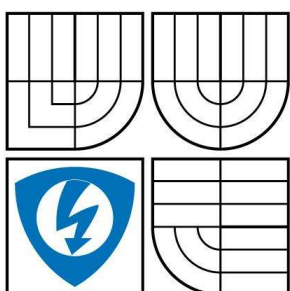


VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A KOMUNIKAČNÍCH
TECHNOLOGIÍ

ÚSTAV ELEKTROTECHNOLOGIE

FACULTY OF ELECTRICAL ENGINEERING AND COMMUNICATION
DEPARTMENT OF ELECTRICAL AND ELECTRONIC
TECHNOLOGY

KOMUNIKAČNÍ SÍŤ VE FIRMĚ

NET FOR COMMUNICATION IN A COMPANY

DIPLOMOVÁ PRÁCE

MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

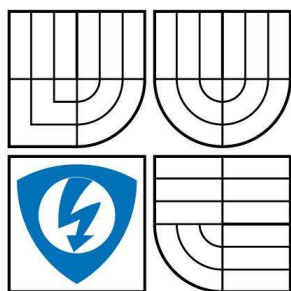
Bc. JAKUB SYCHRA

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. JIŘÍ ŠPINKA

BRNO 2008



VYSOKÉ UČENÍ
TECHNICKÉ V BRNĚ

Fakulta elektrotechniky
a komunikačních technologií

Ústav elektrotechnologie

Diplomová práce

magisterský navazující studijní obor
Elektrotechnická výroba a management

Student: Sychra Jakub Bc.

ID: 47466

Ročník: 2

Akademický rok: 2007/2008

NÁZEV TÉMATU:

Komunikační síť ve firmě

POKYNY PRO VYPRACOVÁNÍ:

Seznamte se s dostupnými komunikačními technologiemi a jejich možným využitím ve firmách. Pro konkrétní případ navrhnete řešení a vypracujete ve variantách návrh jednoduché komunikační sítě s možností bezdrátové hlasové komunikace zaměstnanců. Vyberte optimální technické řešení a vyhodnoťte potřebné náklady.

DOPORUČENÁ LITERATURA:

Podle pokynů vedoucího práce

Termín zadání: 11.2.2008

Termín odevzdání: 30.5.2008

Vedoucí práce: Ing. Jiří Špínka

prof. Ing. Jiří Kazelle, CSc.

předseda oborové rady

UPOZORNĚNÍ:

Autor diplomové práce nesmí při vytváření diplomové 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 § 152 trestního zákona č. 140/1961 Sb.

LICENČNÍ SMLOUVA

POSKYTOVANÁ K VÝKONU PRÁVA UŽÍT ŠKOLNÍ DÍLO

uzavřená mezi smluvními stranami:

1. Pan/paní

Jméno a příjmení: Bc. Jakub Sychra
Bytem: Ulička 831/1, 62300, Brno - Kohoutovice
Narozen/a (datum a místo): 7.4.1983, Brno

(dále jen "autor")

a

2. Vysoké učení technické v Brně

Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií
se sídlem Údolní 244/53, 60200 Brno 2
jejímž jménem jedná na základě písemného pověření děkanem fakulty:
Ing. Zdenka Rozsivalová

(dále jen "nabyvatel")

Článek 1

Specifikace školního díla

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

- disertační práce
- diplomová práce
- bakalářská práce

jiná práce, jejíž druh je specifikován jako

(dále jen VŠKP nebo dílo)

Název VŠKP: Komunikační síť ve firmě
Vedoucí/školitel VŠKP: Ing. Jiří Špínka
Ústav: Ústav elektrotechnologie
Datum obhajoby VŠKP:

VŠKP odevzdal autor nabyvateli v:

- tištěné formě - počet exemplářů 1
- elektronické formě - počet exemplářů 1

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

Článek 2
Udělení licenčního oprávnění

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

Článek 3
Závěrečná ustanovení

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

V Brně dne:

.....

Nabyvatel

.....

Autor

Abstrakt:

Tato práce se zabývá dostupnými komunikačními technologiemi a jejich možným využitím ve firmách. Při návrhu komunikační sítě je třeba mít přehled o typech a trendech komunikačních technologií. Z této široké škály nabízených technologií je důležité vybrat právě tu kombinaci, která bude pro dané prostředí vyhovující svou spolehlivostí a výkonem, a zároveň cenově úměrná požadavkům na ni kladenou.

Abstract:

This work deals with accessible communications technologies and their possible usage in firms. It is necessary to have a survey about types and trends of communications technologies at proposal of communications network. It is important to choose the combination, that is suitable with its reliability, achievement and price.

Klíčová slova:

Komunikační síť, bezdrátová komunikace, přenosová rychlost, IP telefonie.

Keywords:

Communications network, wireless communication, transfer rate, voice over IP.

Bibliografická citace díla:

SYCHRA, J. *Komunikační síť ve firmě - diplomová práce*. Brno, 2008. 42 s. Vedoucí diplomové práce Ing. Jiří Špinka FEKT VUT v Brně

Prohlášení autora o původnosti díla:

Prohlašuji, že jsem tuto vysokoškolskou kvalifikační práci vypracoval samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce, s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou všechny citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury. Jako autor uvedené diplomové práce dále prohlašuji, že v souvislosti s vytvořením této diplomové 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 22. 5. 2008

.....

Poděkování:

Děkuji vedoucímu diplomové práce Ing. Jiřímu Špinkovi za metodické vedení a rady při zpracování mé diplomové práce.

OBSAH

OBSAH.....	7
1 ÚVOD.....	8
2 DATOVÉ SÍŤE	9
3 METALICKÉ SÍŤE.....	11
4 OPTICKÉ SÍŤE.....	12
5 BEZDRÁTOVÉ SÍŤE.....	14
5.1 Wi-fi	15
5.1.1 IEEE 802.11a.....	16
5.1.2 IEEE 802.11b	16
5.1.3 IEEE 802.11g	17
5.1.4 IEEE 802.11e.....	17
5.2 WiMAX.....	18
5.3 FSO – optika bez kabelů.....	19
6 IP TELEFONIE	20
7 VOICE OVER WI-FI	22
8 DECT.....	24
8.1 DECT.....	24
8.2 IP DECT	26
9 NÁVRH KONKRÉTNÍ KOMUNIKAČNÍ SÍŤE	27
9.1 Stávající stav a požadavky.....	27
9.2 Návrh LAN	28
9.2.1 páteřní spoje.....	28
9.2.2 páteřní switch.....	31
9.2.3 router.....	32
9.2.4 switch v budově B1	33
9.2.5 switch v budově B6	33
9.3 Hlasová komunikace.....	34
9.3.1 IP ústředna	34
9.3.2 bezdrátová hlasová komunikace.....	35
9.3.3 kompletní IP telefonie	37
10 FINANČNÍ KALKULACE.....	38
11 ZÁVĚR.....	41
SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ.....	42
SEZNAM ZKRATEK	42
SEZNAM PŘÍLOH	42

1 ÚVOD

Datovou komunikační síť nalezneme v dnešní době prakticky všude. Ať už se jedná o nějakou páteřní síť, lokální domácí či firemní síť, nebo o přenos řídicích dat na určité vzdálenosti. Datové sítě se čím dál víc začínají používat i pro přenos hlasu a videa v reálném čase. Charakteristická je také potřeba přenosu stále větších objemů dat stále vyšší rychlostí. Z toho vyplývá potřeba vyvíjet stále výkonnější přenosové systémy, se kterými je potřeba při realizaci sítě do budoucna počítat.

Datová komunikační síť je tvořena dvěma nedílnými součástmi – infrastrukturou a aktivními prvky, které využívají komunikační prostředí. Infrastrukturou (komunikačním prostředím) může být například strukturovaný kabelážní systém založený na metalickém nebo optickém vedení, bezdrátový komunikační systém apod. Kvalita a výkon dané infrastruktury přímo ovlivňuje výsledné vlastnosti a výkon datové sítě. Aby síť fungovala dostatečně spolehlivě při určitých požadavcích na provoz, je nutné zvolit její vhodnou infrastrukturu. Jiné požadavky jsou na pokrytí internetové kavárny a jiné na přenos řídicích dat, kde ztráta paketu či úplný krátký výpadek spojení můžou mít nedozírné následky.

Stále více se dnes využívá technologií umožňujících mobilní přenos hlasu ve větších areálech či budovách. Tímto způsobem lze pak ušetřit značné finanční náklady, protože mobilní komunikace „uvnitř“ takovéto lokální sítě je zdarma není třeba používat drahé mobilní GSM spojení. Pro lidi kteří se často pohybují po pracovním areálu využívání bezdrátových systému znamená zvýšenou efektivitu využití pracovního času a tedy i celkově větší produktivitu práce.

S požadovaným výkonem a spolehlivostí sítě samozřejmě souvisí i náklady na realizaci požadované datové sítě. Proto je třeba ze široké škály nabízených technologií vybrat tu, která bude pro dané prostředí vyhovující a cenově úměrná požadavkům na ni kladenou.

S prudkým nárůstem využívání internetových aplikací a technologií jsou kladeny stále větší nároky na zabezpečení přístupu do datových sítí a ochranu dat systémů před zneužitím nebo napadením. Dnešním trendem je integrace těchto různých bezpečnostních funkcí již do samotných základních prvků sítě, jako jsou routery, switche apod.

Vzhledem ke stávajícímu trendu integrace telefonní komunikace do datové komunikační infrastruktury je třeba zajistit potřebnou kvalitu služby (QoS) pro hlasový provoz, který je citlivý na zpoždění (videokonference, IP telefonie). Moderní datová síť může pracovat i s několika třídami provozu, přičemž každé z těchto tříd je schopna zajistit individuální potřebnou kvalitu služby.

Stručně řečeno, na individuální požadavky kladené na konkrétní komunikační síť je třeba ze široké škály možností najít individuální vhodné řešení.

Obecné požadavky na datové komunikační sítě

- Spolehlivost – bezproblémový průchod paketu celou sítí
- Efektivita – komunikační infrastruktura s atraktivním poměrem cena / výkon
- Správa a konfigurovatelnost – komplexní management systému
- Dostupnost – minimalizace doby nefunkčnosti a nákladů při prostojích
- Bezpečnost – ochrana dat

Nyní stručně uvedu základní typy infrastruktury datových sítí a jejich vlastnosti.

2 DATOVÉ SÍTĚ

Z hlediska rozsahu bývají sítě děleny na sítě lokální (LAN), metropolitní (MAN) a sítě rozsáhlé (WAN).

- LAN - Local Area Network, lokální síť. Spojují uzly v rámci jedné budovy nebo několika blízkých budov, vzdálenosti stovky metrů až km (při použití optiky). Nejčastěji je dnes používána technologie Ethernet. Lokální sítě propojují koncové uzly typu počítač, tiskárna, server. LAN jsou vždy v soukromé správě a působí na malém území. Připojená zařízení pracují v režimu bez navazování spojení, sdílí jeden přenosový prostředek (drát, radiové vlny), ke kterému je umožněn mnohonásobný přístup. Přenosové rychlosti LAN začínají na desítkách Mbit/s, nejnovější technologie umožňují přenos s rychlostí řádů Gbit.

- MAN - Metropolitan Area Network, Metropolitní síť. Propojují lokální sítě v městské zástavbě, slouží pro přenos dat, hlasu a obrazu. Spojuje vzdálenosti řádově jednotek až desítek km. Metropolitní síť umožňují rozšíření působnosti lokálních sítí jejich prodloužením, zvýšením počtu připojených stanic a zvýšením rychlosti. Rychlost MAN sítí bývá vysoká a svým charakterem se řadí k sítím LAN. Síť mohou být jak soukromé, tak veřejné, které provozovatel pronajímá různým uživatelům.
- WAN - Wide Area Network - rozsáhlé síť. Propojují LAN a MAN sítě po celé zemi nebo kontinentu, na libovolné vzdálenosti. Tyto rozsáhlé síť umožňují komunikaci na velké vzdálenosti. Bývají obvykle veřejné, ale existují i soukromé WAN sítě. Typicky pracují prostřednictvím komunikace se spojením, které nepoužívají sdílený přenosový prostředek. Přenosové rychlosti se velmi liší podle typu sítě. Začínají na desítkách Kbit, ale v denšní době dosahují rychlostí řádu Gbitů. Příkladem takové sítě je Internet.
- PAN (Personal Area Network, osobní síť), který popisuje velice malou počítačovou síť (např. Bluetooth, IrDA), kterou člověk používá pro propojení jeho osobních elektronických zařízení, jakými jsou např. mobilní telefon, PDA, notebook apod. Osobní počítačové sítě si nekladou za cíl co nejvyšší přenosovou rychlost (ta u PAN typicky nepřekračuje jednotky Mbit/s), jako spíše odolnost proti rušení, nízkou spotřebu energie nebo snadnou konfigurovatelnost. Jejich dosah je typicky pouze několik metrů.

Aktivní síťové prvky:

Klíčovou roli v počítačových sítích hrají aktivní prvky zajišťující vlastní datové přenosy. Jedná se o sortiment prvků ať pro metalické, optické či bezdrátové síť.

- Router (směrovač) - Směrovače zprostředkovávají propojení sítí, většinou LAN-WAN, LAN-LAN. Paket přicházející do uzlu sítě je ve směrovači uložen a následně vyslán do další sítě.
- Switch (přepínač) - jsou mosty s větším počtem portů, které proces propojování urychlují tím, že nečekají na příjem celého rámce, ale podle jeho vstupních údajů ho ještě v průběhu jeho příjmu propojují s příslušným výstupním portem.

- Rozbočovače (hub)
- Bridge (síťový most) - Most umožňuje propojení dvou lokálních sítí. na úrovni spojové vrstvy. Bridge umožňují propojení LAN stejných i rozdílných topologií.
- Měníče rozhraní (mediakonvertory)
- Bezpečnostní zábrany (firewall)
- Opakovače (repeater)
- Modulátory/demodulátory (modem)
- Vysílače/přijímače (transceiver)

Pasivní síťové prvky:

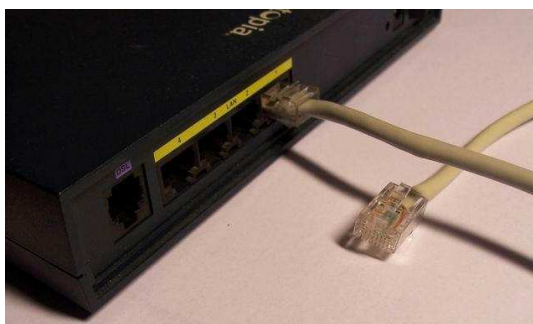
Jsou nedílnou součástí komunikačních sítí. Zajišťují vlastní fyzické propojení. Pro spolehlivost a bezpečnost systému musí být při návrhu a realizaci zohledněna specifika prostředí (stíněná kabeláž, kabely se samozhášivým pláštěm). Zmíněné kabelážní systémy jsou vhodné nejen pro přenos dat a hlasu, ale i videa.

3 METALICKÉ SÍTĚ

Metalické sítě jsou v současné době nejrozšířenějšími počítačovými sítěmi. Je to z důvodu jejich jednoduchosti a také nízké ceny.

Po mnoho let se na základě reálných zkušeností vyvíjely představy o ideálních síťových rozvodech pro síť LAN. Cílem bylo vyvinout takový systém, aby rozvody měly delší životnost, aby byly co nejkvalitnější, a aby byly co nejuniverzálnější. Výsledkem této představy je myšlenka strukturované kabeláže. Strukturovaná kabeláž je systém kabelů a zásuvek, které mají co nejjednodušeji zprostředkovat zapojení počítačů do sítě.

Nesmírnou výhodou strukturované kabeláže je výše uvedená životnost. Jistě si každý dokáže představit, jak je nepříjemná situace, kdy stávající kabeláž nepostačuje nárokům, a je nutné ji předělovat. V případě matické strukturované kabeláže stačí jen zapojit doposud nevyužitá dráty ve svazku popřípadě zaměnit jejich pořadí na konektoru. Příklad zapojení metalického UTP kabelu pomocí konektoru RJ-45 je vidět na obrázku 3.1.



Obr. 3.1: Ukázka zapojení metalické strukturované kabeláže

Výhody metalických sítí:

- Vysoké rychlosti (až 10 Gbps, běžně 100 Mbps)
- Velmi nízká cena
- Dobrá mechanická odolnost
- Nízká cena zařízení
- Jednoduchost instalace

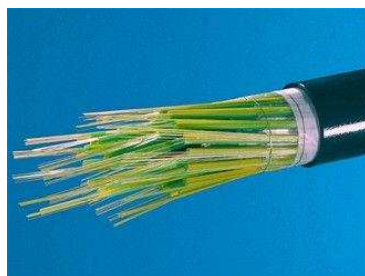
Nevýhody metalických sítí:

- Nízká odolnost proti elektromagnetickému rušení.
- Limitovaná vzdálenost kabelu (dle normy max. 100m v jednom kuse kabelu).

4 OPTICKÉ SÍTĚ

Optické sítě jsou nejrychlejšími a nejperspektivnějšími sítěmi. Bývají jsou nasazovány na nejdůležitějších národních i mezinárodních spojích. Optické trasy jsou vhodným spolehlivým řešením pro páteřní sítě, případně pro aplikace, kdy by použití metalického vedení bylo problematické. Jedná se například o výrobní haly, souběhy s napájecí soustavou apod. Je to z toho důvodu, že optické trasy jsou oproti metalickým trasám galvanicky oddělené a odolné vůči elektromagnetické rušení. V současnosti je možné na nich běžně přenášet data v řádech jednotek gigabitů za sekundu. Další výhodou je jsou vzdálenosti, na jakých je možnost data přenášet. Optickými kabely je např. překlenuta trasa mezi USA a Evropou [1].

Vytvoření optické sítě je náročnější na preciznost provedení než sítě metalické, ale pro značné množství případů, kde je přenášeno velké množství dat a na větší vzdálenosti, je tato varianta nezbytností. Optické řešení přenosových tras se z hlediska nákladů na pořízení stává stále dostupnějším. Zatímco možnosti metalických sítí se blíží k fyzikálním hranicím, u optických sítí je věda teprve na začátku. Optická linka má teoreticky neomezenou šířku přenosového pásma a je tedy do budoucna připravena i na budoucí, rychlejší přenosové technologie, což výrazně přispívá k ochraně investic do budoucnosti. V březnu 2006 se Bellovým laboratoriem experimentálně povedlo přenášet data rychlostí 107 Gbps, což jen dokazuje, že optické sítě mají do budoucna obrovské možnosti. Příklad optického kabelu je uveden na obrázku 4.1.



Obr. 4.1: Ukázka optického kabelu

Výhody optických sítí:

- Velká datová propustnost (v současnosti až 10 Gbps)
- Možnost budování sítí na velké vzdálenosti (100 km)
- Menší rozměry a hmotnost
- Odolnost proti elektromagnetickému rušení
- Menší útlum

Nevýhody optických sítí:

- Vyšší cena aktivních prvků
- Větší nároky na preciznost provedení
- Menší mechanická odolnost

5 BEZDRÁTOVÉ SÍTĚ

Bezdrátové sítě jsou v poslední době, zejména v souvislosti s technologií Wi-fi, velice populární. Jejich hlavní výhoda je v tom, že je možné nasadit je tam, kde není možné (nebo je obtížné), vybudovat klasické metalické a nebo optické rozvody. Bezdrátové sítě je možno provozovat dvěma způsoby - vysíláním ve veřejném a nebo licencovaném pásmu. Licencované pásmo vyžaduje vyšší náklady (zejména co se týče cen zařízení), ale tato nevýhoda je bohatě vyvážena kvalitou přenosu.

Při budování bezdrátových sítí je třeba zejména zvážit jak spolehlivé řešení je požadováno. Je samozřejmě možné vybudovat síť za pár tisíc korun. Může to v některých lokalitách zabezpečit relativně spolehlivé připojení k internetu, pro náročnější služby jako je přenos hlasu a video, či plnohodnotný roaming (například při využití bezdrátových VoIP telefonů) je nutné pořídit zařízení za mnohem vyšší ceny.

Bezdrátová komunikace má i svá úskalí. V poslední době dochází k jejímu výraznému nástupu, jak v podnikovém nebo domácím prostředí, tak na veřejných místech. Rádiové vysílání, kterým je dnes řešena většina komerčně nasazovaných sítí, je náchylné na rušení, a to všemi prostředky, které mohou na příslušných kmitočtech pracovat. Optické bezdrátové sítě či sítě založené na infračerveném záření zase nesnesou překážky mezi vysílačem a anténou přijímače. Dosah související s kvalitou přenosu pak omezuje jejich velikost i počet systémů, které se v rámci daného prostoru mohou nacházet, aby nedocházelo k nežádoucímu rušení. Zajištění bezpečnosti bezdrátové komunikace je při rádiovém vysílání jedním z nejobtížnějších problémů.

Existuje široké spektrum bezdrátových zařízení, od zařízení pracujících v nelicencovaných pásmech - levných Wi-fi zařízeních v pásmu 2,4 GHz a 5,4 GHz, přes zařízení s podporou QoS pro přenos hlasových služeb, až po zařízení pracující v licencovaném pásmu, jako je technologie WiMAX nebo jiné systémy, které mohou pracovat v pásmu několika desítek GHz.

Nutno podotknout, že dnes jsou masově používány bezdrátové sítě standardu IEEE 802.11 b/g. Tento standart pracující v bezlicenčním pásmu 2,4 GHz není stavěn pro „outdoor“

používání. Jeho použití je nevhodné pro jakékoli firemní účely mimo nějakou budovu, ať je to WLAN či LAN to LAN spojení.

Nyní si uvedeme podrobně některé bezdrátové standardy:

5.1 Wi-fi

IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers) se specifikací bezdrátových LAN zabývá teprve od roku

V Wi-Fi je standard pro lokální bezdrátové sítě (Wireless LAN, WLAN) a vychází ze specifikace IEEE 802.11.

Původním cílem Wi-Fi sítí bylo zajišťovat vzájemné bezdrátové propojení přenosných zařízení a dále jejich připojování na lokální (např. firemní) síť LAN. S postupem času však začal být silný potenciál této technologie využíván i k bezdrátovému připojení do sítě Internet v rámci rozsáhlejších lokalit. Jak již bylo výše uvedeno současné široké rozšíření Wi-Fi technologie však přináší i své negativní důsledky ve formě silného zarušení příslušného frekvenčního spektra a dále častých bezpečnostních incidentů.

Wi-Fi síť je možné vybudovat dvěma základními způsoby. Zaprvé se jedná o síť využívající centrálního síťového prvku, tzv. přístupového bodu (access point), který řídí síťovou komunikaci v příslušné Wi-Fi buňce. Zadruhé je možné vytvořit síť v režimu Ad-hoc. Vzniká tak síť peer-to-peer ve které spolu jednotlivá Wi-Fi zařízení (např. notebooky) komunikují přímo a odpadá tak nutnost investice do přístupového bodu.

Kompatibilitu zařízení zaručuje certifikační proces; zařízení, která tuto certifikaci získala, bývají označena logem Wi-Fi aliance. V tabulce 5.1 je přehled základních Wi-Fi standardů a jejich přenosových rychlostí.

Tab. 5.1: Přehled Wi-Fi standardů

Standard	Pásmo [GHz]	Maximální rychlost [Mbit/s]
IEEE 802.11 původní	2,4	2
IEEE 802.11a	5	54
IEEE 802.11b	2,4	11
IEEE 802.11g	2,4	54

Přehled některých wi-fi standardů:

- IEEE 802.11 - Původní standard pro 1 a 2 Mbit/s rychlost s frekvencí 2.4 GHz (1999)
- IEEE 802.11a - 54 Mbit/s, 5 GHz standard (1999, produkty od 2001)
- IEEE 802.11b - Vylepšení 802.11 s podporou 5.5 a 11 Mbit/s (1999)
- IEEE 802.11e - Vylepšení QoS, včetně dlouhých (burst) paketů (2005)
- IEEE 802.11g - 54 Mbit/s, 2.4 GHz standard (zpětně kompatibilní s 802.11b) (2003)
- IEEE 802.11n - Vylepšení pro vyšší datovou propustnost [2]

▪ **5.1.1 IEEE 802.11a**

Doplněk IEEE 802.11a byl schválen v roce 1999 a na rozdíl od IEEE 802.11 pracuje v pásmu 5 GHz s výrazně vyšší přenosovou rychlostí - 54 Mbit/s. Pro její dosažení se poprvé v paketových komunikacích používá DVB (Digital Video Broadcasting) určených pro distribuci digitálního zvuku a videa. Výhoda IEEE 802.11a oproti původnímu standardu není pouze ve vyšší rychlosti, ale také v použitém kmitočtu, protože kmitočtové pásmo 5 GHz je méně vytížené než pásmo 2,4 GHz. Další velmi podstatnou výhodou je to, že je v tomto pásmu 11 kanálů, které se ale na rozdíl od 2,4 GHz nijak nepřekrývají, tj. na jenom místě může být až 11 navzájem se nerušících sítí, a když započteme dvě různě možné lineární polarizace antén, pak dokonce 22 téměř se nerušících sítí. Pásmo 802.11a není sice zarušené, ale zařízení jsou přece jen dražší než zařízení 802.11 b/g [3].

▪ **5.1.2 IEEE 802.11b**

Řeší problémem původní normy pro WLAN (802.11), která měla nízkou přenosovou rychlost. Rozšíření základní normy IEEE 802.11b, poskytuje vyšší rychlosti v pásmu 2,4 GHz, a to až 11 Mbit/s. Norma specifikuje, že podle momentální rušivosti prostředí se

dynamicky mění rychlost na nižší nebo naopak na vyšší: 11 Mbit/s, 5,5 Mbit/s, 2 Mbit/s až 1 Mbit/s. Maximální teoretická rychlost na fyzické vrstvě je sice 11 Mbit/s, ale uživatelská rychlost je nižší, protože 30-40 procent teoretické kapacity tvoří režie. Reálná uživatelská rychlost se udává kolem 6 Mbit/s.

Dosah sítě je kolem 100 m, ale výkonnější vysílač může tuto vzdálenost přesáhnout. Je třeba počítat s tím, že 802.11b není dobře uzpůsobena k přenosu hlasu.

▪ **5.1.3 IEEE 802.11g**

Je WiFi standard rozšiřující IEEE 802.11b. Je zpětně kompatibilní, vysílá ve stejném frekvenčním pásmu 2400 - 2485 MHz, ale maximální nominální rychlost je 54 Mbit/s, což odpovídá reálným přenosům přibližně o rychlosti 25 Mbit/s.

Vysílací výkon je snížen oproti IEEE 802.11b z 200 mW na 65 mW.

▪ **5.1.4 IEEE 802.11e**

Velikou nevýhodou WiFi sítí je fakt, že nemají v původním standardu žádnou podporu upřednostňování služeb a řízení propustnosti pro určené protokoly. Dříve nebylo tak důležité opomenutí, ale nyní, jak se WiFi technologie stala nejenom psaným, ale faktickým standardem pro bezdrátové připojení, vyvstala otázka prioritizace určitého provozu v síti a to hlavně v souvislosti s přenosem hlasu v reálném čase. Ve WiFi najednou začala citelně chybět doba upřednostňování kvality služeb QoS (Quality of Service).

Základním problémem každého přístupového bodu je skutečnost, že se snaží rozdělovat přenosové pásmo, které má k dispozici, podle svého vlastního algoritmu, neexistuje žádné ustanovení, jak se má přístupový bod v případě zatížení více klienty chovat. Obvyklé chování je z pohledu uživatele poměrně chaotické. Přístupový bod přidělí prvnímu klientu veškeré své zdroje a pokud se připojují další klienti, snaží se vyhovět i jim. Fakt, že dopředu je nemožné říci, podle jakého principu se bude přístupový bod klienty snažit obsloužit, způsobuje nepříjemnosti.

Standard 802.11e doplňuje podporu pro kvalitu služeb (QoS) pro zajištění přenosu hovorového signálu, obrazu apod. IEEE 802.11e doplňuje síť definované IEEE 802.11a/b/g.

Doplněk samozřejmě zajišťuje zpětnou kompatibilitu se zařízeními, které nejsou podporou pro QoS vybaveny [3].

5.2 WiMAX

Částečnou evolucí a pokračováním Wi-Fi je budována bezdrátová technologie WiMAX. WiMAX je technologie pro bezdrátový přístup k rozsáhlým datovým sítím např. typu MAN spadající díky propracovaným technickým specifikacím do 3. generace mobilních technologií pro datové přenosy. Svými vlastnostmi, co se týče přenosových rychlostí, WiMAX předčí mobilní datové technologie typu GPRS, CDMA, Edge a zároveň také disponuje lepšími vlastnostmi než rozšířené bezdrátové technologie Wi-Fi. WiMAX je tedy vhodný i pro menší poskytovatele internetu. WiMAX vychází ze specifikací IEEE 802.16. Bývá často nazýván technologií poslední míle, jakýmsi bezdrátovým DSL a v neposlední řadě také bezdrátovou technologií pro metropolitní síť. Tyto ambice jsou dány zejména díky následujícím charakteristikám:

- Buňková infrastruktura podobná mobilní GSM síti, tedy existuje vždy jedna nebo více základnových stanic (BS) a s nimi pak komunikují klientské adaptéry (CPE)
- Dosah základnové stanice v otevřeném terénu až 50-70km, dosah v zastavěné oblasti až 5-10km
- Teoretická propustnost 75Mb/s, reálná propustnost až 40Mb/s
- NLOS (Non Line of Signy) - pro připojení uživatelů síť není třeba přímá viditelnost
- Podpora řízení kvality služby (QoS), předurčeno pro možnost nasazení IP telefonie
- WiMAX používá přístupovou metodu TDM/TDMA, což výrazně napomáhá efektivnímu využití kanálů pro každého uživatele a dosažení výše uvedené propustnosti.

Tento standard je díky výše zmíněným charakteristikám předurčen pro výstavbu rozsáhlých bezdrátových sítí pro přístup k Internetu a s tím souvisejících služeb včetně internetové telefonie (IP telefonie, VoIP). Svou robustností může dokonale nahradit síť typu Wi-Fi, které jsou v dnešní době masově využívány pro poskytování datových služeb. WiMAX je v současné době specifikován pro přístup k datovým službám pro fixní uživatele a uživatele, kteří chtějí využívat roaming mezi více základnovými stanicemi [4].

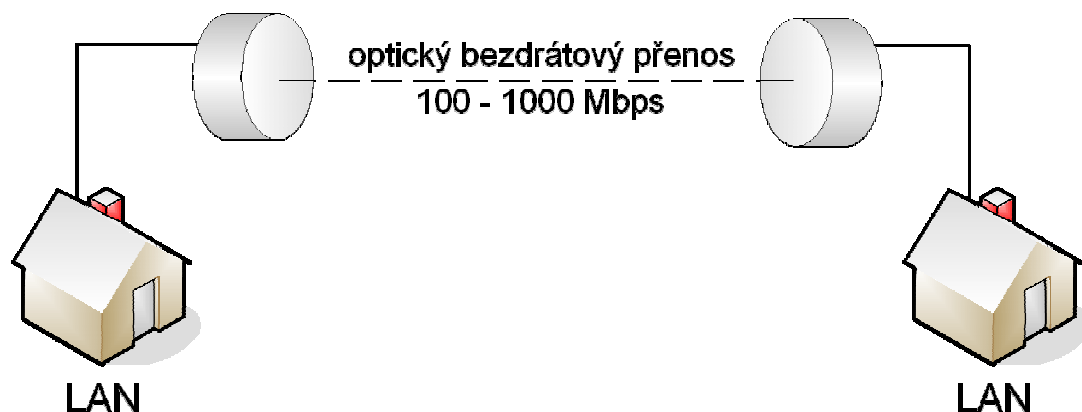
5.3 FSO – optika bez kabelů

FSO (free – space optics) poskytuje možnost budování optických spojů s vysokou přenosovou rychlostí. Tato technologie spojuje velkou přenosovou kapacitu optických sítí a jednoduchost instalace bezdrátových sítí. FSO patří do kategorie širokopásmových bezdrátových přístupných technologií. Přenosovým médiem pro tuto technologii je vzduch, z čehož plyne flexibilita instalace celého řešení. Přenos se odehrává ve spektru řádově biliónů hertzů. Pro provoz těchto zařízení není nutné žádné povolení a není zpoplatňován.

V dnešní době nabízejí přístroje FSO přenosovou rychlost od 1,5 Mbit/s až po řádově gigabity za sekundu (v současné době je vyvíjeno zařízení dosahující přenosové rychlosti 10Gbps). Pro přenos vzduchem se používá vlnová délka 1550 nm a 800 nm. Signály na těchto vlnových délkách patří do infračerveného spektra a jsou proto neviditelné. Bezpečnost laserového přenosu pro člověka je u výrobců garantována testy a certifikáty.

Pro spolehlivou funkci je důležitý návrh přenosové trasy a hlavně pak zohlednění všech vlivů, které by mohly nějakým způsobem ovlivnit komunikační vlastnosti laserového spoje. Pro spolehlivost tohoto řešení platí nepřímá úměra: čím kratší vzdálenost, tím vyšší spolehlivosti do sáhneme. Dosahované vzdálenosti jsou v řádu stovek metrů až kilometrů. Z pohledu povětrnostních podmínek déšť a sníh optickým přenosům ve volné prostoru teoreticky nevadí, ale mlha už je problém.

Bezdrátové optické spoje (FSO), protokolově transparentní jako optické vlákno, lze využít prakticky kdekoliv. Mezi typická nasazení patří propojení dvou a více lokalit v lokálních sítích (LAN), v rozlehlých sítích (WAN). Na obrázku 5.1 vidíme příklad propojení dvou budov pomocí FSO [5].



Obr. 5.1: Příklad využití technologie FSO

Výhody bezdrátových sítí:

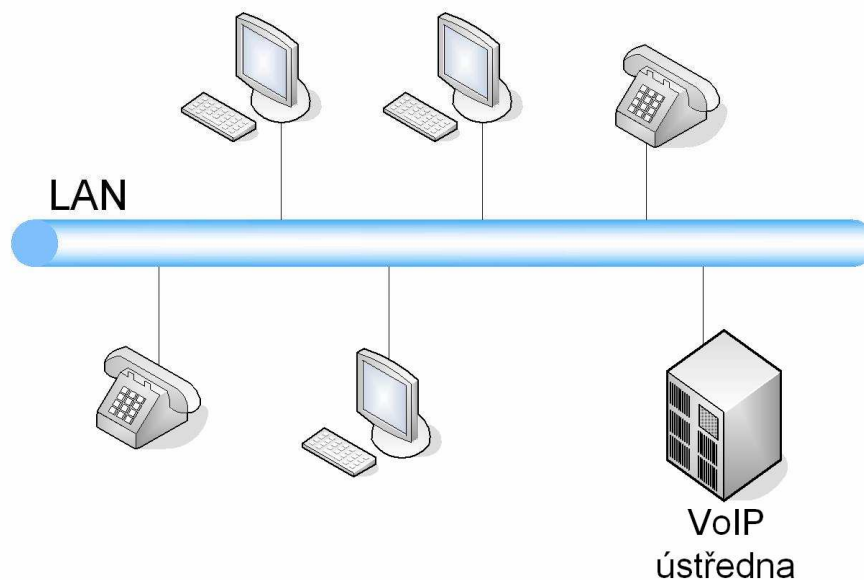
- Není nutné pokládat kabely
- Bezdrátové technologie je možné nasadit téměř všude (zejména u technologie WiMAX)
- Možnost přenosu na poměrně velké vzdálenosti
- Vzhledem k dosaženým vzdálenostem nízká cena zařízení
- Poměrně snadno lze měnit topologii sítě

Nevýhody bezdrátových sítí:

- Většinou je nutné dodržet přímou viditelnost mezi dvěma částmi spoje
- Možné problémy s kvalitou přenosu (zarušeno v nelicencovaných pásmech)
- Vysoká cena zařízení (zejména zařízení určená pro provoz v licencovaných pásmech)
- V některých lokalitách jsou vyčerpány licence pro vysílání

6 IP TELEFONIE

Hlavní myšlenkou IP telefonie je využití existující komunikační infrastruktury společnosti na přenos hlasu. Zjednodušeně lze říci, že IP telefonie je metoda umožňující telefonovat po počítačové síti, doposud používané pouze pro přenos počítačových dat, viz Obr. 6.1



Obr. 6.1: Jedna síť pro datovou i hlasovou komunikaci

IP telefonie plně nahrazuje běžnou telefonii a navíc poskytuje mnoho výhod jako: významně šetří náklady na telefonování, protože na přenos hlasu dokáže efektivně využít datové pásmo; zjednodušuje správu, stahování a rozšiřování počtu uživatelů, protože je spravovaná standardními síťovými prostředky. Je založená na osvědčených standardech a otevřených rozhraních a je to tedy řešení, které poskytuje neomezený prostor pro doplnění dalších vlastností přidáváním aplikací. Otevírá možnost integrace nad databázovými službami v rámci organizace (adresář zaměstnanců firmy, zákazníků apod.). IP telefon není jen telefon v klasickém slova smyslu, je to inteligentní zařízení, které na své obrazovce dokáže zobrazit jakoukoliv informaci uloženou v IS. Směrování hovorů je realizované softwarovou ústřednou, která je současně schopná například řídit i přenos obrazu a spolupracovat s videokonferenčními systémy. Z toho vyplývá řada aplikací, které zvyšují efektivitu při práci s ním. IP telefonie poskytuje běžné vlastnosti telefonních ústředen jako tarifkaci, hlasové schránky nebo kontaktní centra budované nad IP telefonii, zobrazení vybraných informací k volajícímu číslu (jméno volajícího, název společnosti), posílání textových zpráv, objednávání obědů, kurzovní lístek, informace o počasí a množství dalších informací.

Jádrem systému IP telefonie je softwarová ústředna (softswitch), která zajišťuje veškeré funkce IP telefonů. V závislosti na použitém hardwaru serveru je kapacita jedné takové

ústředny až 7500 IP telefonů. Z důvodu vyšší spolehlivosti lze servery (např. Cisco CallManager servery) sdružovat do clusteru a zvýšit tak celkovou kapacitu systému.

IP telefon je zařízení, které se připojuje přímo do přepínače lokální sítě LAN. Hlasový signál je v IP telefonu digitalizován a zabalen do paketů protokolu IP. V protějším telefonu je signál převeden zpět na hlasový signál. Pro komunikaci s klasickým telefonním světem jsou k dispozici hlasové brány (VoIP gateway), které mají za úkol konverzi signálů mezi analogovým a digitálním světem. Nespornou výhodou je možnost telefonování mezi vzájemně propojenými lokalitami v rámci existující datové sítě bez nutnosti využití služeb telefonního operátora.

Implementace v rámci jedné lokality

V rámci jedné lokality je implementace poměrně jednoduchá. IP telefonní systém by měl obsahovat tyto základní komponenty:

- komunikační infrastruktura – 10/100Base-TX switche s podporu QoS; výhodou je integrované napájení IP telefonů
- Call Manager (VoIP ústředna) – v závislosti na množství uživatelů jeden server nebo skupina clusterů
- brána pro připojení ke veřejné telefonní lince a případně pro připojení analogových zařízení
- IP telefony – množství a typy jsou závislé na konkrétních podmínkách, lze použít i softwarové

7 VOICE OVER WI-FI

Bezdrátové sítě lze využít pro telefonování v prostředí IP sítě. Jedná se tedy o přenášení hovorů ve WLAN (Wireless LAN). Přestože bezdrátové sítě Wi-Fi nebyly primárně navrhovány pro hlasový provoz a sledování kvality služby, lze je již dnes dobře využít zvláště tam, kde již jsou instalovány přístupové body WLAN nebo se s jejich instalací tak jako tak počítá.

Během posledních několika let je zcela zřetelný trend k přechodu na VoIP. Voice over WiFi (VoWiFi) je mobilní varianta technologie VoIP, která využívá bezdrátových sítí pracujících ve standardu 802.11 b/g. Kvalita přenosu hlasových služeb přes IP sítě je velmi citlivá na ztrátovost paketů, zpoždění paketů a především na kolísání zpoždění. Absence QoS ve standardu 802.11 a/b/g proto je důvodem pro velmi limitované použití technologie VoIP ve spojení s bezdrátovými sítěmi. Ačkoliv teprve standard 802.11e bude mít implementovanu podporu QoS nezbytnou pro aplikace VoWi-Fi, již nyní jsou na trhu produkty pro bezdrátovou infrastrukturu, které umí potřebnou prioritu hlasových paketů zabezpečit.

VoWi-Fi lze integrovat samozřejmě do VoIP „drátových“ řešení, ale také do stávajících systémů využívajících analogových či digitálních pobočkových ústředěn. Na trhu již existuje několik certifikovaných zařízení s podporou WLAN a mobilních sítí. Jelikož zájem o mobilní zařízení s duální podporou (tedy GSM a Wi-Fi) roste, dá se očekávat jejich další rozvoj.

Výhody VoWLAN:

- Možnost využít stejných přístupných bodů (AP) jak pro hlasový, tak i datový provoz
- Existence softwarových klientů pro IP telefonii do notebooků, PDA i mobilních telefonů s vlastním operačním systémem
- Možnost duálního provozu s telefony GSM

Nevýhody:

- Větší zpoždění v síti WLAN
- Nutnost zajištění kvality služby (QoS) v WLAN
- Dosah a rychlost připojení nepřímo úměrně klesá se vzdáleností od přístupového bodu
- Nutnost složitějšího zabezpečení sítě
- Větší zarušení rádiového prostředí v nelicencovaném pásmu

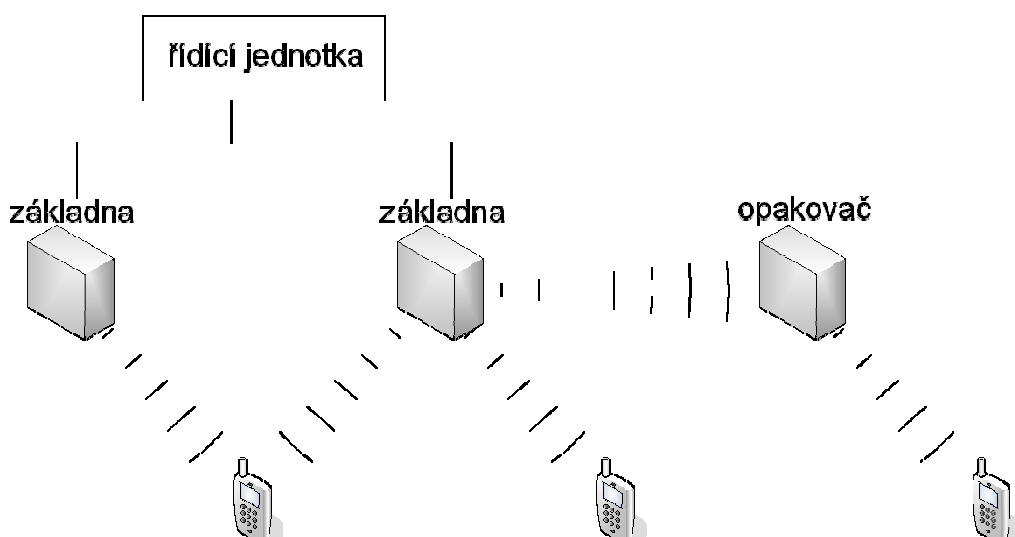
8 DECT

8.1 DECT

DECT je systém bezdrátového digitálního přenosu hlasu. Díky standardizovanému komunikačnímu protokolu umožňuje vzájemnou komunikaci bezšňůrových telefonů různých výrobců a jejich připojení jako poboček telefonní ústředny. Vyspělejší typy bezšňůrových telefonů umožňují pohyb mezi jednotlivými vysílači systému, které tak fungují obdobně jako základnové buňky mobilních telefonů GSM. DECT systém umožňuje vybudování lokální bezdrátové sítě, uživatelé připojení na telefonní ústřednu si mohou mezi sebou volat zdarma a být trvale dostupní po celé lokalitě pokryté signálem.

Takovýto bezdrátový telefonní systém je vhodným řešením pro firmu, kde pracovníci potřebují komunikovat v rámci celého areálu firmy a přilehlého okolí. Pokrytí se vytváří pomocí základen a opakovačů DECT. Ty tvoří radiobuňky, mezi kterými se mohou účastníci volně pohybovat bez přerušení hovoru. Vzhledem k ušetřeným prostředkům za hovory, které by probíhaly mezi zaměstnanci pomocí GSM telefonů, a zvýšené produktivitě práce, se tato investice brzy vrátí.

Na obrázku 8.1 je vidět obecný princip fungování telefonního systému DECT.



Obr. 8.1: Systém DECT

Základny jsou propojeny kabelem s řídicí jednotkou. Každá základna (Base station) vytvoří rádiovou buňku, stejnou jakou by vytvořila obyčejná základna telefonu DECT. Základny se vhodně rozmístí po celém objektu a tím se dosáhne požadovaného pokrytí. Takto vytvořená síť základen je sdílená všemi mobilními telefony DECT, které jsou registrovány v řídicí jednotce.

Pro vytvoření požadovaného pokrytí se používají také opakovače (repeatery). Opakovač se umístí do míst, kde je k dispozici ještě kvalitní signál ze základny a tím se vytvoří další radiobuňka. Opakovač tedy komunikuje s řídicí jednotkou rádiově přes základnu, ke které je přihlášen. Potřebné kanály pro hovory si "vypůjčí" od základny. Opakovač tedy rozšiřuje pokrytí, ale nikoliv hovorovou kapacitu systému.

Základny i opakovače jsou vzájemně synchronizované a může tedy dojít k handoveru. Hovor mobilního DECT telefonu je mezi buňkami plynule přepojován, aniž by uživatel zaznamenal nějaký výpadek v hovoru. V takovém případě hovoříme o bezešvém handoveru. Bezdrátové telefonní systémy DECT můžeme dále rozdělit na malé a velké systémy.

Malý telefonní systém DECT je vlastně klasický domácí bezdrátový telefon, který má jen jednu základnu s integrovanou řídicí jednotkou. Po přihlášení telefonů DECT a připojení na veřejnou telefonní linku (nebo do VoIP sítě) již máme plně funkční systém.

Pokrytí se dále buduje pomocí opakovačů. Opakovačů můžeme použít až 6. Přes základnu může ale současně probíhat jen určitý počet hovorů, což limituje také celkový počet uživatelů sdílejících celý systém. Také pokrytí je omezeno na max. 7 buněk (1 základna + 6 opakovačů). Pro pokrytí rozsáhlejších areálů s větším počtem uživatelů se používají velké telefonní systémy DECT.

Malé systémy vynikají rychlou a snadnou instalací. Kabel k základně/řídicí jednotce je jediný, který je třeba použít.

Velký telefonní systém DECT se buduje primárně pomocí základen. Každá další základna rozšíří nejen pokrytí, ale i celkovou kapacitu systému. Pro propojení základen s řídicí jednotkou se většinou využívá stávající strukturovaná kabeláž.

Opakovače se používají v místech s menší intenzitou hovorů a nebo tam, kde nelze natáhnout kabel k řídicí jednotce. Řídicí jednotku můžeme osadit rozšiřovacími kartami pro

navýšení počtu základen a uživatelů. Velký telefonní systém DECT se tedy hodí pro pokrytí jak středních, tak i velkých areálů, včetně venkovních prostor.

8.2 IP DECT

V dnešní době se telefonní hovory integrují do IP sítě. Nově vznikající standardy pro IP telefonii nejsou vždy vhodné pro bezdrátovou telefonii. Jediná firma na trhu vyrábí systém DECT integrovaný do IP světa – tzv. IP DECT; označovaný též jako DECT over IP.

Tento systém nabízí řešení velmi dobře osvědčeného a od počátku pro telefonii navrženého standardu DECT v prostředí datové IP sítě. Princip spočívá v přizpůsobení protokolu mezi IP základnovou stanicí (IPBS – IP Base Station) a telefonní ústřednou, které již dnes může (ovšem nemusí) být čistě na bázi IP jako tzv. softswitch. Protokol mezi základnovou stanicí a telefonní ústřednou je ve standardu H.323 nebo SIP, které jsou přirozeně orientovány do IP sítě a od počátku navrhovány pro hlasový přenos. Odpadá tak nutnost budovat separátní síť a separátní kabely pro hlasovou komunikaci a lze využít všechny výhody konvergované komunikace.

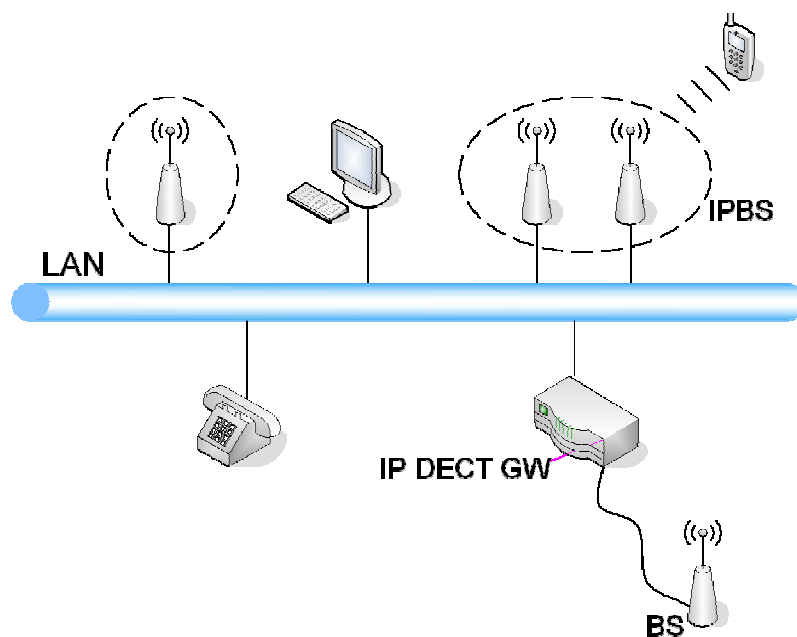
Každý DECT handset je funkčně viděn jako IP- telefon. Číslovací plán, atd jsou poskytnuté z IP- PBX.

Tradiční základnové stanice a VoIP BS mohou být použity v jednom systému. Lze tedy použít samostatné IPBS nebo kombinaci IP DECT Gateway s připojenými tradičními DECT základnovými stanicemi. Standardní Ethernet kabel může být až 100 metrů dlouhý bez opakovačů. S tradičními základnovými stanicemi s IP DECT Gateway lze umístit základové stanice až do vzdálenosti 1.5 km bez napájení.

Handover (předání hovoru) je podporované i mezi IP DECT Base station a tradičními Base station připojenými k IP DECT Gateway.

Výhody a porovnání s VoWi-Fi:

- snazší nasazení pokud je k dispozici IP síť (není třeba dělat separátní kabeláž)
- vyšší kapacita oproti VoWi-Fi - až 8 současných hovorů přes IPBS
- pomalejší vybíjení baterii bezdrátových telefonů DECT než u WiFi telefonů
- Pro přenos hlasu výrazně spolehlivější řešení

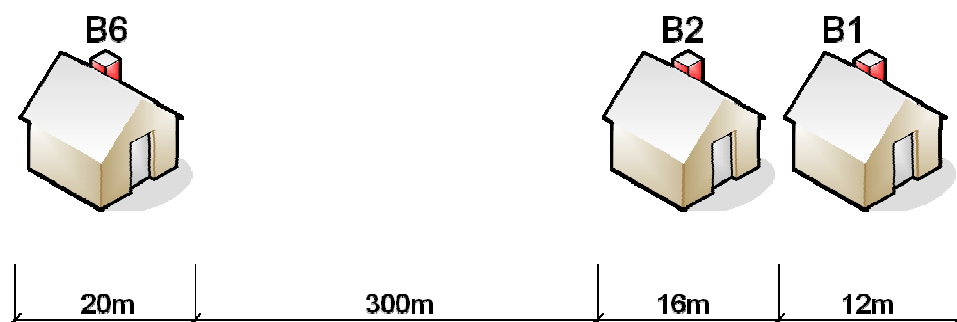


Obr. 8.2: IP DECT a klasický DECT v síti LAN

9 NÁVRH KONKRÉTNÍ KOMUNIKAČNÍ SÍTĚ

9.1 Stávající stav a požadavky

Nyní uvedu návrh přestavby komunikační sítě v jisté firmě. Rozmístění budov vidíme na obrázku 9.1.



Obr. 9.1: Rozmístění budov požadované komunikační sítě

Doposud byla užívána budova B2 do níž je přiveden vysokorychlostní internet a také klasická telefonní přípojka. Budova B2 je hlavní budova s již dosluhující komunikační infrastrukturou. Hlasovou komunikaci zajišťuje analogová telefonní ústředna, která je již na konci své životnosti. Datová síť obsluhují tyto aktivní prvky: 24 portový switch (starší), server sloužící k sdílení souborů, intranet a pro microsoft exchange a starší PC sloužící jako router s firewallem.

Požadavek je rozšířit komunikační síť do budov B1 a B6 a inovovat stávající strukturu v budově B2. Další požadavek je bezdrátová hlasová komunikace zaměstnanců uvnitř budov B1 a B2 s tím, že po osvědčení využívání bezdrátové komunikace zaměstnanců bude v budoucnu tento požadavek rozšířen i na budovu B6. Vzhledem ke stávajícím finančním možnostem firmy mají být realizovány základní požadavky, ale systém by měl být otevřený, pro další případný rozvoj sítě.

9.2 Návrh LAN

Vzhledem k zastaralosti stávajících zařízení a nedostačující kapacitě sítě bude z původních prvků ponechán server. K němu může být v budoucnu v případě potřeby přidán další, či může být vyměněn za jiný. Dále bude samozřejmě využít stávající rozvod strukturované metalické kabeláže v budově B2. Aby firemní telefonie byla do budoucna co nejlépe rozšiřitelná, použijeme technologii Voice over IP. Síť LAN tedy bude sloužit i pro přenos hlasu. Aby byl zajištěn spolehlivý chod IP telefonie, budeme s tímto faktem počítat při návrhu aktivních prvků v síti LAN.

9.2.1 páteřní spoje

Pro návrh páteřních, tedy „spojovacích“ nejvíce zatížených, spojů je třeba si položit dvě základní otázky, podle nichž vybereme vhodnou technologii:

1. Jakou vzdálenost je potřeba tímto spojením překlenout?
2. Jak velká musí být přenosová kapacita, resp. jaké přenosové rychlosti od tohoto spoje očekáváme při jeho maximálním zatížení?

Ad1) **Spoj B2-B1:** Vzhledem k tomu, že budova B1 sousedí z budovou B2, páteřní spoj propojující spojující tyto budovy nepřesáhne délku cca 60 metrů od jednoho aktivního prvku

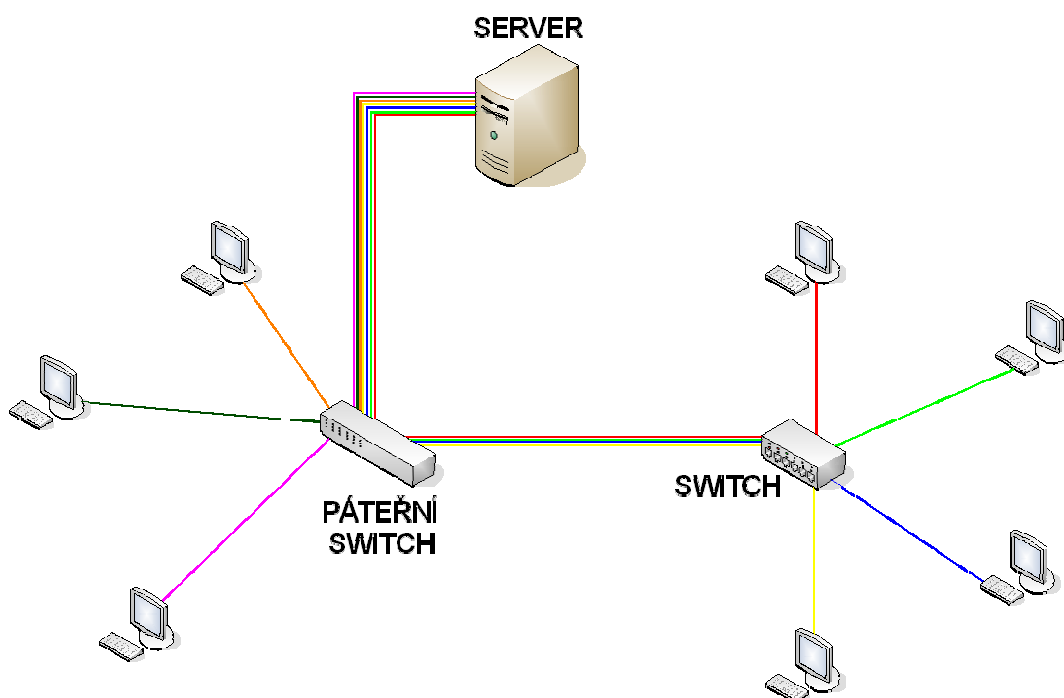
ke druhému. Takto malou vzdálenost je možno překlenout metalickou strukturovanou kabeláží, jejíž délka je podle normy maximálně 100 metrů. Volba metalického vedení oproti optickému zaručuje nižší finanční náklady a jednodušší instalaci.

Spoj B2-B6: Budova B6 je vzdálená přibližně 350 metrů. Metalické vedení by šlo na tuto vzdálenost použít pouze v případě, že by na trase byly vloženy aktivní prvky po vzdálenostech menších než 100 metrů. Každý s těchto aktivních prvků by musel být ovšem napájen elektrickou energií a musel by být umístěn na dostupném místě pro případ poruchy. Tato varianta není vhodná. Budeme-li uvažovat o bezdrátovém spoji, je třeba brát v potaz, že by se jednalo o venkovní spoj. U takového bezdrátového spoje se musí klást veliký důraz na ochranu proti nežádoucímu „proniknutí“ do firemní sítě. Vzhledem k tomu, že se jedná o firemní data považují ochranné prostředky standardu Wi-Fi za nedostatečné. Existují i speciální zařízení, ale otázkou zůstává reálná přenosová rychlost, která se prakticky pohybuje o řád niž, než při použití kabelů.

Našem případě jako nejspolehlivější řešení páteřního spoje B2-B6 bude využití optické sítě. Překlenout optickým kabelem vzdálenost cca 350 metrů není žádný problém.

Ad2) Co se týče přenosové rychlosti na těchto hlavních spojích je třeba zvážit jaká přenosová rychlost tohoto spoje bude potřebná, aby uspokojila všechny požadavky klientů na jejím konci. Pokud se bude jednat pouze o běžné kancelářské záležitosti postačí 100Mbit/s Ethernet. Pokud však z vedlejších budov do hlavní budovy B2 budou záraz kladeny požadavky na přenos dat velkého objemu, je třeba uvažovat o tom, že páteřní spoje musí být schopny poskytnout mnohonásobně vyšší přenosovou rychlost, než spoje ke jednotlivým koncovým zařízením. Například bude-li většina účastníků v budově B1 v témže okamžiku pracovat s objemnými daty (např. video) na serveru v centrální budově B2 bude páteřní spoj zatížen součtem datových toků, které jednotlivý uživatelé potřebují. Při dnešním trendu přenosu stále větších dat. Je vhodné kapacitu páteřního spoje spíše naddimenzovat.

Na obrázku 9.2 vidíme názorný příklad zatížení páteřního spoje mezi budovou B1 a hlavní budovou B2 a spoje k serveru.

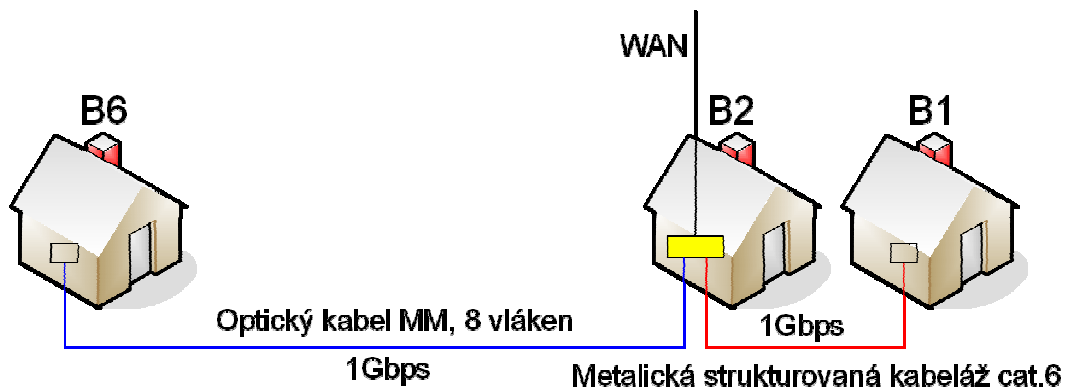


Obr. 9.2: Názorný obrázek zatížení páteřních spojů

Spoj B2-B1: Budeme-li tedy uvažovat že spoj B1-B2 bude tvořit metalická strukturovaná kabeláž, je možno využít technologie 10/100/1000 Megabit Ethernet. Protože strukturovaný kabel pro využití těchto rychlostí zůstává stejný, není žádný problém pro tento páteřní spoj využít gigabitové přenosové rychlosti. Samozřejmou podmínkou je, že koncové uzly tohoto spoje musí podporovat Gigabit Ethernet a musí mít port pro jeho připojení 1000Base-T.

Spoj B2-B6: Přenosové rychlosti optických sítí se pohybují v nejvyšších řádech s dosavadních komunikačních technologií. V našem případě tedy jistě postačí přenosová rychlost 1Gbit/s, což je v dnešní době naprosto standardní přenosová rychlost optických sítí.

Celkový návrh páteřních spojů vedoucích z hlavní budovy B2 je na níže uvedeném obrázku 9.3.



Obr. 9.3: Rozmístění budov požadované komunikační sítě

9.2.2 páteřní switch

Páteřní switch v budově B2 by měl v našem případě splňovat tyto požadavky:

- 3 porty podporující rychlost 1000Mbit/s (1x 1000BaseT pro páteřní spoj B2-B1; 1x 1000BaseT pro server, ke kterému často přistupují všichni účastníci; 1x gigabitový port pro připojení optického páteřního spoje z budovy B2 do B6)
- QoS (je třeba, aby byla hlasová komunikace upřednostňována před datovou)
- 20 portů podporujících rychlost 100Mbit/s (krom zapojení společných síťových prvků, je potřeba zapojit i všechny PC v budově B2)

Jako páteřní přepínač jsem zvolil gigabitový switch Linksys SRW2024 viz. obrázek 9.4. Má 24 gigabitových portů, takže není třeba řešit problém, kolik zařízení náročných na datový tok bude v budoucnu připojeno. Do miniGBIC slotu přijde optický modul pro páteřní optický spoj do budovy B6. Podpora Quality of Servis zajistí bezproblémovou IP telefonii v síti. Parametry tohoto switche jsou:

- 24 x 10/100/1000 Gigabit Ethernet portů
- 2 x MiniGBIC sloty pro metalické nebo optické moduly (sdílené)
- automatická detekce kabelu přímý/křížený - MDI/MDI-X
- web konfigurace



Obr. 9.4: Ilustrativní obrázek páteřního switchu Linksys SRW2024

9.2.3 router

Požadavky na router:

- dostatečný výkon pro plnění všech požadavků, které přichází z LAN do WAN.
- kvalitní podpora QoS -Vzhledem k tomu, že pro telefonní spojení do vnějších sítí bude používáno VoIP
- Firewall – firemní síť musí být dostatečně chráněna proti útokům ze sítě WAN
- Možnost přeměrování potřebných portů z WAN do LAN
- Bandwidth management – možnost řízení rychlosti datového toku jednotlivých účastníků

Jako router lze použít buď přímo hardwarový router, jehož výkon je dále již neměnný, nebo softwarový router. Výhodou softwarového routeru je, že je nainstalován do hardwarového zařízení (např. PC), které se může časem vyměnit za výkonnější, ale není třeba již investovat do samotné licence softwarového routeru. Příkladem routovacího softwaru je RouterOS od firmy Mikrotik. Příkladem HW routeru splňujícím naše požadavky je Zyxel ZyWALL 5 UT viz. obr. 9.5. se základními parametry:

- 1x WAN (RJ-45 - 10/100 Mbit/s)
- 4x LAN/DMZ (RJ-45 - 10/100 Mbit/s)
- Media Bandwidth management (obdoba QoS)
- Firewall, filtrování



Obr. 9.5: Ilustrativní obrázek 3Com Router 5012

9.2.4 switch v budově B1

Požadavky na switch:

- 1x Gigabit Ethernet port pro páteřní spoj B2-B1;
- QoS (je třeba, aby byla hlasová komunikace upřednostňována před datovou)
- 20 portů podporujících rychlost 100Mbit/s

Těmto požadavkům vyhovuje switch Linksys SLM224G-G5 viz. obr. 9.6, jehož parametry jsou:

- 24 x 10/100 Megabit Ethernet portů
- 2x 10 / 100 / 1000 Gigabit portů
- 2 x MiniGBIC sloty pro metalické nebo optické moduly (sdílené)
- QoS
- web konfigurace



Obr. 9.6: Ilustrativní obrázek switchu Linksys SLM224G-G5

9.2.5 switch v budově B6

Požadavky na switch:

- 2 x MiniGBIC sloty pro optický moduly (jeden pro připojení páteřního optického spoje B2-B6, jeden slot zůstane rezervní pro možnost rozvoje sítě LAN)
- QoS (je třeba, aby byla hlasová komunikace upřednostňována před datovou)
- 20 portů podporujících rychlost 100Mbit/s

V tomto případě je pro jednoduchost správy sítě možno použít stejného switchu, jako v budově B1.

9.3 Hlasová komunikace

Jak již bylo výše uvedeno, hlasová komunikace bude realizována na principu IP telefonie. Důležitá je proto podpora QoS aktivních síťových prvků. Na řízení IP telefonie je možno zvolit vhodnou softwarovou nebo hardwarovou ústřednu.

Výhodou využití VoIP je případné připojení neomezeně vzdálených poboček. Pomocí protokolu VPN se vytvoří v internetu virtuální tunel a zařízení se připojí do podavované firemní sítě.

Nyní si uvedeme jednotlivé prvky, které budou zajišťovat požadovanou hlasovou komunikaci.

9.3.1 IP ústředna

Existuje mnoho značkových IP ústřed s různými kombinacemi pro klasické telefony. Pro náš případ postačí ústředna s čistě IP rozhraním. Tato ústředna by měla být schopna obsluhovat cca 30 účastníků s tím, že do budoucna měl být připravena či být rozšiřitelná pro vyšší počet účastníků. Lze tedy využít softwarovou ústřednu jejíž platformu bude tvořit ideálně výkonný hardware (např. server či PC) nebo hardwarovou ústřednu. Výhody softwarového řešení jsou obdobné, jako u softwarového routeru viz. kap. 9.2.3. Hardwarová ústředna má neměnnou platformu. Při velké zátěži ji lze paralelně doplnit o další hardwarovou jednotku, aby byl požadovaný výkon rovnoměrně rozložen. To lze provést pouze v případě, že to struktura dané ústředny dovoluje, v opačné případě je třeba celá ústředna vyměnit za jinou s výkonnějšími parametry. Uvedu variantu softwarové i hardwarové ústředny, které svými parametry vyhovují požadavkům řešené komunikační sítě.

Softwarová ústředna ASTERISK

Asterisk je flexibilní a rozšiřitelné řešení v oblasti integrovaného telekomunikačního softwaru. Jde o kompletní softwarovou PBX, běžící na platformách Linux a Unix, poskytující veškeré vlastnosti, které se očekávají od PBX. Systém je navržen tak, aby vytvořil rozhraní telefonnímu hardwaru, softwaru a libovolné aplikaci [6].

Jako hardware postačí Asterisku klasické PC. Software musí zvládat požadavky v reálném čase a jakékoli zdržení se v kvalitě služby. Proto jako hardware postačí např. PC

s procesorem Intel Core Duo a 1GB RAM. Pokud bude potřeba ústřednu obohatit o některé telefonní vstupy a výstupy pro klasické telefonní linky, stačí zakoupit rozšiřující karty.

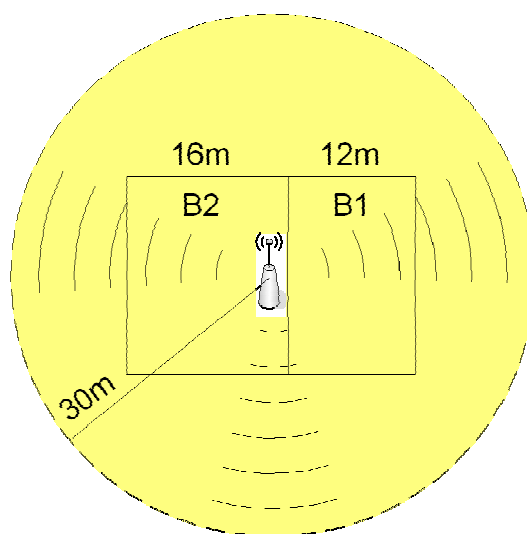
Hardwarová ústředna Daktele IP PBX 100

Jako hardwarová ústředna by postačila např. ústředna Daktele IP PBX 100. Reálná kapacita této ústředny je cca 60 vnitřních linek. V základní provedení je 1x ISDN s možností rozšíření, Je možnost propojit více těchto ústředen mezi sebou.

9.3.2 bezdrátová hlasová komunikace

Vzhledem k tomu, že není žádný požadavek na bezdrátové připojení pro datové služby (např. připojení PDA či notebooku), není důvod nasazovat pro bezdrátovou hlasovou komunikaci systém Voice over Wi-Fi. Pro hlasovou komunikaci mezi zaměstnanci i pro možnost volání do veřejných telefonních a mobilních sítí bude použit systém IP DECT. Oproti systému DECT je výhodou, že není třeba dělat separátní kabeláž, ale využije se struktura sítě LAN. S tím souvisí snadná rozšiřitelnost systému do budoucna. Stručně řečeno, bez jakékoli změny stávající struktury firemní sítě, lze jakékoli místo v síti LAN, ať už se jedná o blízkou či vzdálenou budovu, doplnit o další IPBS.

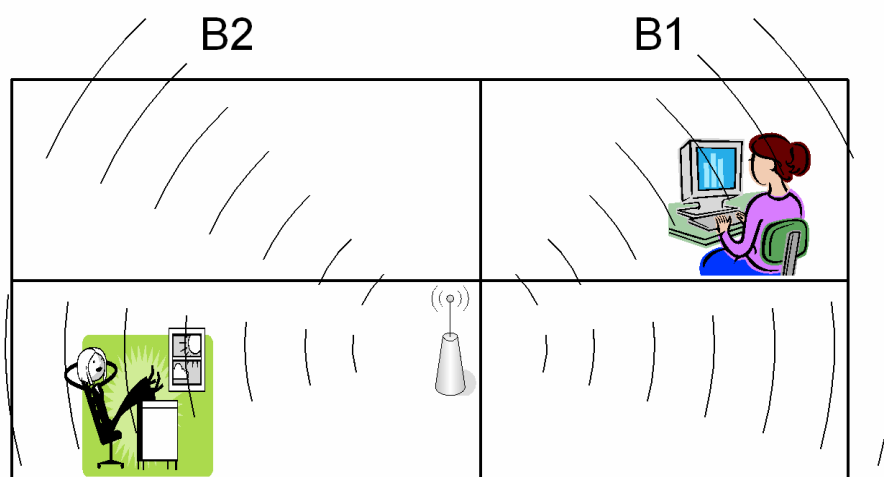
V našem případě je potřeba systémem IP DECT pokrýt budovy B1 a B2. Pro kámen či cihlu je dosah signálu od IPBS 30-50 metrů. Buňku si můžeme představit jako kružnici o poloměru 30-50 metrů viz. obr. 9.7.



Obr. 9.7: Půdorysový pohled na umístění a rozsah signálu buňky IPBS

Z obrázku 9.7 je vidět, že z horizontální pohledu je pokrytí IPBS umístěné ve středu buňky plně postačující.

Obě budovy mají dvě patra. Za předpokladu, že vrstvu mezi stropem 1. podlaží a podlahou 2. podlaží tvoří beton či železobeton, klesá dosah signálu na 15-20 metrů. I tento dosah nám stačí pro pokrytí obou pater budov, jak názorně zobrazeno na obrázku 9.8.



Obr. 9.8: Umístění IPBS pro pokrytí dvou pater

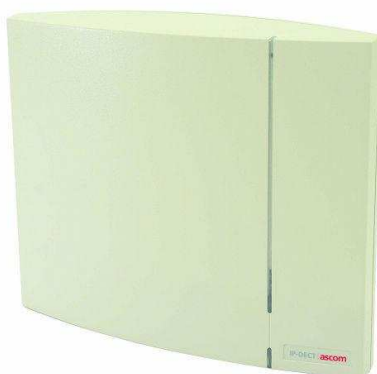
Z obrázku 9.7 a 9.8 je vidět, že na pokrytí obou budov B1 a B2 stačí jedna IP DECT základnová stanice. K této IPBS už jen stačí přivést jeden metalický strukturovaný kabel sítě LAN.

IP DECT základnová stanice (IPBS)

Jediný dosavadní výrobce je firma Ascom. Základní parametry této IPBS zobrazené na obrázku 9.9 jsou:

- připojení do IP PBX po LAN
- až 8 současných hovorů
- bezdrátová synchronizace
- webové rozhraní pro konfiguraci a softwarový upgrade
- napájení po Ethernetu nebo lokální napájení
- externí LED indikace stavu
- roaming a handover

- možnost zasílání zpráv, interaktivní správy, alarmy



Obr. 9.9: Ilustrativní obrázek základnové stanice IP DECT

9.3.3 kompletní IP telefonie

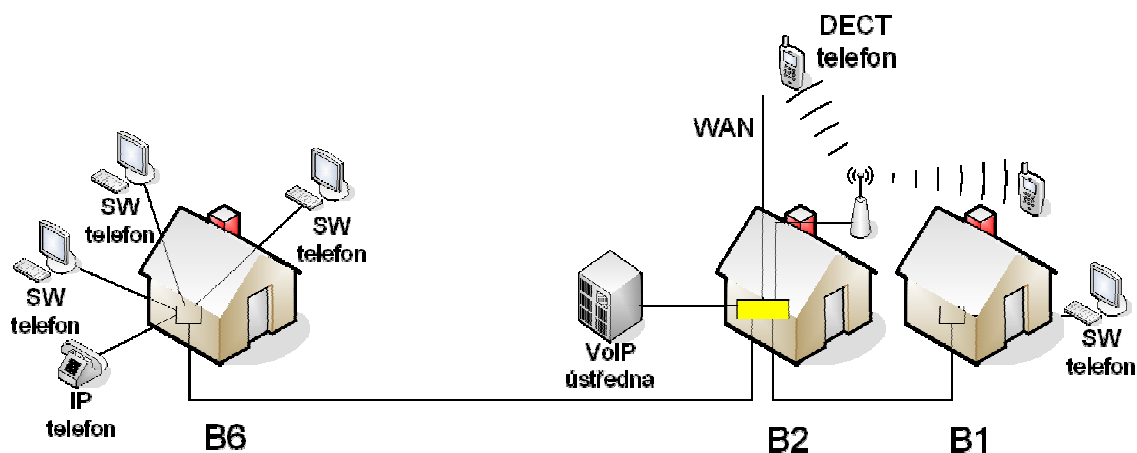
Základnová stanice systému IP DECT se postará o bezdrátovou komunikaci budově B1 a B2. Přes tuto buňku může probíhat až osm současných hovorů. V budově B6 resp. kde bude potřeba je možno zapojit standardní IP telefony. Protože v kancelářích bývají osobní počítače v přítomnosti zaměstnanců neustále zapnuté, lze využívat softwarový telefon nainstalovaný v PC. Tímto způsobem se dají značně snížit finanční náklady.

Příkladem softwarového telefonu je software X-lite viz. obr. 9.10. Tento softwarový telefon lze použít k telefonování pomocí protokolu SIP s může tedy posloužit jako plnohodnotná náhrada pevného telefon.



Obr. 9.10: Příklad softwarového telefonu

Celkové řešení telefonie při využití sítě LAN je znázorněno na obrázku 9.11.



Obr. 9.11: Celkové řešení pevná i bezdrátové hlasové komunikace

10 FINANČNÍ KALKULACE

Nyní si v tabulkách 10.1 až 10.4 uvedeme stručný přehled nákladů na jednotlivé aktivní a pasivní prvky navržené komunikační sítě.

Jako první je uvedena varianta, kde pro router a IP ústřednu byla použita softwarová varianta. Tedy jedná se o cenu samotné licence softwaru. Jako platforma slouží zvolený hardware s optimálním výkonem pro danou zátěž.

Tab. 10.1: Přehled cen bez DPH jednotlivých prvků-softwarová varianta

použití	zboží	cena [Kč]
páteří switch B2	SRW2024 24x10/100100Mbps, 2xMiniGBIC	8 782
switch B1	SLM224G 24x10/100Mbps, 2x 10/100/1000, 2xMiniGBIC	3 330
switch B6	SLM224G 24x10/100Mbps, 2x 10/100/1000, 2xMiniGBIC	3 330
optický modul v B6	SMC MiniGBIC modul 1000Base-SX, 550m	1 990
optický modul v B2	SMC MiniGBIC modul 1000Base-SX, 550m	1 990
router	SW RourOS Licence+Compact Flash HW INTEL Celeron 1.6GHz, 512MB RAM	2 745 5 000
bezdrátová telefonie	IP-DECT Base Station	25 000
VoIP ústředna	HW CoreDuo 2,2GHz,1GBRAM SW Asterisk	10 000 0
Celkem	Aktivní prvky	46 725

Tabulka 10.2 ukazuje finanční náklady při použití hardwarové varianty. Tedy při použití hardwarového routeru a ústředny.

Tab. 10.2: Přehled cen bez DPH jednotlivých aktivních prvků-hardwarová varianta

použití	zboží	Cena [Kč]
páteří switch B2	SRW2024 24x10/100100Mbps, 2xMiniGBIC	8 782
switch B1	SLM224G 24x10/100Mbps, 2x 10/100/1000, 2xMiniGBIC	3 330
switch B6	SLM224G 24x10/100Mbps, 2x 10/100/1000, 2xMiniGBIC	3 330
optický modul v B6	SMC MiniGBIC modul 1000Base-SX, 550m	1 990
optický modul v B2	SMC MiniGBIC modul 1000Base-SX, 550m	1 990
router	Zyxel ZyWALL 5 UTM - Firewall	12 547
bezdrátová telefonie	IP-DECT Base Station	25 000
VoIP ústředna	Daktela IP PBX 100, 1x ISDN, SIP - cca. 60 vnitřních linek	44.500
Celkem	Aktivní prvky	73 480

Z celkových nákladů obou variant vyplývá, že softwarová varianta je o 37% levnější. Tento veliký finanční rozdíl činí hlavně náklady na VoIP ústřednu. V softwarové variantě, je zahrnuto pouze IP rozhraní, což v našem případě postačuje. Při dovybavení softwarové ústředny např. o ISDN rozhraní by se náklady zvýšili nejméně o 2000 Kč. I v takovém případě zastává softwarová varianta méně nákladná o 33%. Dále již budou uvedeny kalkulace pouze pro softwarovou variantu.

Tabulka 10.3 ukazuje odhadnuté náklady na pasivní prvky resp. náklady na optickou a metalickou kabeláž. Optický kabel tvoří dlouhý páteří spoj B2-B6. Metalický kabel tvoří krátký páteří spoj B2-B1, ale také veškeré rozvody ke koncovým zařízením ve všech budovách.

Tab. 10.3: Přehled cen bez DPH pasivních prvků

použití	zboží	cena [Kč/m]	délka [m]	cena celkem [Kč]
metalické rozvody	metalický UTP kabel	7	400	2800
páteří spoj B2-B6	Optický kabel multimode, 8 vlákn	53	350	18550
Celkem	Pasivní prvky			21350

Nyní se dostáváme k celkovým nákladům tvořených z aktivních a pasivních síťových prvků viz. tab. 10.4.

Tab. 10.4: Celkové náklady na síťové prvky (bez DPH)

infrastruktura	cena [Kč]	cena [%]
Aktivní prvky	46725	69
Pasivní prvky	21350	31
Celkové náklady	68075	100

Celkové odhadnuté náklady 68075 Kč zahrnují pouze samotnou komunikační síť bez koncových klientských zařízení. Pod pojmem koncová zařízení rozumíme ve firmě hlavně zařízení typu osobní počítač a IP telefon. Z těchto celkových nákladů tvoří přes dvě třetiny aktivní prvky.

Samozřejmě koncová zařízení v komunikační síti znamenají také nemalé finanční náklady. Je třeba vhodně zvolit taková zařízení, aby využívání jejich funkcí a vlastností odpovídalo cenové kategorii. Například do kancelářských budov není třeba požadovat, aby telefony byly vodě odolné. To stejné platí pro volbu pracovního počítače, zda bude využíván jen pro kancelářské potřeby či na něm budou používány hardwarově náročné aplikace apod. Cena bezdrátových telefonních přístrojů DECT se v dnešní době pohybuje v cenové relaci cca od 2-8 tisíc. Co se týče stolních IP telefonů, jejich cena začíná na cca 1,5 tisíci korunách.

Nyní uvedu malou kalkulaci, která ukazuje, že je možné značně snížit náklady využitím softwarových telefonů. Počítejme, že je potřeba 25 stolních telefonů viz. následující tabulka 10.5.

Tab. 10.5: Náklady na IP telefony (bez DPH)

použití	zboží	cena [Kč]
IP telefon stolní	Interbell IB-402 SIP	1762
celkem za 25 kusů		44050

Cena za pouhé stolní IP telefony levnější kategorie činí okolo 44 tisíc korun. Využitím softwarových IP telefonů na kancelářských PC by se tato částka dala ušetřit. Ne všude je ovšem ideální používat sluchátka se zapnutým počítačem. Tímto způsobem lze jistým kompromisem podle požadavků daného pracoviště, náklady značně snížit.

11 ZÁVĚR

V této práci jsem se zabýval dostupnými typy komunikačních technologií a uvedl jejich přehled. Každá tato technologie má své přednosti i nevýhody. Proto je při návrhu komunikační sítě třeba zvolit nejvhodnější technologii či správnou kombinaci komunikačních technologií.

Při návrhu komunikační sítě jsem bral ohled na to, že bude sloužit pro datový i hlasový provoz. Tedy hlasovou komunikaci ve firmě bude zajišťovat IP telefonie, což se projevilo při návrhu jednotlivých aktivních prvků sítě, aby byl zajištěn nerušený přenos hlasu bez zpoždění.

Uvedl jsem návrh páteřních spojů z hlavní budovy B2 do vedlejších budov. Vzhledem k předpokládané zatíženosti páteřních spojů jsem při návrhu volil technologie podporující přenosovou rychlost 1Gbit za sekundu. Tato rychlost páteřního spoje je pro dané podmínky dimenzovaná tak, že i při velkém množství datových požadavků na tyto spoje v jednom okamžiku, nebude zpomalen chod sítě. Oba spoje jsou kabelážní, protože obecně kabelážní řešení nabízí vyšší přenosové rychlosti a větší spolehlivost než bezdrátové spoje. Páteřní spoj B2-B1 do sousední budovy je navržen metalickou strukturovanou kabeláží. Je to levné a spolehlivé řešení. Do vzdálenější budovy B6 je páteřní spoj B2-B6 postaven na technologii optického kabelového spoje, protože se jedná o vzdálenost převyšující 100 metrů a metalický spoj tedy nelze použít.

Vzhledem k tomu, že nebyl stanoven požadavek na bezdrátovou datovou komunikaci, jsem pro splnění požadavku bezdrátové hlasové komunikace v budovách B2 a B1 zvolil rozvíjející se technologii IP DECT. Tato technologie postavená na standartu DECT systémů je jednoduchým doplňkem komunikační sítě a základnovou stanicí lze tedy umístit kdekoli v dosahu sítě LAN. Pokrytí budov B2 a B1 zajistí jedna IPBS umístěná v budově B2. Tato technologie zajišťuje otevřenost systému do budoucna a lze tedy jednoduše v případě potřeby rozšířit i do budovy B6 přidáním další IP základnové stanice.

Projektová dokumentace sítě je přiložena formou technického výkresu jako příloha A.

Celkové náklady levnější varianty byly spočteny na 68075 Kč. Tato cena je bez DPH a je stanovena z běžných cen síťových komponent spotřebitelského trhu.

SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

- [1] Optické sítě. Dostupné z WWW: <http://www.telefonni.cz/optvyhod.htm>
- [2] IEEE 802.11, Dostupné z WWW: http://cs.wikipedia.org/wiki/IEEE_802.11
- [3] PUŽMANOVÁ, R. Bezdrátové lokální sítě WLAN. Dostupné z WWW: <http://www.lupa.cz/clanky/bezdratove-lokalni-site-wlan-podle-ieee-ii/>
- [4] WiMAX. Dostupné z WWW: <http://www.damovo.cz/wimax.html>
- [5] FSO – optika bez kabelů. Dostupné z WWW: http://www.uniscomp.cz/free-space-optics/page.php?def=hi_technology&idmenu=63&idtext=46
- [6] WIJA, ZUKAL, VOZŇÁK Asterisk a jeho použití. Dostupné z WWW: http://www.cesnet.cz/doc/seminare/20051115/pr/voz05_asterisk.pdf

SEZNAM ZKRATEK

IP	-internet protokol
IS	-informační systém
VoIP	-technologie Voice over IP
TDM	-časový multiplex
SIP	-komunikační protokol VoIP
PBX	-pobočková ústředna
IPBS	-základnová stanice IP DECT
bps	přenosová rychlost v bitech za sekundu

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha AVýkresová dokumentace formátu A3