čas
Příprava a vybalení	4 min 30 s
Natažení kabelu	12 min
Vyvázání	12 min 30 s
Zapojení	5 min 20 s
Celkový čas	34 min

10.1.3 Standardní instalace

U klasické instalace jsme zvolili montáž tzv. zářezovou technikou. Použili jsme nestíněné U/UTP kabely balené samostatně v deseti krabicích a dva patch panely.

Nejdříve jsme natáhli do předem připravené kabelové trasy 24 U/UTP kabelů. Kabely jsme tahali po šesti kusech, tedy čtyřikrát, což už samo o sobě zabralo polovinu kompletní instalace MRJ-21. Každý kabel jsme museli nejdříve vyvázat (15 s), odizolovat a odstranit ochranu pro zatahování (15 s). Poté jsme provedli samotné konektorování, což zabralo nejvíce času (1 min 10 s). Časy v závorkách jsou udané pro jeden kabel na jednom konci. Celkový čas tedy dostaneme po vynásobení 48 a přičtením času natažení a vyvázání kabelů. (Tab. 10.3)

Tab. 10.3: Přehled časů instalace pro standardní instalaci

Jednotlivé kroky instalace	Čas
Příprava a vybalení	6 min
Natažení kabelů	17 min
Vyvázání kabelů	5 min
Vyvázání (patch panel)	12 min
Odizolování (patch panel)	12 min
Konektorování (patch panel)	56 min
Celkový čas	1 h 48 min

10.2 Optická kabeláž

10.2.1 MPO

Řešení MPO bylo vyvinuto speciálně pro optická vlákna. V současné době je nejmodernějším řešením v DC, které umožňuje spojit přes jeden konektor až 72 optických vláken. Standardně se však propojuje 12 vláken. Při simulaci natažení a zapojení jsme použili dva optické kabely s 12 vlákny, zakončené konektory MPO a dvě kazety.

Průběh instalace je bezproblémový a nejrychlejší ze všech instalací prováděných v DC. Díky miniaturním rozměrům optického kabelu jsme kabely natáhli velmi rychle. Zapojení čtyř konektorů do dvou MPO kazet také proběhlo bezproblémově a rychle. Nakonec jsme pouze vyvázali optickou kabeláž. V tabulce 10.4 jsou zapsány námi naměřené časy.

Tab. 10.4: Přehled časů instalace systému MPO

Jednotlivé kroky instalace	Čas
Příprava a vybalení	1 min 30 s
Natažení kabelu	5 min
Vyvázání	4 min
Zapojení	2min
Celkový čas	12 min 30 s

10.2.2 Předkonektorovaný systém

Optický kabelový systém není standardně vyráběný sériově, ale přímo na zakázku na určité míry. Většinou jde o svazek optických vláken v jednom kabelu. Na konci bývají vlákna osazena konektory. Pro naše měření jsme použili zapůjčený optický předkonektorovaný systém přímo vyrobený pro firmu CATEGORY a.s. a určený pro DC. Byl osazen 24 optickými konektory LC a vlákna byla dlouhá deset metrů. K zapojení jsme také použili optickou vanu, dvě kazety a příslušný počet LC spojek.

Natažení kabelu lehce komplikoval velký počet konektorů, museli jsme tedy dbát velké opatrnosti, aby nedošlo k poškození vláken. Na jedné straně jsme konektory připojili pomocí LC spojek do optické vany, což nás mírně zdrželo. Na opačné straně jsme použili kazety s konektory LC a zapojení bylo o poznání rychlejší. Celou kabeláž jsme nakonec vyvázali. Instalaci prodlužuje především zapojení velkého počtu konektorů a také jejich čištění před zapojením.

Tab. 10.5: Přehled časů instalace pro předkonektorovanou kabeláž

Jednotlivé kroky instalace	Čas
Příprava a vybalení	1 min 30 s
Natažení kabelu	6 min
Vyvázání	8 min
Čištění konektorů	5 min
Zapojení	15 min
Celkový čas	35 min 30 s

10.2.3 Standardní instalace

Standardní instalace se v datových centrech využívá velmi zřídka hlavně díky pomalejším časům instalace a menší spolehlivosti. Existují tři způsoby spojení jednotlivých technologií, a to lepení, suché spojení a sváření. My jsme si vyzkoušeli instalaci pomocí přivaření pigtailů.

K instalaci jsme použili kabel s dvanácti vlákny, dva pigtaily s konektory LC, optické spojky, optickou vanu a kazetu a příslušné nářadí. Instalaci jsme z časových a finančních důvodů neprováděli kompletní. Vyzkoušeli jsme pouze část instalace, spočívající v natažení vedení, vyvázání a přivaření dvou konektorů. Přivařování zby-

lého počtu konektorů by bylo velmi zdouhavé, proto v celkovém čase vycházíme z časů změřených při montáži dvou konektorů. Výsledné časy tedy odpovídají instalaci 24 vláken z obou stran osazenými konektory LC.

Nejdříve jsme natáhli dva optické kabely a vyvázali. Poté jsme odstranili izolaci kabelu, z důvodu obrany proti vlhkosti jsou jednotlivá vlákna obalená ve vazelině, kterou jsme alkoholem odstranili. Vlákná jsme zkrátili na požadovanou délku a odstranili primární a sekundární ochranu. Znovu jsme vlákno očistili alkoholem. Pomocí lámačky jsme vlákna zalomili přibližně 16 mm od primární ochrany. Poté jsme vlákna svařili, svařečka provedla tahovou zkoušku. Naměřený útlum měl hodnotu 0,0 dB. Po dokončení svaření vláken jsme na spoj zapekli ochranu sváru. Do optické vany jsme vlákna připevnili pomocí kazety, do které se vlákna namotala. Před zapojením konektorů do optických spojek, které jsme předem připevnili do předního panelu vany, jsme vlákna vyčistili. Kompletní instalace se v konečném čase přehoupala přes 4 hodiny.

Tab. 10.6: Přehled časů instalace pro standardní instalaci

Jednotlivé kroky Instalace	Čas
Příprava a vybalení	8 min
Natažení kabelů	5 min
Vyvázání kabelů	5 min
Odizolování	4 min
Odstranění primární ochrany	55 min
Čištění	28 min
Sváření a ochrana sváru	1h 40 min
Montáž LC spojek	20 min
Zapojení v optické vaně	30 min
Celkový čas	4 h 15 min

11 CELKOVÉ VYHODNOCENÍ JEDNOTLIVÝCH TECHNOLOGIÍ

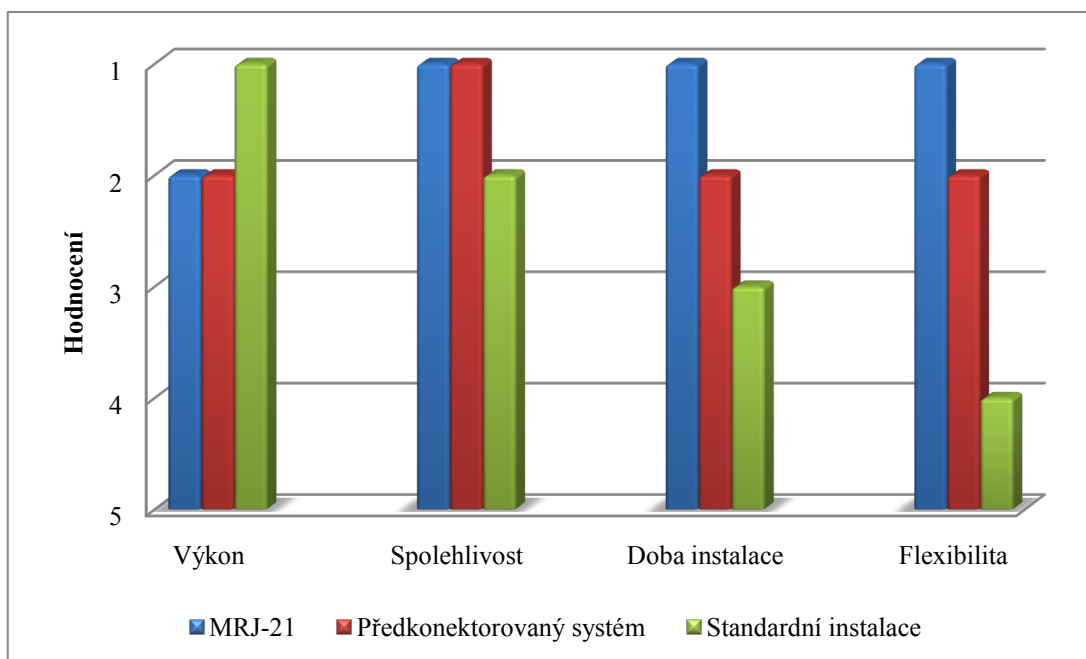
Úkolem této práce bylo vyhodnotit optimální variantu jednotlivých technologií z hlediska instalace. Jako parametry byly zvoleny – výkon, spolehlivost, doba instalace, flexibilita, hmotnost a velikost, požadavky na údržbu a školení a celková cena. Vyhodnocení podle zvolených parametrů najdeme v tabulce 11.1. Hodnocení vychází z 8. a 9. kapitoly a odpovídá školnímu známkování.

Tab. 11.1: Vyhodnocení jednotlivých technologií z hlediska instalace

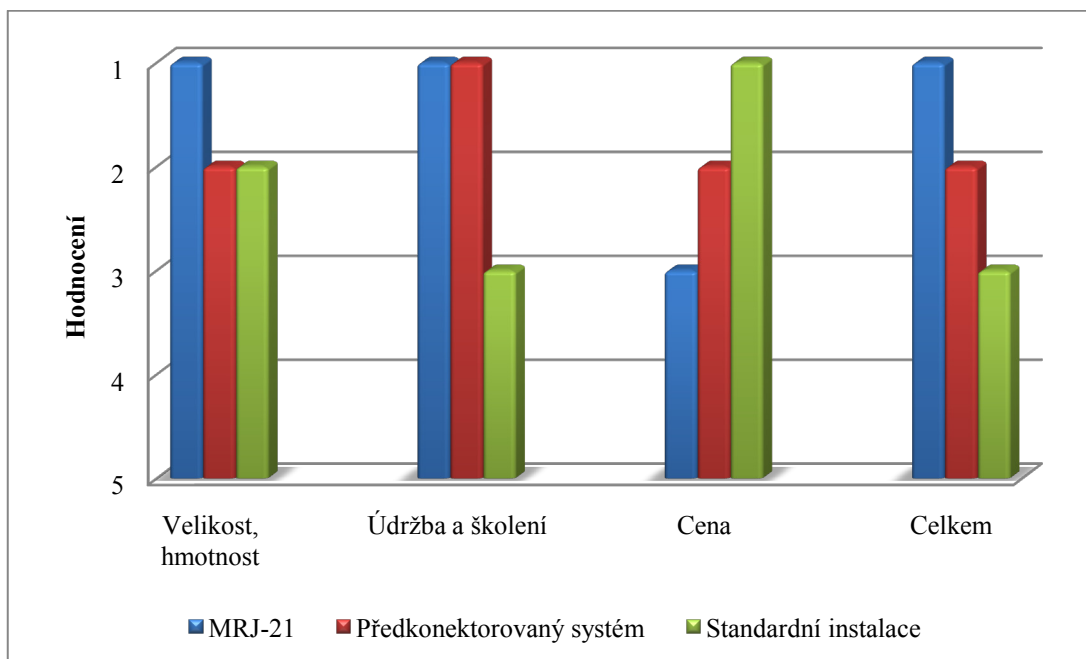
		Výkon	Spolehlivost	Doba instalace	Flexibilita
Metalické systémy	Standardní Instalace	1	2	3	4
	Předkonektorovaný systém	2	1	2	2
	MRJ-21	2	1	1	1
Optické systémy	Standardní Instalace	2	3	4	5
	Předkonektorovaný systém	1	2	2	3
	MPO	1	1	1	1

		Hmotnost, velikost	Údržba, školení	Cena	Celkové Vyhodnocení
Metalické systémy	Standardní Instalace	2	3	1	3
	Předkonektorovaný systém	2	1	2	2
	MRJ-21	1	1	3	1
Optické systémy	Standardní Instalace	2	4	1	3
	Předkonektorovaný systém	2	2	3	2
	MPO	1	1	3	1

11.1 Vyhodnocení jednotlivých parametrů pro metalickou kabeláž pomocí grafického zobrazení

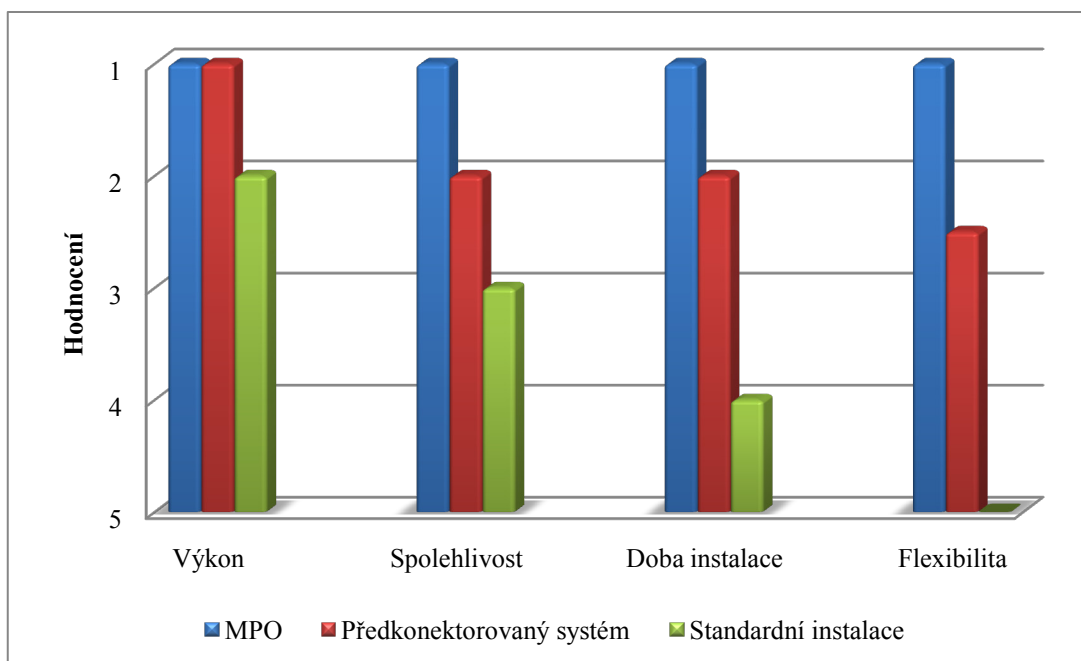


Obr. 11.1: Vyhodnocení pro metalické systémy – část 1

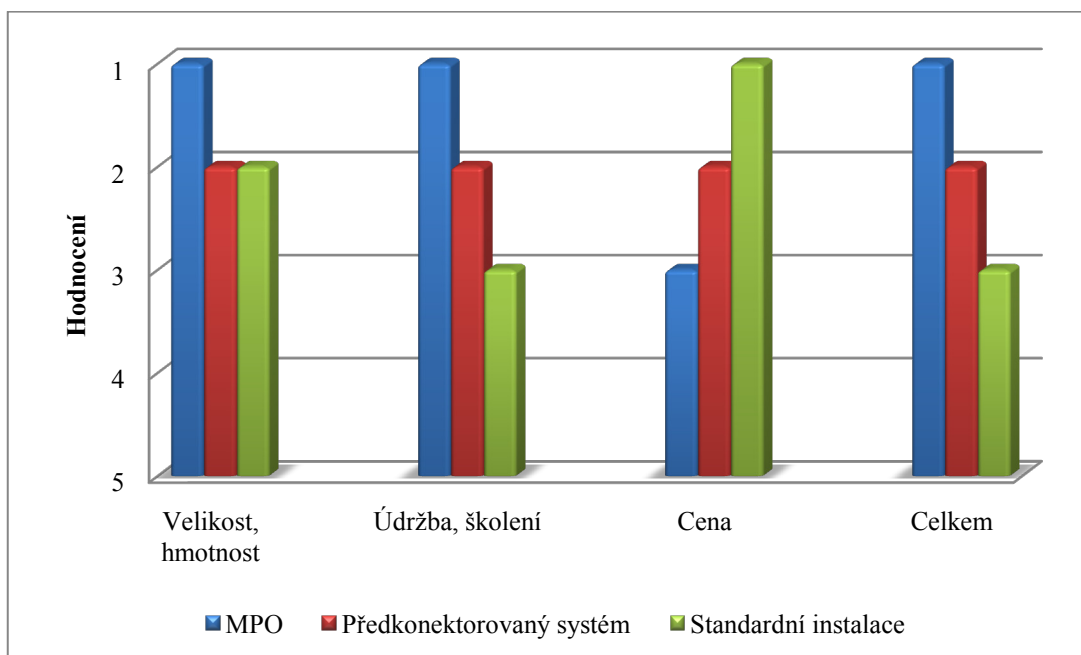


Obr. 11.2: Vyhodnocení pro metalické systémy – část 2

11.2 Vyhodnocení jednotlivých parametrů pro optickou kabeláž pomocí grafického zobrazení



Obr. 11.3: Vyhodnocení pro optické systémy – část 1



Obr. 11.4: Vyhodnocení pro optické systémy – část 2

12 ZÁVĚR

V úvodních kapitolách je rozepsána struktura datového centra a základní technologie v něm využívané. Hlavním úkolem projektu bylo vyhodnotit problematiku optických a datových kabelů v moderních datových centrech – jejich typy, použití a aplikace. Tento úkol byl splněn v kapitolách pět až sedm.

Cílem poté bylo vyhodnotit optimální variantu jednotlivých technologií z hlediska instalace. Jako parametry byly zvoleny – výkon, spolehlivost, doba instalace, flexibilita, hmotnost a velikost, požadavky na údržbu a školení a celková cena. Tyto parametry jsou jednotlivě rozepsány v osmé a deváté kapitole.

V následující kapitole jsou rozepsány jednotlivé druhy instalace dle praktického ověření. Celkové vyhodnocení je shrnuto tabulkou a grafickým zobrazením v jedenácté kapitole. Hodnocení odpovídá školnímu známkování. Z tabulky jednoznačně vyplývá, že pro potřebu DC jsou jak v metalických, tak optických systémech nejvhodnější předkonektorované systémy a systémy s moderními multikonektory (MPO, MRJ-21).

Tyto systémy jsou z hlediska spolehlivosti, rychlosti instalace a flexibility nejvýhodnější. Tato hlediska jsou také shodná s požadavky na kabeláže budované v DC.

Nevýhodou těchto systémů může být relativně vyšší pořizovací cena, ale z objektivního provozního hlediska se ceny těchto systémů vyrovnají a naopak se během provozu ukážou jako cenově výhodnější.

POUŽITÁ LITERATURA

- [1] *Cabling Systems for Data Centers. Comprehensive Cabling Platform for Data Center Environments* [online]. 2009 [cit. 2009-10-20]. Dostupný z WWW: <http://www.ampnetconnect.cz/web/CZ/Home/Product_Line-Up/Data_Center/>.
- [2] FILKA, M. *Optoelektronika pro telekomunikace a informatiku*. CENTA, Brno 2009.
- [3] HELÁN, Radek. *Optické areálové sítě*. Brno: Network Group, 2009. 41 s
- [4] *IEEE802 : IEEE 802 LAN/MAN Standards Committee* [online]. 2009. Dostupný z WWW: <<http://www.ieee802.org/>>.
- [5] JANDOŠ, MATUŠKA. *Komunikační technologie a služby: Lokální komunikační sítě LAN*. Praha, KIT VŠE Praha, 75 s
- [6] KAPOUN, Jiří. CATEGORY [online]. 2007 [cit. 2009-11-01]. Dostupný z WWW: <<http://www.category.cz/cz/produkty/datacentra>>.
- [7] *NETGURU nezávislí on-line magazín* [online]. 2009 [cit. 2009-10-03]. Dostupný z WWW: <<http://www.netguru.cz/odborne-clanky>>.
- [8] NOVOTNÝ, V. *Architektura sítí: skriptá*. Brno: FEKT VUT Brno, 2002.
- [9] *OFA - Optical Fiber Apparatus* [online]. 2005 [cit. 2009-12-01]. Dostupný z WWW: <http://www.ofacom.cz/index.php?option=com_content&view=article&id=27&Itemid=52>.
- [10] PETERKA, Jiří. EArchiv : *Archiv článků a přednášek Jiřího Peterky* [online]. 1999 [cit. 2009-10-20]. Dostupný z WWW: <<http://www.earchiv.cz>>.
- [11] *Pre-terminated AMP NETCONNECT. Σ -Link System*. Tyco Electronics
- [12] *RLC optický konektory* [online]. 2006 [cit. 2009-11-11]. Dostupný z WWW: <www.rlc.cz/files/p00000278/rlc_konektor.pdf>
- [13] *Řešení kabeláže pro datová centra*. Kuřim: AMP NETCONNECT . 5 s

- [14] *Svět hardware* [online]. 1998 [cit. 2009-11-18]. Dostupný z WWW:
<<http://www.svethardware.cz/glos.jsp?doc=78B06A74A4D817BAC1257353004BF0A4>>.
- [15] ŠÍMA, Jaromír. *Optické sítě – Vláknová optika*. Praha: RLC, 2008. 93 s
- [16] TRULOVE, J. *Sítě LAN*. Mc.Graw - Hill, N.Y. 2006. (Český překlad - Grada Publ.)
- [17] TŘÍSKA, Zdeněk. *Datová centra AMP NETCONNECT*. 2009
- [18] VAHAL[online]. 1993 [cit. 2009-09-25]. Dostupný z WWW:
<<http://www.vahal.cz/cz/podpora.html>>

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK

CSMA/CD	Carrier Sence Multiple Access/Collision Detection
DAS	Directly Attached Storage
DC	Datové Centrum
EDA	Equipment Distribution Area
EMB	Effective Modal Bandwidth
F/UTP	Foiled / Unshielded Twisted Pair
FC	Fiber Channel
FC	Fixed Connection
HDA	Horizontal Distribution Area
iSCSI	Internet Small Computer System Interface
KVM	Keyboard Video Mouse
LAN	Local Area Network
LC	Lucent Connector
MDA	Main Distribution Area
MPO	Multifiber Pull Off
MRJ	Modular Registered Jack
MTP	Mechanical Transfer Pull Off
MT-RJ	Mechanical Transfer Registered Jack
OM	On Multimode
OS	On Singlemode
PiMF	Pair in Metal Folio
POF	Plastic Optical Fiber
S/FTP	Screened Fully shielded Twisted Pair
SAN	Storage Area Network
SAS	Serial Attached SCSI
SC	Subscriber Connector
SCSI	Small Computer System Interface
TCP/IP	Transmission Control Protocol / Internet Protocol
U/UTP	Unshielded / Unshielded Twisted Pair
VCSEL	Vertical Cavity Surface Emitting Lasers
WAN	Wide Area Network
ZDA	Zone Distribution Area

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha A: Obsah CD

Příloha A

Obsah CD:

Fotodokumentace – Adresář obsahující fotografie z praktického ověření jednotlivých technologií pro optickou a metalickou kabeláž.

Optické kabely v moderních datových centrech.pdf – Soubor obsahující bakalářskou práci.