



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA PODNIKATELSKÁ
ÚSTAV INFORMATIKY

FACULTY OF BUSINESS AND MANAGEMENT
INSTITUTE OF INFORMATICS

NÁVRH POČÍTAČOVÉ SÍTĚ DO NOVÉHO PROSTORU FIRMY

DESIGN OF COMPUTER NETWORK TO NEW COMPANY AREA

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

PATRIK ŠTETINA

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

Ing. VIKTOR ONDRÁK, Ph.D.

BRNO 2015

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Štetina Patrik

Manažerská informatika (6209R021)

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách, Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně a Směrnicí děkana pro realizaci bakalářských a magisterských studijních programů zadává bakalářskou práci s názvem:

Návrh počítačové sítě do nového prostoru firmy

v anglickém jazyce:

Design of Computer Network to New Company Area

Pokyny pro vypracování:

Úvod

Vymezení problému a cíle práce

Analýza současného stavu

Teoretická východiska práce

Vlastní návrhy řešení

Závěr

Seznam použité literatury

Přílohy

Seznam odborné literatury:

- DONAHUE, G. A. Kompletní průvodce síťového experta. 1. vyd. Brno: Computer Press, 2009, 528 s. ISBN 978-80-251-2247-1.
- HORÁK, J. a M. KERŠLÁGER. Počítačové sítě pro začínající správce. 5. aktualiz. vyd. Brno: Computer press, 2011, 303 s. ISBN 978-80-251-3176-3.
- JIROVSKÝ, V. Vademecum správce sítě. 1. vyd. Praha: Grada, 2001, 428 s. ISBN 80-7169-745-1.
- SCHATT, S. Počítačové sítě LAN od A do Z. Praha: Grada, 1994, 378 s., obr., tab. ISBN 80-85623-76-5.
- TRULOVE, J. Sítě LAN: hardware, instalace a zapojení. 1. vyd. Praha: Grada, 2009, 384 s. ISBN 978-80-247-2098-2.

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Viktor Ondrák, Ph.D.

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2014/2015.

L.S.

doc. RNDr. Bedřich Půža, CSc.
Ředitel ústavu

doc. Ing. et Ing. Stanislav Škapa, Ph.D.
Děkan fakulty

V Brně, dne 28.2.2015

Abstrakt

Cílem této bakalářské práce je navrhnout novou počítačovou síť pro firmu, která se stěhuje do nových prostor. Bakalářská práce je rozdělena do tří částí. První část se týká analýzy současného stavu. Další část je věnovaná teoretickým východiskům řešení návrhu a poslední část obsahuje konkrétní návrh nové počítačové sítě.

Abstract

The aim of bachelor's thesis is design of new computer network for company, which is moving to new area. The bachelor's thesis is divided into three parts. The first part concerns the analysis of the current state. Next part is engaged to the theoretical ground design solutions and last part contains a design for new computer network.

Klíčová slova

počítačová síť, UTP, datový rozvaděč, strukturovaná kabeláž, kabely, přenosová média

Key words

Computer network, UTP, data switchboard, structured cableway, cables, transmission media

Bibliografická citace

ŠTETINA, P. *Návrh počítačové sítě do nového prostoru firmy*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta podnikatelská, 2015 54 s. Vedoucí bakalářské práce Ing. Viktor Ondrák, Ph.D.

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že předložená bakalářská práce je původní a zpracoval jsem ji samostatně. Prohlašuji, že citace použitých pramenů je úplná, že jsem ve své práci neporučil autorská práva (ve smyslu zákona č. 121/2000 Sb., o právu autorském a o právech souvisejících s právem autorským).

V Brně dne 25. května 2015

.....

podpis

Poděkování

Tímto bych chtěl poděkovat vedoucímu bakalářské práce Ing. Viktoru Ondrákovi, Ph.D. a oponentovi bakalářské práce Ing. Vilému Jordánovi za cenné informace a odborné rady, které mi napomohly k vypracování této bakalářské práce.

Obsah

Úvod.....	11
Cíl práce.....	12
1. Analýza současného stavu	13
1.1 Popis firmy.....	13
1.2 Současné prostory	13
1.3 Nové prostory.....	14
1.4 Popis jednotlivých místností	14
1.5 Analýza současného HW	16
1.6 Požadavky investora.....	16
1.7 Shrnutí analýzy.....	16
2. Teoretická východiska řešení.....	17
2.1 Sítě podle rozsahu	17
2.1.1 LAN (local area network).....	17
2.1.2 WAN (Wide area network).....	17
2.1.3 MAN (Metropolitan area network).....	17
2.1.4 PAN (Personal area network)	18
2.2 Topologie počítačových sítí	18
2.2.1 Sběrníková topologie (bus)	18
2.2.2 Hvězdíková topologie (star).....	18
2.2.3 Kruhová topologie (ring)	19
2.3 Referenční model ISO/OSI	19
2.3.1 Fyzická vrstva	20
2.3.2 Linková vrstva	21
2.3.3 Síťová vrstva.....	21
2.3.4 Ostatní vrstvy	21

2.4	Architektura TCP/IP	22
2.4.1	Vrstva síťového rozhraní	22
2.4.2	Síťová vrstva	23
2.4.3	Transportní vrstva	23
2.4.4	Aplikační vrstva	23
2.5	Ethernet	23
2.6	Wi-Fi	24
2.7	Kabelážní systém	24
2.7.1	Normy	25
2.7.2	Základní pojmy	25
2.7.3	Sekce kabeláže	28
2.7.4	Spojovací prvky	28
2.7.5	Prvky organizace	29
2.7.6	Prvky identifikace	30
2.7.7	Prvky vedení	30
2.8	Přenosové prostředí	31
2.8.1	Metalické kabely	31
2.8.2	Optické kabely	33
2.9	Aktivní prvky	34
2.9.1	Opakovač (repeater)	34
2.9.2	Převodník	34
2.9.3	Rozbočovač	34
2.9.4	Switch	34
2.9.5	Most	35
2.9.6	Směrovač	35
3.	Návrh řešení	36

3.1	Technologie.....	36
3.2	Přípojná místa.....	36
3.3	Kabelové trasy.....	37
3.4	Kabely	38
3.5	Moduly.....	39
3.6	Datové zásuvky	39
3.7	Prvky vedení kabeláže.....	40
3.8	Rozvaděč	41
3.8.1	Vnitřní uspořádání	42
3.9	Značení.....	44
3.10	Aktivní prvky.....	44
3.10.1	Switch	44
3.10.2	Wi-Fi Access Point	45
3.11	Ekonomické zhodnocení projektu	45
4.	Závěr	47
	Seznam použitých zkratk	48
	Seznam použitých zdrojů.....	49
	Seznam obrázků.....	52
	Seznam tabulek.....	53
	Seznam příloh	54

Úvod

Život bez informačních technologií si dokáže dnes představit jen málo kdo z nás. Hlavní zásluhu má na tom celosvětově vybudovaná počítačová síť. Ta nám umožňuje sdílení souborů a komunikaci s ostatními uživateli připojenými k síti. Zároveň se jedná o nejrozšířenější a také kapacitou nejobjemnější zdroj různých informací. Další využití se nabízí např. v multimediálních přenosech.

Téma Návrh počítačové sítě jsem si vybral z důvodu možného uplatnění tohoto návrhu u firmy, pro kterou již několikátým rokem pracuji. Tato firma se stěhuje do nových prostor, ve kterých bude potřeba vybudovat kompletně celou počítačovou síť.

V rámci návrhu bude potřeba odstranit veškeré nedostatky sítě, se kterými se firma musela potýkat v současných prostorech. Dále je nezbytné dodržet státem dané normy a zároveň splnit veškeré požadavky investora.

Cíl práce

Cílem práce je navrhnout funkční a spolehlivou počítačovou síť. Součástí návrhu je nejen rozmístění strukturované kabeláže, zásuvek atd., ale také veškerých potřebných aktivních prvků na síti.

Práce je rozdělena do tří základních částí, kde v první části je analyzován současný stav a požadavky na novou síť. V další části jsou teoretické poznatky, jejichž obsahem je například popis topologií, aktivních prvků, kabeláže a jejich vedení apod. V poslední části bude rozepsán návrh provedený na základě teoretických poznatků.

Celý návrh bude vypracován tak, aby splňoval veškeré normy, které s počítačovou sítí souvisí. Zároveň bude potřeba splnit veškeré podmínky investora.

Hlavním cílem bude navrhnout síť, která bude zajišťovat bezproblémový chod.

1. Analýza současného stavu

V této kapitole představím aktuální situaci firmy, stav sítě a zjistím požadavky investora.

Dále zde popíši budovu jako celek, následně jednotlivé místnosti a požadovaný počet zařízení připojených do sítě.

Nakonec celou analýzu zhodnotím a určím hlavní body, které při vytváření samotného návrhu sítě bude potřeba provést.

1.1 Popis firmy

Firma byla založena v roce 1998 se sídlem v Brně. Jejím předmětem podnikání je zajištění projekce, programování, vizualizace a montáže bezpečnostních a protipožárních technologií. Dále se také zabývá oblastí měření a regulace, kde je obsaženo topení, vzduchotechniky apod.

K dnešnímu dni firma zaměstnává kolem 50 zaměstnanců rozdělených do 7 různých struktur – vedení, administrativa, obchod, programátoři, projekce, realizace, servis.

1.2 Současné prostory

Firma se v současné době nachází v podnájmu v několikapatrové budově. Tyto prostory sdílí i s jinými firmami, kde každé firmě náleží právě jedno patro. Prostor firmy je složen z vstupní místnosti pro evidenci zaměstnanců, velké open-plan kanceláře, jedné samostatné kanceláře pro vedoucího a malého balkonu na druhé straně open-plan kanceláře. Jelikož se firma nastěhovala do již zařízené budovy, nemohla si stanovit své podmínky pro zavedení počítačové sítě. Vlastník nemovitosti zakázal provádět jakékoliv změny do prostoru firmy. Z tohoto důvodu momentálně firma řeší napojení 13 počítačů do sítě pomocí bezdrátového Wi-Fi přenosu. Osm počítačů, jedna síťová tiskárna a jeden plotr umístěné na straně rozvaděče, který je uložen v kanceláři vedoucího, jsou připojeny UTP kabely vedenými v LV liště přidělané na hraně mezi podlahou a stěnou. Jediný Wi-Fi AccessPoint je instalován na rozvaděči.

Toto řešení je sice funkční, ale ne podle představ vedení. Proto se firma rozhodla najít si lepší prostory.

1.3 Nové prostory

Firma si našla nově budovanou stavbu, ve které by si mohla pronajímat prostory o celkových rozměrech 13,5x21 m. Bylo by jí zde umožněno stanovit si své podmínky a zároveň by mohla díky větším prostorům přijmout nové zaměstnance. Rozvržení firmy je dlouhá chodba, na jejímž začátku se bude po levé straně nacházet recepční s jedním počítačem. Dále se zde nachází 5 různě velkých prostor pro jednotlivá oddělení – zasedací místnost, vizualizace, programátoři, rozvaděč a síťová tiskárna. Po pravé straně se nachází 5 místností - projekce, obchodní oddělení, vedení, účetní a sklad spotřebního zboží. Ve všech místnostech budou stropy vysoké 3 m a bude na nich instalován rozebíratelný podhled. Každá kancelář navíc umožňuje instalaci parapetních žlabů. Šířka příček je 10 cm.

1.4 Popis jednotlivých místností

U následujících informací o počtu zapojených PC do sítě se jedná pouze o minimální požadovaný počet od investora. V rámci návrhu bude zohledněna možnost budoucího rozšíření sítě o další zařízení. Bude přihlíženo k hygienickým normám na pracovišti, které odpovídají 12 m³ vzdušného prostoru a 2,7 m minimální světlé výšky pracoviště při denním osvětlení místnosti [22].

Chodba – Tato místnost je opticky rozdělena do dvou částí. První část je hlavní chodba o rozměrech 2x21 m. Druhá část je prostor recepce s rozměry 5,4x2,5 m. V této místnosti je požadavek na zapojení do sítě pouze jednoho osobního počítače pro recepční.

Zasedací místnost – Místnost o rozměrech 5,4x4,9 m. Budou zde probíhat porady a jednání s členy jiných firem. Není zde požadavek na přípojný místo. Celá tato místnost má být pokryta pouze Wi-Fi signálem.

Vizualizace – Místnost o rozměrech 5,4x4,4 m. Provádí se zde vytváření a kreslení obrazovek vizualizace. Požadavkem je zapojení 4 osobních počítačů do sítě. Podle

hygienické normy na prostor na pracoviště bude potřeba při návrhu počítat s možností budoucího přijetí dalšího zaměstnance v této místnosti.

Programátoři – Místnost o rozměrech 5,4x4,4 m. Zaměstnanci se zde starají o správné naprogramování jednotlivých prvků, které posléze montéři budou instalovat na stavbu určité zakázky. Požadavkem je zapojení 4 osobních počítačů do sítě. Rozměry místnosti jsou stejné jako v případě vizualizace, platí zde tedy stejné požadavky ze strany hygienických norem.

Rozvaděč – Do této místnosti o rozměrech 5,4x1,9 m bude instalován rozvaděč. Přisun a odtah vzduchu je řešen pomocí vzduchotechnické jednotky s instalovanými hepa filtry zajišťujícími minimální prašnost v místnosti. Tato místnost je uzamykatelná.

Síťová tiskárna – Místnost o rozměrech 5,4x2,4 m. V této místnosti bude umístěna pouze síťová tiskárna a plotr. Požadavkem je zapojení obou zařízení do sítě pomocí kabelu.

Projekce – Místnost o rozměrech 5,9x4,9 m. Před samotnou realizací zakázky a montáží je potřeba vytvořit projekty, o které se starají zaměstnanci v této místnosti. Požadavkem je zapojit 5 osobních počítačů do sítě. V návrhu bude potřeba počítat s možností přijetí dalších dvou zaměstnanců podle hygienických norem na prostor na pracovišti.

Obchodní oddělení – Rozměry místnosti 5,9x4,4 m. Při provádění zakázky je třeba zaměstnanců, kteří budou dohlížet na hladký chod jejího provedení. Požadavkem je zapojení 3 osobních počítačů do sítě. Rozměry místnosti podle hygienické normy na prostor na pracovišti umožňují přijetí dalších 3 zaměstnanců.

Vedení a Účetní – Dvě místnosti o rozměrech 5,9x4,4 m. Požadavkem v každé místnosti je zapojení 2 osobních počítačů do sítě. Podle hygienických norem na prostor pracoviště je potřeba při návrhu počítat s možností přijetí dalších 4 zaměstnanců v každé místnosti.

Sklad spotřebního zboží – Místnost o rozměrech 5,9x2,5 m. Druhá místnost, ve které není požadavek na instalaci přípojných míst.

1.5 Analýza současného HW

Jelikož firma má zájem o vytvoření celé nové sítě, nepožaduje zachování žádného aktivního ani pasivního prvku z původní sítě. Jediné, co si přeje ponechat, je server a záložní zdroj umístěný v rozvaděči.

1.6 Požadavky investora

- Zapojení všech PC do sítě pomocí kabelu; jednalo by se celkem o 21 PC:
 - o Recepční – 1 PC
 - o Vizualizace – 4 PC
 - o Programátoři – 4 PC
 - o Projekce – 5 PC
 - o Obchodní oddělení – 3 PC
 - o Vedení - 2 PC
 - o Účetní – 2 PC
- Veškerá kabeláž nesmí být viditelně instalovaná na povrchu
- Zapojení tiskárny a plotru do sítě
- Navrhnout nový rozvaděč, který bude dostačující pro kapacitu sítě a zároveň bude umožňovat upgrade do budoucna
- Zasedací místnost bude pokryta bezdrátovým Wi-Fi signálem
- Zajištění co nejnižších finančních nákladů
- Instalovat současný server a záložní zdroj do rozvaděče

1.7 Shrnutí analýzy

Díky analýze jsem měl možnost zjistit informace o budově a možnosti instalace sítě v ní. Dále jsem zjistil, jaký minimální počet přípojných míst požaduje investor v každé z místností. Další důležitou informací pro následný návrh kabelové trasy byla informace o umístění rozvaděče a instalaci současného serveru a záložního zdroje do něj.

Jelikož se jedná o novostavbu, velmi to ulehčuje situaci s celým návrhem. Neměl by být žádný problém vybudovat novou, stabilní a funkční síť. Požadavky investora jsou splnitelné.

2. Teoretická východiska řešení

V této části si popíšeme určitá teoretická východiska, která jsou nezbytná pro následující návrh počítačové sítě.

2.1 Sítě podle rozsahu

Sítě můžeme dělit podle několika různých kritérií. Mezi základní patří rozdělení podle rozsahu pokrytí sítí. Na základě tohoto rozdělení se rozlišují 4 typy – LAN, WAN, MAN, PAN [3, 5].

2.1.1 LAN (local area network)

S LAN se setkáváme v sítích na krátké vzdálenosti např. v rámci podniku, budovy apod. Mají výhodu možného sdílení souborů, aplikací, tiskáren apod. Je zde dosažena větší přenosová rychlost s malým zpožděním. Veškeré uzly v síti jsou vzájemně viditelné [3, 5].

2.1.2 WAN (Wide area network)

Sítě na velké vzdálenosti. Jedná se o propojení více LAN sítí. Spojení se provádí speciálními linkami nebo bezdrátově. Velikost této sítě může být různá, od sítí firemních (firma má pobočky po republice nebo v jiných zemích), až po celosvětovou nejznámější síť Internet. Dosahuje se zde nižší rychlosti a většího zpoždění [3, 5].

2.1.3 MAN (Metropolitan area network)

Sítě o vzdálenosti větší než LAN a zároveň menší než WAN. Rozsah této sítě se udává na velikost jednoho města (maximálně 75 km). Kromě kabelových linek bývají sítě také spojeny bezdrátově [3].

2.1.4 PAN (Personal area network)

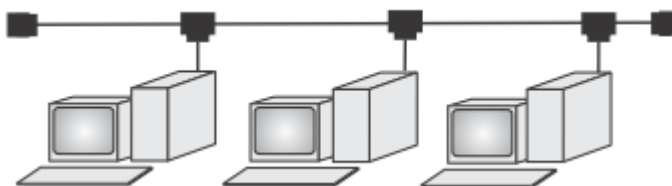
Sítě určené pro osobní využití na velmi krátké vzdálenosti. Mezi využívané technologie patří – Wi-Fi, Bluetooth, IrDA, USB, atd. Využití této sítě je možné u periférií počítačů, mobilních telefonů, spotřební elektroniky a mnohé další [5].

2.2 Topologie počítačových sítí

Pojem topologie označuje, jakým způsobem máme zapojené uzly v síti. Pro vybranou topologii je třeba také přizpůsobit výběr kabelu. Na fyzické vrstvě se nachází tři základní topologie: sběrníková, hvězdicová a kruhová. V reálném použití se provádí kombinace různých topologií [6].

2.2.1 Sběrníková topologie (bus)

Základem této technologie je jedno kabelové vedení, které je vedené od stanice ke stanici. Připojení jednotlivých zařízení probíhá pomocí odbočovacího prvku (např. T-konektor). Typickým příkladem této sítě je použití koaxiálního Ethernetu. Provoz v této topologii má přísná pravidla, neboť zde může lehce docházet ke kolizím. Největší problém v této topologii hrozí při poškození jednoho kabelu, kdy dojde k přerušení sítě na všech zařízeních [2, 3].

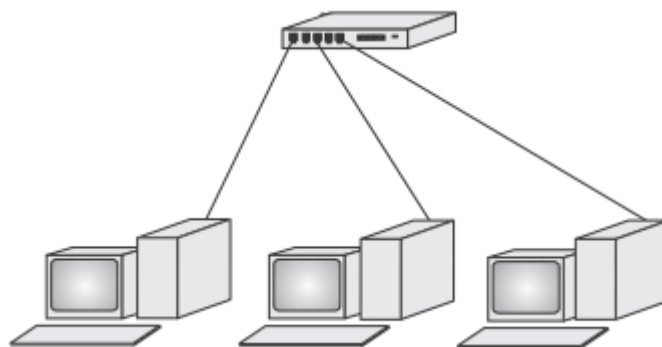


Obrázek 1: Sběrníková topologie [3]

2.2.2 Hvězdicová topologie (star)

V této topologii je využíváno centrálního zařízení: rozbočovač, koncentrátor atd., přes který probíhá veškerá komunikace. Každý uzel je zde samostatně napojen do centrálního zařízení. Signály, které centrální zařízení přijme, odesílá do všech portů. Oproti sběrníkové topologii je odolnější vůči kolizím. V případě poškození kabelu

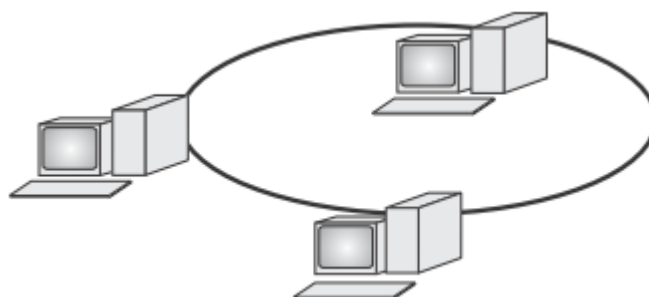
nedochází k odpojení zbývajících zařízení od sítě. Výpadek celé sítě nastane, pokud centrální zařízení nebude pracovat spolehlivě [2, 6].



Obrázek 2: Hvězdicová topologie [3]

2.2.3 Kruhová topologie (ring)

Jako ve sběrnicové topologii, tak i zde se propojují jednotlivá zařízení za sebou. Oproti sběrnicové topologii jsou uzly spojeny dohromady do kruhu. Zprávy zde jsou předávány postupně v cyklu až k počátečnímu bodu. Stejně jako ve sběrnicové topologii zde hrozí riziko poškození kabelu, které by způsobilo nefunkčnost celé sítě. Proti této kolizi se lze bránit zdvojením kabelu, jako je použito například u IBM token ring [2, 6].



Obrázek 3: Kruhová topologie [3]

2.3 Referenční model ISO/OSI

Referenční model OSI (Open System Interconnection) vznikl v Mezinárodním ústavu pro normalizaci ISO (International Standards Organization). Vznikl z důvodu potřeby stanovit pravidla pro přenos dat v sítích a mezi nimi. Tento model rozděluje práci v síti na 7 vzájemně spolupracujících vrstev. Podrobnosti vrstev jsou ponechány na vývojářích

systému. Model definuje celkovou funkci každé vrstvy a její vztah s vyššími a nižšími vrstvami [3, 6].

Provoz tohoto modelu je zajištěn na základě dodržování stanovaných pravidel [3]:

- hierarchické složení – vyšší vrstva přebírá úkol od nižší vrstvy, který vykoná a následně jej předá vyšší nadřazené vrstvě
- veškerá komunikace vrstvy probíhá pouze mezi vedlejšími vertikálními vrstvami
- horizontální komunikace zajišťuje vzájemnou spolupráci stejných vrstev v rámci jiné sítě

Fungování modelu ISO/OSI je především důležité pro výrobce síťových komponentů [3].



Obrázek 4: Model ISO/OSI [5]

2.3.1 Fyzická vrstva

Popisuje elektrické, mechanické a funkční vlastnosti (např. jaký signál reprezentuje logickou jedničku, jak stanice rozezná začátek bitu atd.). Přenosovou jednotkou na této vrstvě je 1 bit. Informace na této vrstvě mají podobu elektrických impulsů, které jsou zastoupeny jedničkami a nulami binární datové struktury. Jedinými službami na této vrstvě jsou přijímy/odešly bit [3, 5, 6].

2.3.2 Linková vrstva

Přenosovou jednotkou na této vrstvě je datový rámec. Linková vrstva připravuje údaje (datové rámce) pro přenos po fyzickém médiu. Obsahuje dvě podvrstvy MAC (Media Access Control) a LLC (Logical Link Control) [3, 6].

Linková vrstva [3, 5]:

- přijímá a odesílá datové rámce
- provádí synchronizace na úrovni datových rámců
- umožňuje řízení toku dat
- kontroluje cílové adresy každého přijatého rámce
- rozhoduje o předání rámce vyšším vrstvám
- zajišťuje spolehlivost (pokud je to požadováno)

2.3.3 Síťová vrstva

Přenosovou jednotkou na této vrstvě je paket. Síťová vrstva je zodpovědná za spojení a směrování mezi dvěma počítači, případně celými sítěmi (tzv. uzly), kde nedochází k přímému spojení. Zajišťuje vhodnou volbu trasy (tzv. směrování - routing) k cíli přes libovolný počet mezilehlých uzlů [3, 5].

2.3.4 Ostatní vrstvy

Transportní vrstva – Přenosovou jednotkou této vrstvy je datagram. Zajišťuje transport datagramu mezi procesy dvou uzlů. Přizpůsobuje charakter přenosu podle potřeb aplikací z nespolehlivého na spolehlivý a z nespojovaného na spojovaný [5].

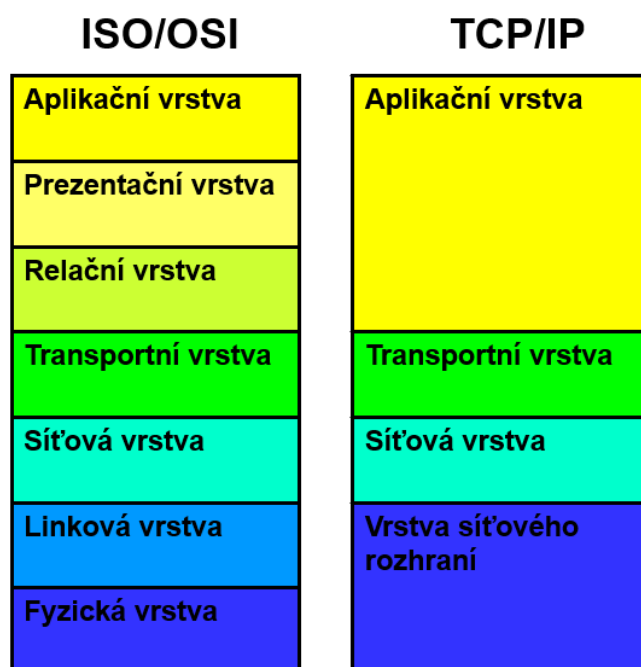
Relační vrstva – Přenosovou jednotkou této vrstvy je jedno spojení. Vytváří a ukončuje spojení přenosu. Umožňuje ověření uživatelů a zabezpečení přístupu [3].

Prezentační vrstva – zajišťuje konverzi příchozích a odchozích dat do formy potřebné pro aplikační vrstvu [3].

Aplikační vrstva – je aplikací, která uživateli zpřístupňuje síťové služby. Nabízí přístup k souborům na jiných PC, elektronické zprávy a další [3].

2.4 Architektura TCP/IP

Jedná se o standardizovanou architekturu pro komunikaci v sítích, která vznikala postupně podle požadavků praxe. Využila již fungujícího řešení (např. Ethernet) a navázala na ně svá řešení. Tvoří ji tři různé protokoly TCP (Transmission Control Protocol), UDP (User datagram protocol) a IP (Internet Protocol). Architekturu TCP/IP tvoří čtyři vrstvy, které vznikaly postupně na základě praktických potřeb. Získala si širokou podporu vývojářů i uživatelů [5,7].



Obrázek 5: Porovnání vrstev ISO/OSI a TCP/IP [5]

2.4.1 Vrstva síťového rozhraní

Jejím úkolem je provádět úkony spojené s ovládáním přenosové cesty, vysíláním a přijímáním datových paketů. Tuto vrstvu v TCP/IP nelze blíže specifikovat, jelikož je závislá od použité přenosové technologie. Vzhledem k častému připojování uzlů k lokální síti Ethernet, se můžeme setkat s označením této vrstvy jako Ethernetová vrstva. [7]

2.4.2 Sít'ová vrstva

Základem této vrstvy je IP protokol. K datovému segmentu přijatého od transportní vrstvy připojí vlastní hlavičku. Obsahem hlavičky je především IP adresa příjemce a odesílatele. IP protokol nabízí nespojovaný (nevytváří relaci) a nespolehlivý (předání paketů není kontrolováno) přenos. Úkolem sít'ové vrstvy je adresace a doručení jednotlivých paketů k příjemci [3].

2.4.3 Transportní vrstva

Tato vrstva je tvořena protokoly TCP a UDP. Od aplikační vrstvy přijme data, které si rozdělí na segmenty. Tyto segmenty očísluje a seřadí. V případě TCP protokolu naváže relaci s transportní vrstvou protějšího počítače a začne s vysíláním a potvrzováním jednotlivých datových segmentů. V případě UDP protokolu je přenos jednodušší, ale méně spolehlivý. Nedochází k vytvoření relace ani kontrolování přijetí datagramů [3].

2.4.4 Aplikační vrstva

Tvoří ji množina spolupracujících protokolů pro jednotlivé aplikační programy. Mezi nejznámější aplikační protokoly patří: FTP (File Transfer Protocol), Server DNS (Domain Name System), WWW, SMTP, POP3 a mnohé další [3].

2.5 Ethernet

Jedná se o nejrozšířenější standard pro síť LAN, který vzniká již od roku 1976. V dnešní době existuje několik jeho variant. Řeší vrstvu síťového rozhraní – fyzickou a linkovou vrstvu v modelu ISO/OSI. Mezi základní znaky Ethernetu patří kolizní přístupová metoda CSMA/CD, možnost použití různých topologií a kabelů, velké množství aktivních prvků apod. V Ethernetové síti je nutné dodržovat topologická pravidla (mezi hlavní patří délka segmentu a celé sítě) [3].

Verze Ethernetu podle rychlosti:

Ethernet – 10 Mb/s

Fast Ethernet – 100 Mb/s

Gigabitový Ethernet – 1 Gb/s

Desetigigabitový Ethernet – 10 Gb/s (využívaná nejen u LAN, ale také u WAN a MAN)[3]

2.6 Wi-Fi

Jedná se o technologii využívající sady protokolů pro bezdrátový přenos. Přenosovým médiem v neohrazeném přenosovém prostředí (v prostoru) jsou elektromagnetické vlny. Wi-Fi zajišťuje připojení přenosných zařízení např. tabletu, mobilních telefonů, notebooků apod. do sítě. Síť je možné provozovat na frekvencích 2,4 GHz nebo 5 GHz. Na frekvenci 2,4 GHz můžeme síť provozovat bez omezení, v 5 GHz pásmu tuto frekvenci regulují pravidla Českého telekomunikačního úřadu [3].

Wi-Fi podléhá standardům komise IEEE 802.11.

Tabulka 1: Standardy IEEE 802.11 [Upraveno dle 8]

Standard	Pásmo (GHz)	Maximální přenosová rychlost
802.11	2,4	2 Mb/s
802.11b	2,4	11 Mb/s
802.11a	5	54 Mb/s
802.11g	2,4	54 Mb/s
802.11n	2,4 nebo 5	600 Mb/s
802.11ad	60	6,76 Gb/s
802.11ac	5	6,93 Gb/s

2.7 Kabelážní systém

Jedná se o sadu pravidel pro vytvoření pasivní vrstvy počítačové sítě. Pravidla zpřesňují podmínky dané platnou legislativou, pokyny výrobců použitých prvků kabeláže a doporučení mezinárodních organizací (IEEE, RFC, apod.). Není možné, aby odporovala platným normám [5].

2.7.1 Normy

Při realizaci počítačové sítě je třeba dbát na aktuální platné normy. Tyto normy definují specifikace pro instalaci kabelu, délku kabelu v segmentu, prvky pro topologii, konektory kabelů, charakteristiky kabelů a definují výkon pro každý typ kabelu. Dále technika informují o správné instalaci kabelů pro zajištění maximálních přenosových vlastností [6].

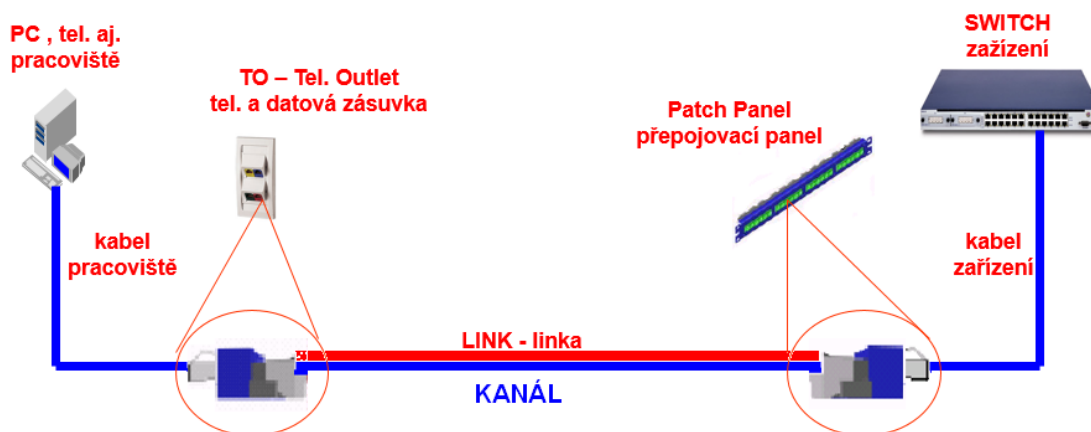
Tabulka 2: Normy pro komunikační infrastrukturu [Upraveno dle 1]

Norma	Popis normy
ČSN EN 50173-1	univ. kabelážní systémy - všeobecné požadavky
ČSN EN 50173-2	univ. kabelážní systémy - kancelářské prostory
ČSN EN 50174-1	instalace kabelových rozvodů - specifikace a zabezpečení kvality
ČSN EN 50174-2	instalace kabelových rozvodů - plánování a postupy instalace v budovách
ČSN EN 50174-3	instalace kabelových rozvodů - projektová příprava a výstavba vně budov
EN 50167	horizontální sekce - rámcové specifikace pro kabely se společným stíněním
EN 50168	pracovní sekce - rámcové specifikace pro kabely se společným stíněním
EN 50169	páteřní sekce - rámcové specifikace pro kabely se společným stíněním
ČSN EN 50346	zkoušení kabelových rozvodů
EN 55022	EMC - limity vyzařování
EN 55024	EMC - odolnost proti rušení

2.7.2 Základní pojmy

Linka – představuje přenosovou cestu mezi dvěma rozhraními kabeláže. Například v horizontální sekci se může jednat o zásuvku patch panelu a zásuvku na pracovišti, v pracovní sekci o připojovací kabely zařízení a pracoviště [5].

Kanál – představuje přenosovou cestu mezi pracovištěm a zařízením nebo mezi více zařízeními. Například se může jednat o cestu mezi počítačem a switchem. Součástí kanálu je linka i připojovací kabely zařízení a pracoviště [5].



Obrázek 6: Porovnání linka vs. kanál [Upraveno dle 5]

Kategorie – pomocí kategorií jsou klasifikovány materiály pro linku a kanál. Jsou číslovány 1-7. Rozhodujícím údajem pro klasifikaci metalických kanálů jsou MHz a u optických kanálů se jedná o měrný útlum [5].

Třída – klasifikuje kanály jako celky. Třídy jsou označovány A-F. Kritéria pro klasifikaci platí stejná jako u kategorie. Třída není ovlivněna pouze materiálem, ale i technikou instalace a technologií spojení prvků [5].

Tabulka 3: Třídy kabeláže a odpovídající kategorie [5]

Třída	Kategorie	Frekvenční rozsah	Obvyklé použití
A	1	< 100 kHz	analogový telefon
B	2	< 1 MHz	ISDN
C	3	< 16 MHz	Ethernet – 10 Mbit/s
-	4	< 20 MHz	Token-Ring
D	5	< 100 MHz	FE, ATM155, GE
E	6	< 250 MHz	ATM1200
F	7	< 600 MHz	10GE

Telekomunikační místnost TC – do této místnosti se umísťují rozvaděče a kabeláže. Musí splňovat určité požadavky [5]:

- Dostatečný prostor
- Dostatečně dimenzované AC napájení
- Zajištění ochrany proti výpadku AC napájení a přepětí
- Dobrá ventilace/vytápění
- Antistatická podlaha a odpovídající uzemnění
- Protipožární zabezpečení a odolnost proti vnějším vlivům

Zařízení sítě se umísťují do ER neboli místnosti pro zařízení.

Pracovní oblast WA – jedná se o oblast, místo nebo místnost, v níž zásuvka TO tvoří rozhraní mezi konkrétním zařízením uživatele a vlastní kabeláží. Je třeba dodržet určité požadavky [5]:

- Dostatečný počet zásuvek, jejich umístění a rozmístění
- Dostatek prostoru pro připojení zařízení
- Dostatečně dimenzované AC napájení, zajištění ochrany proti výpadkům AC napájení a proti přepětí

Rozvaděč – je to zařízení skříňového nebo rámového typu. Uvnitř jsou umístěny propojovací panely se zásuvkami zakončujícími kabely a aktivní prvky. Opět je třeba dodržet určité požadavky, jako například dostatečná velikost (záleží na počtu aktivních prvků, patch-panelů, atd.), uzemnění a další. Rozvaděče můžeme dělit podle umístění v kabelážním systému [5]:

- MC – Hlavní rozvaděč
- IC – Mezilehlý rozvaděč
- HC – Horizontální rozvaděč

2.7.3 Sekce kabeláže

Páteřní sekce – slouží k propojení hlavního rozvaděče v budově (MC) s telekomunikačními místnostmi horizontální komunikace (HC) a s místnostmi, v nichž se nachází aktivní zařízení sítě (ER). Tvoří se zde hvězdicová topologie, kde střed je MC. Mezi MC a HC může být vložen jeden mezilehlý rozvaděč (IC). Využívá se zde optického vedení do maximální délky 3 km [5, 9].

Horizontální sekce – propojuje horizontální rozvaděč (HC) s uživatelskými zásuvkami (TC). Vzniká zde hvězdicová topologie se středem v HC a maximální délkou linky 90 m. Je možné použití jak metalického (čtyřpárový kabel) tak i optického vedení [5, 9].

Pracovní sekce – propojuje zásuvky koncových uzlů sítě, nebo zásuvky v rozvaděčích s aktivními prvky sítě. Maximální délka vedení je 10 m, v datovém rozvaděči 6 m. Opět je možné použití metalického (typu lanko) i optického vedení. Oproti předchozím sekcím v kabelu může dojít ke křížení a jsou zakončeny v konektoru [5, 9].

2.7.4 Spojovací prvky

Patch panely – slouží k zakončení linek v rozvaděčích. Může mít integrované nebo modulární (komunikační moduly jsou zde pouze uchyceny) porty. Existují verze v různých velikostech (např. pro rámy 10“, 19“) a s různým počtem portů (16, 24, 48...) [2].

Datové zásuvky – jsou instalovány v pracovních místnostech. Bývají v nich zakončeny kabely typu drát v integrovaném nebo modulárním komunikačním modulu [2].

Konektory – pro síť je považován za standard modulární osmipinový konektor RJ-45. Konektory se dělí na jack (samec) a plug (samice). Jack bývá obvykle instalován na kabely typu lanko a plug na kabely typu drát. U obou typů konektorů se spojení kontaktů

zajišťuje pomocí zářezových nožů. Jack se na rozpletené a zarovnané konce kabelu krimpuluje pomocí krimplovacích kleští. V případě plug se provádí instalace rozpletením a zarovnáním konce kabelu. Dále se nacvakne konektor se samozářezem ve víčku (pomocí kterého dojde k proříznutí izolace) nebo se použije narážecího nástroje [2].

2.7.5 Prvky organizace

Rozvaděč – může být otevřený komunikační rám nebo uzavřená skříň, do které se instalují patch panely, aktivní prvky a jiné. Rozvaděč existuje v různých rozměrech. Mezi nejobvyklejší šířku instalovaných prvků patří 19“. Základ tvoří dva nosníky, ve kterých se nachází ve svislých řadách otvory pro montáž zařízení. Každá trojice otvorů značí jednotku U. V rozvaděči je možné zajistit větrání, rozvody AC napájení, osvětlení, poličky a další [5].



Obrázek 7: Rozvaděč [10]

Organizátory kabeláže – pro zajištění a organizaci kabeláže uvnitř rozvaděče se užívají organizátory. Mohou být horizontální i vertikální [2].

2.7.6 Prvky identifikace

Zajišťují přehlednost a umožňují rozeznání jednotlivých portů. Na základě normy EIA/TIA 606 musí být značeny jedinečným a viditelným identifikátorem [2, 5]:

- Veškeré kabely na obou koncích
- Kabelové svazky v místech křížení, větvení nebo na koncích
- Jednotlivé porty patch panelů, zásuvek a aktivních prvků
- Patch panely, zásuvky, aktivní prvky
- Rozvaděče a technické místnosti

Identifikace portů, zásuvek, kabelů apod. se provádí pomocí štítků, kroužků, popisem na kabelech atd. K identifikaci může sloužit např. číslo místnosti, pořadí v síti atd. Bývá pravidlem, že číslo portu na zásuvce a číslo portu v patch panelu bývá stejné. Pro usnadnění orientace v kabelech mohou posloužit i barvy podle norem EIA/TIA-569-A a EIA/TIA-569-B [2].

2.7.7 Prvky vedení

Umožňují vedení kabelů a kabelových svazků. Zároveň jim zajišťují ochranu. Může se jednat například o [1, 5]:

- lišty – tyto lišty mohou být vhodné pro uschování nataženého kabelu k zařízením, která se nachází ve větší vzdálenosti od datové zásuvky. Existují i rohové lišty, které nemusí narušit vzhled v místnosti.
- Kabelové žlaby – umožňují vedení kabelů v podhledu. Bývají zpravidla připevněny pomocí úchytů ke stropu.
- Parapetní žlaby – vhodné řešení vedení kabelů v prostorech, kde není vyžadováno umístění kabelu do zdi. Přímo do žlabu je možné instalovat i datové zásuvky.
- Ohebné ochranné trubky (tzv. husí krk) – využívají se pro ochranu kabelů při průchodu příčkami nebo při instalaci kabelů přímo do zdi.
- Tuhé ochranné trubky – zajišťují ochranu pro kabely vedené v podhledu. Bývají ke stropu připevněny pomocí speciálních příchytů.
- Dále se při vedení kabelů můžeme setkat s páskami na svazování kabelů, zemními trubkami a dalšími prvky vedení.



Obrázek 8: Rošt do podhledu [5]

2.8 Přenosové prostředí

Jedná se o takové prostředí, v němž se šíří signál pomocí přenosového média. Dělí se na kabelové, které je ohraničené, a na bezdrátové, které není ohraničené. Kabelové se dále dělí na metalické a optické [3].

2.8.1 Metalické kabely

Koaxiální kabely – skládají se ze dvou vodičů v pouzdře. Oproti jiným kabelům v koaxiálním kabelu obklopuje jeden vodič druhý. První vodič, který se nachází ve středu kabelu, je tvořen měděným jádrem a přenáší elektrické signály. Kolem jádra se nachází dielektrická pěnová izolace, která odděluje jádro před druhým vodičem. Ten je tvořen měděnými vlákny. Oba vodiče jsou uvnitř vnějšího izolačního pouzdra, které bývá vyrobeno z PVC nebo teflonu [6].

Párové kabely – oproti koaxiálním kabelům se jedná o mnohostranné a škálovatelné řešení. Umožňuje jednodušší instalaci i správu. Skládá se z osmi samostatně zapouzdrěných vodičů, které jsou propleteny do čtyř párů. Tyto páry jsou barevně odlišeny a jsou krouceny v různých úrovních, z důvodu minimalizace vzájemného rušení a vnějším vlivům. Počet kroucení se udává na 30 cm. Všechny páry jsou dále obklopeny pouzdem z PVC nebo teflonu [6].

Základní členění kroucených párů:

- **UTP** (Unshielded twisted pair) – nestíněný párový kabel. Jednotlivé páry jsou vloženy do vnější izolace. Nejčastěji zakončovány pomocí konektoru RJ45 [3].



Obrázek 9: UTP [5]

- **STP** (Shielded twisted pair) – stíněný párový kabel. Oproti nestíněnému kabelu se liší opletením (stíněním), které zvyšuje ochranu vůči vnějšímu rušení. Maximálně 86% stínění [5].



Obrázek 10: STP [5]

- **FTP** (Foil twisted pair) – folií stíněný párový kabel. 100% stínění [5].



Obrázek 11: FTP [5]

- **ISTP** (Individually shield twisted pair) – párový kabel se samostatně stíněnými páry. Obvykle bývají páry stíněné fólií a kabel opletením [5].



Obrázek 12: ISTP [5]

Výhody stíněných kabelů – snížení vyzařování kabelu a rušení z okolí [5].

Nevýhody stíněných kabelů – vyšší ceny komponent, instalace a údržby. Většina aktivních prvků a rozhraní koncových uzlů bývají navrženy pro nestíněný párový kabel [5].

2.8.2 Optické kabely

Přenos v optických kabelech neprobíhá jako v metalických kabelech pomocí elektrických signálů, ale prostřednictvím světelných impulsů ve světlovodivých vláknech.

Základním prvkem kabelu je optické vlákno. Toto vlákno je složeno ze skelných vodičů (jader), které jsou obklopeny skleněnou odrazivou vrstvou s rozdílným indexem lomu. Na vlákne se nachází primární ochrana (lak proti vlhkosti). Vlákna jsou v kabelu vložena do vrstvy sekundární ochrany zamezující mikroohybům kabelu. Tato ochrana může být těsná nebo volná. Kolem sekundární ochrany je konstrukční vrstva, která zajišťuje pevnost kabelu. Vše je uloženo ve vnějším obalu [2, 3, 5].

Podle vedení paprsku se rozlišují dva typy optických vláken [2, 3]:

- **Mnohovidové** – Má horší optické vlastnosti (proměnlivý index lomu). Z důvodu použití na kratší vzdálenosti se toto omezení při přenosu signálu neprojevuje. Během přenosu je paprsek z LED diody rozložen na více světelných částí tzv. vidů. Na konci kabelu dochází vidy s časovým odstupem, což způsobuje zkreslení.
- **Jednovidové** – Má lepší optické vlastnosti a tím vyšší přenosovou kapacitu. Umožňuje přenos signálu na delší vzdálenosti. Zdrojem světla je laser. Nedochází zde ke zkreslení, jelikož vláknem prochází jeden paprsek (vid) o jedné vlnové délce. Tím

je zajištěno, že nedochází k vidové ani chromatické disperzi. Nevýhodou je vyšší cena.

2.9 Aktivní prvky

Jedná se o síťový hardware, bez kterého by síť nemohla fungovat. Jelikož aktivní prvky řídí datový tok v síti, je třeba dbát na jejich správný výběr. [3].

2.9.1 Opakovač (repeater)

Nejjednodušší aktivní prvek pracující na fyzické vrstvě. Jediným jeho úkolem je zesílit jím procházející signál. Využívá se v místech, kde na druhé straně kabelu by signál nebyl dostatečně silný. Nejčastěji se s ním můžeme setkat v koaxiálních sítích [3].

2.9.2 Převodník

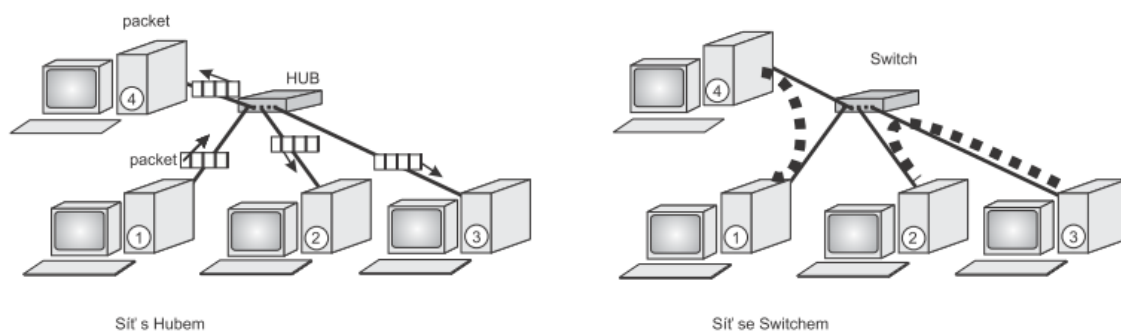
Zařízení na fyzické vrstvě velmi podobné opakovači. Nejenže signál zesiluje, ale navíc jej převádí z jednoho typu média na druhý (například kroucený pár na optiku) [3].

2.9.3 Rozbočovač

Opět zařízení na fyzické vrstvě velmi podobné opakovači. Přijatý signál zesílí a následně jej vyšle do všech portů. Jednalo se o nezbytný prvek v hvězdicové topologii. Dnes jej již nahradil switch [3].

2.9.4 Switch

Zařízení pracující na linkové vrstvě. Vytváří virtuální okruh mezi komunikujícími stanicemi. V situacích, kdy by se na místě switchu nacházel hub, při komunikaci jedné stanice k druhé, by byly vysílány signály ke všem stanicím v síti. V případě použití switchu zprávu získá pouze jediná cílová stanice. Tímto oddělováním komunikace dokáže switch eliminovat zahlcování sítě, které je typické pro přístupovou metodu CSMA-CD [3].



Obrázek 13: Porovnání hub vs. switch [3]

2.9.5 Most

Zařízení pracující na linkové vrstvě. Podobné jako switch. Dokáže oddělit od sebe určité části sítě. Jeho hlavním úkolem je oddělení sítě do síťových segmentů. Jedná se o inteligentní prvek zabývající se o přenášená data a plnící dvě funkce [3]:

- Filtraci paketů – paket propustí pouze pokud se v síti nachází cíl paketu
- Umožňuje propojení dvou sítí různých standardů

2.9.6 Směrovač

Zařízení pracující na síťové vrstvě. Shromažďuje informace o připojených sítích a následně vybírá pro posílaný paket nejlepší cestu. Typické použití je pro připojování sítí k internetu [3].

3. Návrh řešení

V poslední části bakalářské práce popisují návrh nové počítačové sítě se zohledněním patřičných norem, standardů a různých specifických hygienických požadavků.

3.1 Technologie

Na základě požadavků od investora na rychlou a spolehlivou síť i do budoucna navrhuji použití GigabitEthernet technologie v kabelové síti a IEEE 802.11n ve Wi-Fi síti.

Této technologii bude potřeba způsobit výběr vhodné kabeláže a aktivních prvků. Třidu kabeláže navrhuji D, která odpovídá použití kabelů kategorie 5.

Jelikož není předpokládáno žádné elektromagnetické rušení, navrhuji použít nestíněný kabel.

3.2 Přípojná místa

Umístění a počet přípojných míst byl ovlivněn analýzou a také požadavky investora. Na každého zaměstnance připadají tři přípojná místa v jedné datové zásuvce. Pro každou místnost je potřeba také zvážit možnost rozšíření počtu přípojných míst oproti požadavkům investora pro případ přijetí dalších zaměstnanců v budoucnu. Množství těchto přípojných míst je zohledněno podle hygienické normy prostoru pracoviště pro zaměstnance.

V místnostech, kde investor nepožaduje přípojná místa nebo požaduje pouze jedno, navrhuji použití 6 přípojných míst, aby byla v případě potřeby zajištěna možnost zapojení zařízení do sítě v budoucnu.

Celkově bude instalováno 135 přípojných míst. Z toho bude obsazeno 24. Rezervu bude tvořit 111 přípojných míst.

Tabulka 4: Počet přípojných míst [Vlastní zpracování]

Místnost	Počet portů	Obsazených portů	Rezerva	Připojená zařízení
Chodba	6	1	5	1 PC
Zasedací míst.	9	1	8	Wi-Fi AP
Vizualizace	15	4	11	4 PC
Programátoři	15	4	11	4 PC
Síťová tiskárna	9	2	7	Tiskárna, plotr
Projekce	21	5	16	5 PC
Obch. odd.	18	3	15	3 PC
Vedení	18	2	16	2 PC
Účetní	18	2	16	2 PC
Sklad	6	0	6	-

3.3 Kabelové trasy

Celá síť bude složena ze čtyř hlavních kabelových tras.

První trasa

Na této trase budou zapojeny veškeré PC po levé straně. Celá trasa bude vedena v parapetním žlabu. První dva přechody mezi místnostmi budou řešeny pomocí chráničky Kopoflex vel. 63. U zbývajících dvou přechodů již bude svazek kabelu tenčí a bude dostačovat menší ohebná ochrana kabelu. Od poslední zásuvky na trase bude v LV liště natažen UTP typu lanko přímo k PC.

Celkem na tuto trasu bude potřeba 322,5 m UTP kabelu, 0,2 m ohebné ochranné trubky, 0,2 m Kopoflex, 16,5 m parapetního žlabu a 4 m LV lišty.

Druhá trasa

Cílem této trasy budou datové zásuvky pro plotr a síťovou tiskárnu hned ve vedlejší místnosti od rozvaděče. Z rozvaděče bude svazek šesti kabelů vytažen do ohebné ochranné trubky přes zeď a poté natažen v parapetním žlabu.

Celkem na tuto trasu bude potřeba 25,5 m UTP kabelu, 0,1 m ohebné ochranné trubky a 5,8 m parapetního žlabu.

Třetí trasa

V této trase bude natažen pouze jeden kabel k AP. Z rozvaděče povede kabel stejně jako ve čtvrté trase do podhledu, kde bude uložen v kabelovém žlabu směřujícím k místnosti projekce. Na úrovni chodby bude kabel ze žlabu vytažen do tuhé trubky, která bude uchycena pomocí příchytěk ke stropu. Trasa bude natažena do úrovně prostoru mezi rohem a dveřmi zasedací místnosti, kde bude zakončena v zásuvce.

Celkem na tuto trasu bude potřeba 66 m UTP kabelu, 0,1 m ohebné ochranné trubky a 15 m tuhé ochranné trubky s 30 úchytkami umístěnými po 1,5 m. Kabelový žlab je započten ve čtvrté trase.

Čtvrtá trasa

Poslední trasa bude vytažena z rozvaděče jako třetí trasa. V kabelovém žlabu povede až k vnější stěně pravé strany firmy. Z důvodu velkého svazku budou přechody mezi příčkami a stažení kabelu od podhledu k parapetnímu žlabu provedeno pomocí tří Kopoflex vel. 63. Kromě přechodů mezi zdmi již bude trasa tažena pouze v parapetním žlabu. Přechod zdmi bude opět řešen pomocí Kopoflex až po místnost účetní, odtud do skladu již bude dostačovat pouze tenčí ohebná ochranná trubka. Na této trase bude od tří datových zásuvek veden UTP kabel typu lanko v LV liště po úroveň PC.

Celkem na tuto trasu bude potřeba 2013 m UTP kabelu, 14,5 m kabelového žlabu, 6,9 m Kopoflex vel. 63, 0,1 m ohebné ochranné trubky, 24,3 m parapetního žlabu a 12,4 m LV lišty.

3.4 Kabely

Horizontální sekce - Při výběru kabelů bylo přihlíženo k zohlednění nákladů, nízké riziko vzniku elektromagnetického rušení a zajištění dostatečné rychlosti i do budoucnosti s GigabitEthernet technologií. Proto byl pro instalaci zvolen nestíněný metalický kroucený pár třídy D a kategorie 5. Zároveň bylo zohledněno riziko vzniku požáru v objektu, a proto byl výběr kabelů soustředěn na LS0H.

Výše vypsáním požadavkům odpovídá kabel od ověřeného výrobce Belden s konkrétním označením 1583ENH.

Tento kabel splňuje potřebné normy pro instalaci EN 50173-1 a ISO/IEC 11801.

Pracovní sekce - Pro spojení zařízení a datové zásuvky navrhuji použití připraveného kabelu UTP typu lanko zakončeného jacky RJ-45 od výrobce Datacom kategorie 5 v délkách od 0,5 m do 7 m dle potřeby.

3.5 Moduly

V horizontální sekci bude na obou koncích UTP kabelu typu drát osazen modul mini-com UTP kategorie 5 od firmy Panduit, konkrétně typ CJ5E88TGWH.



Obrázek 14: Panduit CJ5E88TGWH [11]

3.6 Datové zásuvky

Veškeré datové zásuvky budou instalovány do parapetního žlabu, kromě jediné pro zapojení AP, která bude umístěna na stěně v podhledu. Nejvhodnějším typem pro dané potřeby budou jedny z nejrozšířenějších zásuvek ABB Tango. Celkově bude potřeba 45 kusů. Každá zásuvka bude obsahovat tři mini-com moduly Panduit. Řešení s vlastními mini-com umožňuje použití pouze samotných krytů.

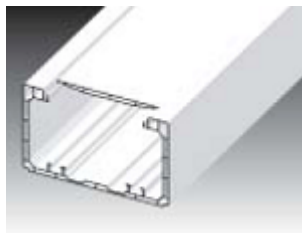


Obrázek 15: ABB Tango [upraveno dle 16]

3.7 Prvky vedení kabeláže

Jednou z podmínek investora bylo zajistit co nejčistší instalaci kabeláže. Nepřeje si, aby byly kabely někde volně uloženy. Pro hůře dostupné napojení PC z datové zásuvky ve žlabu bude použita Kopos LV lišta v rozměru 11x10 mm umístěná v rohu mezi podlahou a zdí.

Parapetní žlaby – Velká část kabelů bude uložena v parapetních žlabech, které budou instalovány ve všech místnostech s datovými zásuvkami. Investor neklade důraz na design parapetního žlabu. Navrhuji parapetní žlab od firmy Kopos s rozměry 110x70 mm, který díky svým rozměrům umožní instalaci dalších kabelů v případě budoucího rozšíření sítě. Tohoto výrobce jsem také vybral z důvodu jeho nabídky několika dalších možných dílů pro zajištění hladkých přechodů mezi žlaby.



Obrázek 16: Parapetní žlab 110x70 [12]

Kabelové žlaby – Část kabelů vedených v podhledu musí být uložena v kabelových žlabech. Pro potřeby tohoto projektu jsem vybral stejného výrobce jako u parapetního žlabu, a to Kopos. Rozměry budou dostačovat 60x100 mm v provedení Jupiter.



Obrázek 17: Kabelový žlab [13]

Vedení ve zdi – Přejít mezi příčkami nebo stažení kabelu z podhledu do parapetního žlabu bude řešen pomocí ochrany kabelu tzv. husí krk. Podle šířky svazku kabelů bude použita buď tenčí ohebná ochranná trubka o rozměru 28,4x34,5 mm vyrobená z materiálu PE s odolností od -25°C do 90°C a nebo silnější a odolnější chránička Kopoflex v rozměru 52x63 mm z materiálu HDPE. Obě chráničky jsou od výrobce Kopos.



Obrázek 18: Husí krk [14]

3.8 Rozvaděč

Rozvaděč bude umístěn v místnosti k tomuto účelu určené, a to mezi programátory a síťovými tiskárnami. O chlazení vzduchu v místnosti se bude starat vzduchotechnická jednotka s integrovanými hepa filtry pro zachycení proudícího prachu a tím zajistí minimální prašnost uvnitř místnosti. Umístění rozvaděče uvnitř místnosti bude u vnější stěny.

Jelikož je v místnosti dostatek prostoru a nebude se zde nacházet nic jiného, je možné zvolit větší dvoudílný stojan pro jednodušší instalaci prvků. Tím bude i zajištěno dostatečné proudění vzduchu mezi jednotlivými prvky, což bude minimalizovat jejich zahřívání. Při výběru rozvaděče je třeba vzít v potaz požadavek investora pro instalaci serveru a záložního zdroje z předchozího rozvaděče do nového.

S ohledy na velikost a na náklady projektu jsem vybral stojanový 19“ Triton rozvaděč s rozměry 1970x600x800 mm s možností instalace 42 zařízení o velikosti 1U.



Obrázek 19: Triton 19" 42U [17]

3.8.1 Vnitřní uspořádání

Uvnitř rozvaděče bude instalován patch panel, switch, vyvazovací panel, rozvodný panel, server, modem, záložní zdroj a police pro modem.

Patch panel – Pro lepší organizaci v rámci rozvaděče navrhuji použití tří 48 portových patch panelů, konkrétně od výrobce Panduit model CPPL48WBL Y s neosazenými moduly mini-com a velikostí 2U. Celkově tedy bude možná instalace 144 portů, kde 135 bude propojeno s datovými zásuvkami.



Obrázek 20: PANDUIT CPPL48WBL Y [18]

Organizéry – Pro zajištění kvalitnějšího a přehlednějšího vedení kabelů v rámci rozvaděče slouží horizontální a vertikální organizéry. Navrhuji použití čtyř horizontálních organizérů o výšce 2U, jednoho horizontálního organizéru o výšce 1U a jednoho vertikálního organizéru o výšce 42U.

Napájecí panel – Pro zajištění napájení prvků v rámci rozvaděče je potřeba osazení napájecím panelem. Zároveň bude sloužit i pro napájení osazeného serveru a aktivních

prvků. V tomto případě padla volba na ACAR o výšce 1,5U poskytující přepětovou ochranu a síťový filtr. Umožňuje zapojení 5 zařízení.



Obrázek 21: ACAR Napájecí panel [19]

Uspořádání v rozvaděči – Uvnitř rozvaděče navrhuji rozložení jako je na obrázku níže. Bude tím zajištěno dostatečné chlazení jednotlivých dílů a nebude hrozit jejich přehřívání.



Obrázek 22: Návrh vnitřního uspořádání rozvaděče [Vlastní zpracování]

3.9 Značení

Značení kabeláže, prvků sítě apod. je důležitou částí, kterou není možné vynechat. Značení usnadňuje orientaci v rámci kabeláže a jejího zapojení. Hlavní výhodou ocení technik při práci v rozvaděči, kde bez značení by byl ve svazcích kabelů ztracen.

Dle platných norem je třeba značit:

- Všechny kabely na obou koncích
- Datové zásuvky a jejich porty
- Patch panel a jeho porty

V rámci tohoto projektu navrhuji značení:

- Datové zásuvky budou označeny pomocí xxA/B/C, kde xx značí číselné pořadí datové zásuvky a A/B/C značí port na datové zásuvce
- Patch panely budou označeny pomocí PPx, kde PP značí Patch Panel a x je číslo patch panelu
- Porty v patch panelu budou značeny stejně jako datové zásuvky xxA/B/C.
- Kabely budou značeny kombinací čísla patch panelu a čísla portu y-xxA/B/C

Příklad značení: Kabel zapojený v prvním patch panelu a B portu desáté datové zásuvky bude mít označení – 1-10B.

3.10 Aktivní prvky

3.10.1 Switch

Nedílnou součástí celé sítě je switch. Jelikož je celá síť navrhovaná na 1000 Mbps, bylo potřeba zvolit switch s patřičnými parametry. Z důvodu použití pouze 24 portů z celkových 135 portů, navrhuji použití jednoho 48 portového switchu velikosti 1U. V případě potřeby dalších portů bude nutné další switch dokoupit. Tyto parametry splňuje Cisco SG200-50. Tuto firmu jsem vybral na základě jejich dlouholetých zkušeností v oboru počítačových sítí. Switch bude uvnitř racku osazen do pozice U12. Pozice U14 a U16 navrhuji ponechat jako rezervu pro další switch. Podporuje funkci PoE, což umožní napájení AP bez použití externího zdroje.



Obrázek 23: Cisco SG200-50 [20]

3.10.2 Wi-Fi Access Point

Wi-Fi AP, neboli přístupový bod, bude sloužit pro připojení přenosných zařízení k síti v zasedací místnosti. Pro tyto potřeby jsem vybral AP od firmy Cisco, konkrétně model WAP321. Zařízení umožňuje přenos o rychlosti 300 Mbit/s, podporuje standard bezdrátových sítí IEEE 802.11n a dále nabízí možnost výběru frekvencí 2,4 GHz nebo 5 GHz. O šíření signálu se stará vnitřní 2dBi anténa. Samozřejmostí je podpora zabezpečení přístupu pomocí WEP / WPA2. Podpora 802.1X RADIUS autentizace brání přístupu neoprávněným osobám. Podporuje PoE napájení. AP bude instalován na stěně pod pohledem uvnitř zasedací místnost vedle datové zásuvky, aby byl snadno dostupný v případě potřeby restartu.



Obrázek 24: Cisco WAP321 [15]

3.11 Ekonomické zhodnocení projektu

Poslední částí každého projektu je ekonomické zhodnocení. V rozpočtu níže jsou započteny veškeré náklady pro realizaci projektu. Částka se může libovolně měnit v závislosti na změnách požadavku investora.

Výčíslená částka za práci je vypočtena součtem cen všech instalovaných pasivních prvků sítě vydělené dvěma, plus je k této částce připočten odhad za provedení zednicích

prací. U projekce je cena pouze orientační, jedná se o odhad. Částky za zboží byly zjištěny pomocí e-shopů alza.cz, lan-comp.cz apod. a dále také za použití cenového srovnávače heureka.cz.

Tabulka 5: Rozpočet projektu [Vlastní zpracování]

Rozpočet				
Položka	Typ	Počet ks	Kč za ks (bez DPH)	Celkem Kč (bez DPH)
Datový rozvaděč	Stojan Triton 19" 42U	1	5554	5554
Switch	Cisco SG200-50	1	11182	11182
Patch panel	PANDUIT CPPL48WBL Y	3	584	1752
Organizér	Vertikální org. 19" 1U	1	181	181
Organizér	Vertikální org. 19" 2U	4	235	940
Organizér	Triton horizontální org. 42U	1	668	668
Police v rozvaděči	Triton 1U 150mm	1	220	220
Rozvodný panel	ACAR 19"	1	673	673
WiFi AP	Cisco WAP321	1	3932	3932
UTP kabel (drát)	Belden 1583ENH (305 m)	9	1769	15921
Patch kabel	Datacom 0,5m cat.5	70	22	1540
Patch kabel	Datacom 1m cat.5	50	23	1150
Patch kabel	Datacom 2m cat.5	9	33	297
Patch kabel	Datacom 7m cat.5	3	79	237
Kryt datové zásuvky	ABB Tango	45	45	2025
Maska pro dat. zásuvky	ABB Tango maska 2 otv.	45	20	900
Mini-com	PANDUIT CJ5E88TGWH	270	118	31860
Parapetní žlab	Kopos PK 110X70 D HD (2 m)	24	204	4896
Ohebná ochranná trubka	Kopos 28,4x34,5 mm (1 m)	1	9,5	9,5
Chráníčka	Kopos Kopoflex vel.63 (1 m)	8	33	264
Kabelové žlaby	Kopos 60X100 (1 m)	15	93	1395
LV lišta	Kopos LV 11X10 HD (2 m)	9	9	81
Trubka v podhledu	Kopos 1520E HA (3 m)	5	7	35
Příchytka trubek v podhl.	Kopos 5320E FB	30	3,2	96
Štítky kabelů	Pásky s štítkem (100 ks)	4	95	380
Odhad práce				39037
Návrh projektu				8000
CELKEM Kč (bez DPH)				133226
CELKEM Kč (vč. DPH)				161203

4. Závěr

Cílem této práce bylo vytvoření návrhu nové plně funkční počítačové sítě pro firmu, která se stěhuje do nových prostor. Zároveň bylo třeba splnit veškeré požadavky investora a snažit se co nejvíce minimalizovat náklady. S přihlédnutím k vytvořenému návrhu považuji tento cíl za splněný. Navíc firma získá jistotu, že po provedení tohoto projektu nebude muset provádět zásah do sítě po mnoho dalších let.

Návrh je vytvořen s dostatečnou rezervou do budoucna. V případě, že by firmě přestal dostačovat počet portů aktivních prvků, může dokoupit pouze switch a nemusí řešit natahování nových kabelů.

Tento projekt může firmě sloužit jako podklad pro vybudování sítě, který předloží firmě, od které si síť nechá vybudovat. Zároveň jí umožní předběžný pohled na finanční stránku projektu.

Při výběru firmy pro realizaci doporučuji zaměřením se ve výběrovém řízení na kvalitu jejich práce, vyhledání recenzí z předchozích zakázek, zjištění solventnosti firmy a v neposlední řadě porovnat i cenové nabídky.

Veškeré činnosti byly řešeny pomocí platných norem a předpisů.

Seznam použitých zkratek

LAN	Local Area Network
MAN	Metropolitan Area Network
PAN	Personal Area Network
WAN	Wide Area Network
Wi-Fi	Wireless Fidelity
PC	Personal Computer
ISO	International Standards Organization
TCP/IP	Transmission Control Protocol/Internet Protocol
U	Unit
AP	Access Point
Mbps	Megabit per second

Seznam použitých zdrojů

- [1] JORDÁN, V. a V. ONDRÁK. Infrastruktura komunikačních systémů I. Univerzální kabelážní systémy. Brno: Akademické nakladatelství Cerm, 2013, 334 s. ISBN 978-80-214-4839-1.
- [2] TRULOVE, J. Sítě LAN: hardware, instalace a zapojení. 1. vyd. Praha: Grada, 2009, 384 s. ISBN 978-80-247-2098-2.
- [3] HORÁK, J. a M. KERŠLÁGER. Počítačové sítě pro začínající správce. 3. aktual. vyd. Praha: Computer Press, 212 s. ISBN 80-251-0892-9.
- [4] ODOM, W. Počítačové sítě bez předchozích znalostí. 1. vyd. Brno: CP Books, 383 s. ISBN 80-251-0538-5.
- [5] ONDRÁK, V. Počítačové sítě. Přednáška. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta podnikatelská: akademický rok 2012/2013.
- [6] BIGELOW, Stephen J. Mistrovství v počítačových sítích: správa, konfigurace, diagnostika a řešení problémů. 1. vyd. Brno: Computer Press, 2004 s. ISBN 80-251-0178-9.
- [7] eArchiv. Síťový model TCP/IP. [online]. © 2014 [cit. 2014-11-17]. Dostupné z: <http://www.earchiv.cz/a92/a231c110.php3>
- [8] ELECTRONICDESIGN. Understanding IEEE 802.11ac VHT Wireless. [online]. © 2014 [cit. 2014-12-13]. Dostupné z: <http://electronicdesign.com/communications/understanding-ieee-80211ac-vht-wireless>
- [9] ŠIMKOVÁ, M. Počítačové sítě. Materiály ke studiu. Hradec Králové: Univerzita Hradec Králové, Katedra pomocných věd historických a archivnictví: akademický rok 2013/2014.
- [10] Electronic-Star. Electronic-Star. [online]. © 2014 [cit. 2014-12-13]. Dostupné z: http://media.chaltec.com/images/XL/10005971_title_auna_rav-01_av_rack.jpg
- [11] Lancomat. Vše pro strukturované kabeláže a IP systémy. [online]. © 2015 [cit. 2015-4-5]. Dostupné z:

<http://www.lancomat.cz/ImageHandler.ashx?size=1&img=YWNkZGEyZWUyYzk2MTZiNi5qcGc=>

- [12] Shopelektro. E-shop s elektroinstalačním materiálem. [online]. © 2015 [cit. 2015-4-5]. Dostupné z: http://www.shopelektro.cz/var/shopelektro/storage/images/e-shop/ulozny-material/listy-a-kanaly/kanaly-parapetni/kopos-pk-110x70-d-hd-kanal-parapetni-duty-hd/1549088-5-cze-CZ/kopos-pk-110x70-d-hd-kanal-parapetni-duty-hd_detail_produk.jpg
- [13] ElektriKa.cz. Portál o silnoproudé elektrotechnice, elektroinstalace, vyhlášky, schémata zapojení. [online]. © 2015 [cit. 2015-4-5]. Dostupné z: http://elektriKa.cz/obr/10_kop_oceneni_02v.jpg
- [14] Aunika. Autorádia, autohifi, repro do auta. [online]. © 2015 [cit. 2015-4-5]. Dostupné z: <http://www.aunika.com/download/img/produkty/3712-b2-437626.jpg>
- [15] CZC. Počítače a elektronika. [online]. © 2015 [cit. 2015-4-5]. Dostupné z: http://img2.czc.cz/7i2n26hfmih88avptospe4hcb_1/obrazek
- [16] Ceit. Komponenty pro telekomunikace a datové sítě. [online]. © 2015 [cit. 2015-4-5]. Dostupné z: <http://www.eshop.ceit.cz/images/product/586/11.jpg>
- [17] 100mega. Distribution s.r.o.. [online]. © 2015 [cit. 2015-4-5]. Dostupné z: <http://eshop.100mega.cz/img.asp?stiid=123019>
- [18] Lancomat. Vše pro strukturované kabeláže a IP kamery. [online]. © 2015 [cit. 2015-4-5]. Dostupné z: <http://www.lancomat.cz/ImageHandler.ashx?size=1&img=ZDEyOTdjMTU0ZWY3OWZmYy5qcGc=>
- [19] Alza. Největší obchod s počítači a elektronikou. [online]. © 2015 [cit. 2015-4-5]. Dostupné z: <https://i.alza.cz/ImgW.ashx?fd=f4&cd=MN091c&i=1.jpg>
- [20] CZC. Počítače a elektronika. [online]. © 2015 [cit. 2015-4-5]. Dostupné z: http://img2.czc.cz/83vpuv8uo0j5v961gnq1452lmg_1/obrazek
- [21] Alza. Největší obchod s počítači a elektronikou. [online]. © 2015 [cit. 2015-4-5]. Dostupné z: <http://www.alza.cz>

- [22] MVCR. Co je potřeba pro optimální pracovní prostředí. mvcr.cz [online]. © 2015 [cit. 2015-4-5]. Dostupné z: www.mvcr.cz/soubor/optimalni-pracovni-prostredi-pdf.aspx

Seznam obrázků

Obrázek 1: Sběrníková topologie.....	18
Obrázek 2: Hvězdíková topologie.....	19
Obrázek 3: Kruhová topologie.....	19
Obrázek 4: Model ISO/OSI	20
Obrázek 5: Porovnání vrstev ISO/OSI a TCP/IP	22
Obrázek 6: Porovnání linka vs. kanál	26
Obrázek 7: Rozvaděč	29
Obrázek 8: Rošt do podhledu.....	31
Obrázek 9: UTP	32
Obrázek 10: STP.....	32
Obrázek 11: FTP.....	32
Obrázek 12: ISTP.....	33
Obrázek 13: Porovnání hub vs. switch	35
Obrázek 14: Panduit CJ5E88TGWH.....	39
Obrázek 15: ABB Tango	39
Obrázek 16: Parapetní žlab 110x70	40
Obrázek 17: Kabelový žlab.....	40
Obrázek 18: Husí krk.....	41
Obrázek 19: Triton 19" 42U	42
Obrázek 20: PANDUIT CPPL48WBL Y	42
Obrázek 21: ACAR Napájecí panel.....	43
Obrázek 22: Návrh vnitřního uspořádání rozvaděče	43
Obrázek 23: Cisco SG200-50	45
Obrázek 24: Cisco WAP321	45

Seznam tabulek

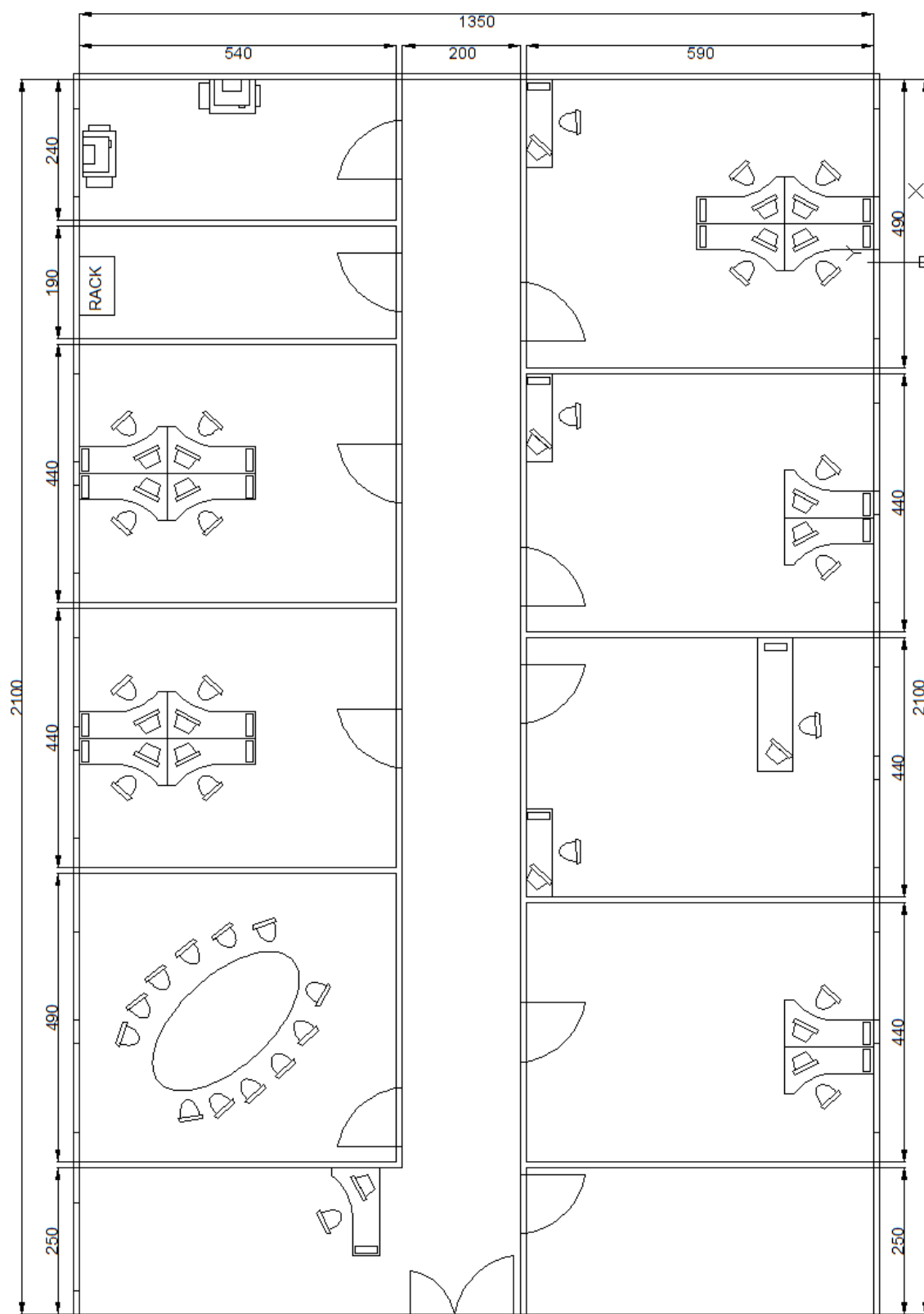
Tabulka 1: Standardy IEEE 802.11	24
Tabulka 2: Normy pro komunikační infrastrukturu.....	25
Tabulka 3: Třídy kabeláže a odpovídající kategorie.....	26
Tabulka 4: Počet přípojných míst	37
Tabulka 5: Rozpočet projektu.....	46

Seznam příloh

Příloha 1: Půdorysy nových prostor.....	I
Příloha 2: Kabelové trasy a umístění datových zásuvek.....	II
Příloha 3: Legenda k půdorysům	III
Příloha 4: Tabulka kabelů	IV
Příloha 5: Logické schéma.....	VIII

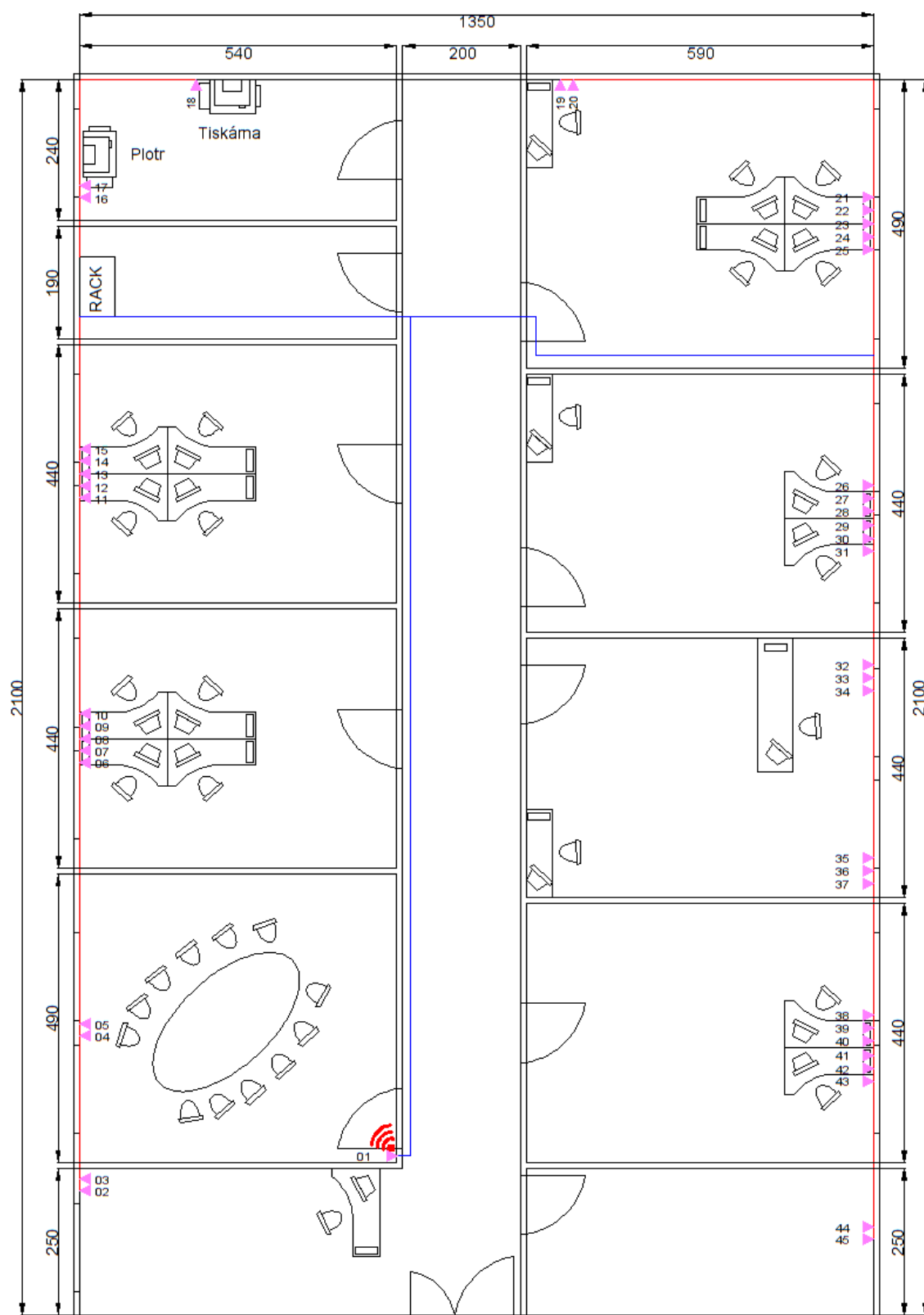
Příloha 1: Půdorysy nových prostor

(zdroj: vlastní zpracování)



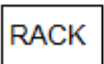
Příloha 2: Kabelové trasy a umístění datových zásuvek

(zdroj: vlastní zpracování)



Příloha 3: Legenda k půdorysům

(zdroj: vlastní zpracování)

	DATOVÁ ZÁSUVKA
	TRASA V KABELOVÉM ŽLABU
	TRASA V PARAPETNÍM ŽLABU
	Wi-Fi Access Point
	ROZVADEČ

Příloha 4: Tabulka kabelů

(zdroj: vlastní zpracování)

Trasa	Patch Panel	Zásuvka	Port	Kabel	Délka (m)
3	1	01	A	1-01A	22
3	1	01	B	1-01B	22
3	1	01	C	1-01C	22
1	1	02	A	1-02A	15
1	1	02	B	1-02B	15
1	1	02	C	1-02C	15
1	1	03	A	1-03A	15
1	1	03	B	1-03B	15
1	1	03	C	1-03C	15
1	1	04	A	1-04A	12,5
1	1	04	B	1-04B	12,5
1	1	04	C	1-04C	12,5
1	1	05	A	1-05A	12,5
1	1	05	B	1-05B	12,5
1	1	05	C	1-05C	12,5
1	1	06	A	1-06A	8
1	1	06	B	1-06B	8
1	1	06	C	1-06C	8
1	1	07	A	1-07A	8
1	1	07	B	1-07B	8
1	1	07	C	1-07C	8
1	1	08	A	1-08A	7,5
1	1	08	B	1-08B	7,5
1	1	08	C	1-08C	7,5
1	1	09	A	1-09A	7
1	1	09	B	1-09B	7
1	1	09	C	1-09C	7
1	1	10	A	1-10A	7
1	1	10	B	1-10B	7
1	1	10	C	1-10C	7
1	1	11	A	1-11A	3,5
1	1	11	B	1-11B	3,5
1	1	11	C	1-11C	3,5
1	1	12	A	1-12A	3,5
1	1	12	B	1-12B	3,5
1	1	12	C	1-12C	3,5
1	1	13	A	1-13A	3

1	1	13	B	1-13B	3
1	1	13	C	1-13C	3
1	1	14	A	1-14A	2,5
1	1	14	B	1-14B	2,5
1	1	14	C	1-14C	2,5
1	1	15	A	1-15A	2,5
1	1	15	B	1-15B	2,5
1	1	15	C	1-15C	2,5
2	1	16	A	1-16A	1,5
2	1	16	B	1-16B	1,5
2	1	16	C	1-16C	1,5
2	2	17	A	2-17A	1,5
2	2	17	B	2-17B	1,5
2	2	17	C	2-17C	1,5
2	2	18	A	2-18A	5,5
2	2	18	B	2-18B	5,5
2	2	18	C	2-18C	5,5
4	2	19	A	2-19A	27,5
4	2	19	B	2-19B	27,5
4	2	19	C	2-19C	27,5
4	2	20	A	2-20A	27,5
4	2	20	B	2-20B	27,5
4	2	20	C	2-20C	27,5
4	2	21	A	2-21A	20,5
4	2	21	B	2-21B	20,5
4	2	21	C	2-21C	20,5
4	2	22	A	2-22A	20,5
4	2	22	B	2-22B	20,5
4	2	22	C	2-22C	20,5
4	2	23	A	2-23A	20
4	2	23	B	2-23B	20
4	2	23	C	2-23C	20
4	2	24	A	2-24A	19,5
4	2	24	B	2-24B	19,5
4	2	24	C	2-24C	19,5
4	2	25	A	2-25A	19,5
4	2	25	B	2-25B	19,5
4	2	25	C	2-25C	19,5
4	2	26	A	2-26A	20
4	2	26	B	2-26B	20
4	2	26	C	2-26C	20
4	2	27	A	2-27A	20
4	2	27	B	2-27B	20

4	2	27	C	2-27C	20
4	2	28	A	2-28A	20,5
4	2	28	B	2-28B	20,5
4	2	28	C	2-28C	20,5
4	2	29	A	2-29A	20,5
4	2	29	B	2-29B	20,5
4	2	29	C	2-29C	20,5
4	2	30	A	2-30A	21
4	2	30	B	2-30B	21
4	2	30	C	2-30C	21
4	2	31	A	2-31A	21
4	2	31	B	2-31B	21
4	2	31	C	2-31C	21
4	2	32	A	2-32A	23,5
4	2	32	B	2-32B	23,5
4	2	32	C	2-32C	23,5
4	3	33	A	3-33A	23,5
4	3	33	B	3-33B	23,5
4	3	33	C	3-33C	23,5
4	3	34	A	3-34A	23,5
4	3	34	B	3-34B	23,5
4	3	34	C	3-34C	23,5
4	3	35	A	3-35A	26,5
4	3	35	B	3-35B	26,5
4	3	35	C	3-35C	26,5
4	3	36	A	3-36A	26,5
4	3	36	B	3-36B	26,5
4	3	36	C	3-36C	26,5
4	3	37	A	3-37A	26,5
4	3	37	B	3-37B	26,5
4	3	37	C	3-37C	26,5
4	3	38	A	3-38A	29
4	3	38	B	3-38B	29
4	3	38	C	3-38C	29
4	3	39	A	3-39A	29
4	3	39	B	3-39B	29
4	3	39	C	3-39C	29
4	3	40	A	3-40A	29,5
4	3	40	B	3-40B	29,5
4	3	40	C	3-40C	29,5
4	3	41	A	3-41A	29,5
4	3	41	B	3-41B	29,5
4	3	41	C	3-41C	29,5

4	3	42	A	3-42A	30
4	3	42	B	3-42B	30
4	3	42	C	3-42C	30
4	3	43	A	3-43A	30
4	3	43	B	3-43B	30
4	3	43	C	3-43C	30
4	3	44	A	3-44A	33
4	3	44	B	3-44B	33
4	3	44	C	3-44C	33
4	3	45	A	3-45A	33
4	3	45	B	3-45B	33
4	3	45	C	3-45C	33

Příloha 5: Logické schéma

(zdroj: vlastní zpracování, [21])

