

Západočeská univerzita v Plzni

FAKULTA PEDAGOGICKÁ

KATEDRA VÝPOČETNÍ A DIDAKTICKÉ TECHNIKY

VÝUKOVÁ LABORATOŘ PRO PŘEPÍNÁNÍ A ROUTOVÁNÍ SÍTÍ
DIPLOMOVÁ PRÁCE

Bc. Jan Bezděka
Učitelství pro 2. stupeň ZŠ, obor FY-Inf
léta studia (2010-2012)

Vedoucí práce: *Dr. Ing. Jiří Toman*

Plzeň, 29.6.2012

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci vypracoval samostatně s použitím uvedené literatury a zdrojů informací.

Plzeň, 29.6.2012

.....
vlastnoruční podpis

OBSAH

1	ÚVOD	1
2	ANALÝZA MOŽNOSTÍ PRO REALIZACI VÝUKOVÉHO PRACOVIŠTĚ	2
2.1	DOSTUPNÁ ZAŘÍZENÍ	3
2.1.1	Přepínač Cisco Catalyst 2960	3
2.1.2	Přepínač Cisco Catalyst 3560	8
2.1.3	WiFi Router SMC WGBR14-N	8
3	NÁVRH PRACOVIŠTĚ PRO VÝUKU PŘEPÍNÁNÍ A SMĚROVÁNÍ.....	13
3.1	FYZICKÉ ŘEŠENÍ.....	13
3.1.1	Vlastní realizace.....	13
3.2	VIRTUALIZACE	15
3.2.1	Cisco Packet Tracer	16
3.2.2	Graphical Network Simulator	18
3.3	INTEGRACE WI-FI ZAŘÍZENÍ DO MODELOVÉHO PRACOVIŠTĚ	21
4	NÁVRH ZPŮSOBU VÝUKY PŘEDMĚTU POČÍTAČOVÉ SÍTĚ	23
4.1	OSNOVA.....	24
4.1.1	1. výukový modul.....	24
4.1.2	2. výukový modul.....	25
4.1.3	3. výukový modul.....	33
4.1.4	4. výukový modul.....	33
4.1.5	5. výukový modul.....	34
4.1.1	6. výukový modul.....	36
4.1.2	Doplňkový výukový modul	37
5	ZÁVĚR.....	39
6	SEZNAM OBRÁZKŮ	41
7	SEZNAM TABULEK	42
8	SEZNAM LITERATURY	43
9	RESUMÉ	44
10	PŘÍLOHY	I
10.1	TABULKA 5 -VYBRANÉ VLASTNOSTI KONFIGUROVANÝCH ZAŘÍZENÍ C2960 A C3560.....	I
10.2	CD PŘÍLOHA.....	II

1 ÚVOD

V současném světě výpočetní techniky hraje komunikace zcela zásadní roli. Během posledních deseti let došlo ke značné proměně ve využití výpočetní techniky. Počítače jako autonomní systémy jsou dnes prakticky nepoužitelné. Síla výpočetní techniky v současné době spočívá v připojení k síti. Vznik Internetu zcela změnil vnímání výpočetní techniky, stala se masově přístupnou a zároveň také součástí běžného života. Na pozadí těchto změn jsou datové komunikační sítě. I přesto, že mají pro fungování dnešní společnosti zásadní význam, bývají při výuce často opomíjeny. Jedním z cílů této práce je přispět ke změně této situace.

V úvodní části práce analyzujeme možnosti vzniku výukového pracoviště počítačových sítí na Katedře výpočetní a didaktické techniky. Součástí analýzy je rovněž studium zařízení, která jsou k dispozici, jejich konfigurace a následné představení. V druhé části navrhujeme možnosti fyzického řešení pracoviště. Předkládáme návrhy na doplnění zařízení. Samostatně poté zmiňujeme problematiku virtualizace, kterou považujeme za možné východisko z hlediska materiálního zabezpečení. Ve třetí části se zaměřujeme na integraci wi-fi zařízení do výuky a zároveň na jeho harmonizaci při použití s ostatními síťovými prvky. Čtvrtá část se zabývá návrhem osnovy pro výuku předmětu počítačové sítě. Tato část je na základě analýzy dosavadních zkušeností s výukou členěna do šesti výukových modulů, jež také obsahují návrhy praktických cvičení.

Cílem naší práce je aplikovat zkušenosti, jež jsme získali při absolvování předmětu počítačové sítě, a následné vyhodnocení zpětné vazby od ostatních studentů, tak aby se plně využily možnosti, jež jsou nyní na katedře k dispozici. Zároveň se pokusíme optimalizovat obsah výuky, tak aby byl pro studenty učitelství nanejvýš přínosný.

2 ANALÝZA MOŽNOSTÍ PRO REALIZACI VÝUKOVÉHO PRACOVIŠTĚ

Výuku předmětu Počítačové sítě a distribuované systémy (dále jen PSBSB) absolvovalo za poslední čtyři roky průměrně 26¹ studentů za rok. Hodinová dotace činí dvě hodiny pro přednášku a dvě hodiny pro cvičení za týden. Celkem je k dispozici padesát dva hodin za semestr. Součástí výuky je rovněž téma distribuované systémy, jemuž je věnována polovina hodinové dotace výuky. Semináře jsou obvykle děleny na dvě až tři skupiny, tak aby maximální počet osob nepřesáhl osm cvičících.

Pro realizaci výukového pracoviště byla původně zamýšlena místnost KL 220. V této místnosti však současně probíhá i výuka dalších předmětů. Zařízení by proto bylo nutné někde uchovávat. Problémy by přinášelo i časté přenášení zařízení, během něhož hrozí poškození. Současná² situace vznik konkrétní specializované síťové učebny neumožňuje, řešení tedy musí umožňovat flexibilní realizaci výuky, současně však s minimálními náklady na dokoupení dalšího vybavení.

Jedním z vážných problémů, jenž nastává při realizaci síťové učebny, je fakt, že veškeré počítače na KVD spadají pod centrální správu CIV³u. Instalovat nové programy je možné pouze za splnění určitých podmínek a je rovněž nutné je počítat s časovým předstihem žádosti. Dalším problémem je manipulace s počítači (například při připojování převodníků), a zejména pak nemožnost měnit nastavení sítě a obecně malá administrativní práva studentů. Cvičení se rovněž z pochopitelných důvodů nesmí dostat do kolize s existující univerzitní počítačovou sítí. Po dohodě s vyučujícím jsme dospěli k názoru, že na cvičení budou studenti využívat vlastní notebooky. Na těchto zařízeních mají administrátorská práva, a budou tak pracovat s operačním systémem, který ovládají.

Vzhledem ke značné ceně zařízení je nereálné přechovávat je volně v učebnách, z nichž jsou některé přístupné i studentům jiných oborů. Problémem je rovněž umístění IOS na paměťové kartě, již lze ze zařízení snadno odebrat. Z našich zkušeností vyplývá, že navzdory minimální kapacitě (64MB) a tedy i ceně karty, se tato často stává objektem odcizení. Problémem je také vandalismus, který postihuje například síťové konektory a je obtížně odhalitelný. V neposlední řadě je třeba také počítat s rizikem poškození zařízení

¹ Zdroj: IS/STAG ZČU.

² 2011/2012

³ CIV - Centrum informatizace a výpočetní techniky při ZČU.

při častém přenášení. Řešením, jemuž se budeme podrobně věnovat, je použití rozvaděče (rack), v němž jsou zařízení umístěna.

Učebny na KVD jsou vybaveny PC s dostatečným výkonem na realizaci emulace počítačové sítě. Z hlediska nákladů a bezpečnosti považujeme za současného stavu a s výhledem do budoucna za optimální variantu soustředit převážnou část výuky na virtuální zařízení.

2.1 DOSTUPNÁ ZAŘÍZENÍ

2.1.1 PŘEPÍNAČ CISCO CATALYST 2960



Obrázek 1- Catalyst 2960 přední panel.

Pro realizaci laboratoře jsou k dispozici dva kusy Catalyst 2960 od výrobce Cisco. Jedná o v současnosti nejpoužívanější přepínač, se kterým se lze v průmyslovém prostředí setkat. V našem případě máme k dispozici variantu s označením modelu: WS-C2960-24TT-L. Z označení lze dekódovat základní parametry zařízení. V tomto případě se jedná o zařízení z řady Catalyst pracující na druhé vrstvě ISO/OSI modelu (tj. nepracuje s IP adresou), jež je vybaveno 24 přepínacími porty. Jsou použity standardní metalické porty osazené konektory RJ45. Všechny 24 přepínacích portů pracuje s rychlostí 10/100Mbit a dva porty jsou vyhrazeny pro uplink s rychlostí 10/100/1000Mbit. Výrobce udává datovou propustnost zařízení je 16Gb/s. Použitý je procesor PowerPC405. Pro procesy je k dispozici 61440KB/4088KB operační paměti. Pro uložení konfigurace je vyhrazeno 64KB NVRAM. Zařízení obsahuje základní verzi IOS s označením C2960-LANBASE-M ve verzi 12.2. Image s IOS je označena c2960-lanbase-mz.122-35.SE5.

Zařízení je dále vybaveno modře barevně odlišeným portem, který je označen „CONSOLE“ a slouží pro připojení na administraci zařízení.

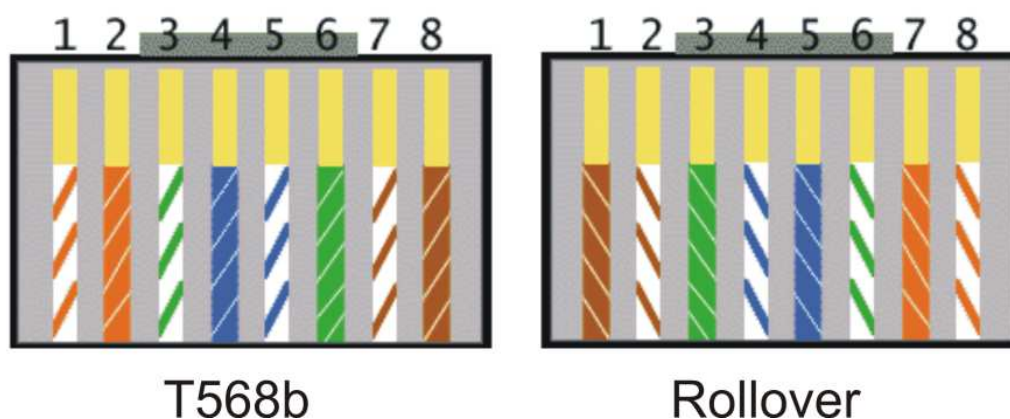


Obrázek 2 - Červeně zvýrazněný konzolový port, Catalyst 2960

MANAGEMENT ZAŘÍZENÍ

Fyzické připojení

Pro konfiguraci se k zařízení musíme nejprve připojit. Obecně platí, že u nového zařízení je možné se připojit k libovolnému portu pomocí přímého⁴ kabelu. U již nastaveného zařízení tato možnost bývá často zakázána, neboť se jedná o bezpečnostní riziko. My budeme pro konfiguraci používat speciálně vyhrazený konzolový port. Pro připojení k tomuto portu je potřeba zvláštní typ kabelu označovaný jako rollover, který vznikne zapojením dle T568b na jedné straně a zrcadlovým zapojením na straně druhé. Tento kabel je poté připojen do redukce na konektor DB9 a následně na COM port v PC.



Obrázek 3 - Zapojení kabelu typ rollover

Cisco dodává kabel, kde na jedné straně je konektor RJ45 a na druhé konektor DB9. Kabel je proveden v modré barvě, stejně je obvykle zvýrazněn i port na zařízení. Použitím tohoto kabelu odpadá jedna redukce. Kabel je poměrně drahý, ale zakoupení vyjde výhodněji než pořizovat redukci na DB9. Vlivem setrvačnosti výrobců se s velkým opožděním začínají teprve v poslední době objevovat USB konfigurační porty na zařízeních. U modelu, který jsme měli k dispozici, se však opět jednalo o převodník, jenž byl již integrovaný do zařízení.

⁴ UTP kabel zapojený stejně na obou koncích, v Evropě jsou obvykle zapojeny podle normy T568B.



Obrázek 4 - Cisco konzolový kabel

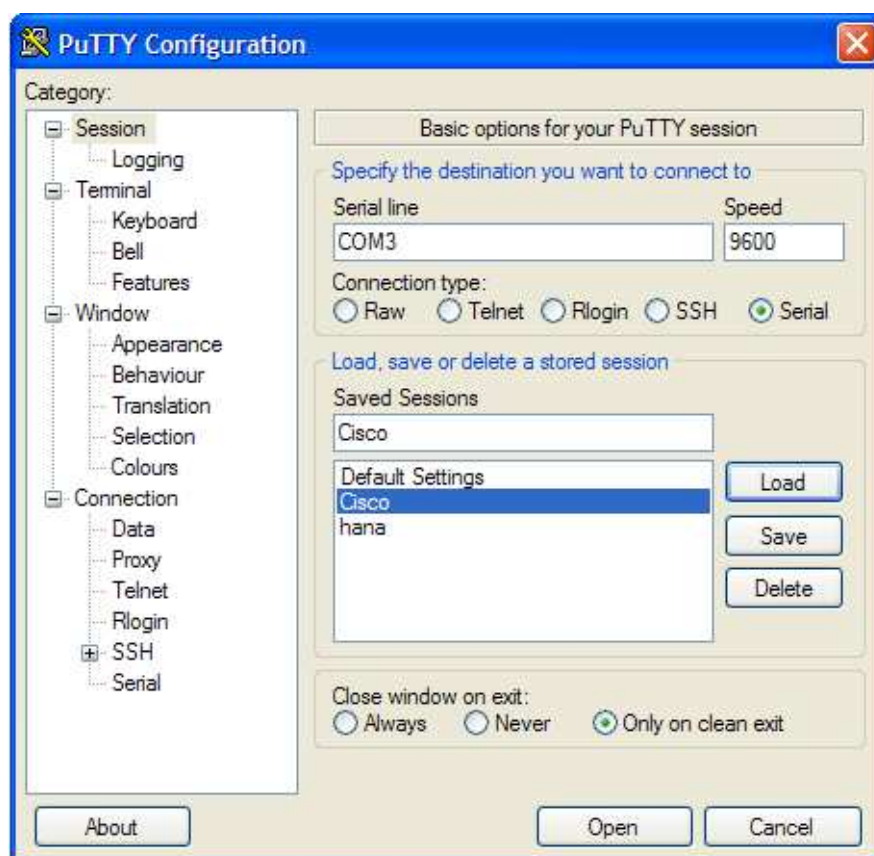
Na dnešních PC, a to zejména přenosných, jež se v praxi nejčastěji pro konfiguraci využívají, se COM port již prakticky nevyskytuje. V takovém případě je nutné použít převodník na USB. Převodníků COM na USB je dnes na trhu k dispozici celá řada, bohužel při pokusech s konfigurací zařízení jsme zjistili, že zdaleka ne všechna jsou schopna se zařízení bezchybně komunikovat. V zásadě existují dva výrobci proprietárních čipů: Omron a FTDI, na bázi jejichž řešení je poté převodník realizován. Na základě našich zkušeností důrazně doporučujeme orientovat se na převodníky osazené čipy Omron.



Obrázek 5 - Spolehlivě funkční provedení převodníku COM na USB

Převodník COM na USB je potřeba v počítači nainstalovat a správně nakonfigurovat. V našem případě instalace proběhla úspěšně bez nutnosti zásahu obsluhy. Po jejím dokončení je však nutné zjistit, jaké číslo COM portu (v případě kolize lze změnit) bylo převodníku přiřazeno. Číslo portu je později třeba znát při konfiguraci terminálového programu.

Pro vlastní přístup ke konfiguračnímu rozhraní přepínače je potřeba použít vhodný program. Za nejvhodnější řešení považujeme prověřený program PuTTY. Jedná se o freeware, obsahuje však veškeré potřebné funkce. Program je také klientem SSH a Telnet. Výhodou je také jeho použití i v jiných částech výuky. Nastavení programu je snadné, stačí zvolit položku seriál, vybrat příslušný port, který je převodníku přidělen, a nastavit přenosovou rychlost na doporučenou hodnotu 9600.



Obrázek 6 - Program PuTTY, nastavení pro připojení přes konzoli.

Pro úplnost dodejme, že k přepínačům lze přistupovat vzdáleně také pomocí dalších metod, jako je protokol Telnet⁵ nebo SSH⁶. Standardně je zařízení konfigurováno v režimu příkazového řádku, existuje ale také možnost správy přes webové rozhraní nebo některé grafické nadstavby.

Cisco IOS

Síťové prvky Cisco obsahují vlastní druh operačního systému, který je možno konfigurovat pomocí příkazového řádku. Seznam příkazů je rozsáhlý a nebudeme se jím v této práci zabývat. Existuje množství volně dostupných pramenů, jež se tomuto tématu věnují. Důležitou vlastností, kterou bychom rádi zmínili, je existence několika druhů elektronické paměti, jež se v zařízeních vyskytuje. Jedná se o čtyři druhy:

1. paměť typu ROM – zde je uložena obdoba biosu u PC a zároveň je zde uložen program RxBboot, jenž umožní v případě absence nainstalovat IOS.
2. flash paměť – zde je uložen IOS a některé podpůrné konfigurační soubory, tato paměť neztrácí obsah při odpojení od napájení.
3. NVRAM⁷ – v této paměti je uložen startup-config, jenž obsahuje údaje o aktuální konfiguraci síťového prvku. Paměť udrží obsah při odpojeném napájení.
4. RAM – operační paměť přepínače. Tato paměť ztrácí svůj obsah při odpojení od napájení.

Důležité je, aby studenti pochopili, že veškeré konfigurační operace, které na přepínači provedou, zůstávají uloženy pouze v operační paměti a po vypnutí zařízení jsou ztraceny. Důvodem tohoto opatření je možnost snadného navrácení změn, například při nevhodně zadaném konfiguračním příkazu. Pokud chceme námi provedené změny trvale uložit, musíme použít příkaz *copy running-config startup-config*.

⁵ Protokol umožňující připojení ke vzdálenému zařízení.

⁶ Zabezpečený komunikační protokol, moderní náhrada za Telnet.

⁷ Non-volatile random access memory, obsah paměti zůstává u tohoto typu zachován i při odpojení napájení.

2.1.2 PŘEPÍNAČ CISCO CATALYST 3560

Jedná se o takzvaný L3 switch, tedy přepínač s vyšší funkcionalitou, který dokáže pracovat s daty přenášenými na třetí vrstvě ISO/OSI modelu. Zařízení dokáže pracovat s některými routovacími protokoly. Pro námi zamýšlené účely je vhodné zejména statické routování a využití routovacího protokolu RIP (jak verze 1, tak i 2).

Fyzické připojení k routeru je řešeno stejně jako u výše uvedeného typu 2960. Použitý je procesor PowerPC405. Pro procesy je k dispozici 122880KB/8184KB paměti. Pro uložení konfigurace je vyhrazeno 512KB NVRAM. Zařízení je na předním panelu vybaveno 24 porty pro připojení zařízení. Jsou zde použity standardní metalické porty osazené konektory RJ45. Všechny 24 přepínacích portů pracuje s rychlostí 10/100Mbit. Navíc zařízení obsahuje dva vyhrazené porty pro uplink s rychlostí 10/100/1000Mbit. Výrobce udává datovou propustnost zařízení je 32Gb/s. Zařízení rovněž používá IOS, ale na rozdíl od předchozího modelu nabízí více funkcí, zejména ve spojitosti s možností routování. Zařízení obsahuje vyšší verzi IOS s označením C3560-IPBASE-M ve verzi 12.2. Image soubor s IOS je označený c3560-ipbase-mz.122-35.SE5.

2.1.3 WiFi ROUTER SMC WGBR14-N

V tomto případě se jedná o takzvané all-in-one řešení, které je typické pro SOHO segment. Svým výkonem se hodí do malých firem, kanceláří a domácností. All-in-one znamená, že v sobě obsahuje několik zařízení, která se jinak používají samostatně. Výhodou je úspora místa, jednotné prostředí pro nastavení, menší spotřeba a v neposlední řadě cena. Výrobce zařízení je společnost SMC. Internetové stránky s podporou produktu a aktuální verzí firmware a ovladačů nalezneme na webové adrese: <http://www.smc.com/index.cfm?event=viewProduct&cid=5&scid=118&localeCode=ENCZE&pid=1634>.

V roce 2011 se již typ SMCWGBR14-N nevyrábí, a nelze proto ani v ČR zakoupit. Od stejného výrobce je možno použít dodávanou náhradu, model WGBR14-N2. Tento model má podobné specifikace, ale navíc obsahuje USB port, který podporuje kromě tiskáren také externí pevné disky. Uložená data můžeme pomocí propracovaného managementu sdílet po síti s ostatními uživateli. Vytvořené úložiště možné také používat

jako pravidelný zálohovací systém pro důležitá data, která musí být dostupná na kterémkoliv počítači v lokální síti.

Zařízení může sloužit jako směrovač, přepínač, bezdrátový přístupový bod nebo most (bridge). Také obsahuje klasické ethernetové porty. Na čele zařízení je kromě indikačních diod přítomen jeden USB port, který lze využít pro připojení tiskárny. Zařízení poté plní funkci tiskového serveru. Výhodou je podpora xDSL standardů.

SPECIFIKACE WI-FI ČÁSTI

Bezdrátová komunikace probíhá pomocí tří fixních externích dipólových antén, jež dokážou zajistit dostatečný příjem i v přenosově nepříznivých podmínkách (betonové zdi atd.). Neobsahuje podporu přenosové frekvence 5GHz, proto dokáže komunikovat pouze na frekvenci 2,4GHz. Z hlediska přenosu podporuje hlavní dnes používané standardy: IEEE 802.11b,g,n. Teoretická maximální udávaná přenosová rychlost po bezdrátové síti může být až 300 Mb/s. Zařízení je se staršími standardy zpětně kompatibilní. Datové přenosy jsou šifrovány 64 nebo 128 bitovým kódem WEP, podporováno je bezpečnější šifrování WPA2 s technologií AES.

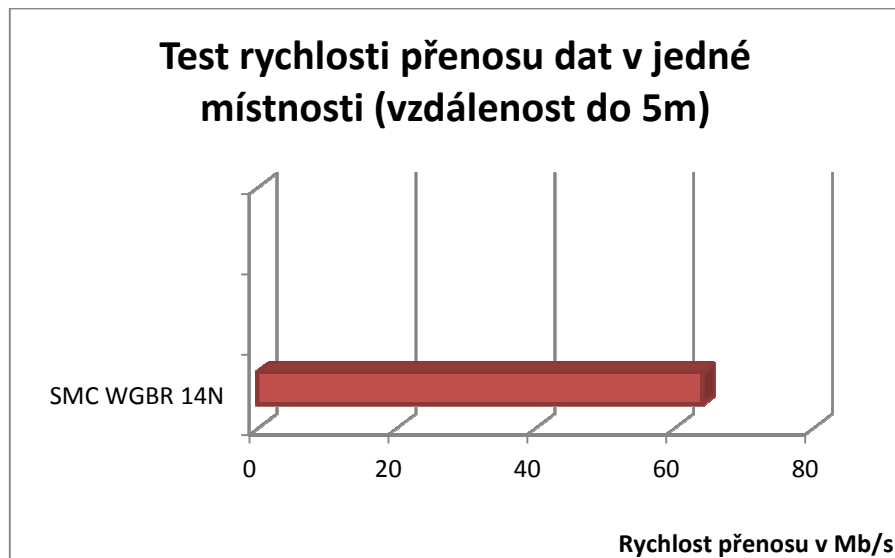
Zařízení podporuje technologii MIMO (Multiple In/Multiple Out), která umožňuje odesílat a přijímat několik datových toků současně, což výrazným způsobem navyšuje reálnou přenosovou rychlost. Běžně by měly být dosahovány rychlosti nad 100 Mb/s, což je srovnatelné s fast-ethernetovou sítí.

Technologie WPS (Wi-Fi protected setup) usnadňuje uživatelům přidávání nových uživatelů či zařízení do zabezpečené bezdrátové sítě. Po stisku tlačítka WPS na čele zařízení je během čtyř minut možné bez složité konfigurace MAC adres a NAT přidávat zařízení, jež WPS také podporují. Poté se opět zapne šifrování a potřebná data přidávaných zařízení se uloží.

Bezdrátovou část routeru jsme i prakticky otestovali. Zajímaly nás skutečné hodnoty přenosové rychlosti, které můžou sloužit jako vodítko v příkladech na zjištění propustnosti.

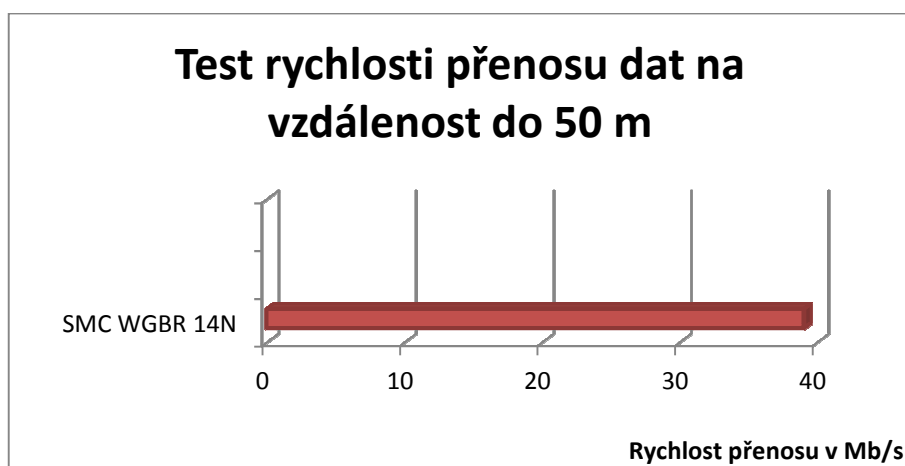
Průběh měření

Provedli jsme dvě měření. Jedno simulovalo podmínky bytu – zde jsme byli 5 m od notebooku vždy na stejné pozici.



Obrázek 7 - Přenosová rychlost SMC WGBR14N na vzdálenost pět metrů.

Druhé měření simulovalo podmínky menší firmy či internetové kavárny. Zde se předpokládá, že v cestě signálu bude větší vzdálenost, popřípadě i zdivo a podobně. V tomto případě byla vzdálenosti 50m od zařízení za jednou cihlovou stěnou. Použit byl testovací soubor o velikosti 650MB. Během testování vykazoval router vysokou stabilitu připojení.



Obrázek 8 - Přenosová rychlost SMC WGBR14N na vzdálenost padesáti metrů.

Zařízení obsahuje mechanický vypínač, jímž lze zcela vypnout wi-fi část. Tato možnost je z našeho pohledu velmi praktická, neboť umožňuje použít zařízení jako běžný

SOHO router/switch. Při prvním seznámení studentů se zařízením doporučujeme mít wi-fi část vypnutou.

SPECIFIKACE ETHERNET ČÁSTI

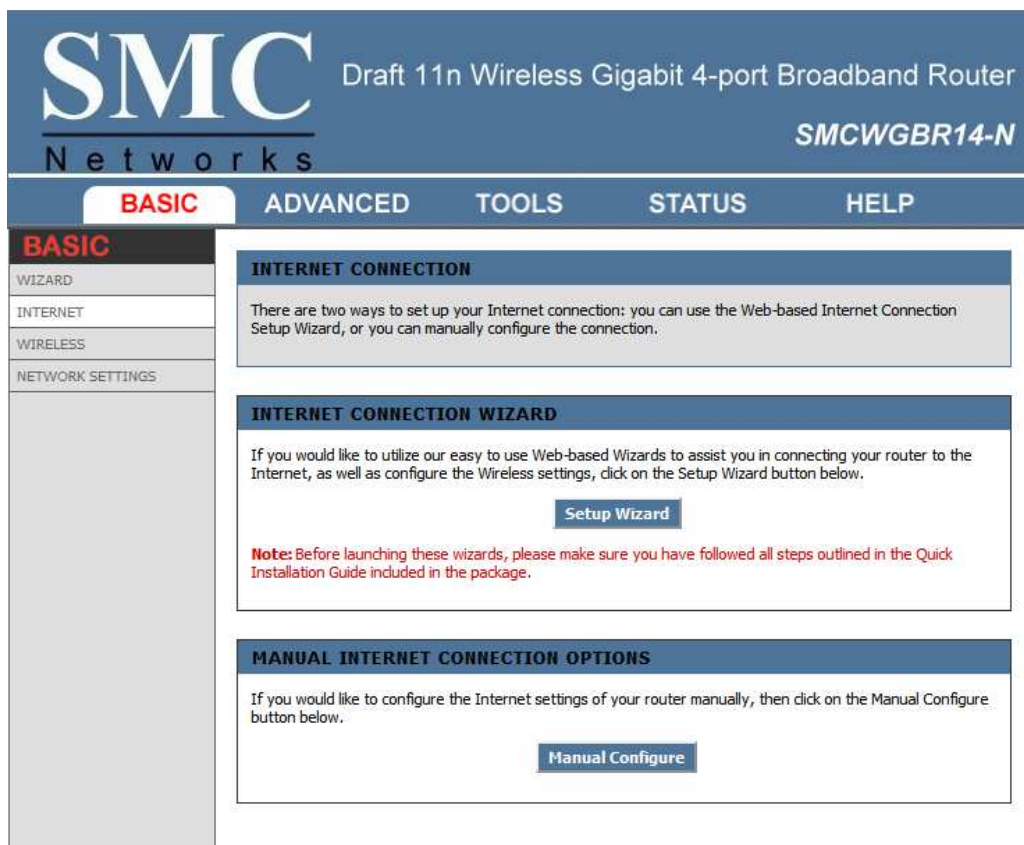
Obsaženy jsou 4 klasické porty RJ-45, do nichž můžeme připojit další zařízení. Zařízení lze tedy používat jako přepínač. Dále je přítomen jeden RJ-45 port, který slouží pro připojení zařízení do WAN sítě (například pomocí xDSL modemu). Veškeré porty podporují přenosovou rychlost 1000 Mb/s.

SPECIFIKACE PRO ZABEZPEČENÍ A ADRESOVÁNÍ

V zařízení je zabudován DHCP server a je možné povolit automatické přidělování IP adres v rámci vnitřní sítě. Přístroj podporuje rezervaci IP adresy a umožňuje omezit přidělovaný rozsah adres. Překlad adres zabezpečuje integrovaný NAT⁸, jež můžeme konfigurovat dle aktuálních požadavků pro komunikaci v síti. Dále je obsažen SPI⁹ firewall, pracující na transportní vrstvě ISO/OSI modelu. Ten je schopný rozlišovat různé stavy paketů v rámci jednotlivých spojení. Jedná se kvalitativně velký posun na rozdíl od tzv. stavového firewallu, který funguje na nižší vrstvě a pakety propouští pouze na základě v nich obsažených informací. Výhodou SPI firewallu je lepší konfigurovatelnost a možnosti přizpůsobení pro konkrétní typ sítě. Přítomny jsou IP paketové filtry, které filtrují data mezi LAN a WAN sítěmi. Pro omezení přístupu na vybrané internetové stránky je obsažen i URL filtr. Ten je možné nastavit i vzhledem ke konkrétnímu času a dni v týdnu. Pro zvýšení bezpečnosti je možné pracovat s filtry MAC adres a povolit či naopak zablokovat přístup k některým zařízením.

⁸ NAT - Network Address Translation, překlad privátní IP adresy na veřejnou. Jedna z metod jak řešit nedostatek IPv4 adres.

⁹ SPI - Stateful packet inspection, funkce stavového firewallu.



Obrázek 9 - Zařízení SMC, GUI konfigurační rozhraní.

V případě, že studenti budou během administrace zařízení měnit přístupová nastavení, doporučujeme tyto údaje předem stanovit a dodržovat. Zařízení je možné pomocí tlačítka reset vrátit do továrního nastavení. Dojde však ke smazání veškerého nastavení. Pro tento případ uvádíme v tabulce (viz Tabulka 1 - SMC defaultní přihlašovací údaje) výchozí přihlašovací údaje.

IP adresa pro připojení	192.168.2.1
User name:	admin
Password:	smcadmin

Tabulka 1 - SMC defaultní přihlašovací údaje

3 NÁVRH PRACOVIŠTĚ PRO VÝUKU PŘEPÍNÁNÍ A SMĚROVÁNÍ

3.1 FYZICKÉ ŘEŠENÍ

Při návrhu fyzického řešení jsme vzali v potaz dva hlavní názorové proudy. První preferuje maximální kontakt uživatele se zařízením a blíží se tak běžné praxi. Tento způsob je použit například při výuce na RCNA¹⁰ při ZČU v Plzni. Zařízení jsou umístěna volně, popřípadě v otevřeném datovém rozvaděči typu rám. Při tomto druhu práce se zařízením dochází i v případě důsledné kontroly ke značnému opotřebení a často i neúmyslnému poškození zařízení. Byli jsme svědkem poškození dvou portů Catalystu 2960 v důsledku ESD¹¹. Student se pohyboval v učebně, kde byl jako podlahová krytina použit koberec. Při dotyku se zařízením došlo k přeskoku náboje a nevratnému poškození portů.

Na základě výše popsaných důvodů jsme se přiklonili k druhému názorovému proudu, který preferuje instalaci zařízení do uzavřeného datového rozvaděče a vzdálenou konfiguraci zařízení, a to pomocí vhodně vyvedených datových linek. Tuto možnost jsme v roce 2011 prakticky vyzkoušeli při výuce v místě našeho zaměstnání na SOUE Plzeň. Na základě získaných zkušeností jsme návrh následně upravili, tak aby více nabyl na mobilitě.

3.1.1 VLASTNÍ REALIZACE

Veškeré vybavení výukové laboratoře jsme se rozhodli umístit do uzavřeného datového rozvaděče. Konkrétní popisované prvky byly použity pro stavbu prototypu, jenž je nadále používán při výuce na SOUE Plzeň. Pokud dojde k realizaci na KVD, je možné je nahradit jinými prvky s obdobnou funkcí.

V našem případě jsme se rozhodli použít rozvaděč českého výrobce fy. Triton, s jehož produkty máme dobré zkušenosti. Zamýšlenému použití nejlépe odpovídal typ RMA-22-A66-CAX-A1, který je navržen pro umístění až 22U¹², což je dostatečné i pro umístění případných dalších zařízení. Rozvaděč má odnímatelné boční stěny a jednu zadní. Přední dvířka jsou prosklená a uzamykatelná. Pro rozvod napájecího napětí k zařízením jsme zvolili osmi-zásuvkovou rozvodnici (typ RAB-PD-X07-A1) o velikosti 1U se

¹⁰ RCNA – regionální Cisco academie

¹¹ ESD - Electrostatic discharge , elektrostatický výboj

¹² U – Unit - označení pro normovanou velikost zařízení, využívá se pro popis místa při modulárním uspořádání. Standardní velikost je 1U, ale zařízení mohou mít i velikost v násobcích U, například patch panel o velikosti 4U.

samostatným vypínačem a integrovanou bleskojistkou. Nad a pod zařízení jsme umístili patch panely, do nichž jsou vyvedeny potřebné porty. Konzolové porty jsme vyvedli na patch panel umístěný nad zařízením, tento jsme zároveň zvolili v modré barvě. Důvodem bylo důrazné mechanické i optické oddělení od ostatních portů. Ostatní datové porty jsme soustředili pod zařízení - vždy jeden samostatný patch panel pro jedno zařízení. Pro propojení zařízení v rámci úloh jsou potom použity jednotlivé propojovací kabely (patch cord), a to dle potřeby, například v délce 1,2 nebo 3 metry.

Pro snazší manipulaci byl rozvaděč opatřen podstavcem s kolečky (viz obr.). Toto řešení je vhodné pro případ, kdy rozvaděč není pevnou součástí učebny a je třeba jej často transportovat.



Obrázek 10 - Podstavec pod datový rozvaděč

Výhodou tohoto řešení je možnost uchovávat ve spodní části podstavce propojovací kabely, které jsou potřeba ve značném množství. Pro umístění zařízení do datového rozvaděče na podstavci je i ideální chlazení, neboť přívod vzduchu není z žádné strany omezen. Naproti tomu zařízení volně položené například na pracovním stole se snadno přehřívá, právě z důvodu mnohdy omezeného přívodu vzduchu ze zadní strany.

Nečistoty, které jsou nasávány a špatné chlazení, mají negativní vliv na životnost aktivního prvku.

3.2 VIRTUALIZACE

Virtualizace již má v prostředí KVD tradici, používá se při výuce několika předmětů a je zde vybudované dostatečně výkonově dimenzované výpočetní prostředí. Implementace virtualizačních nástrojů pro výuku směrovačů a prepínačů by proto byla realizovatelná s minimem dodatečných vstupních nákladů.

Při využití virtualizace odpadá několik zásadních problémů souvisejících s kvalitní realizací výuky. Předně není nutné vlastnit dostatečné množství samostatných prepínačů a směrovačů, jejichž pořízení je značně nákladná záležitost. Je možné pružně reagovat na měnící se počty studentů v daném semestru. Výuku je možné nastavit, tak aby studenti měli přístup k virtuálním zařízením i z domova, což je z didaktického hlediska velmi přínosné. Nedochozí k mechanickému poškození zařízení či k jeho opotřebení. V případě, kdy je potřeba provést upgrade zařízení, je toto možné centrálně a zpravidla i s nízkými náklady. V neposlední řadě je rovněž možné zařízení v případě pochybení studenta snadno obnovit do původního stavu.

Virtualizace přináší i určité nevýhody, z nichž nejpodstatnější je její částečné odtržení od reality. To je z didaktického hlediska nežádoucí, a je proto vhodné ji doplnit praktickým cvičením na reálném zařízení. Za ideální považujeme stav, kdy je úvodní část výuky realizována na virtuálních strojích a po zvládnutí základních dovedností se přesune na reálná zařízení. Virtuální stroje pak zůstávají nadále k dispozici pro ladění a simulaci úloh, případně pro práci z domova. Nepříjemnou vlastností virtuálních strojů je možnost existence programových chyb či absence některých vlastností reálných zařízení. S tímto faktem je třeba při návrhu cvičení počítat a vždy je předem důkladně otestovat. V případě simulací jsme se také setkali s negativním vlivem odtržení od praxe v okamžiku, kdy student premiant nebyl schopen v důsledku neznalosti fyzického vzhledu identifikovat správné zařízení. Typická je pak neznalost propojovacích kabelů a podobně.

3.2.1 CISCO PACKET TRACER

Program Cisco Packet Tracer (dále jen PT) je možné získat ze stránek Cisco Networking Academy <<http://www.cisco.com/web/learning/netacad/index.html>>. Program je zdarma, ale podmínkou je členství uživatele v programu Cisco Networking Academy (dále jen CNA). Západočeská univerzita nabízí možnost program v rámci studia absolvovat. Rovněž na většině odborných středních škol v našem regionu se zaměřením na ICT je studium základního kurzu CCNA¹³ součástí výuky. Bohužel je PT licenčně vázán pouze pro použití v rámci programu CNA. V rámci licence jej tak může bezplatně používat pouze účastník nebo absolvent kurzu CNA. Existenci programu PT zmiňujeme zejména proto, že vyučující a někteří studenti mají CCNA certifikaci, a mohou proto program využívat.

Program PT je speciálně navržen pro podporu výuky, což se pozitivně projevuje na didaktickém zvládnutí funkcí a vlastností, které jsou uživateli k dispozici. Obsahuje většinu běžně dostupných Cisco aktivních síťových prvků včetně Catalystů¹⁴ řady 2960 a 3560, které jsou pro výuku v našem případě fyzicky dostupné. Program má některá omezení, například absence protokolu BGP¹⁵, ale ty se při výuce v přepokládaném rozsahu nijak neprojeví.

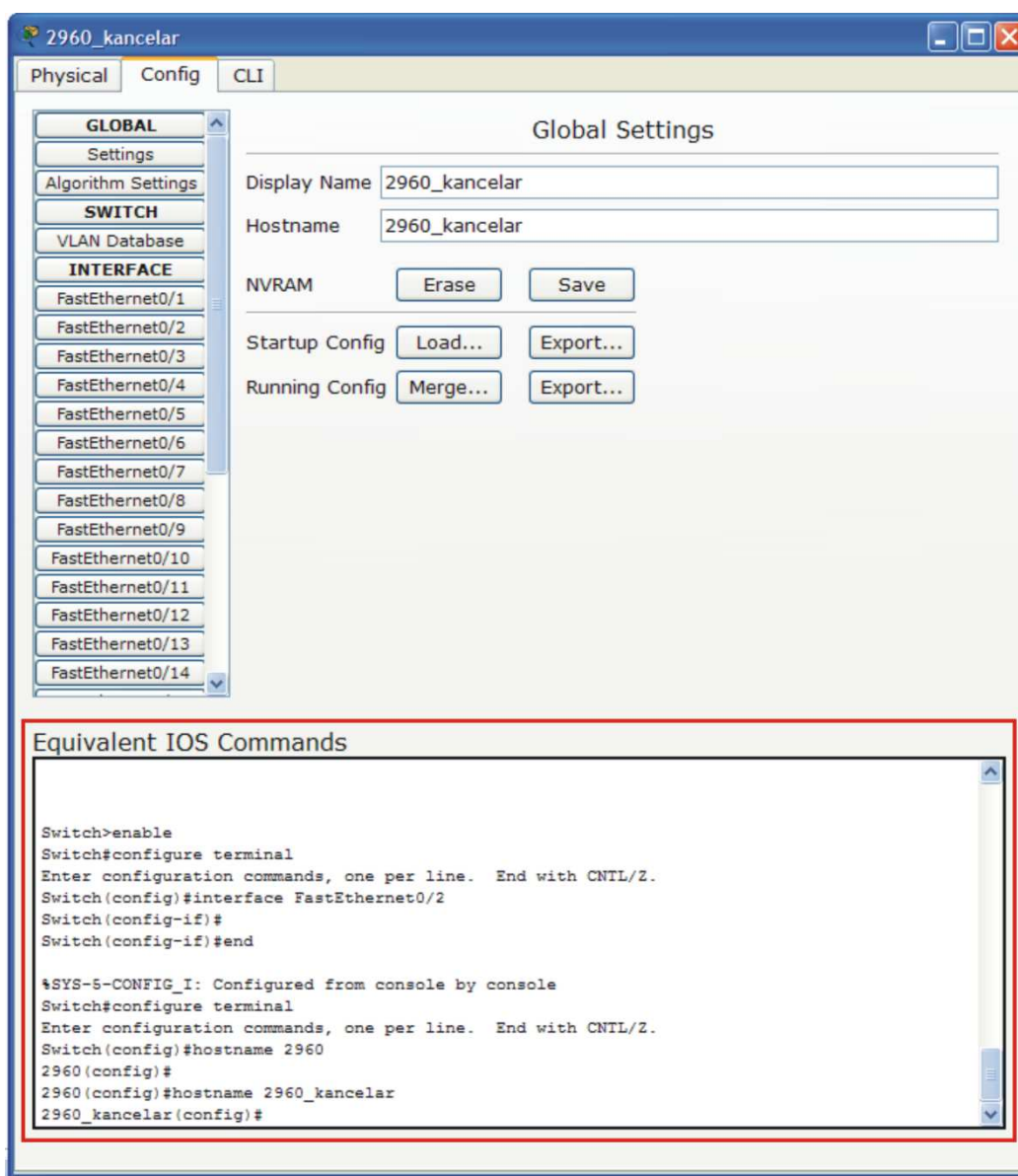
Program Packet Tracer umožňuje pracovat ve dvou režimech: fyzickém, kde je zařízení zobrazeno reálně, a je dokonce nutné ho zapnout/vypnout (například při doplnění zařízení o rozšiřující modul), a logickém, kde se pracuje pomocí schematických značek a popisků jednotlivých zařízení. Je možné podrobně sledovat komunikaci mezi jednotlivými zařízeními a analyzovat ji v případě problémů. Jednotlivá zařízení je možné konfigurovat ve dvou režimech. První režim je grafický (viz Obrázek 11 - Program PT. Grafický režim konfigurace zařízení.) a je vhodný zejména v začátcích, kdy se uživatel soustředí převážně na vlastní návrh sítě a neovládá zcela příkazy pro konfiguraci IOS, tyto se však současně provádějí (viz Červeně orámovaná oblast: Obrázek 11 - Program PT. Grafický režim konfigurace zařízení.). Uživatel je může sledovat a současně se jim učit. Veškeré provedené změny se ihned projevují v políčku označeném Equivalent IOS

¹³ CCNA- Cisco Certified Network Associate - druhý stupeň certifikace znalostí, garantovaný firmou Cisco.

¹⁴ Označení profesionálních řad přepínačů Cisco.

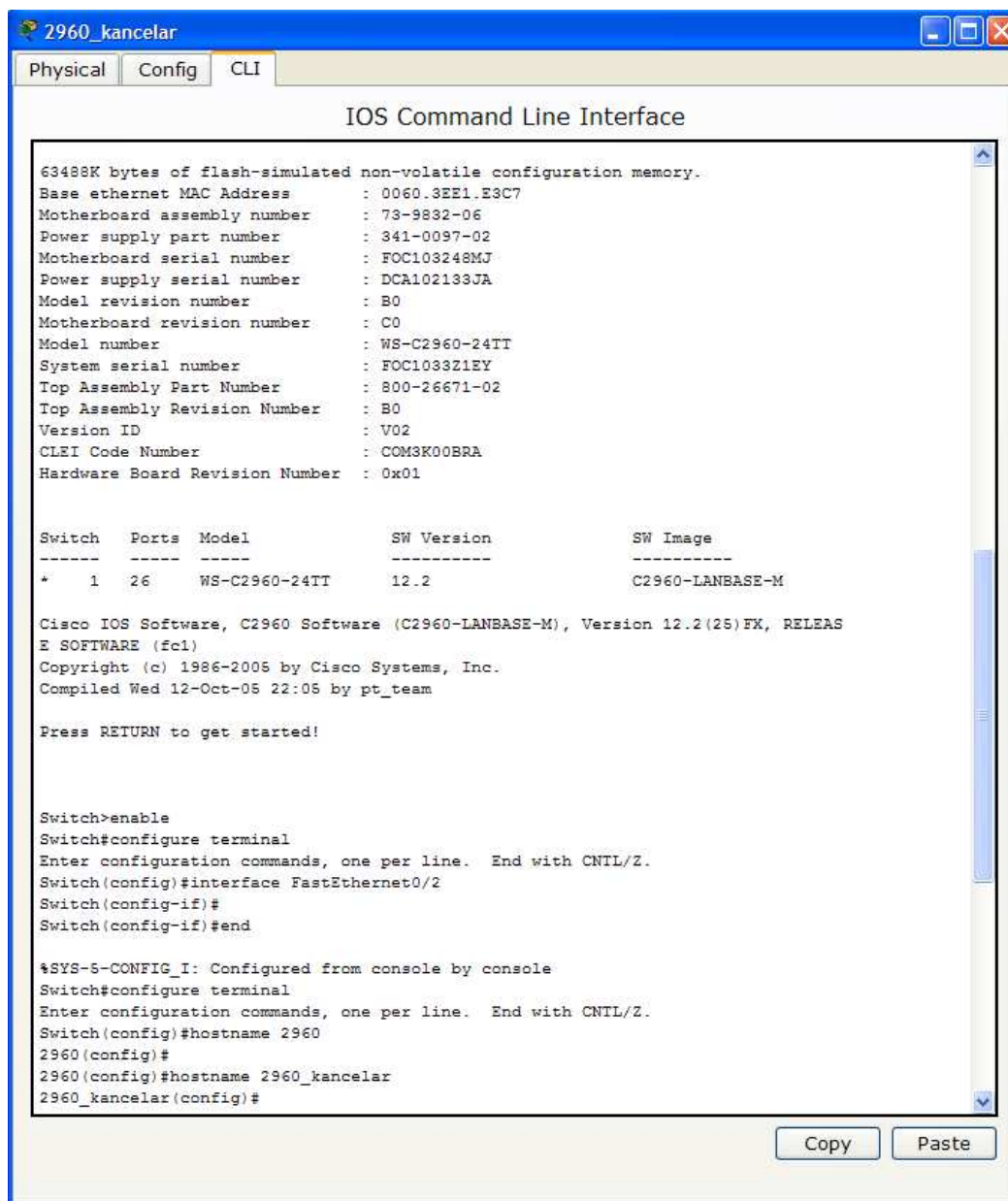
¹⁵ BGP - Border Gateway Protocol - dynamický směrovací protokol.

Commands, v případě některých operací je to dokonce celá potřebná posloupnost příkazů.



Obrázek 11 - Program PT. Grafický režim konfigurace zařízení.

Druhý režim pak umožňuje konfigurovat zařízení v prostředí, které velmi věrně emuluje vzhled a chování reálného IOS. Zde je možné ručně pomocí příkazů pracovat v prostředí IOS CLI. Veškeré provedené změny se ihned provádějí. Vytvořenou konfiguraci je dokonce možné přenést na jiné zařízení. Emulace zařízení neobsahuje zejména u vyšších modelů veškeré existující příkazy, tyto však ani nejsou pro výuku potřebné.



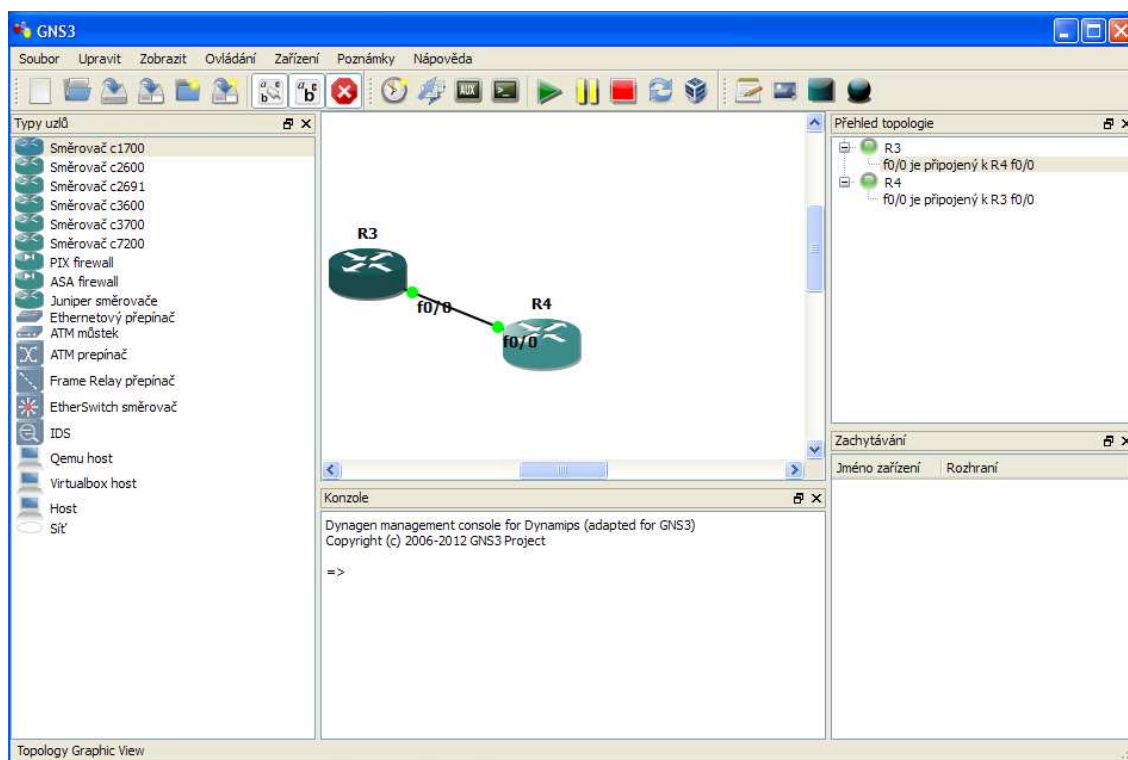
Obrázek 12 - Simulace CLI prostředí IOS

Použití programu PT považujeme pro účely výuky sítí na KVD za ideální a domníváme se, že by bylo vhodné pokusit se jednat o svolení k využití, popřípadě o možnosti zakoupení licence.

3.2.2 GRAPHICAL NETWORK SIMULATOR

Program Graphical Network Simulator (dále jen GNS) je volně k dispozici na [www](http://www.gns3.net) adrese <<http://www.gns3.net>>. Na této stránce je soustředěna i podpora programu a

další rozšíření, jako jsou například jednotlivé appliance¹⁶ virtuálních strojů. Tento program vznikl jako podpora praktické přípravy pro získání různých typů průmyslových certifikací¹⁷.



Obrázek 13 - Ukázka prostředí programu GNS3.

Program je v zásadě GUI¹⁸, které integruje více emulátorů. Toto se týká zejména programu Dynamips, který emuluje funkce IOS¹⁹ na platformě PC. Pomocí tohoto programu je možné simulovat zcela reálné chování aktivních síťových prvků Cisco. Nevýhodou je potřeba použití originálních IOS obrazů, což přináší licenční komplikace. I pro studijní účely je potřeba vyřešit licenční podmínky s dodavatelskou firmou, respektive s výrobcem fy. Cisco. Program však také obsahuje přepínače a směrovače založené na jiném OS (Linux), které lze používat bez obav z porušování licenčních práv.

Do programu je možné vložit virtuální PC založené na bázi programu VirtualBox. Pomocí vzájemné vazby mezi programy je poté možné s nimi normálně pracovat. Další zajímavou možností je spolupráce s programem Wireshark. Jedná se o v současnosti nejlepší program na zachytávání a analýzu síťového provozu. Díky integraci programu je

¹⁶ Appliance – označení pro předpřipravený soubor obrazu (image) virtuálního stroje.

¹⁷ Jedná se o certifikace dosažení garantovaného stupně znalostí v dané oblasti, obvykle za udržováním standardu stojí nadnárodní firma, jejíž produkty jsou při výuce preferovány (Cisco, HP, Microsoft, apod.).

¹⁸ GUI-Graphical User Interface, grafické uživatelské prostředí

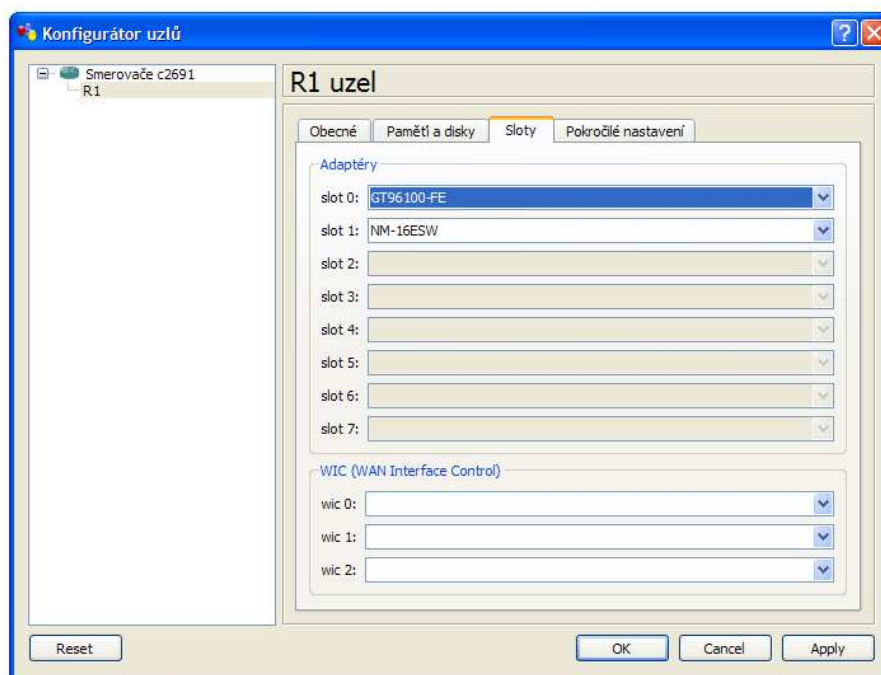
¹⁹ IOS-Internet Network Operating System - operační systém aktivních síťových prvků Cisco.

možné podrobně sledovat a analyzovat probíhající provoz mezi jednotlivými simulovanými zařízeními.

Pro použití ve výuce hovoří kromě faktu, že se jedná o opensource řešení, také lokalizace programu do českého jazyka. Program je rovněž stále aktivně vyvíjen a nové verze přináší další funkce. I přes značné možnosti programu není základní obsluha složitá a hodnotíme ji jako intuitivní. Z našeho pohledu je zásadní rozšiřující funkcionalita GNS, která umožňuje propojit virtuální síť s reálným zařízením nebo sítí.

NEDOSTATKY PROGRAMU

Program bohužel nedokáže emulovat přepínače. To je zapříčiněno zejména zcela jinou HW vnitřní strukturou přepínačů. Zatímco routery jsou založeny na RISC²⁰ procesorech PowerPC nebo MIPS64, u přepínačů jsou ve velké míře použity úzce specializované procesory ASIC, které je velmi obtížné emulovat na architektuře PC. Pro možnost využívat přepínačů je tedy nutné vyvinout zcela nové části programu GNS. V roce 2011 se tak zatím nestalo.



Obrázek 14 - Připojení virtuálního modulu ke směrovači Catalyst 2691

²⁰ RISC - Reduced Instruction Set Computer - architektura procesoru s redukovanou instrukční sadou, obsahuje pouze jednoduchou, maximálně optimalizovanou sadu strojových instrukcí

Řešením, které není ideální, ale úspěšně jsme je ověřili, je použití modulu NM-16WSW²¹. Modul je možné v simulátoru připojit k routeru, který jej podporuje. Jedná se například o typ 2691 (viz Obrázek 14 - Připojení virtuálního modulu ke směrovači Catalyst 2691). Router je poté možno provozovat jako přepínač včetně konfigurace IOS.

3.3 INTEGRACE WI-FI ZAŘÍZENÍ DO MODELOVÉHO PRACOVNÍHO MÍSTĚ

Bezdrátová zařízení, která máme k dispozici, nejsou pro daný účel ideální, zejména kvůli značné integraci dalších funkcí, což odvádí pozornost od vlastních možností nastavení funkcí bezdrátové sítě. Zařízení je náročnější na konfiguraci, což klade zvýšené nároky na vyučujícího při ukázce a rozboru funkcí aktivního prvku. Podařilo se nám přijít na způsob, díky němuž jsme využili nevýhod SOHO řešení a proměnili je v přínos.

Koncentrace až tří SMC routerů ve funkci AP a několika dalších připojených přenosných zařízení generuje silný rádiový provoz. Vše se odehrává v jedné učebně, což můžeme výhodně využít při demonstraci a následném měření propustnosti bezdrátové sítě.

Fakt, že v zařízení je integrována také funkce routeru, nám umožní využít zařízení a k němu připojené počítače jako autonomní síť, což je vítaná schopnost při pozdější výuce ACL a routování sítí. Zařízení podporují také funkci síťového mostu, kterou je možno výhodně použít pro vybudování point to point spojení, například mezi dvěma učebnami, a obohatit tak výuku. Bohužel není možné připojit externí antény. Tato skutečnost poněkud limituje vzdálenost, na kterou je možné spojení uskutečnit. Během testování zařízení se ukázalo, že je možné s integrovanými anténami bez větších problémů pracovat na vzdálenost padesáti metrů.

Důležitou vědomostí, kterou je třeba v oblasti bezdrátových sítí pěstovat je zabezpečení přenášených dat a celkově také připojovacího bodu, z tohoto důvodu jsme se rozhodli zahrnout tuto oblast do návrhu pracovního místa. Při sledování okolního bezdrátového provozu se běžně setkáváme s nezabezpečenými sítěmi. Tyto jsou pak často cílem zneužití. V lepším případě dojde pouze ke zpomalení provozu, častěji však útočník síť plně zatíží a často prakticky znemožní pokračování komunikace. Dle našeho názoru, však větší riziko spočívá ve špatně zabezpečené síti, kdy je uživatel pod dojmem falešného bezpečí

²¹ <http://www.cisco.com/en/US/prod/collateral/routers/ps259/product_data_sheet09186a00801aca3e.html>

méně ostražitý. Zde může dojít ke krádeži citlivých dat a dokonce i ke způsobení značných materiálních škod. Zajímavou možností, která se v případě dostatku času nabízí, je odhalení šifrovaného přenosu WEP, který je již delší dobu kompromitován a neposkytuje dostatečnou bezpečnost přenosu. Praktická ukázka je nejlepší metodou, jak posílit zájem o bezpečnost při používání bezdrátových sítí. Pro tento účel je možné použít například výborné live cd Back Track Linux, které lze stáhnout přímo na webové adrese programu: <http://www.backtrack-linux.org/>. Na tomto cd jsou k dispozici i další silné nástroje pro práci s bezdrátovými sítěmi.

O tom jak hluboce je zakořeněno podceňování bezpečnostních rizik spojených s bezdrátovými přenosy svědčí obecný názor o SSID. Většina uživatelů se nedomnívá, že jeho šíření je jakoukoli formou bezpečnostní hrozby. Přitom pomocí SSID je naše síť snadno identifikovatelná. Pomocí služeb Googlu (a veřejnému vysílání SSID) je dnes dokonce možné zaměřit za určitých podmínek mobilní telefon přesněji než operátor.

4 NÁVRH ZPŮSOBU VÝUKY PŘEDMĚTU POČÍTAČOVÉ SÍŤE

Z našich zkušeností vyplývá, že studenti přicházejí z rozdílných typů škol, a to včetně netechnicky zaměřených, jako jsou například gymnázia, obchodní akademie, nebo dokonce střední zemědělské školy. Vstupní znalosti těchto studentů jsou značně diferencované, a proto nelze volit vyšší obtížnost probírané látky. Předmět PSPDB je jediným předmětem zaměřeným na výuku počítačových sítí, s nimiž se studenti v průběhu bakalářského a navazujícího studia setkají. Ze zpětné vazby studentů jsme seznali, že v současné době je výuka pro studenty, kteří se setkávají s počítačovými sítěmi poprvé, příliš náročná. Také jsme se setkali s požadavky, aby byla výuka více prakticky zaměřená, zejména pak do segmentu Small office, home office (dále SOHO). Vzhledem k zaměření studia na učitelství pro základní školy je pravděpodobné, že se studenti se zařízením typu SOHO ve své praxi budou setkávat častěji. V tomto kontextu zároveň pozitivně vnímáme zapojení vlastních přenosných počítačů studentů do výuky.

Abychom vyhověli požadavkům studentů a zároveň zachovali vazbu předmětu na profesionální prostředí počítačových sítí, rozhodli jsme se vytvořit kompromisní řešení za použití SOHO i podnikových zařízení. Náš úkol byl zjednodušen požadavkem na začlenění SMC routerů do výuky, čímž jsme získali zástupce domácího segmentu síťových prvků. První část výuky navrhujeme koncipovat v režii SOHO zařízení, na kterých studenti získají základní zkušenosti s adresací a konfigurací. Výhodou je grafické konfigurační prostředí, které dnes navíc obsahuje i různé průvodce instalací. Po osvojení základních návyků studenti přistoupí k práci s profesionálním zařízením a náročnější konfiguraci pomocí příkazového řádku.

Z údajů o obsazenosti předmětu vyplývá, že na jednom cvičení je maximálně deset studentů, úkoly jsme se proto rozhodli vytvořit, tak aby na nich mohly pracovat současně tři skupiny studentů. Každé zařízení budou obsluhovat tři až čtyři studenti. Z hlediska kvality výuky je vhodné zajistit maximální možnou docházku na cvičení, například pozitivní motivací. Osvědčilo se nám prominutí zápočtového testu v případě získání dostatečného množství bodů za plnění úkolů. Cvičení jsme v některých případech koncipovali, tak aby na závěr bylo možné propojit výstupy jednotlivých skupin a sestavit složitější celek. Studenti jsou díky tomuto přístupu nuceni spolupracovat, což je z didaktického hlediska přínosné.

Jednotlivé moduly na sebe vzájemně navazují a následné cvičení vychází z předchozího. Tento způsob uspořádání je zajímavý zejména z hlediska pozitivní motivace pro další práci, přináší však riziko ztráty motivace v případě nepřítomnosti studenta na některém ze cvičení. Doporučujeme proto na začátek cvičení zařadit shrnutí poznatků z předcházejícího cvičení.

4.1 OSNOVA

Strukturu návrhu osnovy jsme pojali jako popis jednotlivých výukových modulů. Modul se skládá ze dvou částí. Jsou to tyto:

1. stručný popis probírané látky – se zdůrazněním pro studenty problematických částí výuky,
2. návrh témat cvičení – za využití variabilního modelového pracoviště na výuku počítačových sítí.

Rozdělení do modulů jsme zvolili tak, aby korespondovalo s jednotlivými týdny výuky během semestru. Předpokládána je hodinová dotace 2+2. Některé části jsou značně náročné na množství potřebných informací. Ideálním řešením je poskytnout tyto informace studentům na jednom místě. Dle našich poznatků je vhodné koncipovat výuku za použití moderních výukových prostředků typu e-learning. Pro tyto účely lze použít funkce univerzitního portálu nebo jiné prostředky. Velmi dobrou zkušenost máme s využitím vzdělávacího prostředí Moodle, které je na KVD také používáno.

Studijní materiály jsou na portálu dostupné nepřetržitě. Lze kombinovat i odkazy na různé další zdroje. V prostředí Moodle je možné zobrazovat zadání úkolů a zároveň je pomocí portálu i odevzdávat. Lze nastavit časové limity odevzdání. Výborně jsou zpracovány možnosti tvorby testů. Při tvorbě ověřovacích testů je možné použít různé druhy odpovědí včetně otevřených.

4.1.1 1. VÝUKOVÝ MODUL

STRUČNÝ POPIS PROBÍRANÉ LÁTKY

V tomto úvodním modulu považujeme za nezbytné stanovit minimální rozsah znalostí a pojmů z oblasti počítačových sítí. Důležité je dostatečně vysvětlit a ukázat rozdíly mezi SOHO a průmyslovými zařízeními. Považujeme za nutné, aby studenti chápali

fakt, že daní za značnou integraci u SOHO zařízení je jejich nižší výkon, jenž je vyhovující pro domácí použití, ale v podnikové sféře by byl nedostatečný.

Z oblasti síťových prvků doporučujeme zaměřit se pouze na přepínače a směrovače. Domníváme se, že přetrvávající výuka opakovačů, rozbočovačů a podobných prvků je u začátečníků spíše kontraproduktivní. Z hlediska přenosových médií je vhodné výuku směřovat k metalickým kabelům a wi-fi přenosům, s nimiž se studenti výhradně setkávají.

Z teoretických znalostí by měli studenti s jistotou ovládat pojmy MAC adresa, IP adresa (rozdíl mezi privátní a veřejnou), výchozí brána, port, DNS, ARP a URL. Student by měl umět rozpoznat rozdíl mezi přímým, kříženým a konzolovým UTP kabelem a dokázat určit, mezi kterými zařízeními se na propojení konkrétní typ kabelu používá.

NÁVRH TÉMAT CVIČENÍ

Na cvičení doporučujeme zaměřit se na troubleshooting, tedy odstraňování problémů s připojením. Zvládnutí vhodného použití diagnostických nástrojů, jež jsou v prostředí MS Windows k dispozici, považujeme za nutné pro správné řešení případných problémů. Znalost následujících příkazů je prospěšná i pro použití v běžné praxi.

1. Vyzkoušejte následující příkazy: *IP config* (alespoň parametry */all*, */release*, */renew*, */displaydns*, *flush*), *ARP* (parametry *-a*, *-d*), *nslookup*, *ping*, *pathping*, *tracert*, *netstat* (parametry *-a*, *-ano*, *-r*).
2. Pomocí Internetu zjistěte, o jaký typ IP adresy jde v případě 8.8.8.8, a navrhněte, v jakém případě byste takovou adresu využili.
3. Vzájemně propojte pomocí vhodného UTP kabelu dva počítače. Vhodně nastavte na obou zařízeních IP adresy z privátního rozsahu včetně správné masky. Pomocí příkazu *ping* ověřte, zda jsou PC vzájemně dostupná.

4.1.2 2. VÝUKOVÝ MODUL

STRUČNÝ POPIS PROBÍRANÉ LÁTKY

Tématem druhého modulu je adresace na sítích IPv4. Vzhledem k pomalému nástupu při využití IP verze 6, jehož urychlení v Česku brání relativní dostatek IP adres

verze 4, nepovažujeme za nutné věnovat se adresaci IPv6. Studenti by měli ovládat adresování pomocí tříd (v případě, kdy později chceme pracovat s protokolem RIP verze 1), beztřídní, a zejména dnes nepoužívanější VLSM.

NÁVRH TÉMAT CVIČENÍ

Pro toto cvičení doporučujeme mechanicky vypnout wi-fi část SMC zařízení a použít tedy prvek jako běžný metalický router/switch. Před začátkem cvičení je vhodné zkontrolovat a případně upravit nastavení času, na který DHCP server integrovaný v zařízení zapůjčuje IP adresu připojenému zařízení.

1. Připojte k SMC zařízení počítače, zjistěte přidělené IP adresy.
2. Zarezervujte přidělenou IP adresu vašeho PC, tak aby při opětovném připojení PC získalo opět stejnou adresu.
3. Vypněte na zařízení službu DHCP a připojená zařízení vhodně ručně adresujte. Vzájemnou dostupnost ověřte příkazem *ping*.
4. Adresujte zařízení z předcházejícího příkladu pomocí VLSM (přidělenou IP adresu sítě zadá cvičící).

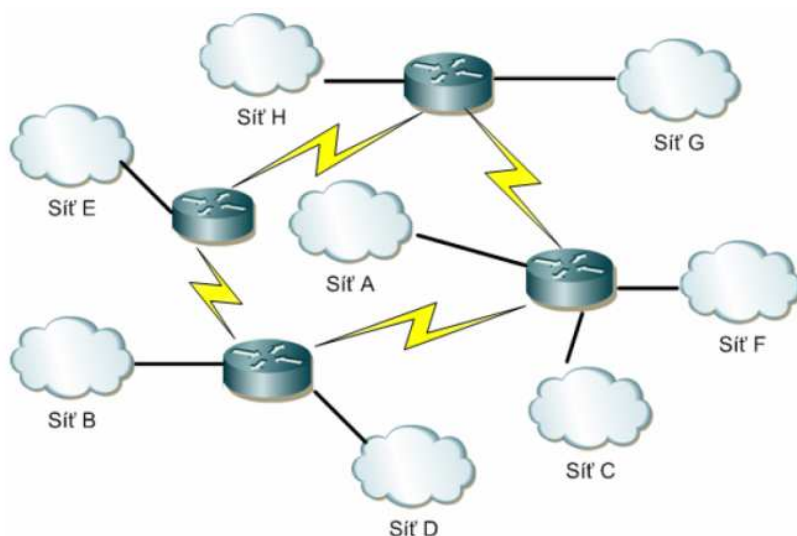
PŘÍKLAD

Problematika VLSM je poměrně náročná a její zvládnutí činí studentům značné obtíže. Jako problematickou vnímáme především snahu ušetřit si práci pomocí odhadu výsledků a podobně. Důležité je pracovat pečlivě, a zejména v začátcích je vhodné mít k dispozici podrobný návod, jak krok za krokem postupovat. Na základě připomínek studentů jsme takový návod vytvořili a u níže uvedeného příkladu je proveden podrobný způsob výpočtu. Pro rozbor příkladu jsme zvolili postup, který je sice náročnější na provedení, ale výhodou je minimum pravidel nutných pro zapamatování. Takto zvládnutý postup dokáže student správně reprodukovat i po delší časové prodlevě. Pro účely výuky je na cd příloze, jež je součástí této práce, uložena i graficky upravená verze rozboru příkladu určená pro použití s interaktivní tabulí SmartBoard. Tématu VLSM věnujeme zvýšenou pozornost, protože jeho správné zvládnutí je zásadní z hlediska následujících cvičení. Jako zdroj příkladů pro procvičení problematiky doporučujeme použít generátor

VLSM příkladů, který je dostupný na webové adrese: <http://matlab.feld.cvut.cz/view.php?cisloclanku=2009020002>.

ZADÁNÍ

Na obrázku je graficky znázorněna daná topologie sítě. Na základě údajů v tabulce navrhnete úplnou IPv4 strukturu adres. Využijte metodu VLSM, tak aby adresní prostor byl ideálně využit. Adresní prostor, který máte k dispozici je: **166.61.176.0/20**



Obrázek 15 - Příklad na VLSM, grafické znázornění topologie sítě²².

Spočítejte všechny sítě a pro každou z nich uveďte:

1. Adresu sítě.
2. Adresu broadcastu.
3. Masku.
4. Rozsah použitelných adres pro jednotlivá zařízení.

Sít'	Min. PC
A	63
B	168
C	9
D	88
E	338
F	66
G	454
H	460

Tabulka 2 – Rozbor příkladu na VLSM, zadání.

²² Převzato z <http://matlab.feld.cvut.cz/view.php?cisloclanku=2009020002>

ROZBOR PŘÍKLADU

Krok 1: Lze příklad realizovat?

adresa: **166.61.176.0 /20**

maska: /20 tj. **255.255.240.0**

binárně: **11111111.11111111.1111**^N**0000.00000000**

Počet sítí určuje tento počet míst **N** (v tomto případě 12).

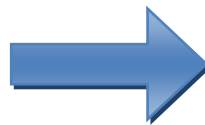
Počet sítí = 2^N tj. $2^{12} = \underline{4096}$ sítí

Krok 2: Lze příklad realizovat?

Seřazení sítí a doplnění na správnou hodnotu (2^x):

Síť	Min. PC
A	63
B	168
C	9
D	88
E	338
F	66
G	454
H	460

Tabulka 3 – Zadání počtu zařízení.



Síť	Počet IP adres celkem
H	512
G	512
E	512
B	256
D	128
F	128
A	128
C	16
I	4
J	4
K	4
L	4

Tabulka 4 – Doplnění počtu zařízení na správné hodnoty.

Nutné přidat 4 sítě pro propojení mezi routery.

Krok 3: Lze příklad realizovat?

Sečtení hodnot a porovnání se sítí:

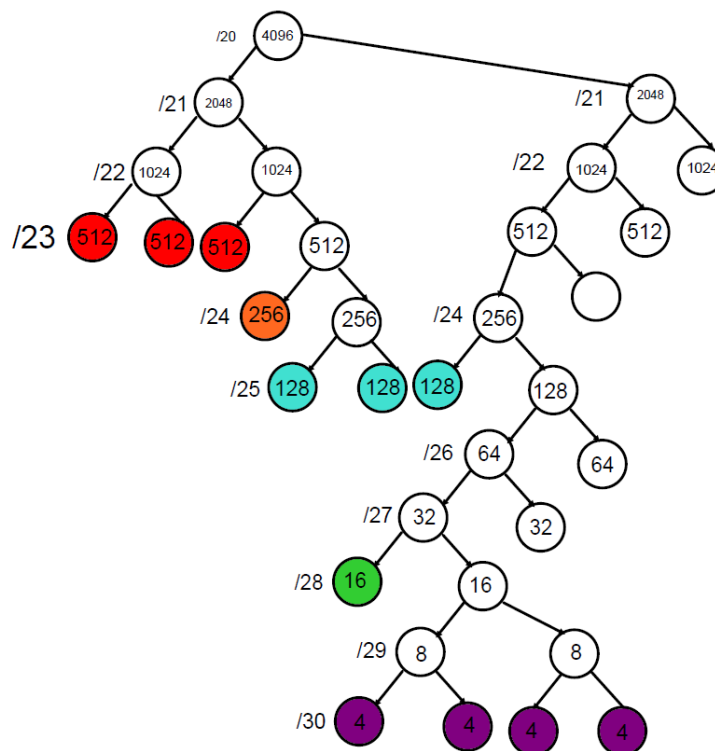
$$3 \cdot 512 + 256 + 3 \cdot 128 + 16 + 4 \cdot 4 = 2208$$

Potřebuji **2208** adres, k dispozici mám **4096**.

Tento příklad lze realizovat.

Krok 4: Volitelný, avšak doporučený krok.

- grafický návrh rozložení sítí
- barevně znázorněné sítě jsou konečné
- další grafické varianty jsou uvedeny na konci příkladu



Obrázek 16 - Grafický návrh rozložení sítě.

Krok 5: výpočet sítí s maskou /23

Z předešlého obrázku (strom sítí) víme, že začneme maskou /23.

adresa: **166.61.176.0 /20**

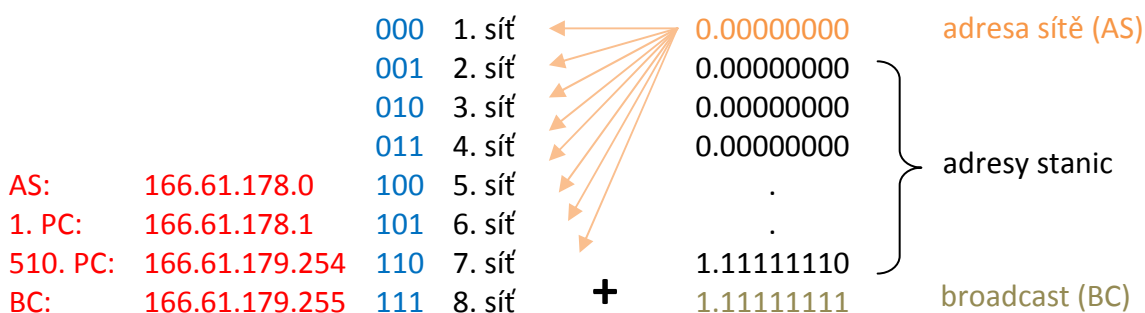
binárně:



Kombinace těchto bitů nám určují hodnotu sítí s maskou /23 (máme možnost využít 3 bity, což je 2^3 kombinací tj. 8 sítí).

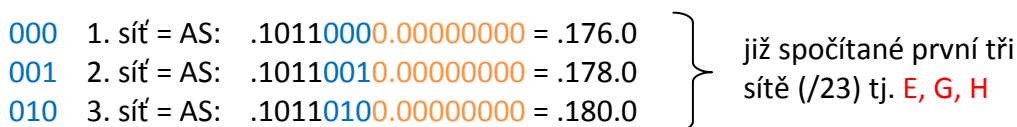
V této části můžeme provádět podsíťování.

Výsledek pro druhou síť:

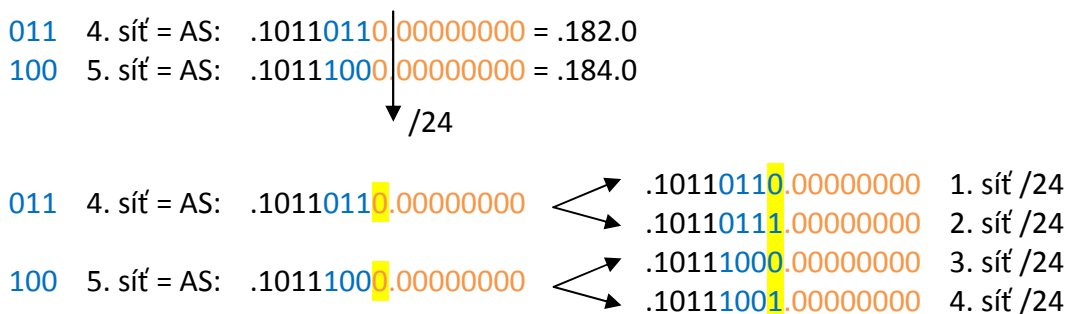


Krok 6: výpočet sítí s maskou /24

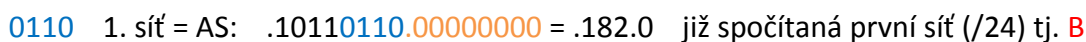
Z obrázku stromu víme, že budeme potřebovat pět sítí (první tři sítě /23 použijeme bez dalších úprav a následující dvě sítě budeme dále dělit).



Následující sítě budeme dále dělit, potřebujeme tři sítě /24.



Krok 7: výpočet sítí s maskou /25

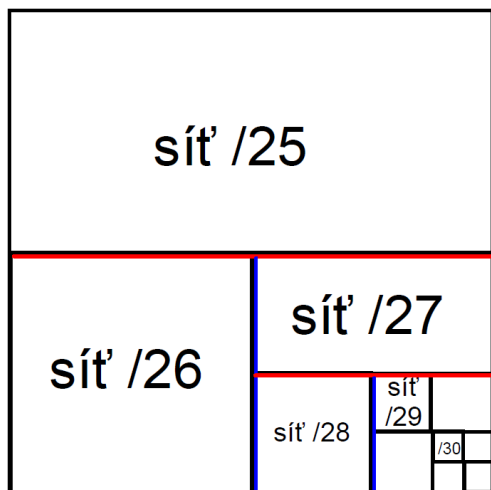


Následující sítě budeme dále dělit, potřebujeme tři sítě /25.



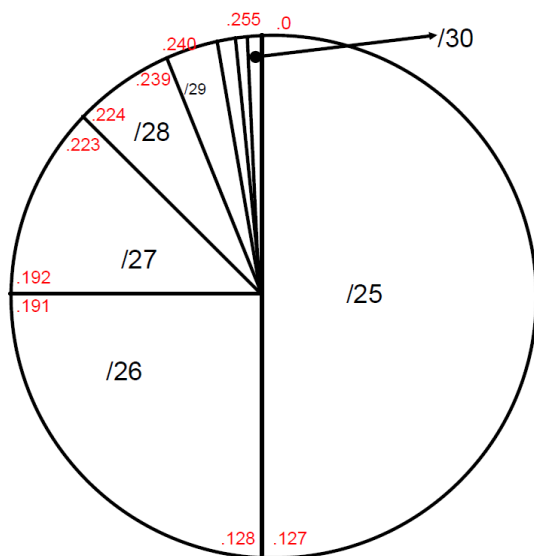
DALŠÍ VARIANTY GRAFICKÉHO ŘEŠENÍ

Varianta 1:



Obrázek 17 – Metoda čtverců

Varianta 2:



Obrázek 18 – Metoda výsečí

Čtverec vždy dělíme na poloviny systémem **dolní/pravá**. Do levého horního rohu se zapisuje adresa sítě, do pravého dolního adresa broadcastu. Uvedení způsob je ideální pro dělení sítí v rámci jednoho oktetu (8bitů), v případě většího dělení je nutné zvětšit velikost čtverce, respektive použít více čtverců.

Kruh dělíme na poloviny po směru hodinových ručiček. Výseče označují sítě.

4.1.3 3. VÝUKOVÝ MODUL

STRUČNÝ POPIS PROBÍRANÉ LÁTKY

Tento modul je zaměřený na bezdrátové síť. V teoretické části by se studenti měli seznámit s pojmy šířka a vzájemné sdílení pásma, šifrováním WEP, WPA, WPA2, SSID a základními druhy normy 802.11 b, g, n. Důraz klademe na důležitost zabezpečení a správného nastavení bezdrátové sítě. Při testech propustnosti by se studenti měli prakticky seznámit s omezením, které využití bezdrátové sítě přináší, a to zejména v městských oblastech, které jsou kvůli nadužívání wi-fi silně narušeny. Pro účely těchto pokusů je výhodné, že SMC zařízení podporují pouze přenosy na frekvenci 2,4 GHz, výsledky pokusů tedy budou jasně zřejmé.

NÁVRH TÉMAT CVIČENÍ

1. Připojte pomocí bezdrátového připojení své přenosné počítače k zařízení SMC, a to za dodržení maximálních bezpečnostních opatření (WPA2, kontrola MAC, skryté SSID).
2. Na správně nakonfigurovaném zařízení připojte jeden počítač pomocí wi-fi a druhý (ideálně s gigabitovou ethernetovou síťovou kartou) pomocí UTP kabelu do zařízení a přeneste větší soubor (ideálně cca. 600 MB). Změřte čas přenosu a vypočítejte průměrnou dosaženou přenosovou rychlost. Konfrontujte naměřené výsledky s výrobcem udávanou přenosovou rychlostí zařízení.
3. Stejný pokus jako v předešlém bodě zopakujte ve všech skupinách současně (tři simultánní přenosy na třech zařízeních v jeden čas) a porovnejte s předchozí dosaženou přenosovou rychlostí.

4.1.4 4. VÝUKOVÝ MODUL

V tomto modulu dojde k přestupu od SOHO zařízení k průmyslovým modelům. Vzhledem k využití Cisco zařízení je vhodné věnovat celý modul seznámení s IOS. Za nutné považujeme seznámení s organizací a správou paměti u zařízení, dále s režimy řízení přístupu k jednotlivým funkcím zařízení a přesunu mezi nimi. Důležité je předem stanovit a v ideálním případě i vytisknout a umístit například na zařízení jednotná přihlašovací jména a hesla pro konfiguraci zařízení. Z empirických zkušeností víme, že důsledným

dodržováním tohoto pravidla se předejde značným nedorozuměním a následným zdržením během cvičení. Vhodné je studentům ukázat funkci dokončování příkazů pomocí klávesy Tab, jež jim ulehčí práci s konfigurací zařízení. Z příkazů doporučujeme zaměřit se zejména na příkaz show (zejména parametry arp, mac address table).

NÁVRH TÉMAT CVIČENÍ

1. Připojte se pomocí programu Putty přes konzolový port k zařízení.
2. Vyzkoušejte základní příkazové módy IOS.
3. Pomocí příkazu *show* vypište MAC a ARP tabulku zařízení.
4. Otestujte doplňování a negaci příkazů.

4.1.5 5. VÝUKOVÝ MODUL

STRUČNÝ POPIS PROBÍRANÉ LÁTKY

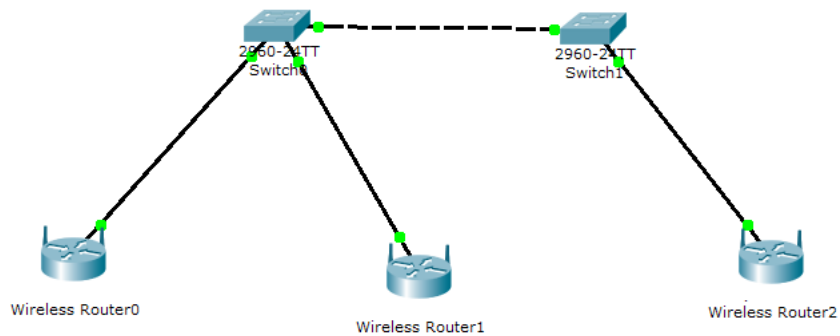
V tomto modulu se zaměříme na využití acces listů (dále jen ACL). Přepínače řady 2960 umožňují řadu nastavení, která nejsme schopni v rámci výuky obsáhnout. Rozhodli jsme se proto zaměřit se na nejčastěji používané funkce, a to jsou právě ACL

Téma ACL je však natolik složité, že samo o sobě zabere celý tento tematický celek. Studenti by měli před cvičením ovládat základní příkazy pro konfiguraci ACL, rozdíl mezi standardním a rozšířeným ACL, pojem wildcard maska. Zásadní vliv na úspěšnou aplikaci pravidel ACL má rovněž vhodně zvolené rozhraní, na které je v topologii sítě nejvhodnější jej umístit. Důležité je upozornit studenty, aby si ukládali sekvence příkazů, použitých při tvorbě ACL do poznámkového bloku. V případě špatně zadané podmínky je obvykle nutné vytvořit celý ACL znovu.

NÁVRH TÉMAT CVIČENÍ

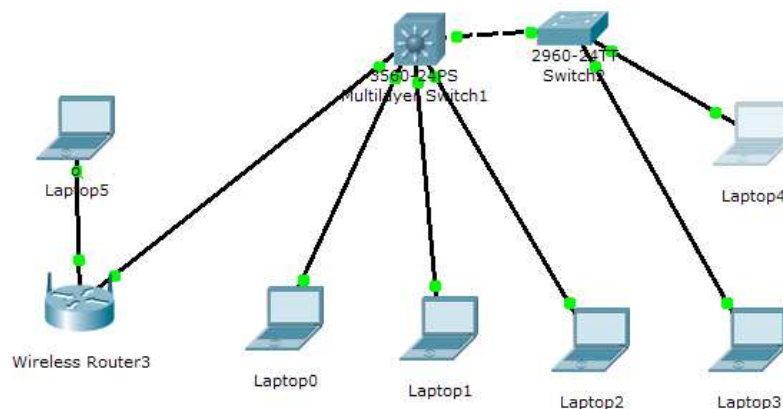
U těchto cvičení je vhodné studenty upozornit, aby před začátkem vlastní konfigurace ověřili pomocí příkazů *show mac access group* resp. *show ip access-list*, zda zařízení neobsahují ACL pravidla zadaná dříve. V případě omezeného času doporučujeme pro realizaci zvolit komplexnější druhé cvičení.

1. Postavte topologii dle obrázku. Na základě požadavku vyučujícího sestavte vhodný MAC ACL. Pozor, použité přepínače řady 2960 umožňují umístění pravidla ACL pouze na vstupní stranu! Prostupnost otestujte pomocí příkazu *ping*.



Obrázek 19 - Topologie sítě, cvičení ACL.

2. Postavte topologii dle obrázku. Na základě požadavku vyučujícího sestavte vhodný ACL. V případě zařízení C3560 - IP control ACL, u C2960 - MAC control ACL.



Obrázek 20 - Topologie sítě, ACL cvičení 2.

4.1.1 6. VÝUKOVÝ MODUL

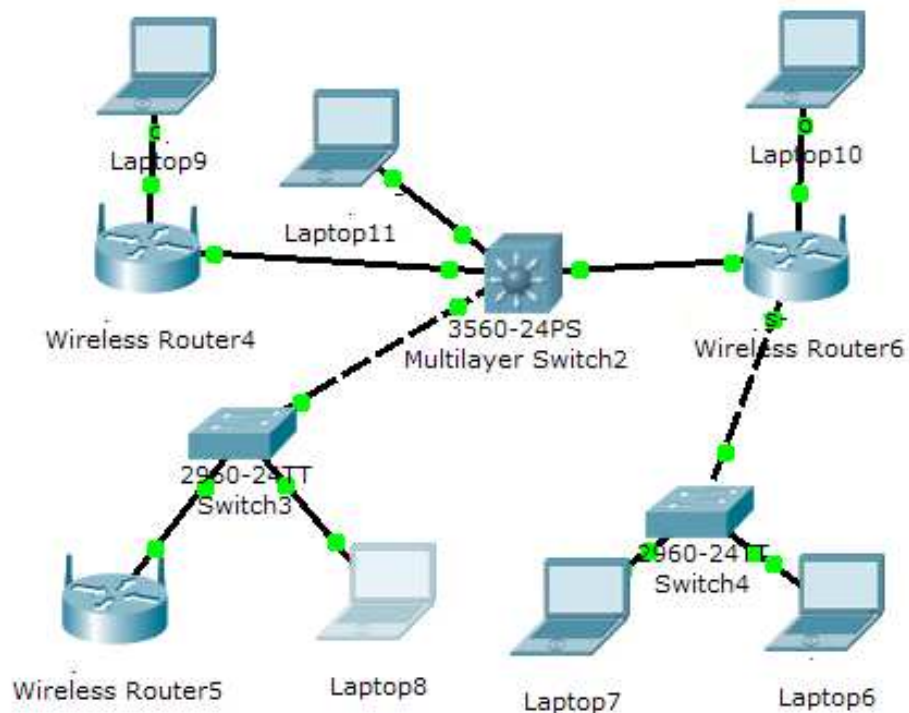
STRUČNÝ POPIS PROBÍRANÉ LÁTKY

Poslední téma věnujeme problematice routování za pomoci Cisco zařízení 3560, které tuto funkci umožňuje. Studenti by před započítím cvičení měli ovládat rozdíl mezi přepínáním a routováním, pojem routovací protokol a základní rozdělení routovacích protokolů. Doporučujeme se podrobně zaměřit na statické routování, dále na protokol RIP a rozdíl mezi verzí 1 a 2. V tomto komplexním cvičení studenti zúročí veškeré předem získané znalosti.

NÁVRH TÉMAT CVIČENÍ

Pro toto cvičení je navržena pouze jedna komplexní topologie, které obsahuje všechny zařízení, která jsou k dispozici. Pozor na skutečnost, že v případě použití protokolu RIPv1 není možné použít VLSM adresaci, neboť není přenášena informace o hodnotě masky sítě. Ta je vyhodnocena pomocí třídy adresy.

1. Postavte topologii dle obrázku. Zařízení vhodně adresujte (IPv4) tak aby každý SMC prvek tvořil samostatnou síť. Nastavte statické routování na prvku C3560. Ověřte vzájemnou průchodnost příkazem *ping*.
2. Postavte topologii dle obrázku. Zařízení vhodně adresujte (IPv4) tak aby každý SMC prvek tvořil samostatnou síť. Nastavte routování pomocí protokolu RIP (verzi zvolte na základě provedené adresace) na prvku C3560. Ověřte vzájemnou průchodnost příkazem *ping*.



Obrázek 21 - Topologie sítě, routování.

4.1.2 DOPLŇKOVÝ VÝUKOVÝ MODUL

Doplňkový modul je možné využít v případě příznivého vývoje výuky a dostatku hodin, případně pro pokročilé studenty.

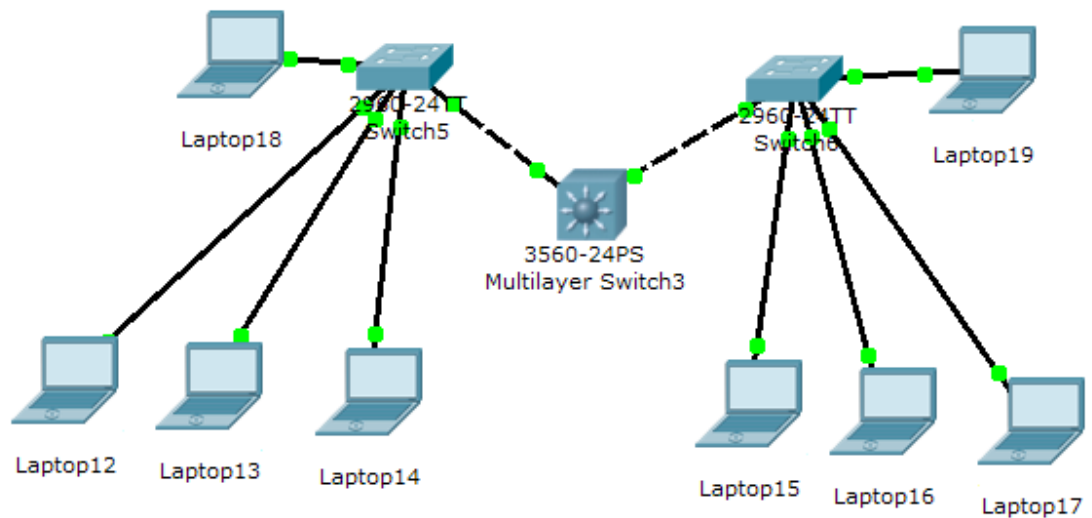
Modul je věnován problematice virtuálních sítí. V dnešní době jsou VLAN stále častěji používány zejména z důvodů zvýšení bezpečnosti a snížení nákladů. Typickým příkladem je realizace IP telefonie. Díky snadno dekódovatelným komunikačním protokolům vzniká potřeba bezpečným způsobem vzájemně oddělit běžnou datovou síť a IP telefonii. V neposlední řadě, je třeba zmínit pozitivní vliv použití VLAN na zmenšení velikosti broadcastových domén.

STRUČNÝ POPIS PROBÍRANÉ LÁTKY

V tomto případě předpokládáme vzhledem k povaze modulu vyšší osobní zapojení studenta ve formě samostudia. Pro podrobné a přitom stále přehledné a pochopitelné informace o problematice VLAN doporučujeme studium následujících webových stránek: < <http://www.samuraj-cz.com/clanek/vlan-virtual-local-area-network/>>.

NÁVRH TÉMAT CVIČENÍ

1. Sestavte topologii dle obrázku. Na prvcích C2960 vytvořte dvě VLAN, do liché přidejte zařízení s lichým číslem a do sudé se sudým. Ověřte, zda nejsou vzájemně dostupná.
2. Zkušebně vzájemně propojte VLAN pomocí routování na zařízení C3650.
3. Přidejte prvky do VLAN dynamicky, pomocí MAC adresy. Ověřte.



Obrázek 22 - Topologie sítě, příklad VLAN.

5 ZÁVĚR

Během analýzy možností, které jsou na Katedře výpočetní a didaktické techniky k dispozici, jsme došli k závěru, že je potřebné doplnit množství dostupných zařízení. Vzhledem k vyšší potřebných nákladů na pořízení fyzických zařízení navrhuje jako ideální východisko soustředit se na využití virtualizace. Z analýzy poznatků získaných zpětnou vazbou od studentů vyplývá jejich zvýšený zájem o praktickou aplikaci sítí v domácím prostředí. Rozhodli jsme se tedy ve větší míře zařadit cvičení se SOHO zařízeními při výuce.

Při návrhu flexibilního pracoviště jsme v poslední fázi zvažovali dvě možnosti jeho realizace. Za optimální považujeme variantu umístění stávajících zařízení do uzamykatelného datového rozvaděče, jenž je opatřen pojezdem, a tak případně umožňuje snadný transport do libovolné učebny. Konektivita zařízení je zajištěna připojovacími panely, které jsou umístěny v rozvaděči. Toto řešení zároveň minimalizuje poškození portu zařízení v důsledku mechanického namáhání. Pomocí propojovacích kabelů lze zařízení flexibilně konfigurovat.

Integraci wi-fi zařízení jsme provedli na dvou rovinách: za prvé, v rámci zaměření na využitelnost získaných znalostí, na rovině správného použití bezdrátových sítí z hlediska nastavení a s tím související bezpečnosti, za druhé na úrovni využití dostupných wi-fi zařízení jako zdrojů autonomních počítačových sítí při výuce přepínání a routování počítačových sítí.

Při návrhu osnovy jsme zvolili pyramidový model cvičení, kdy znalosti z předchozích cvičení na sebe navazují a jsou potřebné pro realizaci následných větších celků. Cvičení jsou optimalizována pro kooperativní metodu práce studentů. Tímto řešením se podařilo omezit negativní efekt minimálního počtu dostupných výukových zařízení. U příkladů, které studenti hodnotili jako velmi obtížné, jsme zařadili podrobný rozbor řešení, jež jsme k práci přiložili také ve formě souboru uloženého ve formátu určeném pro použití při práci s interaktivní tabulí SmartBoard, jež je na katedře k dispozici.

Praktickým přínosem pro nás byla možnost pracovat s profesionálními síťovými prvky. Zajímavou zkušeností bylo upravování osnovy výuky na základě zpětné vazby od studentů. Překvapivým zjištěním pro nás byly jejich nízké vstupní znalosti z oboru počítačových sítí. Na základě tohoto zjištění jsme byli nuceni upravit původně zamýšlený rozsah výuky. Předložený koncept výuky považujeme za flexibilní a umožňující snadné úpravy v případě změny hodinové dotace předmětu.

6 SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1- Catalyst 2960 přední panel.	3
Obrázek 2 - Červeně zvýrazněný konzolový port, Catalyst 2960	3
Obrázek 3 - Zapojení kabelu typ rollover.....	4
Obrázek 4 - Cisco konzolový kabel.....	5
Obrázek 5 - Spolehlivě funkční provedení převodníku COM na USB	5
Obrázek 6 - Program PuTTY, nastavení pro připojení před konzoli.....	6
Obrázek 7 - Přenosová rychlost SMC WGBR14N na vzdálenost pět metrů.	10
Obrázek 8 - Přenosová rychlost SMC WGBR14N na vzdálenost padesáti metrů.	10
Obrázek 9 - Zařízení SMC, GUI konfigurační rozhraní.....	12
Obrázek 10 - Podstavec pod datový rozvaděč.....	14
Obrázek 11 - Program PT. Grafický režim konfigurace zařízení.....	17
Obrázek 12 - Simulace CLI prostředí IOS	18
Obrázek 13 - Ukázka prostředí programu GNS3.	19
Obrázek 14 - Připojení virtuálního modulu ke směrovači Catalyst 2691.....	20
Obrázek 15 - Příklad na VLSM, grafické znázornění	27
Obrázek 16 - Grafický návrh rozložení sítě.....	29
Obrázek 17 – Metoda čtverců.....	32
Obrázek 18 – Metoda výsečí	32
Obrázek 19 - Topologie sítě, cvičení ACL.....	35
Obrázek 20 - Topologie sítě, ACL cvičení 2.....	35
Obrázek 21 - Topologie sítě, routování.	37
Obrázek 22 - Topologie sítě, příklad VLAN.....	38

7 SEZNAM TABULEK

Tabulka 1 - SMC defaultní přihlašovací údaje	12
Tabulka 2 – Rozbor příkladu na VLSM, zadání.....	27
Tabulka 3 – Zadání počtu zařízení.	28
Tabulka 4 – Doplnění počtu zařízení na správné hodnoty.	28
Tabulka 5 -Vybrané vlastnosti konfigurovaných zařízení C2960 a C3560.....	I

8 SEZNAM LITERATURY

1. **Cisco Systems.** Internetworking Technology Handbook - DocWiki. *Cisco systems, Inc.* [Online] 2010. [Citace: 01. 05 2011.] http://docwiki.cisco.com/wiki/Internetworking_Technology_Handbook.
2. **Pužmanová, R.** *TCP/IP v kostce*. České Budějovice : Knopp, 2004. ISBN 80-7232-236-2.
3. **Janeček, J a Bílý, M.** *Lokální sítě*. Praha : Vydavatelství ČVUT, 2004. ISBN 80-0102900-X.
4. **Teare, Diane.** *Návrh a realizace sítí Cisco: Autorizovaný výukový průvodce*. Brno : Computer Press, 2003. str. 758. ISBN 80-251-0022-7.
5. **Velte, Toby a Velthe, Anthony.** *Síťové technologie Cisco: Velký průvodce*. Brno : Computer Press, 2003. str. 759. ISBN 80-7226-857-0.
6. **Cisco systems.** Cisco Catalyst 3560 Series Switches Data Sheet. *Cisco systems, Inc.* [Online] [Citace: 03. 03 2012.] http://www.cisco.com/en/US/prod/collateral/switches/ps5718/ps5528/product_data_sheet09186a00801f3d7d.html.
7. **Cisco systems.** Cisco Catalyst 2960-S and 2960 Series Switches with LAN Base Software. *Cisco Systems, Inc.* [Online] [Citace: 13. 02 2012.] http://www.cisco.com/en/US/prod/collateral/switches/ps5718/ps6406/product_data_sheet0900aecd80322c0c.html.
8. **Rohlík, M.** Univerzální nástroj pro návrh sítě v prostředí IPv4. [Online] [Citace: 10. 5 2012.] <http://matlab.feld.cvut.cz/view.php?cisloclanku=2009020002>.
9. **Bouška, Petr.** Cisco IOS < série článků -> SAMURAJ-cz.com: *SAMURAJ-cz.com - počítačové sítě, Cisco, administrace*. [Online] [Citace: 15. 01 2012.] <http://www.samuraj-cz.com/clanky-kategorie/cisco-admin/>.

9 RESUMÉ

The opening part of the thesis analyses the possibilities of the birth of the didactic workplace of the computer network on the Department of Computer Science and Educational Technology. The analysis also includes the study of the devices which are available and their configuration and presentation. The second part suggests the possibilities of the physical solution of the workplace. I present the suggestions to enrichment of the devices. The issues of virtualisation are described separately and we consider it as a possible solution from the point of view of material security. In the third part we focus on the integration of the Wi-Fi device into the teaching and on the harmonization in the use with other network parts. The fourth part describes the suggestion of the syllabus for the Computer networks teaching. This part is based on the analysis of the experience with teaching up to now and is divided into six teaching modules, which also include the suggestions for practical lessons.

The goal of the thesis is to apply the experience, which I got by attending the Computer networks subject, and to evaluate the feedback from the other students in the way to make full use of the possibilities, which are available on the department. At the same time we try to optimize the content of the teaching to be the most helpful for the students of the teaching.

In the last part we summarize all the findings from the particular parts and we suggest several recommendations.

10 PŘÍLOHY

10.1 TABULKA 5 -VYBRANÉ VLASTNOSTI KONFIGUROVANÝCH ZAŘÍZENÍ C2960 A C3560.

Parametry	WS-C2960-24TT-L	WS-C3560-24TS-S
Forwarding bandwidth	16 Gbps	32 Gbps
Switching bandwidth	32Gbps	
Flash paměť	32 MB	32 MB
Paměť DRAM	64 MB	128 MB
Unicast MAC adresy	8000	12000
IGMP skupiny	255	1000
Maximální přenosová jednotka (MTU)	do 9000 bytes	do 9000 bytes
Forwarding Rate: 64-Byte Packet	6.5 Mpps	6.5 Mpps
Konektory	<ul style="list-style-type: none"> • 10BASE-T (RJ-45): 2-párové, kategorie 3, 4, 5 UTP • 100BASE-TX (RJ-45): 2-párové, kategorie 5 UTP • 1000BASE-T (RJ-45): 4-párové, kategorie 5 UTP • 1000BASE-T SFP (RJ-45): 4-párové, kategorie 5 UTP • 1000BASE-SX -LX/LH, -ZX, -BX, -T, -FX, CWDM SFP: LC fiber connectors (single/multimode fiber) • 100BASE-LX, -BX, -FX SFP: LC fiber connectors (single/multimode fiber) 	<ul style="list-style-type: none"> • 10BASE-T (RJ-45): 2-párové, kategorie 3, 4, 5 UTP • 10BASE-T PoE (RJ-45): 2-párové, kategorie 3, 4, 5 UTP • 100BASE-TX (RJ-45): 2-párové, kategorie 5 UTP • 100BASE-TX PoE (RJ-45): 2-párové, kategorie 5 UTP • 1000BASE-T (RJ-45): 4-párové, kategorie 5 UTP • 1000BASE-T SFP (RJ-45): 4-párové, kategorie 5 UTP • 1000BASE-SX, -LX/LH, -ZX, CWDM SFP: LC fiber connectors (single/multimode fiber)

Tabulka 5 -Vybrané vlastnosti konfigurovaných zařízení C2960 a C3560.

10.2 CD PŘÍLOHA

Součástí této bakalářské práce je přiložené CD, obsahující její elektronickou verzi.