

**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**
Zadávající 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: **25. června 2012**
Termín odevzdání bakalářské práce: **24. srpna 2012**


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




Doc. Ing. Vlastimil Skočil, CSc.
vedoucí katedry

V Plzni dne 25. června 2012

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, Eduroam.

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, Eduroam.

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 24.8.2012

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

OBSAH	8
ÚVOD	9
SEZNAM ZKRATEK	10
1 HISTORIE	11
1.1 TELEGRAFIE.....	11
1.1.1 Konstrukce Morseova telegrafu.....	13
1.2 TELEFON.....	15
1.3 BEZDRÁTOVÁ KOMUNIKACE.....	17
1.4 INTERNET.....	18
2 SOUČASNÁ KOMUNIKAČNÍ ZAŘÍZENÍ A TECHNOLOGIE	19
2.1 TELEFONIE.....	19
2.1.1 Analogová telefonie	19
2.1.2 Digitální telefonie	20
2.1.3 VoIP.....	22
2.1.4 DECT.....	23
2.2 POČÍTAČOVÁ SÍŤ/INTERNET	24
2.2.1 TCP/IP model.....	24
2.2.2 Dělení podle rozlehlosti.....	25
3 SYSTÉMY ELEKTROTECHNICKÝCH KOMUNIKACÍ NA ZČU	26
3.1 INFRASTRUKTURA POČÍTAČOVÉ SÍTĚ	26
3.2 EDUROAM.....	29
3.2.1 Hierarchická struktura RADIUS serverů.....	33
3.3 VOIP NA ZČU	35
3.3.1 Volání mimo univerzitu.....	38
3.3.2 Kodeky na ZČU.....	40
3.3.3 Mobilní využití VoIP	40
3.3.4 VoIP Protokoly.....	42
3.3.5 VoIP Telefony.....	42
4 PROGNÓZA VÝVOJE ELEKTRONICKÝCH KOMUNIKAČNÍCH SYSTÉMŮ	44
4.1 PROGNÓZA VÝVOJE ELEKTRONICKÝCH KOMUNIKAČNÍCH SYSTÉMŮ NA ZČU.....	45
4.1.1 VoIP.....	45
4.1.2 WEBnet a rozvoj infrastruktury	45
ZÁVĚR	47
POUŽITÁ LITERATURA:	48

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
DWDM - Dense Wavelength Division Multiplexing
EAP - Extensible Authentication Protocol
GSM – Global System for Mobile Communications
ISDN - Integrated Services Digital Network
LAN - Local Area Network
MAN - Metropolitan Area Network
NREN - National Research and Education Network
PAN - Personal Area Network
PCM - Pulse-Code Modulation
PRI - Primary Rate Interface
QAM - Quadrature Amplitude Modulation
QoS - Quality of Service
RADIUS - Remote Authentication Dial In User Service
SSID - Service Set Identifier
SMF - Single-Mode Fiber
SMTP - Simple Mail Transfer Protocol
TCP/IP - Transmission Control Protocol/Internet Protocol
TDM - Time Division Multiplex
TERENA - Trans-European Research and Educational Networking Association
VDSL2 - Very high speed Digital Subscriber Line 2
VoIP - Voice over Internet Protocol
VRF - Virtual Routing and Forwarding
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 smysly¹ 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

¹ Sluchem, nebo zrakem na pásce

spojení bylo veřejné a sazba za odeslání 20 slov byla kolem 100 USD².

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 zapíše na papír krátkou, nebo dlouhou čáru znázorňující tečky a čárky Morseovy abecedy. Tato doba

² 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 lodi. 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 sestrojít 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 mikrofону vysílacího zařízení. Přijímací část zařízení byla dokonalá a nepotřebovala úpravu. Problém s mikrofonom vyřešil **D. Hedges** (1831 - 1900) roku 1878. Nahradil indukční akusticko-elektrický měnič za vlastní vynález, uhlíkový mikrofón. Postupným zlepšováním se dostal až k prachovému uhlíkovému mikrofónu, 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 vybuzoval 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 vybudené 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 8000Ω a připojen na baterii nepropouštěl žádný proud. Při dopadu elektromagnetické vlny na koherer začalo mezi pilinami docházet k mikroskopickým výbojům, odpor se snížil na 7Ω 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/IP³. 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 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]

³ TCP/IP - Transmission Control Protocol/Internet Protocol

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 střídavý elektrický proud, který je přenášen 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 za nákup telefonních přístrojů 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. Například Dial-up modemy modulují signál do pásma pro přenos hovoru (0,3 – 3,4 kHz) a komunikují přes telefonní přípojku.

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 TDM⁴. 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

ISDN⁵ je plně digitální přenos až k účastníkovi. K převodu signálu na digitální a zpět dochází až v koncovém zařízení. ISDN přípojku lze využít, kromě připojení telefonu i na připojení do Internetu. Jsou dva základní typy ISDN přípojek, BRI⁶ a PRI⁷. 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 ústředí obsahující 30 B-kanálů pro přenos multimédií a jeden D-kanál (64 kbps) pro přenos signalizace. [9]

Tuto technologii lze využívat i k pořádání videokonferencí. K přenosu zvukového a obrazového média se využívá standardní datový kanál 64 kbps. Nejčastějším případem je, že se videokonference účastní dva lidé a k tomu jsou zapotřebí tyto kanály dva. Jedním kanálem tečou data k nám a tím druhým od nás. Při videokonferencích přes ISDN je výhodou zaručená

⁴ TDM - Time Division Multiplex

⁵ ISDN - Integrated Services Digital Network

⁶ BRI - Basic Rate Interface

⁷ PRI - Primary Rate Interface

šířka pásma pro přenos dat a s tím spojená nekóliásající kvalita přenášených multimédií. [9],[29]

2.1.2.2 DSL

DSL⁸ 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 ADSL⁹. Pro většinu uživatelů je tato technologie výhodná. Ale pokud bychom chtěli na PC pořádat například HD videokonference, tak bychom požadovali vyšší a symetrickou přenosovou rychlost, což nám mohou zprostředkovat některé další varianty této technologie, např. VDSL2¹⁰.

Na jednom vedení můžeme provozovat jak analogovou telefonii, ISDN, tak i DSL technologii, aniž by se navzájem rušily. Je to tím, že každá technologie je modulována na jiných frekvencích. Analogová telefonie je přenášena v pásmu 300 – 3400 Hz a ADSL v pásmu 25kHz-1104kHz. V případě ADSL přes ISDN se dolní mezní frekvence pásma ADSL posouvá výše, a to na 138kHz. Samotná technologie ISDN je potom přenášena v pásmu 0 – 25 kHz. Při využívání těchto dvou služeb na jedné lince, hlasové a datové (ADSL), je nutné provozy těchto služeb oddělit. K tomu na telefonní lince slouží tzv. splitter, který tyto dva provozy na lince slučuje/rozděluje.

U ADSL je frekvenční pásmo rozděleno do 256 subpásem. Každé z těchto subpásem přenáší data pomocí fázové modulace QAM¹¹ o čtyřech stavech s rychlostí 6,5 až 50 kbps. Tato metoda přenáší data technologií s více nosnými a umožňuje dosažení rychlosti 8 Mbps k účastníkovi.

Dalšími variantami ADSL jsou například ADSL2 a ADSL2+. ADSL2+ využívá oproti ADSL dvojnásobnou šířku pásma (2,208Mhz) rozděleného do dvojnásobného množství subpásem (512). ADSL2+ umožňuje dosažení rychlosti 25 Mbps k účastníkovi.

⁸ DSL - Digital Subscriber Line

⁹ ADSL - Asymmetric Digital Subscriber Line

¹⁰ VDSL2 - Very high speed Digital Subscriber Line 2

¹¹ QAM - Quadrature Amplitude Modulation

2.1.3 VoIP

VoIP¹² je technologií lišící se od digitální telefonie tím, že přenos dat zajišťuje protokol IP a přenos dat probíhá prostřednictvím strukturované kabeláže. [10]

Důležité pro dobré fungování VoIP je zajištění kvality služeb QoS¹³. 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. 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 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 předčíslo 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 s možností propojení do veřejné 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 variabilita při využívání této technologie. 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

¹² VoIP - Voice over Internet Protocol

¹³ QoS - Quality of Service

(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 DECT¹⁴ 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 CT1¹⁵ a CT2¹⁶. [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 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]

¹⁴ DECT - Digital Enhanced Cordless Telecommunications

¹⁵ CT1 - Cordless telephone generation 1

¹⁶ CT2 - Cordless telephone generation 2

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.

Taková komunikace se dá rozložit na dílčí složky a zobrazit pomocí TCP/IP modelu.

2.2.1 TCP/IP model

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. Tato vrstva nám obstarává komunikaci s přenosovým mediem. Odesílá a přijímá bity. [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

PAN¹⁷ 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.

LAN¹⁸ 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).

CAN¹⁹ 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.

MAN²⁰ 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.

WAN²¹ je rozlehlá počítačová síť pokrývající větší oblast než síť MAN. Tato síť může pokrýt svojí rozlohou i několik států. Největší takovou sítí je Internet.

¹⁷ PAN - Personal Area Network

¹⁸ LAN - Local Area Network

¹⁹ CAN - Campus Area Network

²⁰ MAN - Metropolitan Area Network

²¹ WAN - Wide Area Network

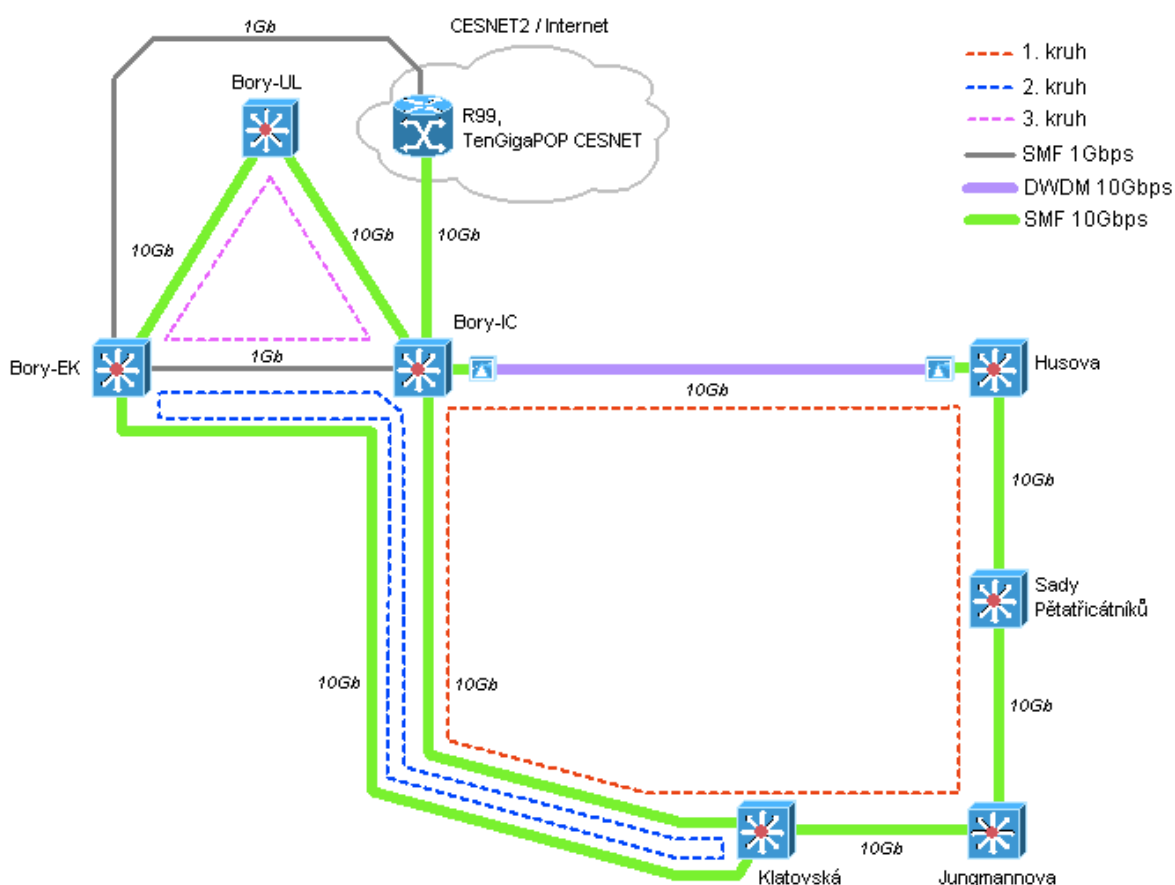
3 Systémy elektrotechnických komunikací na ZČU

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

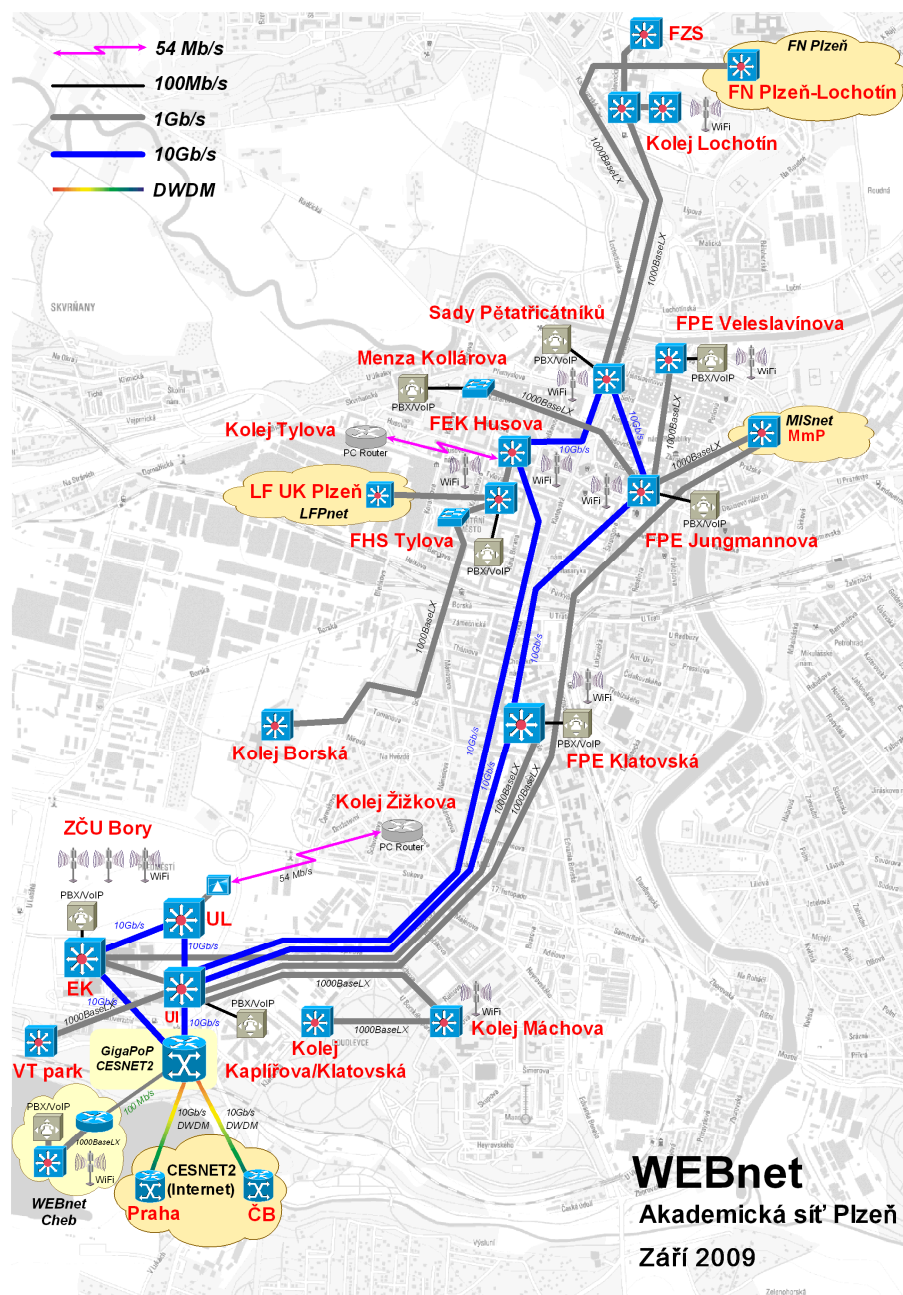


Obr.1 Kruhové topologie sítě WEBnet

Převzato z: http://support.zcu.cz/index.php/Soubor:WEBnet_kruhy.png

Další optické páteřní 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 páteřním 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

Všechna PC na univerzitě mají neomezený přístup do Internetu, vyjma PC připojených prostřednictvím kolejní 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 SMTP²².

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 sítí 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 WPA²³. Uživateli 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]

²² SMTP - Simple Mail Transfer Protocol

²³ WPA - Wi-Fi Protected Access

3.2 Eduroam

Eduroam je akademický roamingový systém poskytující síťovou konektivitu pro své uživatele v připojených organizacích. Přístup je založen na zabezpečené autentizaci v domácí instituci. [18],[19]

Západočeská univerzita je jednou z organizací připojenou k tomuto roamingovému systému v rámci české NREN²⁴. [19]

Hlavním důvodem pro vznik roamingu mezi organizacemi byla snaha umožnit uživatelům přístup k síti v co možná největším počtu lokalit. Poskytnout uživatelům přístup na Internet nejen z univerzity, na které uživatel pracuje či studuje, ale i z jiné, kam přijel jen na krátkou dobu. To je cílem roamingu, který se neomezuje jen na Českou republiku, ale na kterém v současné době spolupracuje mnoho zemí v rámci celé EU. [19]

Uživatel využívá jediného identifikačního jména, které je uloženo v jeho domácí instituci, v našem případě ZČU. Toto jméno ho opravňuje k přístupu do sítě v domácí instituci, ale i v sítích spolupracujících organizací. [19]

Správu roamingu v rámci české sítě národního výzkumu NREN má na starosti společnost CESNET, která je současně provozovatelem této sítě. Pro označení roamingového systému byl zvolen termín eduroam. Logem (viz. Obr.3) této sítě by měly být označeny všechny spolupracující sítě. Toto označení se stává nápomocné uživateli, který se v dané lokalitě vyskytuje. Pokud na webových stránkách, na zdi počítačové učebny nebo na pracovní ploše terminálu nějaké organizace uvidí logo eduroamu, tak z toho může vyvodit, že má možnost připojení v rámci roamingu. Rovněž pro SSID²⁵ se používá název eduroam. [19]



Obr.3 - Logo Eduroamu vytvořeno Pavlem Satrapou
Logo (i název) eduroam je registrovanou ochrannou známkou společnosti TERENA²⁶

²⁴ NREN - National Research and Education Network

²⁵ SSID - Service Set Identifier

²⁶ TERENA - Trans-European Research and Educational Networking Association

Nejdůležitější částí roamingového systému je autentizační a autorizační infrastruktura, ke které jsou připojeny všechny lokální autentizační systémy spolupracujících organizací. Tato infrastruktura zajišťuje především výměnu ověřovacích údajů o jednotlivých uživateli, a to za dodržování přísných bezpečnostních kritérií. Uživatel v síti vystupuje s jedinou identitou a ověřovací údaje uživatelů jsou uschovány v autentizačním systému jeho domovské organizace. Pokud se tento uživatel bude chtít připojit v nějaké hostující síti, tak si autentizační systém vyžádá jeho ověření v domácí síti. Tento přenos autentizačních údajů zajistí právě autentizační a autorizační infrastruktura. Ta je tvořena stromovou hierarchií RADIUS²⁷ serverů. [19],[20]

Aby tato infrastruktura domácí síť našla, tak tvar uživatelského jména je podobný formátu adresy elektronické pošty "jméno@realm". Jméno identifikuje uživatele v domácí síti a realm určuje, o kterou síť se jedná. Pro organizace v ČR má realm koncovku „.cz“. Toto je převzato ze systému DNS a realm je tedy tvořen hierarchicky. Realm může být libovolný řetězec, ale z praktických důvodů, jako je snadná zapamatovatelnost, se realm volí stejný jako doménové jméno instituce. Takovéto uživatelské jméno může pak vypadat například „vladislav@ZCU.cz“ [20]

Pro ověřování uživatelů pro přístup do sítě se v současné době používají tři hlavní mechanismy: [20]

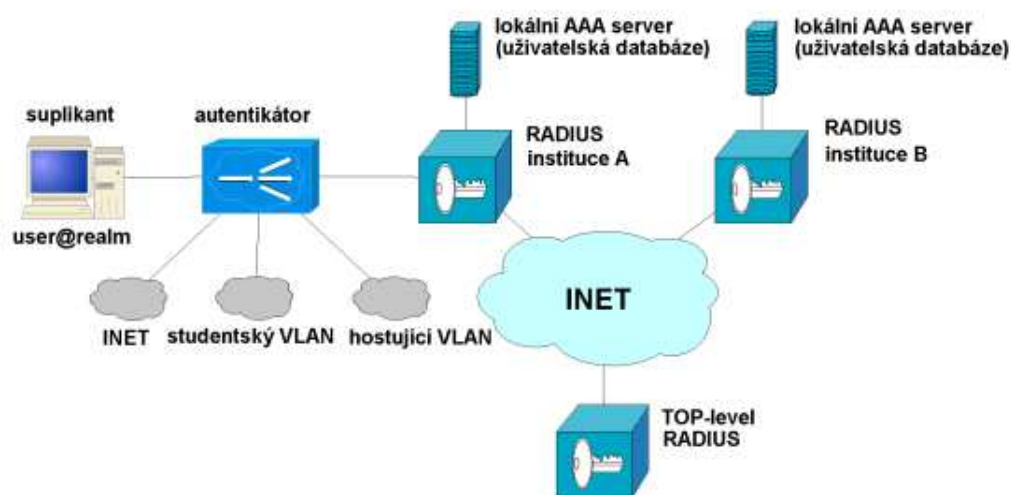
- Autentizace na bázi protokolu 802.1x
- Autentizace na bázi webového formuláře
- Autentizace na bázi VPN spojení

Autentizace na bázi protokolu 802.1x je založen na schopnosti přístupového prvku řídit provoz na jednotlivých portech (AP nebo switch). Uživatel se připojí k síti, kde je veškerý datový provoz blokován. Výjimku tvoří autentizační protokol EAP²⁸. Zde se spustí na straně klienta program suplikant, který vyšle žádost o autentizaci na AP. AP deleguje žádost na RADIUS server a zprostředkuje ověření suplikantu. Pokud se uživatel pokouší o přihlášení v domácí instituci tak ověření proběhne u RADIUS serveru, se kterým AP komunikuje (viz. Obr.4 RADIUS instituce A). Pokud by se uživatel připojoval jako host jiné instituce, tak by byl požadavek autentizace transportován řadou RADIUS serverů až na RADIUS server

²⁷ RADIUS - Remote Authentication Dial In User Service

²⁸ EAP - Extensible Authentication Protocol

uživatelovy domácí instituce (viz. Obr.4 RADIUS instituce B). O povolení či zamítnutí přístupu informuje RADIUS server přímo AP. V závislosti na odpovědi je uživateli buďto povolen, nebo zakázán přístup do sítě, a s tím spojen přístup například do zaměstnanecké sítě nebo na Internet. [19],[20]

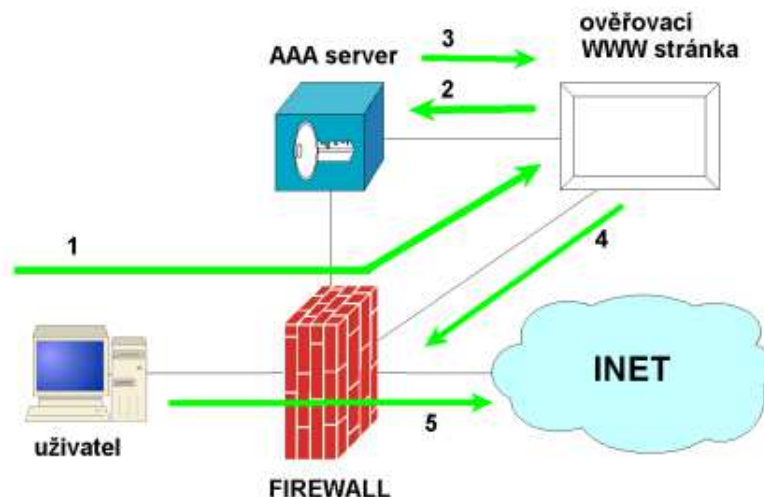


Obr.4 – Autentizace na bázi protokolu 802.1x

Převzato z: <http://eduroam.cz/doku.php?id=cs:spravce:uvod>

V případě **autentizace na bázi webového formuláře** se uživatel připojený do sítě a po spuštění webového prohlížeče nejprve nedostane nikam jinam, než na autentizační WWW stránku, kde je požádán o zadání uživatelského jména a hesla. Ostatní provoz je zakázán. Přístup do sítě je blokován firewallem, který povolí další provoz teprve v okamžiku, kdy dojde k úspěšnému ověření. Pro ověření se opět použije autentizační a autorizační infrastruktura a dotaz je směřován do domácí sítě uživatele. Po úspěšné autentizaci je na firewallu uživateli přístup do sítě odblokován. Postup připojení k síti prostřednictvím webového formuláře je vidět na Obr.5. [20]

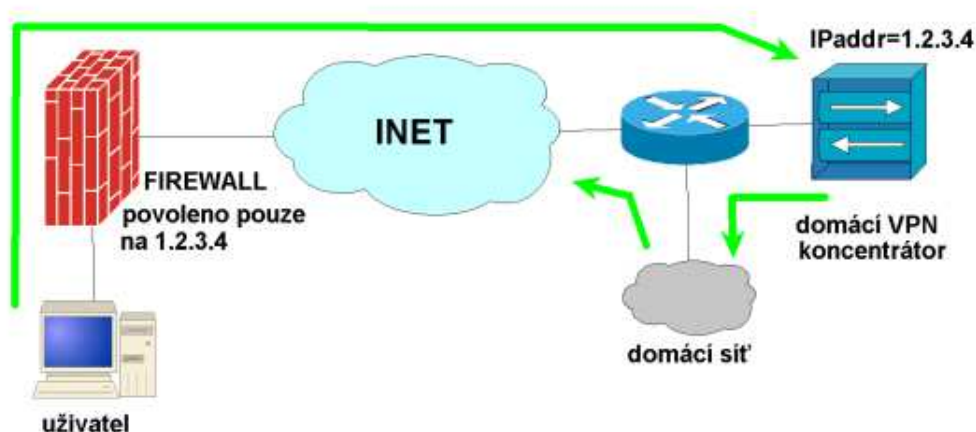
Výhodou tohoto druhu autentizace je jeho jednoduchost a snadná možnost přidávání dočasných účtů externím uživatelům pro připojování do sítě. Nevýhodou je zde nižší míra bezpečnosti než u dalších dvou případů autentizace. [19]



Obr.5 – Autentizace na bázi webového formuláře
Převzato z: <http://eduroam.cz/doku.php?id=cs:spravce:uvod>

Metoda **autentizace na bázi VPN spojení** je trochu odlišná od předchozích dvou. Odlišnost je v tom, že se pro ověření nepoužívá autentizační a autorizační infrastruktura. Ověření probíhá po připojení na VPN koncentrátor v domácí instituci. Na firewallu je povoleno spojení pouze na úzce omezenou množinu VPN koncentrátů všech spolupracujících institucí. Do každé spolupracující organizace je povolen přístup na jeden VPN koncentrátor. Nikam jinam než na VPN koncentrátor firewall přístup nepovolí. Uživatel si spustí VPN klienta a pokusí se připojit na koncentrátor své domácí instituce. Hlavní myšlenkou je, že jakmile se uživateli povede navázat spojení na domácí koncentrátor, je v síti znám a má právo VPN využívat, může pokračovat. Po ověření může již dál bezproblémově síť používat, jako by byl právě ve své domácí instituci. Pokud ne, nikam se nedostane. [19],[20]

Nevýhodou připojení přes VPN může být v toku dat. Krom samotné komunikace do Internetu nám přibývá ještě cesta paketů z navštívené organizace do naší domácí organizace a zpět což přispívá k celkové latenci. To by mohlo tvořit problém například v IP telefonii, která je citlivá na každé zpoždění. [19]



Obr.6 – Autentizace na bázi VPN

Převzato z: <http://eduroam.cz/doku.php?id=cs:spravce:uvod>

3.2.1 Hierarchická struktura RADIUS serverů

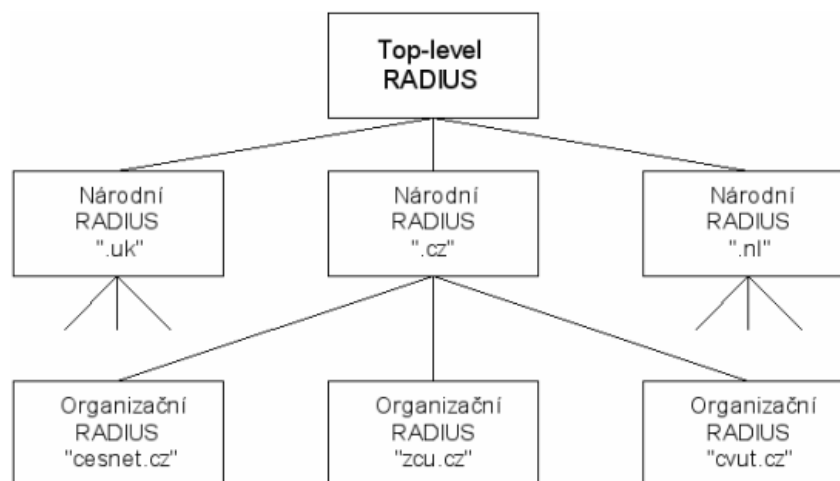
Pro ověřování na bázi 802.1x a webového rozhraní je klíčová hierarchická autentizační a autorizační infrastruktura struktura RADIUS serverů (obr. 7). Každá spolupracující instituce má svůj RADIUS server, který dokáže ověřit uživatele z té dané instituce. Tyto uživatelské účty jsou vedeny přímo na RADIUS serveru. Tyto “organizační” RADIUS servery jsou v rámci dané země propojeny k “národnímu” RADIUSu, který zajistí předávání požadavků na ověřování mezi institucemi. Provoz tohoto serveru v ČR zajišťuje v současné době CESNET. Směrování ověřovacích požadavků mezi servery je založeno na koncepci tzv. realmů, jak již bylo výše zmíněno. Národní RADIUS server je tedy zkonfigurován tak, aby dokázal směřovat všechny dotazy na realm “.cz”. Podle zbývajících částí doménově strukturovaného jména se určí, na který organizační RADIUS server bude požadavek směřován. Tato koncepce je vlastně neomezeně škálovatelná, takže i v rámci jedné organizace může být více “podrealmů”. [19]

Nad národními servery existuje ještě tzv. Top-level RADIUS server, který propojuje všechny národní RADIUS servery. Tento server má na starosti společnost SURFNet (operátor holandské NREN). [19]

Výše jsem použil příklad „vladislav@ZCU.cz“. Pokud bychom se chtěli identifikovat v nějaké síti mimo ČR, tak by požadavek prošel přes Top-level RADIUS, který by ho směřoval na národní RADIUS České republiky (podle národní domény „.cz“). Tam by byla nalezena instituce s realmem ZCU.cz a dotaz by byl směřován na RADIUS s tímto ralmem.

Na tomto serveru by byl vyhledán uživatel se jménem „vladislav“ a pokud existuje a byl zároveň ověřen, tak se zpět vrátí povolení ke vstupu do systému Eduroam.

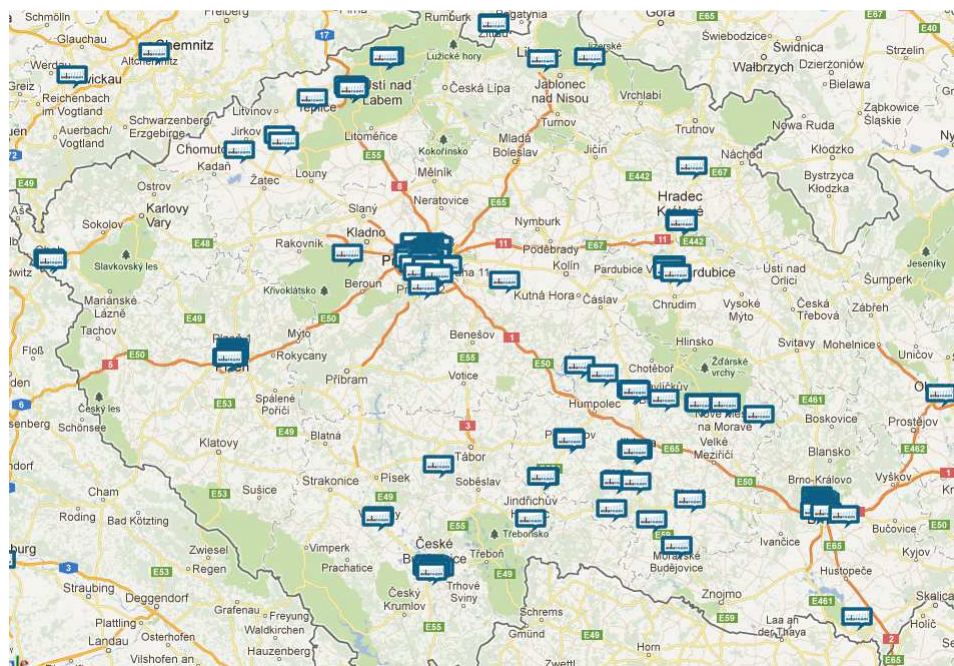
Například pokud bychom se připojovali z University of Cambridge ve Velké Británii, tak bychom byli směrováni RADIUS servery, které je možno vidět na Obr.5. Od RADIUS serveru „.uk“, přes Top-level, „.cz“ až k „ZCU.cz“ a stejnou cestou zpět, až na „cam.ac.uk“ patřící Cambridgeské univerzitě.



Obr.7 Hierarchická struktura RADIUS serverů

Převzato z: <http://eduroam.cz/doku.php?id=cs:spravce:uvod>

Pro představu o velikosti systému Eduroam jsem do práce připojil i výřez z mapy zobrazující především území ČR. Mapa je na Obr.8



Obr.8 Zobrazení části nekompletní mapy připojených institucí

Převzato z: <http://monitor.eduroam.org/gmap.php>

3.3 VoIP na ZČU

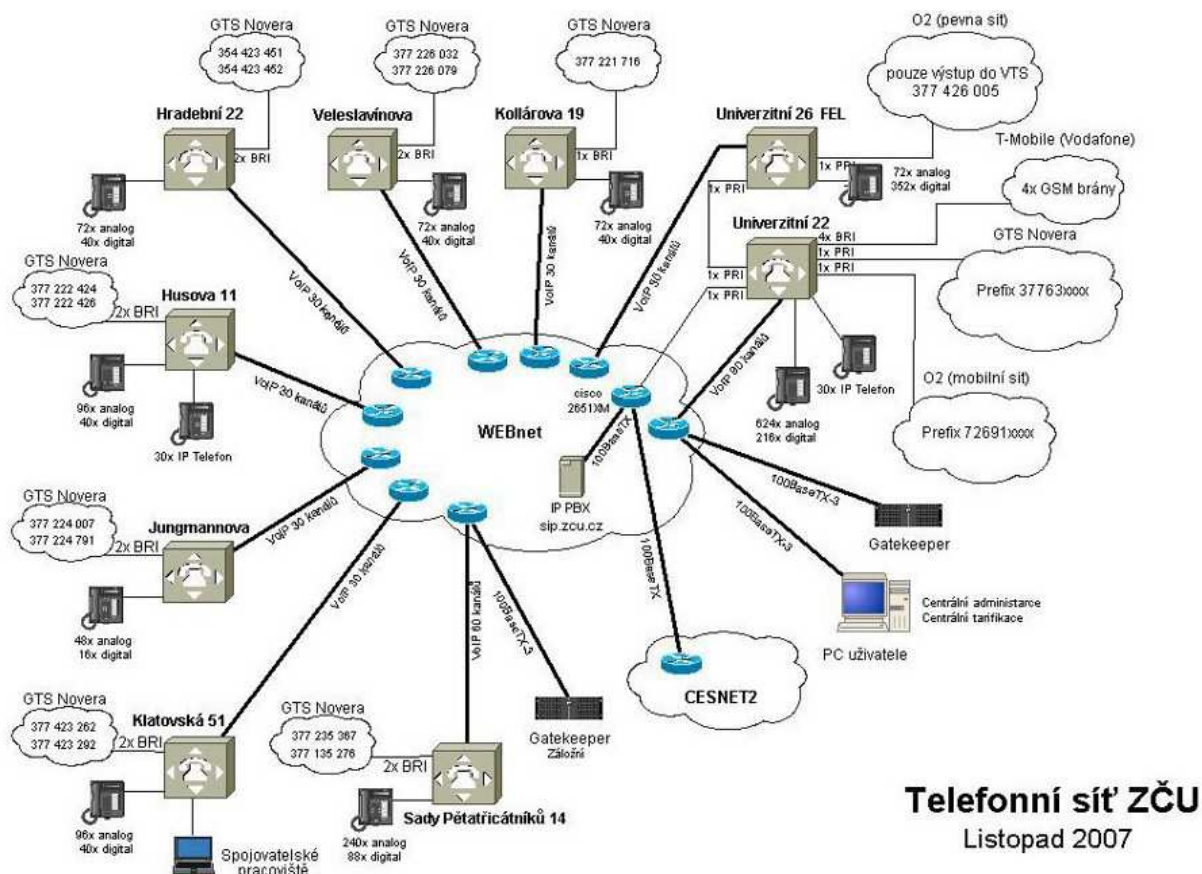
Před vybudováním VoIP systému byl na ZČU vybudován systém telefonních ústředn, který inovoval stávající telefonní síť. Došlo k tomu v prosinci roku 2002 za spolupráce firem HiTel s.r.o a Inel-holding a.s, s firmou Siemens s.r.o.

Bylo instalováno několik digitálních ústředn v lokalitách na následujících adresách:

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

Tyto digitální telefonní ústředny byly připojeny na stávající telefonní rozvody. [Informace z technické zprávy společnosti Siemens s.r.o.]

VoIP systém je na ZČU budován až od roku 2006 a aktuálně směřuje veškerý hlasový provoz univerzity, který čítá okolo 3000 aktivních telefonních čísel. Systém telefonních ústředn zůstal nadále v provozu a jednotlivé ústředny se také dočkaly připojení k systému VoIP a to za pomoci periférií přidaných do těchto ústředn. Jednotlivé ústředny byly rozšířené o VoIP Gatewaye vnitřně připojené rozhraním ISDN30. Připojení VoIP GW se stává nejslabším článkem řetězu, a proto jednotlivé ústředny mohou skrze toto rozhraní spojit jen 30 VoIP hovorů naráz. Ústředna je dále za VoIP GW připojena sto-megabitem na optickou páteř (10Gbps) síť WEBnet (IP příčky). Prostřednictvím těchto připojení k WEBnetu spolu telefonní ústředny spolupracují jako jeden logický celek a sdílí jednotný číselný plán. [21]



Obr.9 Telefonní síť ZČU 2007
Převzato z: <http://tlf.zcu.cz/telsit.html>

Za dobu, která do dnešního dne uběhla, došlo v telefonní síti ZČU ke změnám. Telefonní ústředny v lokalitách Veleslavínova 42 a Kollárova 19 byly odpojeny. Telefony byly nahrazeny VoIP telefony napojenými na strukturovanou kabeláž sítě WEBnet.

Velký důraz je kladen na vysokou spolehlivost celého systému, a proto je většina důležitých míst zdvojena a pomocí síťových protokolů zajištěna vysoká spolehlivost a dostupnost celého systému. [21]

Celý VoIP systém je uzavřen do jedné virtuální sítě za pomoci technologie Lite VRF²⁹ oddělující datový provoz na síti. Tato síť je se sítí WEBnet propojena přes aplikační stavový firewall, a to opět ve zdvojeném zapojení. To znamená, že veškerá komunikace se kteroukoli částí systému VoIP je řízena firewallem. Samotná virtuální síť je ještě dále dělena, aby bylo možné řídit přístup do jednotlivých podsítí zvlášť. [21]

²⁹ VRF - Virtual Routing and Forwarding

Co se týče uživatelů, tak ti mohou mít různá práva pro volání a to v závislosti na administrátorovi VoIP sítě, který může přidělovat následující oprávnění:

- ENUM
- ZČU
- Pevné sítě ČR
- Mobilní sítě ČR
- Mezinárodní volání
- Linky se zvýšeným tarifem

Oprávnění ZČU povoluje volání v rámci Západočeské univerzity. [21]

Celý systém VoIP telefonie na ZČU je připojen do IP telefonie sdružení CESNET z.s.p.o. Uživatelé, kteří mají uděleno oprávnění pro volání „ENUM“ se mohou dovolat za minimální poplatek nebo zdarma na čísla dosažitelná pomocí systému ENUM. [22] [21]

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. [23]

3.3.1 Volání mimo univerzitu

Pro volání mimo univerzitu se využívá předvoleb před volaným číslem, které určují, jakou cestou bude hovor spojen. Tyto předvolby jsou uvedeny v následující tabulce.

Volací kódy pro jednotlivé směry (operátory)			
Tónová volba + digitální telefony	Pulsní volba	Typ volání	Operátor
0	0	Optimalizované volání	Přes všechny
#01	8951	Přímé volání	Cesnet
#02	8952	Přímé volání	Centrální O2 pevná síť
#03	8953	Přímé volání	Místní připojení GTS Novera
#04	8954	Přímé volání	Centrální GTS Novera
#05	8955	Přímé volání	O2 mobilní síť (pouze čísla O2 mobilní síť)
#06	8956	Přímé volání	GSM brány (všichni mobilní operátoři)

Kódy pro přímé volání jsou připraveny pro případný výpadek jednoho z operátorů, nebo pro případ, že některý ze směrů nebude daným operátorem podporován.

Při použití předvolby „0“ je vybrána optimální cesta (nejlevnější varianta) podle typu volání a podle smluvních poplatků s operátory tak, aby hovor vyšel co nejlevněji. K tomuto výběru dochází v SIP serveru, nebo v ústřednách Siemens Hi-Path.

Postup při výběru spojování hovoru optimální cestou je vidět v následující tabulce.

Optimalizované volání a případné přelivy		
Sítě	Typ volání	Operátor
Pevné síť	<i>Místní volání</i>	GTS Novera
		O2
	<i>Meziměstské volání</i>	GTS Novera
		O2
	<i>Zahraniční volání</i>	GTS Novera
		O2
	<i>Ostatní služby O2 (čísla začínající 1, 8, 9)</i>	O2
	GTS Novera	
Mobilní síť	O2	O2 – Conex (pouze O2)
		GSM brány (T-Mobile a Vodafone)
		GTS Novera
		O2
	T-Mobile	GSM brány (T-Mobile a Vodafone)
		GTS Novera
		O2
	Vodafone	GSM brány (T-Mobile a Vodafone)
		GTS Novera
		O2

Přelivy hovorů do pevné sítě jsou přes mobilní operátory zakázány.

V následující tabulce jsou vypsána jednotlivá připojení do veřejné telefonní sítě a na GSM brány, což bylo názorně zobrazeno na Obr.9.

Přehled operátorů na ZČU				
Operátor	Typ připojení	Lokalita	Účastnické číslo	Identifikace ve VTS
GTS Novera	1*PRI/ISDN30/	Univerzitní 22	377 63x xxx	ano
	3*BRI/ISDN2/	Sady Pětatřicátníků 14	377 235 276 377 235 367 377 322 668	ano
	2*BRI/ISDN2/	Husova 11	377 222 424 377 222 426	ano
	2*BRI/ISDN2/	Jungmannova 1	377 224 007 377 224 791	ano
	2*BRI/ISDN2/	Veleslavínova 42	377 226 032 377 226 079	ano
	2*BRI/ISDN2/	Klatovská 51	377 423 262 377 423 292	ano
	1*BRI/ISDN2/	Kollárova 19	377 222 716	ano
	2*BRI/ISDN2/	Hradební, Sheb	354 423 451 354 423 452	ano
Cesnet	1*PRI	Univerzitní 22	377 63x xxx ³⁰	ne ³¹
O2 mobilní síť	1*PRI/ISDN30/	Univerzitní 22	726 91x xxx	ano
T-mobile	4*BRI/GSM brány/	Univerzitní 22	605 xxx xxx	ne
O2	1*PRI/ISDN30/	Univerzitní 26	377 426 005	ano

³⁰ Tímto telefonním číslem je ZČU identifikována v Cesnetu

³¹ Správná identifikace čísla je pouze v rámci sítě Cesnet. V případě výstupu do VTS je hovor identifikován bránou pro výstup z Cesnetu do VTS (234 680 111)

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

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. [22]

3.3.2 Kodeky na ZČU

VoIP telefony na ZČU mezi sebou nejčastěji komunikují za pomoci kodeku G.711 A-law, který se využívá i k volání mimo VoIP. Kodek využívá bezeztrátový algoritmus, který dosahuje stejné kvality, jaké dosahujeme i u digitální telefonie. Jedná se o PCM³² bez komprese a požadovaná šířka pásma pro tento kodek je 64 kbps bez IP režie.

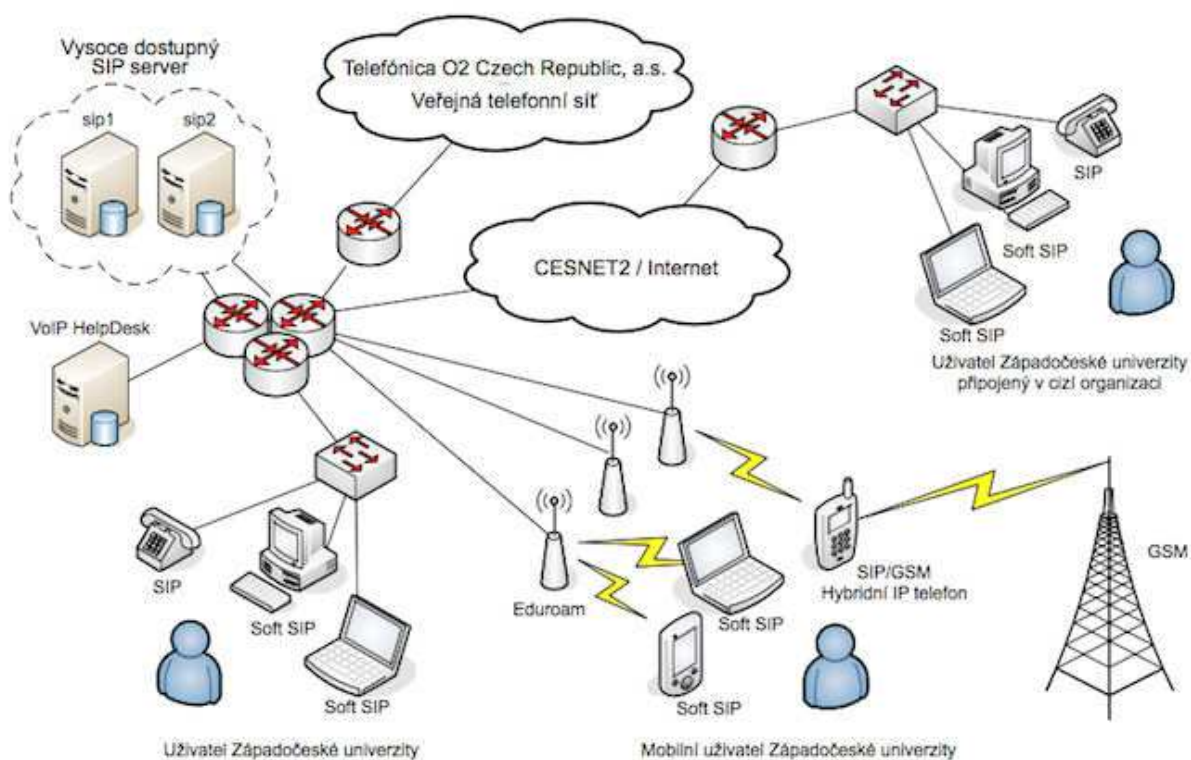
3.3.3 Mobilní využití VoIP

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/SIP³³ 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

³² PCM - Pulse-Code Modulation

³³ GSM – Global System for Mobile Communications

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. 10. [22], [24], [Informace od síťového specialisty Ing. Martina Šimka Ph.D]



Obr.10 Schéma IP telefonie na Západočeské univerzitě

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

3.3.4 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 RTP³⁴ 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 právě již zmíněný 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. [25], [26]

3.3.5 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. [27]

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 PoE³⁵ 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. [27]

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

³⁴ RTP - Real-time Transport Protocol

³⁵ PoE - Power over Ethernet

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. [28]

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 optického spojení, což je můj hlavní předpoklad do budoucna. Také předpokládám, že bezdrátové spojení zůstane i v budoucnu v největší míře pouze na poslední míli. 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 raději nebudu pouštět. Takové technologie, jako ovládání zařízení myšlenkou, tedy mozkiem, jsou dnes již realitou, ale pořád nedosahují výsledků, jaké bychom od takových technologií očekávali. 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 od jeho počátku více jak milionkrát.

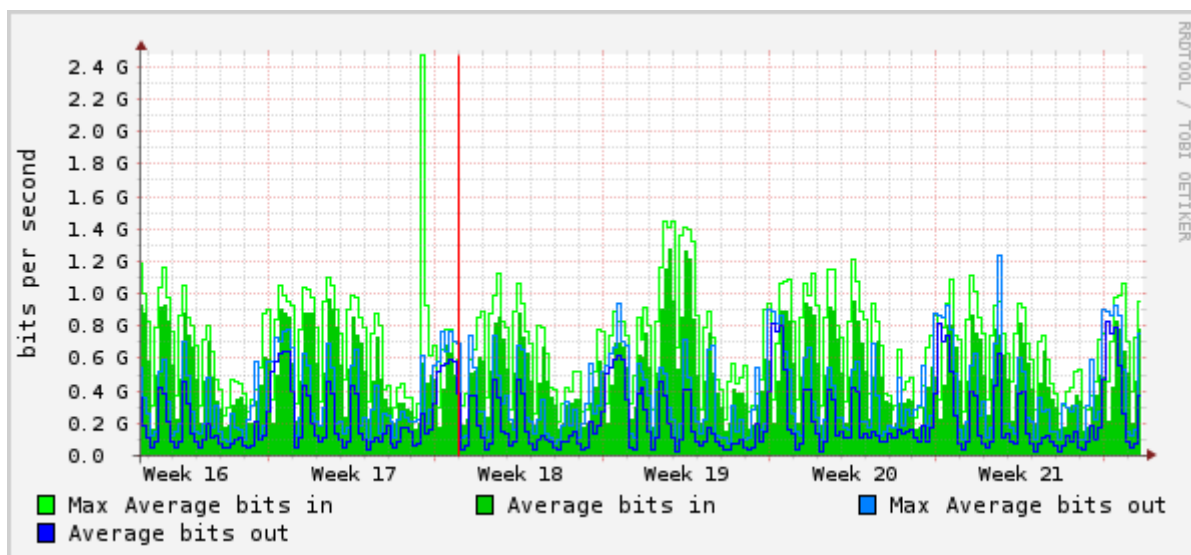
4.1 Prognóza vývoje elektronických komunikačních systémů na ZČU

4.1.1 VoIP

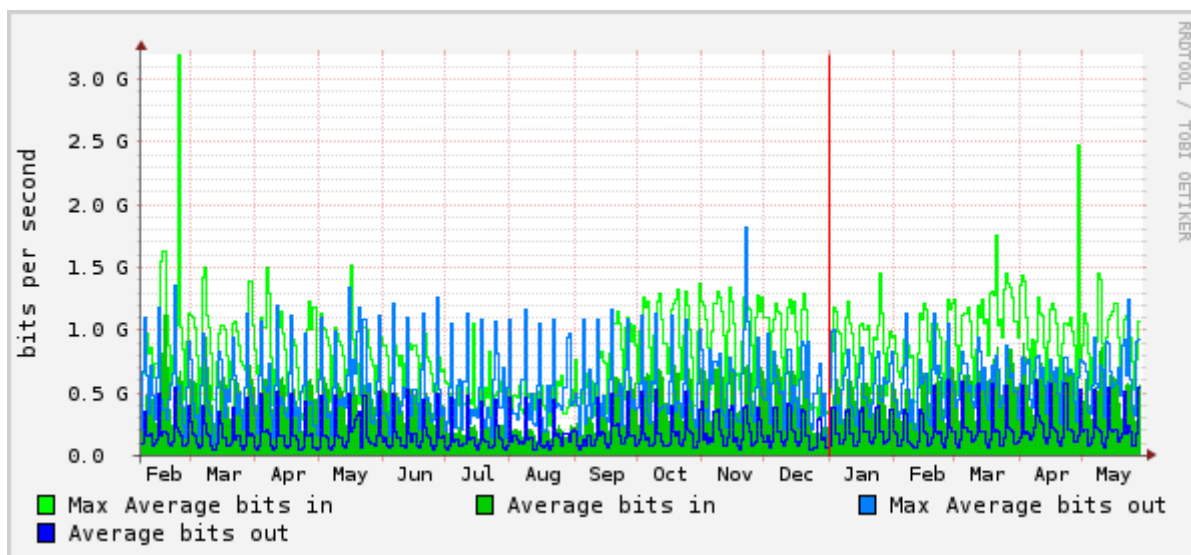
Na ZČU je snaha o úplný přechod na VoIP telefonii. Takovýto krok vyžaduje velké investice, a proto se budou změny telefonní infrastruktury v jednotlivých budovách provádět postupně. Takováto změna bude brzy aplikována v budově ZČU v Kollárově ulici. Stará telefonní ústředna bude odstraněna a nově nakoupené 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. 11 Měsíční diagram využití šířky pásma do Internetu
Převzato od: Ing. Martina Šimka Ph.D



Obr. 12 Roční diagram využití šířky pásma do Internetu
Převzato od: Ing. Martina Šimka Ph.D

Z diagramů na obr. 11 a obr. 12 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 optickými kabely 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. 2012-08-08]. Dostupné z:
<http://en.wikipedia.org/wiki/Telephone>
- [4] Wikipedia. [online]. [cit. 2012-05-08]. Dostupné z:
<http://en.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. 2012-08-08]. Dostupné z:
<http://en.wikipedia.org/wiki/ARPANET>
- [7] Muzeum Spotřebičů [online]. [cit. 2012-31-03]. Dostupné z:
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
- [9] Wikipedia [online]. [cit. 2012-03-08].
http://en.wikipedia.org/wiki/Integrated_Services_Digital_Network
- [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
- [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
- [17] Kategorie:WEBnet. [online]. [cit. 2012-05-22]. Dostupné z:
<http://support.zcu.cz/index.php/Kategorie:WEBnet>
- [18] Roamingová politika. [online]. [cit. 2012-08-15]. Dostupné z:
http://eduroam.cz/lib/exe/fetch.php?id=cs%3Aroamingova_politika&cache=cache&media=cs:cz_roam_policy_v2.0.pdf
- [19] Popis roamingu a mobility v rámci české NREN. [online]. [cit. 2012-08-15]. Dostupné z: <http://eduroam.cz/doku.php?id=cs:spravce:uvod>
- [20] Jednoduchý popis fungování roamingu a mobility pro uživatele. [online]. [cit. 2012-08-15]. Dostupné z: http://eduroam.cz/doku.php?id=cs:uzivatel:fungovani_roamingu
- [21] VoIP ZČU. [online]. [cit. 2012-08-15]. Dostupné z:
https://sip.cesnet.cz/cs/implementace/voip_zcu
- [22] IP Telefonie. [online]. [cit. 2012-05-16]. Dostupné z:
http://support.zcu.cz/index.php/IP_telefonie
- [23] Co je ENUM. [online]. [cit. 2012-05-16]. Dostupné z: <http://enum.nic.cz/page/270/co-je-enum/>
- [24] 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>
- [25] HANUŠ, Jiří. IP telefonie v podmínkách ZČU. Plzeň, 2010. Diplomová práce. Západočeská univerzita v Plzni. Vedoucí práce Doc. Ing. Jiří Masopust CSc.
- [26] Protokoly TCP/IP. [online]. [cit. 2012-05-16]. Dostupné z:
<http://www.earchiv.cz/a98/a817k180.php3>
- [27] 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)
- [28] IP telefonie/Hybridní IP telefony. [online]. [cit. 2012-05-16]. Dostupné z:
http://support.zcu.cz/index.php/IP_telefonie/Hybridní_IP_telefony
- [29] <http://www.cesnet.cz/videokonference/systemy/isdn.html>