

**ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI  
FAKULTA ELEKTROTECHNICKÁ**

**KATEDRA TECHNOLOGIÍ A MĚŘENÍ**

# **BAKALÁŘSKÁ PRÁCE**

**Elektronická komunikace**

**vedoucí práce: Doc. Ing. Jiří Masopust CSc.  
autor: Vladislav Nevoral**

**2012**

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Vladislav NEVORAL**  
Osobní číslo: **E09B0165P**  
Studijní program: **B2612 Elektrotechnika a informatika**  
Studijní obor: **Komerční elektrotechnika**  
Název tématu: **Elektronická komunikace**  
Zadávací katedra: **Katedra technologií a měření**

### Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

1. Popište historii a možnosti elektronických komunikačních systémů (telegraf, telefon, bezdrátová komunikace, internet).
2. Popište systémy elektronických komunikací používané na ZČU v Plzni.
3. Uveďte prognózu vývoje elektronických komunikačních systémů v budoucnu.



Rozsah grafických prací: **podle doporučení vedoucího**  
Rozsah pracovní zprávy: **20 - 30 stran**  
Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/elektronická**  
Seznam odborné literatury:


**Student si vhodnou literaturu vyhledá v dostupných pramenech podle doporučení vedoucího práce.**

Vedoucí bakalářské práce: **Doc. Ing. Jiří Masopust, CSc.**  
Katedra aplikované elektroniky a telekomunikací

Datum zadání bakalářské práce: **17. října 2011**  
Termín odevzdání bakalářské práce: **3. června 2012**

  
Doc. Ing. Jiří Hammerbauer, Ph.D.  
děkan



  
Doc. Ing. Vlastimil Skočil, CSc.  
vedoucí katedry

V Plzni dne 17. října 2011

**Anotace**

Předkládaná bakalářská práce pojednává o historických postavách, které přispěly důležitou měrou k rozvoji komunikačních systémů a o zařízeních, která nám poskytly. V práci jsou popsány i současné způsoby komunikace se zaměřením na telefonii. Je zde popsána i komunikace na ZČU, především VoIP telefonie.

**Klíčová slova**

Telefonie, analogová telefonie, digitální telefonie, modem, ISDN, DSL, VoIP, WEBnet.

**Abstract**

The thesis deals with the historical personalities that significantly contributed to the development of communication systems and facilities that are provided by them. The thesis also describes the current methods of communication with special focus on telephony and the Internet. There is also described communication at UWB, especially VoIP.

**Key words**

Telephony, analog telephony, digital telephony, modem, ISDN, DSL, VoIP, WEBnet.

## **Prohlášení**

Předkládám tímto k posouzení a obhajobě bakalářskou práci, zpracovanou na závěr studia na Fakultě elektrotechnické Západočeské univerzity v Plzni.

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracoval samostatně, s použitím odborné literatury a pramenů uvedených v seznamu, který je součástí této diplomové práce.

Dále prohlašuji, že veškerý software, použitý při řešení této bakalářské práce, je legální.

V Plzni dne 5.6.2012

Vladislav Nevoral

.....

## **Poděkování**

Tímto bych rád poděkoval vedoucímu diplomové práce doc. Ing. Jiřímu Masopustovi, CSc. za cenné profesionální rady, připomínky a metodické vedení práce.

# Obsah

<b>OBSAH</b> .....	<b>8</b>
<b>ÚVOD</b> .....	<b>9</b>
<b>SEZNAM ZKRATEK</b> .....	<b>10</b>
<b>1 HISTORIE</b> .....	<b>11</b>
1.1 TELEGRAFIE.....	11
1.1.1 <i>Konstrukce Morseova telegrafu</i> .....	13
1.2 TELEFON.....	15
1.3 BEZDRÁTOVÁ KOMUNIKACE.....	17
1.4 INTERNET.....	19
<b>2 SOUČASNÁ KOMUNIKAČNÍ ZAŘÍZENÍ A TECHNOLOGIE</b> .....	<b>21</b>
2.1 TELEFONIE.....	21
2.1.1 <i>Analogová telefonie</i> .....	21
2.1.2 <i>Digitální telefonie</i> .....	22
2.1.3 <i>VoIP</i> .....	23
2.1.4 <i>DECT</i> .....	24
2.2 POČÍTAČOVÁ SÍŤ/INTERNET .....	26
2.2.1 <i>TCP/IP</i> .....	26
2.2.2 <i>Dělení podle rozlehlosti</i> .....	27
<b>3 SYSTÉMY ELEKTROTECHNICKÝCH KOMUNIKACÍ NA ZČU</b> .....	<b>28</b>
3.1 INFRASTRUKTURA POČÍTAČOVÉ SÍTĚ .....	28
3.2 VOIP NA ZČU .....	30
3.2.1 <i>VoIP Protokoly</i> .....	33
3.2.2 <i>VoIP Telefony</i> .....	34
<b>4 PROGNOZA VÝVOJE ELEKTRONICKÝCH KOMUNIKAČNÍCH SYSTÉMŮ</b> .....	<b>35</b>
4.1 PROGNOZA VÝVOJE ELEKTRONICKÝCH KOMUNIKAČNÍCH SYSTÉMŮ NA ZČU.....	36
4.1.1 <i>VoIP</i> .....	36
4.1.2 <i>WEBnet a rozvoj infrastruktury</i> .....	36
<b>ZÁVĚR</b> .....	<b>38</b>
<b>POUŽITÁ LITERATURA:</b> .....	<b>39</b>



## Úvod

Tato bakalářská práce pojednává o elektronických komunikačních systémech z hlediska jejich vzniku, historického vývoje a možností, které uživatelům poskytovaly a poskytují. Zabývá se výjimečnými osobnostmi, které ke vzniku a vývoji komunikačních systémů přispěly, ať už jejich vynálezem, objevením důležitých fyzikálních a technologických zákonitostí nebo technickým zdokonalením. V práci se objevují popisy hlavních přístrojů a zařízení spolu s vysvětlením principů jejich fungování.

Dalším cílem této práce je popis systémů elektronických komunikací používaných na Západočeské univerzitě v Plzni. Zde jsem se zaměřil na historii elektronické komunikace na ZČU v Plzni s vývojem až po dnešek a na popis jejich principů a specifik.

V závěru se věnuji prognóze vývoje elektronických komunikací jednak v globálním měřítku, ale také možnostem vývoje na Západočeské univerzitě v Plzni.

## Seznam zkratek

ADSL - Asymmetric Digital Subscriber Line  
BRI - Basic Rate Interface  
CAN - Campus Area Network  
CT1 - Cordless telephone generation 1  
CT2 - Cordless telephone generation 2  
DECT - Digital Enhanced Cordless Telecommunications  
DSL - Digital Subscriber Line  
GSM – Global System for Mobile Communications  
ISDN - Integrated Services Digital Network  
LAN - Local Area Network  
MAN - Metropolitan Area Network  
PAN - Personal Area Network  
PoE - Power over Etherne  
PRI - Primary Rate Interface  
QoS - Quality of Service  
RTP - Real-time Transport Protocol  
SDSL - Symmetric Digital Subscriber Line  
SMTP - Simple Mail Transfer Protocol  
TCP/IP - Transmission Control Protocol/Internet Protocol  
TDM - Time Division Multiplex  
USD - United States Dollar  
VDSL - Very high speed Digital Subscriber Line  
VoIP - Voice over Internet Protocol  
WAN - Wide Area Network  
WPA - Wi-Fi Protected Access

# 1 Historie

## 1.1 Telegrafie

Slovo telegrafie pochází z řeckých slov tele a grafein. Tele znamená v překladu daleký a grafein je v překladu psát. Telegrafie je telekomunikační metoda pro přenos kódovaných zpráv na velkou vzdálenost. Nejstarším způsobem telegrafování byly zvukové signály (bubny a tamtamy) a optická signalizace (ohňové signály, vlajky a semaforey).

Tuto nutnost, komunikovat rychleji na velké vzdálenosti, vyvolal hospodářský pokrok. Rychlost komunikace byla nejvíce oceněna v dobách, ve kterých se válčilo. Strana, která měla rychlejší informace o stavu na frontě a která mohla rychleji na tyto informace reflektovat, měla větší šanci na výhru válečného střetu. Přenos takovýchto informací zajišťoval posel, který se dopravoval zpočátku pěšky, a pak si vypomáhal jízdou na koni, která rychlost přenosu informace výrazně zvýšila. [1], [2]

Ve Francii byl v 18. století používán optický telegraf podle vynálezu francouzského technika **A. C. Chappa** (1763 - 1805). Byl to systém věží s pohyblivými rameny. Poloha jednotlivých ramen vyjadřovala jednotlivé znaky. Hlavní rameno semaforu bylo čtyři metry dlouhé a na jeho koncích byla připevněna ramena o délce dvou metrů, což bylo důležité pro čitelnost z velké dálky. Hlavní rameno se natáčelo do čtyř různých poloh a pomocná ramena do osmi různých poloh každé. Kombinacemi natočení ramen bylo možné vyjádřit až 196 znaků. Chappe z těchto 196 poloh využil jen 92 pro vyjádření písmen, čísel, znaků a často používaných slov. Věže byly stavěny na dohled a vzájemně si předávaly zprávy. Tento systém po Francii dosahoval stovek kilometrů a byl využíván až do objevu elektrického telegrafu. Vynález tohoto telegrafu se kryje s Napoleonskými válkami. Systém byl vybudován z nutnosti komunikace mezi Paříží a francouzskými vojsky. Postupem doby mohla telegraf používat i veřejnost. [1], [2]

**Hans Christian Oersted** (1777 - 1851) roku 1819 přišel na to, že kolem vodiče protékajícího elektrickým proudem vzniká elektromagnetické pole schopné otáčet střílkou kompasu. Tím položil základ systematického studia elektromagnetismu. **Michael Faraday** (1791 - 1867) ve svých pokusech roku 1821 zjistil, že průchod proudu vodičem může vyvolat magnetickou sílu. Po deseti letech výzkumů Faraday objevil elektromagnetickou indukci. Toto zjištění dalo vzniknout prvním elektrickým telegrafům. [1], [2]

První elektrický telegraf sestrojil německý přírodovědec **S. T. Sömmering** (1755 - 1830) v roce 1809. Tento telegraf ještě nevyužíval elektromagnetickou indukci. Využíval elektrolýzy slabého roztoku kyseliny. Na vysílací straně bylo 26 vypínačů, pro každé písmeno

jeden, připojených ke galvanickému článku. Za těmito vypínači bylo vyvedeno spojení k přijímací straně telegrafu. Na přijímací straně byla nádoba se slabým roztokem kyseliny, ve které byly ponořeny elektrody připojené k jednotlivým vývodům z vysílače. Jednotlivé elektrody byly označeny písmeny a při průchodu elektrického proudu vznikaly u odpovídajících elektrod bublinky. Bylo to velmi složité zařízení a bylo i velice nákladné. V roce 1811 rozvinul Sömmering první telegrafní systém v Bavorsku. [1], [2]

Jehlový telegraf, který navrhl **A. M. Ampère** (1775 - 1836), zkonstruovali roku 1833 **C. F. Gauss** (1777 - 1855) a **W. Weber** (1804 - 1891). Na vysílací straně byla cívka, ve které se pohybem magnetického jádra indukoval kladný nebo záporný proud. Tento proud se přenášel vedením k přijímací straně, kde byl indikován jehlou (magnetkou). Kombinacemi výchylek jehly na pravou nebo na levou stranu se na přijímací straně určovala jednotlivá písmena. Podle jeho konstruktérů se telegraf nazývá Gauss-Weberův. Telegraf byl instalován mezi hvězdárnou a fyzikálním kabinetem v Göttingenu. Tento telegraf se v praxi nikdy neujal. [1], [2]

Ruský technik **P. L. Šilling** (1786 - 1837) zdokonalil roku 1832 jehlový telegraf. Tento telegraf využíval pohybu pěti jehel, ze kterých se pak dekódovala zpráva s pomocí slovníku. [1], [2]

První prakticky použitelný telegraf sestrojil roku 1837 **Samuel F. B. Morse** (1791 - 1872). Na myšlenku sestrojít elektromagnetický telegraf přišel již v roce 1832. Morse roku 1838 sestavil abecedu z kombinace krátkých a dlouhých impulsů. Morseův telegraf byl využíván dalších více než sto let. Morseův telegraf využívá pro přenos informací jen dva stavy, které lze interpretovat jako jedničky a nuly. Tyto stavy se střídají a lze je vnímat lidskými smysly<sup>1</sup> jako sérii mezer, teček a čárek. Tato série byla následně dekódována podle tabulky Morseovy abecedy. [1], [2]

Roku 1855 vynalezl **D. E. Hughes** telegraf, který tiskl přímo písmena.

Přenosovým médiem této doby byl elektrický vodič (kabel). Pokud jsme chtěli odvysílat zprávu, museli jsme nejprve natáhnout vedení. K doručování telegrafních zpráv se zaváděly i podmořské kabely. Byly například mezi Evropou a Anglií, později i mezi Evropou a Amerikou. Tento mezikontinentální kabel byl položen mezi Kanadou a Irskem roku 1858. Rychlost přenosu médiem byla 25 slov za hodinu. Bohužel toto vedení vydrželo pouhých 26 dní. Spojení bylo obnoveno až roku 1866, kdy se rychlost zvýšila na 8 slov za minutu. Toto

---

<sup>1</sup> Sluchem, nebo zrakem na pásce

spojení bylo veřejné a sazba za odeslání 20 slov byla kolem 100 USD<sup>2</sup>.

V následujících letech byl vývoj soustředěn na zvyšování telegrafní rychlosti. Ve snaze po rozšíření telegrafu byly zkonstruovány telegrafní přístroje s klaviaturou podobnou psacím strojům. Tím byl položen základ dálkopisným psacím strojům a světové dálkopisné síti. [1], [2]

### 1.1.1 Konstrukce Morseova telegrafu

Ve směru od vysílajícího telegrafisty k přijímacímu telegrafu lze zařízení rozdělit na několik celků.

#### 1.1.1.1 Telegrafní klíč

Telegrafní klíč je zařízení k vysílání signálů za pomoci Morseovy abecedy. Nejjednodušší je ve tvaru páky. Tuto páku telegrafista střídavě stlačuje a uvolňuje tak, aby kontaktem pod pákou mohl procházet elektrický proud po různě dlouhou dobu pro vyjádření tečky, nebo čárky. Pro zvýšení rychlosti se používají telegrafní klíče poloautomatické nebo automatické. [1], [2]

#### 1.1.1.2 Telegrafní vedení

K telegrafnímu klíči je připojeno telegrafní vedení, což je jednoduchý vodič. Toto vedení mohlo být zpočátku dlouhé jen několik desítek centimetrů. Mezi lety 1836 a 1837 ukázal Morse svůj prototyp telegrafu svému učiteli Leonardu Galeovi na New Yorkské univerzitě, který ho učil malířství. Ten Morseovi navrhl několik zlepšení, po kterých byl telegraf schopen odesílat zprávy na desítky kilometrů daleko. Tato vylepšení údajně Galeo navrhl, protože si myslel, že by se Morse jako malíř neuživil. [1], [2]

Za vedením je na straně přijímače připojena elektrická cívka s jádrem (elektromagnet), ke kterému se přitahuje průtokem proudu otočná kotva. Kotva je uchycena tak, aby se mohla otáčet podle svého středu. Na jednom konci je magnetický materiál, který je přitahován při průtoku proudu cívkou k jejímu jádru. Na druhé straně otočné kotvy je zapisovací hrot. V těsné blízkosti okolo zapisovacího hrotu prochází pás papíru. S každým přitahem kotvy se psací hrot k ní připevněný přitiskne na pohybující se pás papíru a podle délky přitahu napíše na papír krátkou, nebo dlouhou čáru znázorňující tečky a čárky Morseovy abecedy. Tato doba

---

<sup>2</sup> USD - United States Dollar

je závislá na době stisku telegrafního klíče vysílacího zařízení. [1], [2]

Obvod je uzavřen zpět k telegrafnímu klíči přes zem. V obvodu ještě musí být umístěn zdroj stejnosměrného napětí.

Na každé straně je jak telegrafní klíč pro vysílání, tak i elektromagnet s otočnou kotvou a zapisovacím zařízením pro příjem zpráv.

## 1.2 Telefon

Slovo telefon pochází z řeckých slov téle (vzdálený) a fóné (hlas). Tento výraz nám má napovědět, že se jedná o zařízení, které nám umožní přenos hlasu na velké vzdálenosti. V historii se objevily telefony, které byly využívány dávno před objevem elektrické energie. Byl to například trubkový telefon vynalezený čínským vynálezcem Kung-Foo-Whingem, který využil trubek k přenášení hlasu na dálku. Tato komunikace byla velmi rozšířená v lodní dopravě, kde spojovala oddělené části lodí. Další neelektrický telefon je lankový telefon. Lankový telefon je tvořen dvojicí membrán a napnutým lankem, které je spojuje. Pokud hlasem rozkmitáme membránu na jedné straně, tak se tyto kmity přenesou pomocí lanka na druhou membránu, kde si můžeme tento hlas poslechnout. [3]

Telefony fungující na elektrickém principu se objevily až v 19. století. Tyto telefony fungovaly na jiných principech než telefony jak je známe dnes. Takový telefon je přisuzován až Alexandru Grahamu Bellovi. Telefon, který bude dále popisován, je právě ten Bellův.

Telefon je zařízení, které převádí (kóduje) akustický signál na elektrický signál a po průchodu vedením se v protějším telefonu opět dekóduje zpět na akustický signál, abychom mu mohli porozumět svými smysly. Každý telefon obsahuje obě části, jak kódovací, tak tu část, která dekóduje signál zpět. Na rozdíl od telegrafování lze při telefonování komunikovat oběma směry najednou (full-duplex).

**Alexandr Graham Bell** (1847 - 1922), vynálezce prvního telefonního přístroje, byl učitelem hluchoněmých, ne fyzik či vynálezce, jak bychom mohli předpokládat. Jeho úmyslem bylo sestavit zařízení, umožňující jeho studentům slyšet slova a hudbu. [1]

Bell si podal žádost o patent na patentním úřadě 14. února 1876. Nebyl však jediný, kdo ten den zažádal o patentování telefonního přístroje. Během dvou hodin po podání Bellovy žádosti dorazil na patentní úřad i **Elisha Gray** (1835 - 1901). Patent byl udělen Bellovi, a to 7. března 1877 pod číslem 174 465. [2]

Poprvé svůj vynález představil na jubilejní výstavě ve Filadelfii v létě roku 1876. Do povšimnutí Bellova stánku brazilským císařem, který zájem o stánek probudil hlasitým zvoláním „Bože, ono to mluví“, byl tento stánek zcela přehlížen. [2]

Po výstavě udělal Bell na svém zařízení několik úprav (použil kovovou membránu a jako jádro elektromagnetu použil permanentní magnet). Celé zařízení pak uložil do krabice a vyvinul kvůli jednoduché manipulaci sluchátko, jak ho známe dnes. [2]

Při příležitosti svatební cesty přivezl takto upravený telefon do Evropy. Jeden „krabicový telefon“ věnoval anglické královně Victorii. Pár telefonů věnoval i generálnímu poštmistrovi **Heinrichu Stephanovi** (1831 - 1897). Stephan po návratu z Anglie do Berlína nechal v blízkosti svého poštovního úřadu vybudovat vedení, aby přístroje otestoval. K testu přizval svého přítele **Wernera Siemense** (1816 - 1892). [2]

Na základě tohoto podnětu Siemens navrhl vlastní telefonní přístroj podobný konstrukcí Bellovu telefonu. Ihned zahájil výrobu až 700 telefonů denně. S podporou Heinricha Stephana se rozběhla výstavba telefonních linek. [2]

Pro přenos po delších vedeních se musel u Bellova telefonu vyřešit problém s nízkými proudy indukovanými v mikrofonu vysílacího zařízení. Přijímací část zařízení byla dokonalá a nepotřebovala úpravu. Problém s mikrofonem vyřešil **D. Hudges** (1831 - 1900) roku 1878. Nahradil indukční akusticko-elektrický měnič za vlastní vynález, uhlíkový mikrofon. Postupným zlepšováním se dostal až k prachovému uhlíkovému mikrofonu, který pro přenos na velké vzdálenosti vyhovoval. [2]

Zpočátku byla zařízení propojována spojovatelkami v telefonních ústřednách. Ústředny byly obsluhovány ručně.

Roku 1889 sestrojili **Almon** (1839 - 1902) a **Walter Strowgerovi** první automatizovanou telefonní ústřednu. [2]

Aby mohl být telefon efektivně využíván, byla nutná schopnost spojit se s libovolnou osobou. To vyžadovalo připojení telefonních zařízení do ústředny. V této době počet zařízení rostl a stavěly se ústředny po celém světě. [2]



### 1.3 Bezdrátová komunikace

Tvorbu elektromagnetických vln a jejich použití k bezdrátové komunikaci předpověděl již v roce 1864 **J. C. Maxwell** (1831 - 1879). Jako první tuto teorii ověřil **Heinrich Hertz** (1857 - 1894). Sestrojil oscilátor s dvojicí tyčí zakončených kovovými koulemi, kterými ovlivňoval kapacitu obvodu. Mezi těmito tyčemi bylo jiskřiště, ve kterém vybužoval elektromagnetické vlny.

Naproti oscilátoru měl umístěn takzvaný rezonátor, kterým indikoval dopad elektromagnetické vlny. Při dopadu vlny přeskočila na jiskřišti rezonátoru jiskra. [1]

Hertz vlastnosti elektromagnetických vln experimentálně prozkoumal a zjistil, že jsou stejné jako vlny světelné, a že je lze stejně lámat a odrážet. [1]

Hertz budil elektromagnetické vlny jiskrovými výboji. Ukázalo se, že takto vybuzené elektromagnetické vlny jsou silně tlumené a v pozdější době byl tento způsob nahrazen elektronkovými vysílači, které jsou zdrojem netlumených vln. [1]

Výrazným zlepšením Hertzova zařízení bylo nahrazení rezonátoru takzvaným kohererem, který sestrojil pařížský profesor fyziky **Eduard Branly** (1844 - 1940). Koherer byla úzká skleněná trubička, naplněná pilinami z niklu a stříbra, na koncích utěsněná kovovými válečky. [1]

Za normálního stavu byl odpor mezi elektrodami kohereru  $8000 \Omega$  a připojen na baterii nepropouštěl žádný proud. Při dopadu elektromagnetické vlny na koherer začalo mezi pilinami docházet k mikroskopickým výbojům, odpor se snížil na  $7 \Omega$  a začal procházet proud. [1], [2]

Poklepáním na koherer se koherer uvedl do původního stavu a stával se opět „nevodivým“. K tomuto účelu byl doplněn takzvaným dekohererem, což bylo elektricky ovládané klepátko, klepající na koherer, pracující jako zvonek (Wagnerovo kladívko). [1]

Prvním, kdo prakticky využil elektromagnetické vlny a sestrojil první zařízení určené pro bezdrátovou komunikaci, byl **Guglielmo Marconi** (1874-1937). Marconi sestrojil zařízení, u něhož tlačítkem přerušoval proud protékající primární cívkou transformátoru, kterým byl napájen Hertzův oscilátor. Svými pokusy stále prodlužoval vzdálenosti spojení, až dospěl k bezdrátové komunikaci na tři kilometry, které nabídl italské vládě. Ta ho ale odmítla. Stále prodlužoval vzdálenosti, na které byl schopen vysílat. Důležité bylo spojení uskutečněné 12. prosince 1901 mezi anglickým městem Poldhu a kanadským St. John's na vzdálenost

3680 km. [1]

Marconi ve svém zařízení využíval Morseův telegrafní klíč, Hertzův oscilátor a Branlyho koherer.

## 1.4 Internet

Roku 1958 vznikla agentura amerického ministerstva obrany ARPA. Ta měla za úkol udržet technologický náskok USA, co se týkalo ozbrojených sil. V roce 1969 spustila organizace počítačovou síť ARPANET. Tato síť se vyznačovala tím, že byla decentralizovaná. To bylo velkou výhodou, protože nemohlo dojít k vyřazení sítě zničením centrální složky. [4]

Při návrhu se počítalo s tím, že přenosy mezi jednotlivými uzly nejsou spolehlivé, a tak vznikly pakety. Každý paket se směřoval samostatně bez ohledu na předchozí pakety a při případném zničení některého uzlu by byl nasměrován k cíli jinudy. A tak vzniklo přepojování paketů. [5]

Základ ARPANETu tvořily počítače na čtyřech univerzitách USA, byly to UCLA (University of California Los Angeles), SRI (Stanford Research Institute), UCSB (University of California Santa Barbara) a University of Utah. Počítače mezi sebou komunikovaly pomocí přeposílání paketů za pomoci protokolu NCP (Network Control Program). Tato síť měla prakticky ověřit funkčnost přepojování paketů a také měla umožňovat přístup k tehdejším superpočítačům, což byly nejvýkonnější počítače té doby. [5], [6]

Roku 1973, kdy pronikl ARPANET do Evropy, narostl počet uzlů v USA ze 4 na 37. V Evropě se k ARPANETu připojily uzly v Norsku a ve Velké Británii. [5]

Původní záměr vzdálené připojování k superpočítačům nebyl uživateli tolik využíván, jako možnost komunikace po síti s uživateli na jiných uzlech. Hodně se začalo využívat elektronické pošty a elektrotechnických konferencí. Uživatelé využívali tedy ARPANET ke spolupráci na různých výzkumech, aby si vzájemně předávali poznatky a informovali se o aktualitách na projektech. Mimo výzkumné činnosti se také využíval ARPANET k osobní komunikaci. [5]

**Vinton G. Cerf** (nar. 1943) při svém působení na univerzitě ve Stanfordu položil základy pro novou generaci komunikačních protokolů. Jedná se o rodinu protokolů TCP/IP<sup>3</sup>. V roce 1977 proběhly první praktické zkoušky protokolu, které jeho životaschopnost hned potvrdily. Tvůrci protokolu ho koncipovali jako tzv. spolehlivý protokol. Tím se opravovaly chyby a ztráty dat, ke kterým docházelo při přenášení paketů. Tato koncepce spolehlivosti

---

<sup>3</sup> TCP/IP - Transmission Control Protocol/Internet Protocol

byla na úkor rychlosti přenosu. TCP protokol měl také zakrýt fakt, že vlastnosti a schopnosti přenosových cest jsou odlišné. Měl vytvářet dojem, že všechna data jsou přenášena po zcela homogenní síti. [5]

## 2 Současná komunikační zařízení a technologie

Mezi současné komunikační technologie se řadí například telefonie, a to jak digitální, tak i analogová. Především se sem však řadí komunikace probíhající po internetu, do které lze implementovat i již zmíněnou digitální telefonii (čímž vznikne VoIP) a další multimediální způsoby komunikace a neměli bychom zapomenout ani na elektronickou poštu.

### 2.1 Telefonie

V dnešní době je vše digitalizováno a u telefonie je tomu zrovna tak. Mezi současné komunikační technologie využívané v telefonii stále patří i analogová telefonie, která je pomalu ale jistě vytlačována digitálními technologiemi. Nedílnou součástí telefonie je i připojení do sítě Internet pomocí vedení instalovaného zprvu jen pro přenos hlasu. Proto jsem dále zapracoval i technologie pro přenos dat po běžných telefonních linkách.

#### 2.1.1 Analogová telefonie

Analogový telefon převádí akustický signál na střídavé elektrické napětí, které je přenášeno vedením do ústředny a dále, až k protějším koncovému zařízení. Signál převáděný po vedení mohl být po cestě pozměněn, a to vlivem rušení nebo přeslechů. Dnes je analogová technologie na ústupu. Z důvodu spolehlivosti a jednoduchosti zůstává na tzv. poslední míli, což je propojení mezi poslední ústřednou a účastníkem. Pokud instalujeme novou digitální telefonní ústřednu, tak na ni můžeme připojit jak stávající analogový rozvod, tak nový digitální rozvod, čímž vznikají významné úspory při digitalizaci linky. [7]

##### 2.1.1.1 Modem

Jak už název napovídá, jedná se o modulaci signálu. Přesněji o modulaci digitálního signálu na analogový a naopak tak, aby prošel běžným analogovým telefonním přenosovým médiem. Při příjmu signálu opět signál demoduluje do digitální podoby pro příjem dat. Jde o datovou komunikaci s využitím analogové telefonní přípojky. Dial-up modemy modulují signál do pásma pro přenos hovoru (0,3 – 3,4 kHz) a komunikují přes telefonní přípojku. Pokud máme k této přípojce připojen současně i telefon a modem vysílá, telefon je obsazen.

## 2.1.2 Digitální telefonie

Základním principem digitální telefonie je převod analogového signálu na signál digitální. Dochází k tomu v A/D převodníku, kde je signál převeden do binárního tvaru. Binární kód získáme diskretizací analogového signálu jak v čase, tak i v amplitudě, a přiřazením vhodného číslicového kódu jednotlivým diskrétním amplitudám (kvantizačním hladinám). Běžný vzorkovací kmitočet je 8 kHz a diskrétní hodnoty jsou převedeny do osmibitového kódu. Tím získáme datový tok 64 kbps pro jeden kanál. Po průchodu digitálního signálu přenosovým médiem až k druhému účastníkovi hovoru je signál rekonstruován do analogové podoby D/A převodníkem. Analogový signál na přijímací straně je podobný signálu na straně vysílací. [7]

Pro přenos je digitální signál výhodnější, protože je odolný proti rušení a lze jej lépe zaznamenávat a archivovat.

Do jednoho přenosového média lze sloučit více hovorových kanálů digitální telefonie, a to časovým multiplexem TDM<sup>4</sup>. Signály jednotlivých hovorů jsou rozděleny po krátkých časových úsecích a jeden po druhém vysílány v pevně definovaných časových intervalech. Jde o rozdělení přenosové kapacity vedení pro několik kanálů s nižší kapacitou. [8]

### 2.1.2.1 ISDN

ISDN<sup>5</sup> je plně digitální přenos až k účastníkovi. K převodu signálu na digitální a zpět dochází až v koncovém zařízení, a tím je odstraněna tzv. poslední míle (viz. 2.1.1. Analogová telefonie) nebo nutnost zařazení modemu. ISDN přípojku lze využít, kromě připojení telefonu i na připojení do Internetu. Jsou dva základní typy ISDN přípojek, BRI<sup>6</sup> a PRI<sup>7</sup>. BRI je přípojka, na kterou lze připojit až 8 koncových zařízení. Je to přípojka se dvěma nezávislými B-kanály (64 kbps) k přenosu multimédií (například k současnému připojení telefonu a počítače) a jedním D-kanálem (16 kbps) určeným pro přenos signalizace. PRI je přípojka pro připojení pobočkových ústředěn obsahující 30 B-kanálů pro přenos multimédií a jeden D-kanál (64 kbps) pro přenos signalizace. [9]

---

<sup>4</sup> TDM - Time Division Multiplex

<sup>5</sup> ISDN - Integrated Services Digital Network

<sup>6</sup> BRI - Basic Rate Interface

<sup>7</sup> PRI - Primary Rate Interface

### 2.1.2.2 DSL

DSL<sup>8</sup> je technologie, umožňující přenos dat po běžné telefonní lince, či po vedení kabelové televize.

Pro domácí použití se zavedl asymetrický systém toku dat, kde přenosová rychlost směrem k zákazníkovi je vyšší, než rychlost od zákazníka. Tuto technologii nazýváme ADSL<sup>9</sup>. Pro většinu uživatelů je tato technologie výhodná. Ale pokud bychom chtěli pořádat videokonference, tak bychom požadovali symetrickou přenosovou rychlost, což nám mohou zprostředkovat některé další varianty této technologie, např. SDSL<sup>10</sup> či VDSL<sup>11</sup>.

Na jednom vedení můžeme provozovat jak analogovou telefonii ISDN, tak i DSL technologii, aniž by se navzájem rušily.

### 2.1.3 VoIP

VoIP<sup>12</sup> je technologií lišící se od digitální telefonie tím, že přenos dat zajišťuje protokol IP a přenos dat probíhá prostřednictvím internetu. [10]

Důležité pro dobré fungování VoIP je zajištění kvality služeb QoS<sup>13</sup>. Přítomnost funkce QoS zajišťuje prioritu paketům vyžadujícím rychlou odezvu. Například při přetížení switchu jsou pakety zajišťující přenos hlasu odesílány přednostně. Pokud by tomu tak nebylo, latence by mohla být tak velká, že bychom nemohli pohodlně komunikovat „v reálném čase“. [10]

VoIP telefony se připojují do internetové sítě, čímž nám odpadá nutnost budování separátní sítě pro VoIP telefonii. Za kvalitu služeb nám ručí poskytovatel, a pokud máme dostatečnou šířku pásma (64 kbps bez IP režie), jednosměrnou latenci do 150 ms a co nejnižší ztrátovost paketů, tak máme zajištěné podmínky pro správnou funkci VoIP. Použitím některých kodeků se lze kompresí dostat na nižší hodnoty šířky pásma. Kodek je při každém navazování spojení volen tak, aby ho dokázala kódovat a dekodovat obě koncová zařízení. Tato zařízení mají přidělená telefonní čísla s předčíslem, určujícím lokalitu, a lze se jimi identifikovat při komunikaci s ostatními uživateli telefonní sítě. Předčíslo určuje region, ve kterém se telefon nachází, a proto je po uživateli žádáno, aby telefon nepřevážel na jiná místa. Výhodou oproti běžné telefonii je výrazně nižší cena (haléřové položky, nebo dokonce

---

<sup>8</sup> DSL - Digital Subscriber Line

<sup>9</sup> ADSL - Asymmetric Digital Subscriber Line

<sup>10</sup> SDSL - Symmetric Digital Subscriber Line

<sup>11</sup> VDSL - Very high speed Digital Subscriber Line

<sup>12</sup> VoIP - Voice over Internet Protocol

<sup>13</sup> QoS - Quality of Service

zdarma). [10]

To byla varianta geograficky omezená, ale je zde i možnost využívat geograficky nevázané varianty VoIP, kde má uživatel možnost telefonovat kdekoli v ČR. Takovýto telefon má například předčísli 910. Oproti mobilnímu telefonu je zde ta nevýhoda, že u VoIP telefonu si musíme zajišťovat konektivitu do Internetu, abychom se mohli připojit a volat. [10]

Další variantou využívání služeb VoIP je vytvoření sítě, která bude oddělená od stávající telefonní sítě. Příkladem takovéto sítě je Skype. V něm jsou jako volací znaky používána telefonní čísla, ale i jména zastupující IP adresy jednotlivých uživatelů. Pokud si volají uživatelé Skypu, tak tato služba není zpoplatněna a jediné výdaje jsou za připojení k Internetu. Pokud bychom chtěli volat na nějaké telefonní číslo, tak již musíme ve většině případů zaplatit. [10]

Výhodou technologie VoIP je, že nemusíme vlastnit fyzický telefonní přístroj podporující tuto technologii, ale postačí nám počítač, PDA, převodník na starý telefonní přístroj nebo některý z nových mobilních telefonů, které umožňují tuto službu využívat po připojení do sítě přes Wi-Fi a instalaci softwaru (telefonního klienta). Další výhodou spočívá v tom, že pokud si platíme připojení k Internetu, nemusí nám vznikat další znatelné výdaje za provozování služby. [10]

#### 2.1.4 DECT

Technologie DECT<sup>14</sup> je technologií navrženou pro přenos hlasu u bezšňůrových telefonů. Jedná se o komunikační technologii mezi základnovou stanicí, která je fixně umístěna, a mezi bezšňůrovým telefonem, který se pohybuje v omezené vzdálenosti od této stanice. Využití této technologie je tedy vhodné především tam, kde jsme omezeni prostorem. Dosah zařízení v budovách je jen několik desítek metrů a na volném prostranství až 300 metrů, pokud použijeme interních antén. Při použití externích antén a jejich správné instalaci a nastavení lze dosah zvýšit až na 7 km za předpokladu přímé viditelnosti zařízení. [11] Tato technologie nahrazuje dřívější standardy CT1<sup>15</sup> a CT2<sup>16</sup>. [12]

Komunikace mezi stanicí a telefonem probíhá v pásmu vyhrazeném pouze pro DECT, díky čemuž nedochází k rušení nebo jinému ovlivňování ostatními systémy či standardy. Vyhrazené kmitočtové pásmo pro DECT je 1880-1900 MHz. Přenos signálu je zabezpečen

---

<sup>14</sup> DECT - Digital Enhanced Cordless Telecommunications

<sup>15</sup> CT1 - Cordless telephone generation 1

<sup>16</sup> CT2 - Cordless telephone generation 2



šifrováním a vyžadováním autentizace telefonu, který se snaží připojit k základnové stanici. Tím je znemožněno odposlouchávání komunikace nebo neoprávněné připojení k základnové stanici. K jedné základnové stanici může být připojeno několik autorizovaných telefonů najednou a naopak, jeden telefon může využívat více základnových stanic. [11], [13]

Základnová stanice může být připojena do datové IP sítě, v tom případě hovoříme o IP DECT. Komunikace mezi základnovou stanicí a ústřednou potom probíhá ve standardu H.233 nebo SIP, což jsou protokoly navrhované pro přenos hlasu v IP síti. Při budování IP DECT tak odpadá nutnost rozvodu dvou nezávislých sítí, jedné pro datové přenosy, a druhé pro telefonii. [14]

## 2.2 Počítačová síť/internet

Počítačová síť neboli internet je propojení několika počítačů tak, aby mohly vzájemně komunikovat. Tyto počítače musí být vybaveny síťovými kartami a spojení zprostředkovává přenosové medium. Takovýmto mediem bývá nejčastěji kroucená dvojlinka, radiové vlny nebo optický kabel.

### 2.2.1 TCP/IP

Síťová komunikace je rozdělena do několika vrstev. Tyto vrstvy jsou řazeny hierarchicky a každá z nich představuje nějakou činnost, kterou přispívá k přenosu paketu. Tato hierarchie tvoří TCP/IP model. Od nejvyšší k nejnižší jsou vrstvy řazeny následovně:

- aplikační vrstva (application layer)
- transportní vrstva (transport layer)
- síťová vrstva (network layer)
- vrstva síťového rozhraní (network interface)

Nejnižší vrstva, vrstva síťového rozhraní, má na starosti odesílání a přijímání paketů. Tato vrstva ovládá vše, co je spojeno s přenosovou cestou. Tato vrstva je závislá na použité přenosové technologii. [15]

Síťová vrstva je realizována pomocí protokolu IP. Protokol IP obstarává adresování paketů tak, aby mohly být posílány přes několik uzlů až ke svému cíli. Dále zajišťuje posílání paketů ve správném pořadí. [16], [15]

Třetí vrstva, transportní, zajišťuje přenos mezi dvěma koncovými účastníky. Tato vrstva je nejčastěji realizována protokolem TCP. Účelem protokolu TCP je převádět elektronické zprávy libovolné délky do sekvence paketů a po přijetí tyto pakety opět složit do původní zprávy. TCP je protokol transportní vrstvy. Dalším často používaným protokolem je protokol UDP, který nezajišťuje spolehlivost přenosu dat. Využívá se tam, kde si nepřejeme opětovné zaslání ztracených paketů, například při online hraní her či videokonferenci. Tam požadujeme zpracování dat v reálném čase, a pokud se nějaký paket ztratí, tak již nepožadujeme jeho opětovné zaslání. [16], [15]

Nejvyšší vrstvou je aplikační vrstva. V této vrstvě jsou již jednotlivé aplikační programy, které komunikují s předchozí vrstvou. [15]

### 2.2.2 Dělení podle rozlehlosti

PAN<sup>17</sup> je malá síť, s rozlehlostí jen několik metrů. Je tvořena zařízeními jako jsou mobilní telefony, notebooky nebo PDA. Tato síť se používá ke komunikaci mezi těmito zařízeními nebo pro připojení k Internetu. Nejčastěji používanými rozhraními bývá Bluetooth a USB.

LAN<sup>18</sup> je síť pokrývající malou oblast, například jedné budovy nebo jen jednoho podlaží. Tato síť umožňuje sdílení dat a diskového prostoru. Další prostředky, které lze sdílet, jsou tiskárny umístěné v síti nebo připojení k Internetu. Tato síť se již skládá z více prvků. Patří sem aktivní prvky (router, switch, hub, repeater, ...) a pasivní prvky (kabeláž).

CAN<sup>19</sup> je síť propojující síť LAN v areálu několika budov. V této síti se využívá stejných prvků jako v síti LAN, jen s tím rozdílem, že zde komunikujeme i na větší vzdálenosti a propojujeme více prvků, což znamená použití víceportových zařízení a výběr přenosového media komunikujícího na velké vzdálenosti.

MAN<sup>20</sup> je síť zpravidla pokrývající oblast celého města. Jde o propojení několika menších sítí na nevelkém území. Využívá se zde stejných prvků jako v síti CAN.

WAN<sup>21</sup> je rozlehlá počítačová síť pokrývající větší oblast než síť MAN. Tato síť může pokrýt svojí rozlohou i několik států. Největší takovou sítí je Internet.

---

<sup>17</sup> PAN - Personal Area Network

<sup>18</sup> LAN - Local Area Network

<sup>19</sup> CAN - Campus Area Network

<sup>20</sup> MAN - Metropolitan Area Network

<sup>21</sup> WAN - Wide Area Network

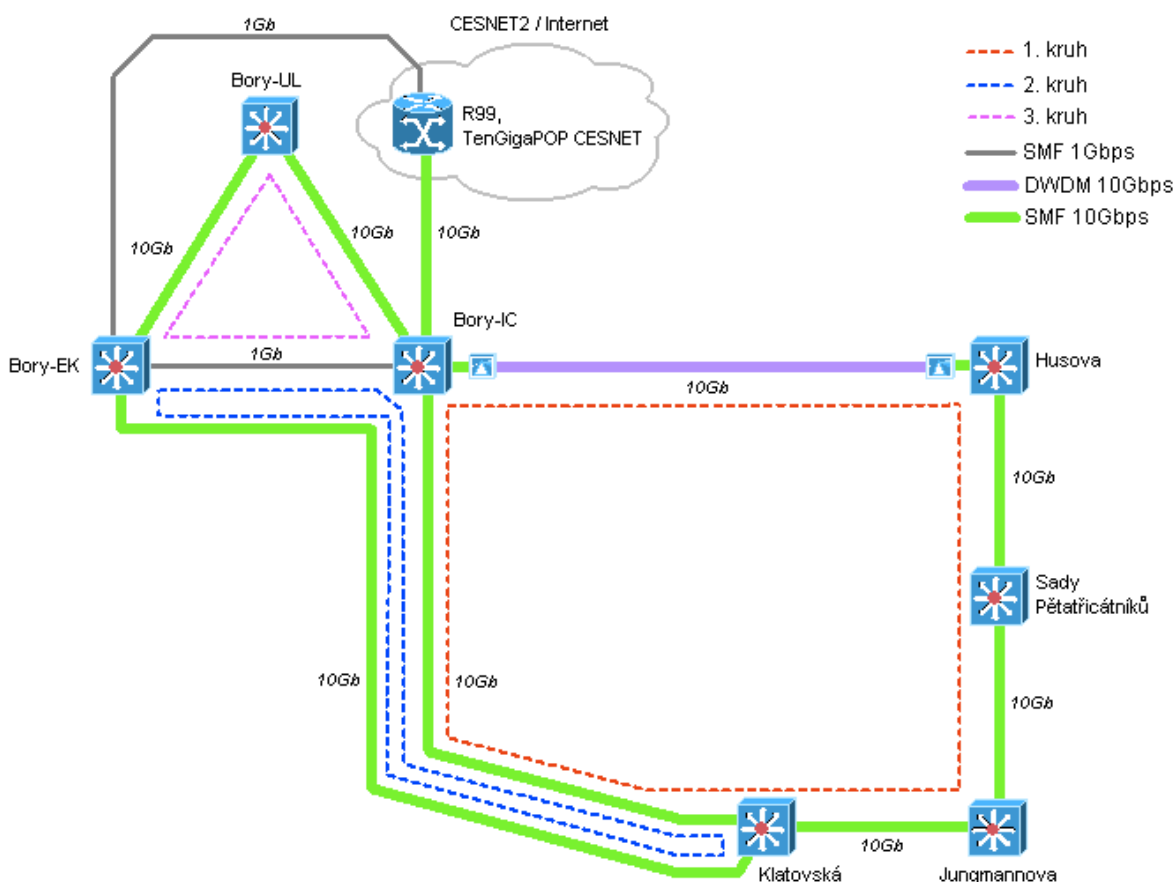
### 3 Systémy elektrotechnických komunikací na ZČU

#### 3.1 Infrastruktura počítačové sítě

Metropolitní počítačová síť Západočeské univerzity, propojující 41 budov, z toho 2 budovy v Chebu, stovky serverů, více jak 11 000 pracovních stanic a 159 Wi-Fi přístupových bodů, se nazývá WEBnet. Tato síť tvoří základ výpočetního prostředí ZČU nazývaného Orion. [17]

Optickou gigabitovou páteř univerzitní sítě tvoří tři kruhy zobrazené na obr. 1. Jsou to: [17]

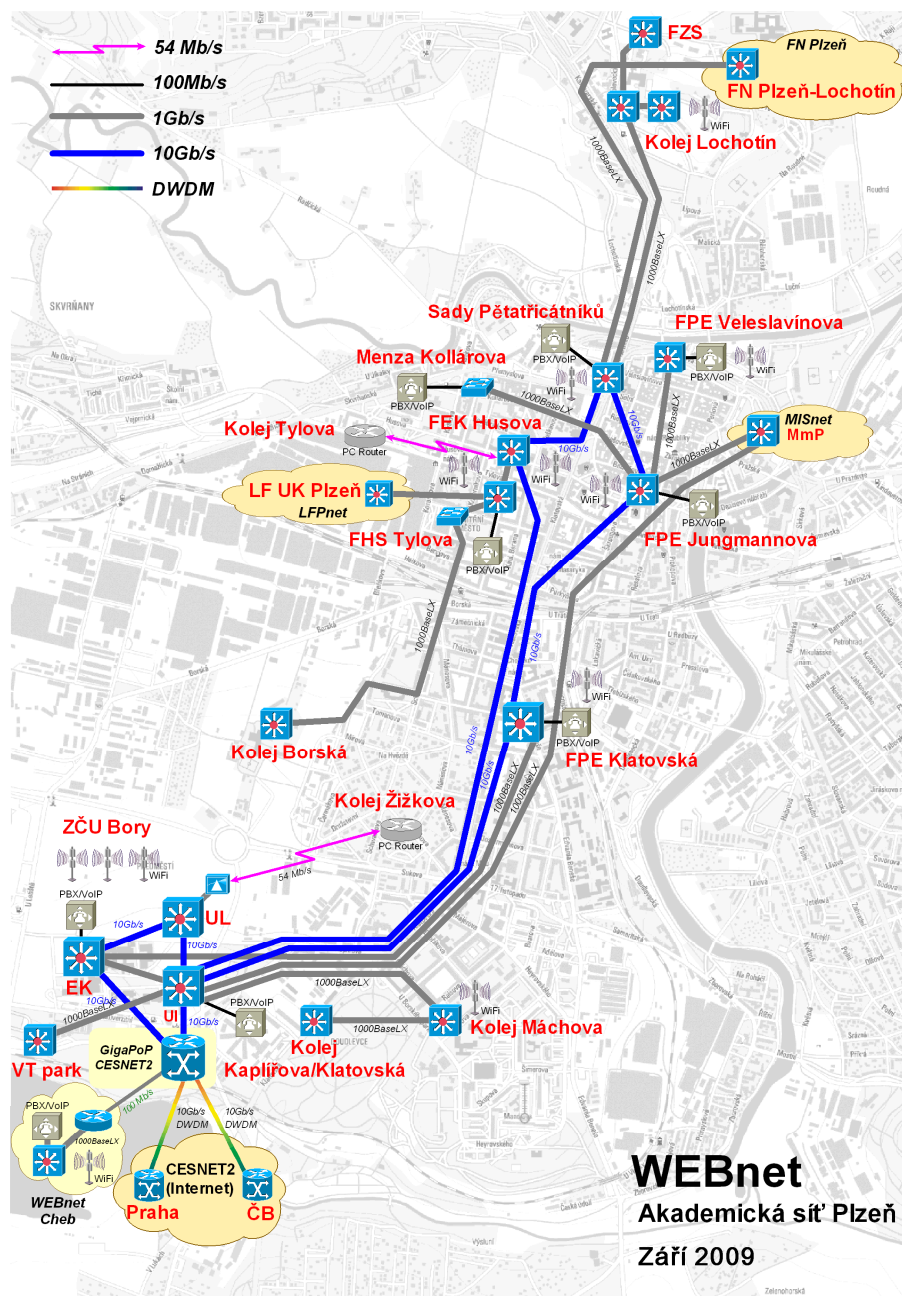
1. kruh: Bory-IC - Tylova - Sady Pětatřicátníků - Jungmannova - Klatovská - Bory-IC
2. kruh: Bory-IC - Klatovská - Bory-EK - Bory-IC
3. kruh: Bory-IC - Bory-UL - Bory-EK - Bory-IC



Obr.1 Kruhové topologie sítě WEBnet

Převzato z: [http://support.zcu.cz/index.php/Soubor:WEBnet\\_kruhy.png](http://support.zcu.cz/index.php/Soubor:WEBnet_kruhy.png)

Další optické páteňní trasy vedou do ulic Husovy, Veleslavínovy, Máchovy, Kaplířovy a Kollárovy, dále na Americkou třídu a na Lochotín, jak je znázorněno na obr. 2. V areálu na Borech je použita stromová topologie s gigabitovými směrovači umístěnými v každé budově. Hlavním páteňním prvkem univerzitní sítě je směrovač Cisco Catalyst 6509 umístěný v informačním centru na Borech a jeho zálohu tvoří směrovač Cisco Catalyst 6506 umístěný v budově fakulty elektrotechnické v křídle s kanceláři. Dohromady zajišťují připojení k síti Cesnet2 a tím i do Internetu. [17]



Obr.2 Topologie sítě WEBnet

Převzato z: [http://support.zcu.cz/index.php/Soubor:WEBnet\\_topo.png](http://support.zcu.cz/index.php/Soubor:WEBnet_topo.png)

Všechna PC na univerzitě mají neomezený přístup do Internetu, vyjma PC připojených prostřednictvím kolejni sítě. U těchto PC je provoz monitorován firewallem. Z důvodu ochrany uživatelů na síti byly zakázány některé porty, často zneužívané k rozesílání nevyžádané pošty (SPAM). Je to například port 25 sloužící k odesílání emailů za pomoci protokolu SMTP<sup>22</sup>.

Každé PC v síti musí mít přiřazeno DNS a musí mít zaregistrovanou IP adresu. Notebooky lze připojovat do bezdrátové sítě Eduroam nebo je lze připojit do pevné sítě v učebnách k tomu určených. Notebooky zaměstnanců lze zařadit do služby DHCP a přidělovat jim tak IP adresy dynamicky podle místa připojení poté, co připojí svůj notebook k některému z ethernetových portů rozmístěných v budovách ZČU.

Další síť na ZČU je zcu-mobile. Oproti síti Eduroam se jedná o nezabezpečenou síť. Je určena jako poslední možnost k připojení k Internetu zařízením, která nepodporují autentizaci alespoň pomocí protokolu WPA<sup>23</sup>. Uživatelé k přihlášení postačí Orion login a síťové heslo bez nutnosti instalace certifikátu do přístroje. Stačí mít povoleno takzvané vyskakování oken (pop-up). V takovémto okně provádí uživatel jak přihlášení, tak i odhlášení ze zcu-mobile. [17]

### 3.2 VoIP na ZČU

Voice over Internet Protocol je technologie umožňující telefonování za pomoci rodiny protokolů UDP/TCP/IP a přenášení paketů s digitalizovaným hlasem počítačovou sítí.

O tomto způsobu komunikace se na Západočeské univerzitě v Plzni začalo diskutovat koncem roku 2002. Společnost INEL-HOLDING a.s. objednala pro Západočeskou univerzitu v Plzni instalaci sítě digitálních komunikačních systémů HiPath 4300. Tuto zakázku přijala firma Siemens s.r.o. Firma na této zakázce zajišťovala dodávku systémů, montáž a uvedení systémů HiPath 4300 do provozu.

Předání realizačního projektu bylo naplánováno na 18.11.2002. Samotné práce začaly 27.11.2002. Tento den začaly dodávky a práce na instalaci jednotlivých pobočkových ústředen. Práce měly být dokončeny v termínu do 10.12.2002. Samotná instalace a ladění bylo plánováno až do 19.12.2002.

---

<sup>22</sup> SMTP - Simple Mail Transfer Protocol

<sup>23</sup> WPA - Wi-Fi Protected Access

Instalace jednotlivých digitálních ústředn byla prováděna u fakult na adresách:

- Univerzitní 8
- Sady Pětaticátníků 14
- Husova 11
- Jungmannova 3
- Veleslavínova 42
- Klatovská tř. 51
- Americká 42
- Hradební 22, Cheb

Nově instalované pobočkové ústředny byly připojeny přes záložní zdroje UPS. Tyto digitální telefonní ústředny byly připojeny na stávající telefonní rozvody. [Informace z technické zprávy společnosti Siemens s.r.o.]

Jak již bylo zmíněno v kapitole o VoIP, je velmi důležité, aby byly pakety s hlasovým obsahem upřednostňovány před ostatním provozem na síti. Přenos hlasu má na ZČU nejvyšší prioritu.

Služba SIP IP telefonie, neboli VoIP telefonie na ZČU není určena pouze pro uživatele univerzity, ale i pro ty, kteří se chtějí na univerzitu dovolat. Výhodou této služby je, že je ve většině případů bezplatná. Výhodou je i to, že se lze dovolat na univerzitu odkudkoliv ze světa, díky připojení do IP telefonie sdružení CESNET z.s.p.o. Lze se také dovolat za minimální poplatek nebo zdarma na čísla dosažitelná pomocí systému ENUM. [18]

Pomocí systému ENUM lze ušetřit za běžné telefonní hovory konané prostřednictvím IP telefonu. Technologie ENUM k danému telefonnímu číslu zveřejňuje i informaci, jak se na něj dovolat přes internet, čímž se vyhneme drahým poplatkům telefonních operátorů. Při vytočení čísla je zjišťováno, zda je možné uskutečnit spojení přes internet a pokud ano, hovor se touto cestou spojí. Pokud toto možné není, hovor je spojen běžnou cestou po linkách veřejné telefonní sítě a je zpoplatněn podle platných ceníků telefonního operátora. [19]

Veškeré nově pořizované telefonní přístroje jsou pořizovány jako IP telefony. Již není možné pořizovat staré analogové nebo digitální telefony. Pokud bychom chtěli tuto službu využívat pouze prostřednictvím softwarového klienta, je nutné vytvoření účtu na HelpDesku CIV. Pro používání této služby je na univerzitě doporučeno používat některé otestované SIP klienty, jako jsou například X-Lite a QuteCom. [18]

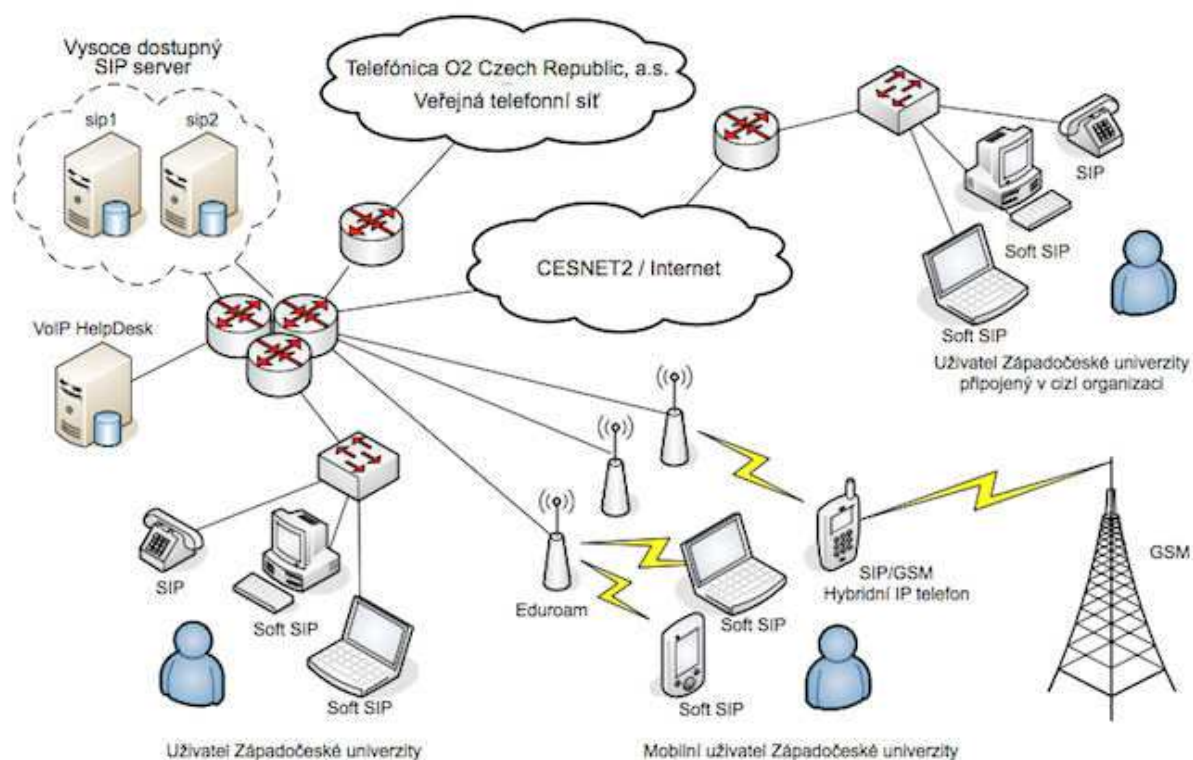
VoIP telefony na ZČU mezi sebou nejčastěji komunikují za pomoci kodeku G.711 A-low, který se využívá i k volání mimo VoIP. Kodek využívá bezeztrátový algoritmus, který dosahuje stejné kvality, jaké dosahujeme i u digitální telefonie. Požadovaná šířka pásma pro tento kodek je 64 kbps bez IP režie.

Další možnost využívání této služby je pomocí takzvaných „hybridních IP telefonů“, telefonů s modulem 802.11a/b/g/n, přímo v budovách univerzity anebo v jejich blízkém okolí, kde je vybudovaná bezdrátová síť s více jak stopadesáti přístupovými body. Tyto takzvané GSM/SIP<sup>24</sup> telefony mají možnost se připojit přímo do sítě Eduroam a využít tak IP telefonii ZČU, nebo pokud nejsou v dosahu některého z přístupových bodů bezdrátové sítě, tak lze volat prostřednictvím komerční GSM sítě a využít telefonii GSM operátora. Při vytáčení si můžeme volit druh volání. Pokud máme takovýto telefon, předpokládá se, že se během hovoru můžeme vůči přístupovému bodu pohybovat nebo se dokonce dostat z jeho dosahu. Mezi přístupovými body v síti WebNET je během hovoru možno plynule přecházet. Tento přechod klienta mezi dvěma přístupovými body se nazývá roaming. Roaming může probíhat na druhé nebo třetí vrstvě síťové architektury. Na druhé vrstvě se jedná o předání klienta mezi přístupovými body v rámci jedné podsítě a mluvíme o něm jako o L2 roamingu. Na třetí vrstvě se jedná o předání klienta mezi sítěmi a dochází ke změně IP adresy. V tomto případě se jedná o L3 roaming. Přístupové body na ZČU jsou rozděleny do podsítí podle jednotlivých fakult, ale z hlediska roamingu jsou zde jen dvě skupiny. První skupina zahrnuje budovy v kampusu na Borech s názvem Campus a druhá skupina zahrnuje zbývající budovy ve městě, souhrnně nazvaná City. Při pohybu v jedné či druhé skupině je klient předáván mezi přístupovými body pomocí L2 roamingu. Jestliže se budeme pohybovat mezi skupinami Campus a City, jedná se o L3 roaming. Tuto službu ale nelze prakticky využít, protože přístupové body těchto skupin jsou velmi vzdálené a než bychom se stihli dostat k následujícímu nejbližšímu přístupovému bodu druhé skupiny, tak by došlo k přerušení spojení. Pokud se klient dostane do oblasti se slabým signálem, klient automaticky začne vyhledávat nový přístupový bod se silnějším signálem a následně se k němu připojí. Toto přepojení trvá jen několik desetin sekundy. Názorné schéma IP telefonie je vidět na obr. 3. [18], [20], [Informace od síťového specialisty Ing. Martina Šimka Ph.D]

---

<sup>24</sup> GSM – Global System for Mobile Communications





Obr.3 Schéma IP telefonie na Západočeské univerzitě

Převzato z: <http://support.zcu.cz/index.php/Soubor:VoIP-user.png>

### 3.2.1 VoIP Protokoly

V dnešní době je SIP jeden z nejpoužívanějších protokolů aplikační vrstvy v IP telefonii. Jedná se o signalizační protokol, což znamená, že pouze navazuje, udržuje a ukončuje spojení. Tento protokol sám nezprostředkovává přenos dat, ale jen řízení hovoru. K přenosu multimediálního obsahu se používá RTP<sup>25</sup> protokol a vlastní přenos dat je realizován nejčastěji za pomoci protokolu UDP a někdy také TCP. Tyto protokoly ale nejsou uzpůsobeny na přenos multimediálních dat, pro které je velmi podstatné, v jakém čase budou doručeny. Proto byl vyvinut nový protokol v rámci rodiny protokolů TCP/IP. Je to protokol RTP, který je citlivý na fungování v reálném čase. Dalším protokolem rodiny TCP/IP fungujícím společně s RTP protokolem je protokol RSVP. Ten zajišťuje vyhrazení určité přepojovací kapacity směrovačů protokolu RTP, jinak by byla kapacita využívána společně pro všechna přenášená data a data přenášená za pomoci protokolu RTP by neměla přednost. [21], [22]

<sup>25</sup> RTP - Real-time Transport Protocol

### 3.2.2 VoIP Telefony

Pro univerzitní účely je na stránkách HelpDesk doporučeno několik odzkoušených koncových zařízení. Na výběr jsou jak klasické stolní IP telefony, tak i hybridní telefony. U všech zařízení nechybí návod ani popis. U stolních IP telefonů je nám dáno na výběr ze zařízení od společnosti Linksys. [23]

#### **Linksys SPA 922 a Linksys SPA 942**

Toto jsou obyčejné IP telefony s jednou linkou v případě SPA 922 a se čtyřmi linkami v případě SPA 942 a černobílými podsvícenými displayi. Telefon je možné zapojit mezi zásuvku a PC. Oba telefonní přístroje podporují standard PoE<sup>26</sup> pro připojení napájení přes síťové rozhraní ethernet. Telefony mají po dvou Fast Ethernet portech. K telefonům je přístupný podrobný návod na instalaci zařízení a jeho konfiguraci. Nechybí ani podrobný návod k obsluze s popisem jednotlivých funkcí. [23]

Co se týče nabídky hybridních telefonů doporučených HelpDeskem jako otestované, máme zde větší výběr než u stolních telefonů. Nejvíce nabízených hybridních telefonů je zde od výrobce Nokia s operačním systémem Symbian. Jsou zde uvedeny telefony, jako například Nokia řady E od modelu E51, HTC S710 (Vox) nebo iPhone 3G. To jsou telefony, které nemají problém s připojením k Eduroamu a voláním prostřednictvím VoIP. [24]

---

<sup>26</sup> PoE - Power over Ethernet

## 4 Prognóza vývoje elektronických komunikačních systémů

Prognóza vývoje elektronických komunikačních systémů musí nutně vycházet ze současného poznání a praxe. Vzhledem k vývoji, který je zmapován i v této bakalářské práci, lze usuzovat, že alespoň v nejbližší budoucnosti se vývoj nasměruje k celosvětovému propojení, jaké dnes známe pod názvem Internet, a to především na bázi bezdrátového spojení. Vývoj se zaměří jak na neustálé vylepšování konkrétních zařízení, tak na zabezpečení kvality, spolehlivosti, bezpečnosti a rychlosti přenosu dat.

Do prognóz vzdálenější budoucnosti systémů elektronické komunikace se neodvážím pouštět. Představy například o ovládnání zařízení myšlenkou, tedy mozkiem, nebo idea umělé inteligence působí dnes tak trochu jako sci-fi. Ale předchozí vývoj nám ukazuje, že nic není nemožné. Vždyť kdo si ještě v polovině dvacátého století dokázal představit internetovou komunikaci? A přece za necelých padesát let rozvoje došlo k obrovskému pokroku, Internet propojil doslova celý svět a přenosové rychlosti se zvýšily z 50 kbps na dříve neuvěřitelných 100 Gbps.

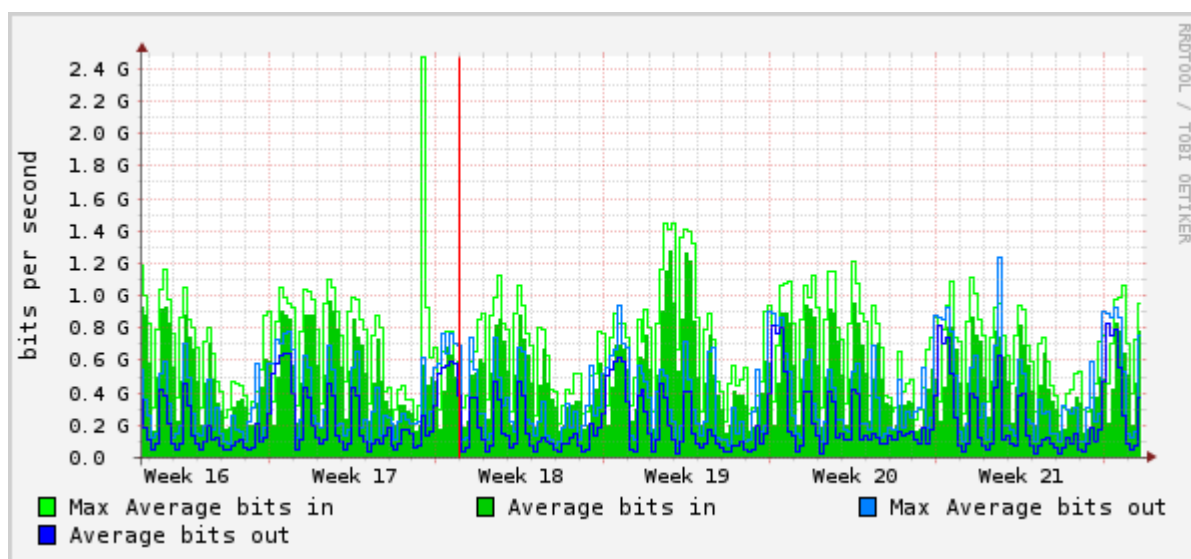
## **4.1 Prognóza vývoje elektronických komunikačních systémů na ZČU**

### **4.1.1 VoIP**

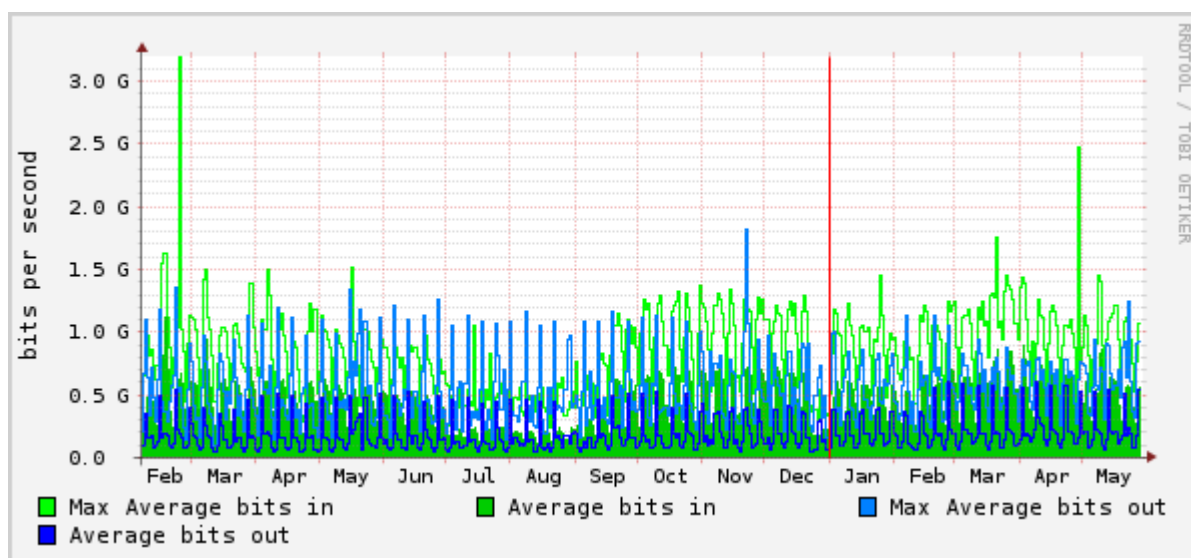
Na ZČU je snaha o úplný přechod na VoIP telefonii. Takovýto krok vyžaduje velké investice, a proto se budou změny telefonní infrastruktury v jednotlivých budovách provádět postupně. Takováto změna bude brzy aplikována v budově ZČU v Kollárově ulici. Stará telefonní ústředna bude odstraněna a nově nakoupené VoIP telefony budou připojeny na již zavedenou infrastrukturu sítě WEBnet. Takovouto změnou budou postupně procházet všechny budovy spadající pod ZČU, počínaje těmi méně rozlehlými. V Kollárově ulici hovoříme pouze o desítkách koncových zařízení. [Informace od síťového specialisty Ing. Martina Šimka Ph.D]

### **4.1.2 WEBnet a rozvoj infrastruktury**

Připojení do Internetu je monitorováno a z těchto údajů lze vyvodit kapacitu využívanou z celkové šířky pásma. Dotaz na vytížení směrovačů je zaslán každých pět minut. Zpět se vrací průměrná hodnota využívané kapacity právě za těchto pět minut. Z této informace bohužel nezjistíme, zda docházelo ke krátkodobým využitím celé šířky pásma, a proto se zde počítá s rezervou kolem čtyřiceti procent dlouhodobě nevyužívané kapacity, než se začne diskutovat rozšíření šířky pásma. [Informace od síťového specialisty Ing. Martina Šimka Ph.D]



Obr. 4 Měsíční diagram využití šířky pásma do Internetu  
Převzato od: Ing. Martina Šimka Ph.D



Obr. 5 Roční diagram využití šířky pásma do Internetu  
Převzato od: Ing. Martina Šimka Ph.D

Z diagramů na obr. 4 a obr. 5 je vidět, že aktuální šířka pásma 10Gbps je postačující, dokonce zbývá velká část volné kapacity. Šířka pásma je dlouhodobě využívána pouze z 15 procent s krátkodobými výkyvy zhruba do 30 procent.

Ke změnám v síti WEBnet bude docházet pouze při připojování nových budov do sítě. To se aktuálně týká nově vystavěné budovy Ústavu umění a designu. Po předání stavby se ústav připojí 10Gigabitovým Ethernetem k budově fakulty elektrotechnické a 10Gigabitovým Ethernetem k budově informačního centra. [Informace od síťového specialisty Ing. Martina Šimka Ph.D]

## Závěr

Jak z uvedené práce vyplývá, zásadní význam pro vznik a rozvoj moderních komunikačních systémů spočívá ve vynalezení a postupném technickém zdokonalování dvou zařízení: telegrafu a telefonu. Na ně později navázal projekt amerického ministerstva obrany, dnes známý jako Internet. Z těchto komunikačních systémů dnes nemá praktické využití telegrafie, zastíněná kvalitativně lepšími vlastnostmi Internetu a jeho mnohonásobně vyšší rychlostí přenosu dat. Ale ani telegrafie nezmizela docela. Pro její jednoduchost je oblíbená u radioamatérů a na jejích principech vznikla disciplína radioamatérského sportu, nazvaná vysokorychlostní telegrafie.

V dnešní době se širokému využití těší hlavně telefonie a Internet. Oba tyto systémy prošly od svého vzniku obrovskými změnami především s důrazem na vyšší přenosové rychlosti, kvantum přenášených dat, kvalitu a spolehlivost.

Západočeská univerzita v Plzni jakožto moderní vzdělávací instituce ke svému každodennímu životu samozřejmě využívá nejmodernější způsoby elektronické komunikace – na principy a technický popis jsem se zaměřil v druhé části bakalářské práce. Zabýval jsem se zde i zvláštnostmi a konkrétními postupy specifickými právě pro ZČU v Plzni, a to z hlediska vývoje i technických parametrů.

Důležitou kapitolou mojí bakalářské práce je i prognóza vývoje elektronických komunikačních systémů jako celku a z toho vyplývající předpoklad možné budoucí podoby elektronické komunikace na ZČU v Plzni. Z hlediska současného stupně poznání, technického vývoje a zkušeností z praxe se jako perspektivní jeví přenos dat a komunikace na principech celosvětové sítě dnes známé pod názvem Internet – v tom vidím i cestu a budoucnost elektronických komunikačních systémů.

## Použitá literatura:

- [1] MAYER, Daniel. Pohledy do minulosti elektrotechniky: objevy, myšlenky, vynálezy, osobnosti. 2., dopl. vyd. České Budějovice: Kopp, 2004, 427 s. ISBN 80-723-2219-2.
- [2] JÍLEK, František. Studie o technice v českých zemích 1800-1918. 1. vyd. Praha: Národní technické muzeum, 1986, 542 s.
- [3] Wikipedia [online]. [cit. 2012-03-03]. Dostupné z: <http://cs.wikipedia.org/wiki/Telefon>
- [4] Wikipedia. [online]. [cit. 2012-03-03]. Dostupné z: <http://cs.wikipedia.org/wiki/DARPA>
- [5] PETERKA, Jiří. EArchiv. [online]. [cit. 2012-03-03]. Dostupné z: <http://www.earchiv.cz/a95/a504c502.php3>
- [6] Wikipedia. [online]. [cit. 2012-03-03]. Dostupné z: <http://cs.wikipedia.org/wiki/ARPANET>
- [7] Muzeum Spotřebičů [online]. [cit. 2012-31-03]. Dostupné z: [http://www.muzeumspotrebicu.cz/?page\\_id=20](http://www.muzeumspotrebicu.cz/?page_id=20)
- [8] Wikipedia [online]. [cit. 2012-31-03]. Dostupné z: [http://cs.wikipedia.org/wiki/Telefonie#Digit.C3.A1ln.C3.AD\\_telefonie](http://cs.wikipedia.org/wiki/Telefonie#Digit.C3.A1ln.C3.AD_telefonie)
- [9] Wikipedia [online]. [cit. 2012-31-03]. Dostupné z: <http://cs.wikipedia.org/wiki/ISDN>
- [10] PETERKA, Jiří. EArchiv. [online]. [cit. 2012-01-04]. Dostupné z: <http://www.earchiv.cz/b06/b0401003.php3>
- [11] FIALA, Petr a Aleš LAJCMAN. [online]. [cit. 2012-31-03]. Dostupné z: <http://www.artbrno.cz/index.php/technical-articles/theory-experience/85-what-is-dect>
- [12] Wikipedia [online]. [cit. 2012-31-03]. Dostupné z: [http://en.wikipedia.org/wiki/Digital\\_Enhanced\\_Cordless\\_Telecommunications](http://en.wikipedia.org/wiki/Digital_Enhanced_Cordless_Telecommunications)
- [13] DECT - bezdrátová celulární síť [online]. [cit. 2012-31-03]. Dostupné z: <http://www.matra.cz/dect.htm>
- [14] DAMOVO [online]. [cit. 2012-31-03]. Dostupné z: <http://www.damovo.cz/dect-po-ip-siti.html>
- [15] Síťový model TCP/IP. [online]. [cit. 2012-05-16]. Dostupné z: <http://www.earchiv.cz/a92/a231c110.php3>

- 
- [16] Síťový protokol TCP/IP. [online]. [cit. 2012-05-16]. Dostupné z: [http://www.maturita.cz/referaty/informatika/tcp\\_ip.htm](http://www.maturita.cz/referaty/informatika/tcp_ip.htm)
- [17] Kategorie:WEBnet. [online]. [cit. 2012-05-22]. Dostupné z: <http://support.zcu.cz/index.php/Kategorie:WEBnet>
- [18] IP Telefonie. [online]. [cit. 2012-05-16]. Dostupné z: [http://support.zcu.cz/index.php/IP\\_telefonie](http://support.zcu.cz/index.php/IP_telefonie)
- [19] Co je ENUM. [online]. [cit. 2012-05-16]. Dostupné z: <http://enum.nic.cz/page/270/co-je-enum/>
- [20] Roaming na L2 na WLAN controlleru. [online]. [cit. 2012-05-22]. Dostupné z: <http://wh.cs.vsb.cz/sps/images/5/58/Podracky-Cerny-WLCroaming-L2.pdf>
- [21] HANUŠ, Jiří. IP telefonie v podmínkách ZČU. Plzeň, 2010. Diplomová práce. Západočeská univerzita v Plzni. Vedoucí práce Doc. Ing. Jiří Masopust CSc.
- [22] Protokoly TCP/IP. [online]. [cit. 2012-05-16]. Dostupné z: <http://www.earchiv.cz/a98/a817k180.php3>
- [23] IP telefonie/Pořízení IP telefonu (nákup). [online]. [cit. 2012-05-16]. Dostupné z: [http://support.zcu.cz/index.php/IP\\_telefonie/Pořízení\\_IP\\_telefonu\\_\(nákup\)#Objedn.C3.A1vka](http://support.zcu.cz/index.php/IP_telefonie/Pořízení_IP_telefonu_(nákup)#Objedn.C3.A1vka)
- [24] IP telefonie/Hybridní IP telefony. [online]. [cit. 2012-05-16]. Dostupné z: [http://support.zcu.cz/index.php/IP\\_telefonie/Hybridní\\_IP\\_telefony](http://support.zcu.cz/index.php/IP_telefonie/Hybridní_IP_telefony)