

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
FAKULTA PEDAGOGICKÁ
KATEDRA VÝPOČETNÍ A DIDAKTICKÉ TECHNIKY

**SIMULACE POČÍTAČOVÉ SÍTĚ VE VZDĚLÁVÁNÍ S VYUŽITÍM
VOLNĚ DOSTUPNÝCH APLIKACÍ**
BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Tomáš Průcha

Informatika se zaměřením na vzdělávání

Vedoucí práce: Mgr. Jan Baťko

Plzeň, 2016

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

V Plzni, 15. dubna 2016

.....
vlastnoruční podpis

Poděkování

Rád bych tímto chtěl poděkovat vedoucímu bakalářské práce Mgr. Janu Batkovi za jeho čas, ochotu, věcné rady a připomínky při tvorbě této práce.

OBSAH

Úvod	2
1 SIMULACE POČÍTAČOVÉ SÍTĚ VE VÝUCE	4
2 VOLNĚ DOSTUPNÁ APLIKACE	6
3 PŘEDSTAVENÍ A POPIS VYBRANÝCH VOLNĚ DOSTUPNÝCH APLIKACÍ	8
3.1 GNS3	8
3.1.1 Dostupnost aplikace	9
3.1.2 Stažení a instalace	9
3.1.3 Základní funkce	10
3.2 IMUNES	12
3.2.1 Dostupnost aplikace	12
3.2.2 Stažení a instalace	13
3.2.3 Základní funkce	13
3.3 CORE	15
3.3.1 Dostupnost aplikace	15
3.3.2 Stažení a instalace	16
3.3.3 Základní funkce	16
3.4 PSIMULATOR2	20
3.4.1 Dostupnost aplikace	20
3.4.2 Stažení a instalace	21
3.4.3 Základní konfigurace	21
4 KOMERČNÍ ŘEŠENÍ (PACKET TRACER)	23
4.1 DOSTUPNOST APLIKACE	23
4.2 STAŽENÍ A INSTALACE	23
4.3 ZÁKLADNÍ FUNKCE	24
5 REALIZOVANÝ PRŮZKUM	28
6 POROVNÁNÍ VYBRANÝCH APLIKACÍ	32
6.1 STANOVENÍ KRITÉRIÍ PRO POROVNÁNÍ VYBRANÝCH APLIKACÍ	32
6.2 POROVNÁNÍ MOŽNOSTÍ VYBRANÝCH APLIKACÍ	33
6.3 ZÁVĚREČNÉ SHRNUÍ	42
ZÁVĚR	44
RESUMÉ	45
SEZNAM LITERATURY	46
SEZNAM OBRÁZKŮ A TABULEK	48
PŘÍLOHY	I

Úvod

Počítačová síť, ať už jakákoliv její forma, je v dnešní době součástí téměř každé domácnosti či podniku a stává se tak součástí našeho života. Mnoho lidí si v dnešní době život bez připojení k internetu již ani nedokáže představit. O důležitosti počítačových sítí není pochyb a proto je potřeba vychovávat síťové odborníky, kteří budou všem prvkům sítě a jejich vzájemné komunikaci rozumět.

Cílem této práce je vybrat, analyzovat a porovnat některé volně dostupné aplikace pro simulaci počítačové sítě. Dílčím cílem bude zmapování míry využití simulace ve výuce počítačových sítí na vybraných školách, konkrétní používané aplikace, oblasti jejich použití a zkušenosti vyučujících s takto vedenou výukou. Na základě těchto zjištění a provedené analýzy budou stanovena kritéria, dle kterých pak jednotlivé aplikace porovnáme. Do analýzy a závěrečného srovnání bude přidána také komerční aplikace – Cisco Packet Tracer.

Nejprve se blíže podíváme na problematiku simulace počítačové sítě ve výuce. Seznámíme se s výhodami, které tyto aplikace mohou ve výuce přinášet. Dále se zaměříme na to, jak může škola postupovat, pokud se rozhodne pro takovéto řešení a jaká úskalí může výběr vhodné aplikace přinášet. Shrneme také možné výhody a nevýhody volně dostupných aplikací.

Poté definujeme pojem volně dostupná aplikace pro účely této práce. Podíváme se na základní typy rozdělení softwaru a také jejich licencí, na to jaký význam má pro software jeho licence z pohledu autorského zákona. Také se zaměříme na typy licencí pro volně dostupné aplikace, a co vlastně umožňují nebo i přímo nařizují.

Následně stanovíme, na základě čeho zvolíme vhodné aplikace pro srovnání a pak přejdeme k jejich vlastní analýze. Tu u každé aplikace rozdělíme do tří hlavních částí. První bude dostupnost, kde se zaměříme na dostupné platformy, typ licence a systémové nároky aplikace. V druhé části analýzy nás bude zajímat jak aplikaci získat a co obnáší její instalace. Nakonec také prozkoumáme dostupné funkce a možnosti jednotlivých aplikací.

Posléze shrneme poznatky vzešlé z realizovaného průzkumu. Všechny výsledky postupně rozdělíme dle námi sledovaných kritérií a zhodnotíme je. Na základě vyhodnocení tohoto průzkumu a rovněž z informací získaných během analyzování jednotlivých aplikací

stanovíme vhodná kritéria pro závěrečné srovnání. Stanovení objektivních kritérií, ze kterých lze vycházet pro potřeby výuky bude stěžejní pro další část této práce.

Na závěr provedeme samotné srovnání jednotlivých aplikací na základě stanovených kritérií a výsledky tohoto srovnání okomentujeme. Vzniklé srovnání a informace z něj vyplývající budou hlavním přínosem celé práce.

1 SIMULACE POČÍTAČOVÉ SÍTĚ VE VÝUCE

Simulace počítačové sítě ve výuce může být vítanou a užitečnou pomůckou pro mnoho škol. Zajistit ale žákům specializovanou učebnu, která bude dostatečně vybavena pro výukové účely, je finančně nákladná záležitost a rozhodně takovouto učebnu nemá k dispozici každá škola. Mnohdy tak výuka počítačových sítí probíhá pouze teoreticky. Alternativou může být některá z aplikací pro simulaci počítačové sítě. V takovéto aplikaci lze jednoduše žákům představit a názorně ukázat základní principy fungování počítačové sítě, konfiguraci síťových zařízení, vysvětlení průchodu dat sítí apod. Je také užitečným nástrojem pro vysvětlení složitějších principů fungování sítě, jako například směrovacích protokolů, spolupráce jednotlivých vrstev při přenosu dat, či řešení problémů v síti (troubleshooting).

V některých aplikacích zaměřených přímo na výuku počítačových sítí může učitel vytvářet vlastní úlohy, které student zpracovává rovnou v prostředí aplikace. Je si tedy možné připravit úlohy, které budou studenti postupně vykonávat, a také lze automaticky vyhodnotit správnost jejich řešení.

Pokud se škola pro využití simulační aplikace rozhodne, dostáváme se k otázce jakou aplikaci zvolit. Školy mají na výběr z více možností řešení a cílem této práce je představit a porovnat možnosti těch pro školy volně dostupných.

Jedním z možných řešení na mnoha technicky zaměřených školách a gymnáziích, a to po celém světě, je stát se členem Cisco Networking Academy¹. Poté škola získá kromě fyzického hardwaru a přístupu k vzdělávacím materiálům přístup také k aplikaci Cisco Packet Tracer. Cisco Networking Academy cílí především na didaktickou stránku věci. Pro zapojení se do tohoto programu musí škola zažádat firmu Cisco o založení akademie a poté si najít Academy Support Centrum², s kterým podepíše kontrakt. Škola také musí mít plán, jaké Cisco kurzy chce vyučovat, jelikož pro každý zvolený kurz je nutné mít k dispozici alespoň dva vyškolené Cisco lektory.

Zvolením volně dostupné aplikace odpadá finanční stránka věci a důležité pro školu bude tedy jen to, na jakých systémech lze takovouto aplikaci provozovat, složitost instalace,

¹ Celosvětový výukový program, zaměřený na počítačové sítě.

² Toto centrum poskytuje podporu pro členy Cisco Networking Academy.

hardwarové požadavky, propracovanost a uživatelská přívětivost pracovního prostředí a pak také samozřejmě to jaké možnosti aplikace nabízí z pohledu simulace.

Volně dostupná aplikace také přináší možnost vyzkoušet, zda je pro požadované účely vhodná bez nutnosti se jakkoliv vázat či cokoliv platit v porovnání s komerčním řešením. [1, s. 19]

U bezplatných aplikací se může stát, že nebudou mít takovou podporu, jakou mají jejich komerční alternativy, takže je zde možnost, že se objeví např. nějaký bug, který nebude v nové verzi opraven. Čím je aplikace rozšířenější a používanější, tím je větší šance, že opraven bude. Podpora ze strany vydavatele aplikace může také skončit úplně a nové verze se aplikace již nedočká. V takovémto případě se nabízí např. možnost obrátit se s problémem na komunitu, která se aplikaci věnuje. [1, s. 21]

U těchto aplikací také často převládá otázka kvality. Zpravidla uživatel předpokládá, že se setká s kvalitou horší než u komerčního řešení. To je ale mylná představa a ve skutečnosti to může být i zcela naopak, protože takovéto volně dostupné aplikace většinou vyvíjí lidé přímo pro své vlastní využití, takže aplikace umí přesně to, na co ji potřebují. [1, s. 20]

2 VOLNĚ DOSTUPNÁ APLIKACE

V následující kapitole se pokusíme vysvětlit pojem „volně dostupná aplikace“. Volně dostupnou aplikací se v této práci myslí všechny aplikace, jejichž licence nabízí šíření aplikace zcela zdarma anebo také zdarma pro účely výuky. Takovéto licence najdeme především u Free softwaru (svobodný software) a Open Source softwaru (software s otevřeným zdrojovým kódem).

„Právní význam a obsah licence spočívá v tom, že oprávněná osoba (zejm. autor softwaru – programátor či IT firma jakožto zaměstnavatel programátora) uděluje oprávnění užití software. Užitím softwaru není však pouhé užití funkcionality softwaru, ale možnost nabyvatele užití software v původní nebo zpracované či jinak změněné podobě, a to určitým způsobem nebo všemi způsoby užití § 13-18 autorského zákona), v rozsahu omezeném nebo neomezeném. Licence tak může představovat právo nabyvatele software měnit, spojovat s jiným softwarem, rozmnožovat a dále distribuovat, nebo naopak pouze užívat v nezměněné podobě nabyvatelem licence. Poskytnutí licence tedy umožňuje realizaci autorského majetkového práva.“ [2, s. 250]

U Free softwaru neznamená free v názvu, že software je poskytován zadarmo, ale to že poskytuje čtyři základní svobody. Svobodu využívat software pro jakékoliv účely, svobodu studovat a upravovat zdrojový kód dle potřeb, svobodu poskytovat a šířit software dále a také svobodu šířit i upravený software. [2, s. 267-68]

Základními rysy Open Source softwaru je také možnost ho dále šířit a jeho další šíření nelze omezit či vyžadovat za něj poplatek. Dále to jsou dostupnost zdrojového kódu, možnost vytvářet software vycházející z původního softwaru s povinností šířit ho dále za stejných podmínek, které měla původní licence, omezení pro zachování integrity původního kódu požadavkem na změnu názvu či číslo verze odvozeného softwaru, žádná diskriminace osob nebo skupin a zákaz diskriminace způsobu využití softwaru. Také je to povinnost zachování typu licence i pro odvozený software, nemožnost využití softwaru jako součásti produktu, který je šířen např. pod jinou komerční licencí a to, že licence nesmí omezit jiný software např. tím, že by se mohla aplikace distribuovat na médiu jen s dalším Open Source softwarem. Licence také nesmí být závislá jen na konkrétní technologii – musí být technologicky neutrální. [2, s. 268-69]

Licence Free a Open Source softwaru dělíme na dva základní typy, a to Copyleft a Copyfree. Copyleftové dávají uživateli určité svobody a povinnosti, které není možné nějakým způsobem omezit při dalším šíření upraveného softwaru. Upravený software tedy může být šířen dál zase jen pod copyleftovou licenci. Naproti tomu Copyfree licence nabízí mnohem více svobod a se softwarem lze tak v podstatě dělat téměř cokoli. [2, s. 269]

Dalšími typy licencí, pod kterými může být software šířen zdarma, je např. Freeware, který je vždy šířen zdarma, ale bez dostupnosti zdrojového kódu. Dále pak Shareware, jenž může po určité době užívání vyžadovat např. nějaký poplatek a také Demoverze, u nichž je také nějakým způsobem omezené použití, např. dostupným obsahem či počtem spuštění aplikace. [2, s. 266]

3 PŘEDSTAVENÍ A POPIS VYBRANÝCH VOLNĚ DOSTUPNÝCH APLIKACÍ

Aplikace byly vybrány dle několika kritérií. V první řadě musely být pro školu volně dostupné. Dále byla důležitá multiplatformita kvůli možnostem škol nevázat se pouze na jednu platformu. Pro docílení co největší názornosti a poutavosti aplikace jsme cílili na aplikace s grafickým uživatelským rozhraním. Důležitým faktorem, a to hlavně u aplikací pro Unixové systémy, bylo to, jakými způsoby lze aplikaci získat, nainstalovat a připravit ji k bezproblémovému běhu.

K dispozici je množství volně dostupných aplikací a to převážně pro Unixové systémy. Pro potřeby této práce bylo analyzováno přibližně deset aplikací pro různé platformy, z nichž byly poté dle výše zmíněných požadavků vybrány čtyři nejvhodnější pro závěrečné srovnání, do kterého byl zahrnut také komerční produkt – Cisco Packet Tracer.

Mezi aplikacemi pro simulaci počítačové sítě se můžeme setkat nejen přímo se simulátory, ale také emulátory. Emulační systémy se chovají naprosto stejně, jako jejich fyzické ekvivalenty, tudíž pouze nesimulují požadované funkce. Jednotlivé emulované zařízení, které v síti aktuálně používáme, fungují jako samostatný virtuální systém. Princip samotné realizace simulace nás ovšem v této práci ani tak zajímat nebude. Hlavně se zaměříme na dostupné funkce a možnosti jednotlivých aplikací. Emulační aplikace tudíž nebudeme více rozlišovat.

3.1 GNS3

GNS neboli Graphical Network Simulator je multiplatformní aplikace pro simulaci či emulaci počítačové sítě zaměřená hlavně na podporu Cisco softwaru. Tato aplikace využívá simulace za pomoci virtuálního stroje. Každé simulované zařízení tedy běží jako samostatný virtuální stroj, a díky tomu je GNS3 schopna poskytnout věrnou simulaci sítě. Aplikace je založena na programovacím jazyce Python. První vydání projektu skupiny GNS3 Technologies bylo v roce 2007, jednalo se o GNS3 ve verzi 0.3. Dnes má tato aplikace téměř 11 milionů stažení ve více jak 190 zemích a aktivních členů komunity okolo této aplikace je přes 500 tisíc. [3] [4] [5]

3.1.1 DOSTUPNOST APLIKACE

Aplikace je volně dostupná pod licencí GPLv3³ a to pro platformy Windows, Linux i Mac. Navíc je dostupný i obraz virtuálního stroje. Dostupná je pouze v anglickém jazyce.

V následující tabulce jsou uvedeny minimální a doporučené systémové požadavky. Simulace pomocí této aplikace je poměrně náročná na využití procesoru a paměti a to hlavně kvůli tomu, že každé simulované zařízení běží jako samostatný virtuální stroj. V případě této aplikace mluvíme tedy přesněji o emulaci, než simulaci. Simulace větší sítě je možná jen na výkonnějších stanicích. [6]

GNS3	Minimální požadavky	Doporučené požadavky
Operační systém	Windows 7 (64 bit) a novější, Mavericks (10.9) a novější, jakákoliv Linux distribuce – Debian a Ubuntu jsou podporovány	Windows 7 (64 bit) a novější, Mavericks (10.9) a novější, jakákoliv Linux distribuce – Debian a Ubuntu jsou podporovány
Procesor	2 nebo více logických jader - AMD-V/RVI nebo Intel VT-X/EPT – zaplá virtualizace v BIOS	4 nebo více logických jader - AMD-V/RVI nebo Intel VT- X/EPT – zaplá virtualizace v BIOS
Operační paměť	4 GB RAM	8 GB RAM
Volné místo na disku	1 GB	SSD - 35 GB

Tabulka 1 Systémové požadavky aplikace GNS3 [6]

3.1.2 STAŽENÍ A INSTALACE

Ke stažení aplikace je možné přistupovat přes webovou stránku <http://www.gns3.com/>. Uživateli je k dispozici podrobný instalační průvodce pro všechny tři již zmíněné operační systémy. Pro účely analýzy aplikace jsme zvolili nejnovější dostupnou 32 bit verzi pro Windows a to 1.3.13, která má velikost 57 MB. Mimo to je k dispozici také obraz pro virtuální stroj, obsahující Linuxový systém s plně funkční aplikací GNS3.

³ Jedná se o jednu z copyleftových licencí, více v druhé kapitole.

V průběhu instalace je možné volitelně doinstalovat několik součástí, jako např. WinPcap⁴, Dynamips⁵, Qemu⁶ a Wireshark⁷, které jsou automaticky předvolené jako součást instalace pro případ, že už některá z nich není součástí systému uživatele. Celková velikost všech nainstalovaných součástí se poté pohybuje kolem 220 MB.

Po skončení instalace se otevře nový projekt v GNS3. Ačkoliv se jedná o volně dostupnou aplikaci, není ji nyní možné pro potřeby simulace víceméně využívat, jelikož neobsahuje žádný funkční směrovač (router). Do aplikace je totiž nutné nainstalovat IOS⁸ image daného zařízení. Součástí aplikace jsou v tuto chvíli jen přepínače (switch), rozbočovač (hub) a PC jako koncové zařízení.

Pokud jsme majitelem nějakého Cisco produktu, ke kterému je k dispozici CD s jeho IOS softwarem, jednoduše si uděláme obraz tohoto disku za pomoci nějaké aplikace, která takovouto možnost nabízí. [7]

Druhým způsobem je stažení obrazu síťového operačního systému přímo ze stránek společnosti Cisco. Abychom mohli image stáhnout, je k tomu zapotřebí vlastnit platný CCO(Cisco Connection Online) účet. [7]

Alternativním řešením je také použít nějaký open-source směrovací software pro simulaci Linux routerů, např. Quagga⁹.

3.1.3 ZÁKLADNÍ FUNKCE

Po spuštění aplikace zabírá největší prostor pracovní plocha. V panelu vlevo najdeme několik ikoněk znázorňujících síťová zařízení. První označuje směrovače, druhá přepínače a třetí koncová zařízení. U druhé jmenované kategorie můžeme v základu aplikace bez přidání obrazu jiných systémů najít klasický síťový přepínač, ale také ATM a Frame Relay přepínače.

ATM (Asynchronous Transfer Mode) přepínač, který se u LAN sítí moc nevyužívá, pracuje na spojově orientované technologii, kdy přenášené pakety mají pevně danou délku a

⁴ Knihovna, kterou využívá aplikace Wireshark pro odchyťování paketů.

⁵ Program pro emulaci Cisco routerů.

⁶ Program pro vytvoření virtuálního stroje.

⁷ Aplikace pro analýzu síťové komunikace.

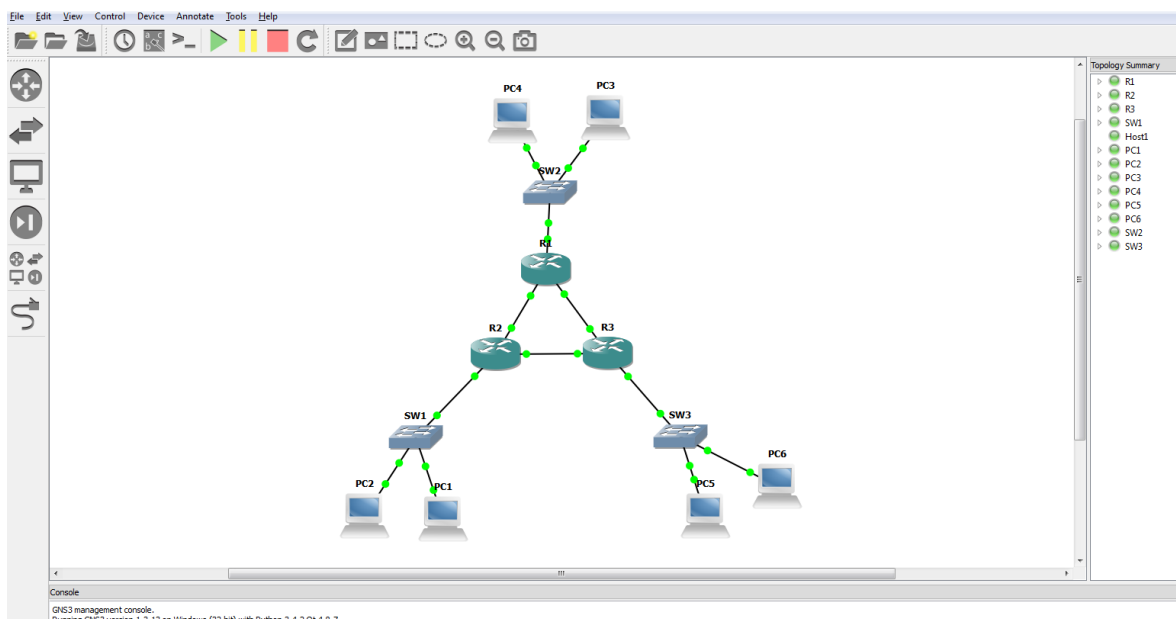
⁸ Internetwork Operating System – jedná se o operační systém používaných na síťových zařízeních.

⁹ Quagga je software poskytující směrovací protokoly pro Unixové systémy.

spojení mezi dvěma stanicemi musí být navázáno již před započítím přenosu dat. Používá se také pro přenos zvuku a videa. [8, s. 38]

Frame Relay je pak technologií, která pracuje na linkové vrstvě ISO/OSI modelu a využívá se pro WAN sítě. Funguje na principu přenášení nečíslovaných rámců. Doručení rámce zde není zaručeno. Rámce obsahují kontrolní součet pro ověření chyb. Pokud se chyba nalezne, tak je rámec zahozen. [9, s. 100]

Pro možnost propojení jednotlivých prvků na pracovní ploše pak použijeme poslední tlačítko.



Obrázek 1 Ukázka pracovního prostředí aplikace GNS3

Kliknutím na požadovanou ikonu se nám otevře seznam těchto zařízení, z kterého jej stačí přetažením myši umístit na pracovní plochu aplikace. Při volbě spojení nevolíme žádný konkrétní typ síťového vodiče, ale pouze zaklikneme tuto ikonu, poté klikneme na zařízení na pracovní ploše a vybereme port, ke kterému chceme síťový kabel připojit a spojíme s portem na dalším zařízení.

Základní konfiguraci zařízení provedeme kliknutím pravým tlačítkem na zařízení a zvolením položky Configure. Zde máme pro většinu zařízení možnost pro základní správu jejich portů. U směrovačů pak máme možnost přidání různých síťových adaptérů do volných portů pro to určených, jejichž dostupnost se odvíjí od obrazu přidaného zařízení.

GNS3 také nabízí možnost propojit simulovanou síť s reálnou sítí, se kterou je spojena stanice, na které máme aplikaci spuštěnou.

Simulační prostředí dále umožňuje použít funkci Auto Idle-PC, která automaticky určí hodnotu pro optimální zatížení procesoru. Výrazně tak snížíme zátěž a využití procesoru.

Při spuštěné simulaci je možné k síťovým prvkům přistupovat prostřednictvím CLI a to konkrétně pomocí konzole. Konzole využívá program PuTTY, který jsme při instalaci volili jako součást instalace. Jelikož zde pracujeme s Cisco zařízeními, tak k počáteční konfiguraci sítě bude potřeba znalosti základních příkazů pro práci s těmito síťovými operačními systémy.

Simulační prostředí GNS3 umožňuje také zachytávání paketů pro monitoring navržené počítačové sítě prostřednictvím aplikace Wireshark, díky čemuž můžeme sledovat a filtrovat jednotlivé pakety.

Výstupní soubor s projektem je ukládán s koncovkou GNS3. Vyexportovat popř. importovat je možné také přímo nastavení jednotlivých zařízení. Soubory s uloženým nastavením zařízení mají formát CFG. Další možností je také vytvořit screenshot pracovní plochy programu ve formátu PNG.

3.2 IMUNES

IMUNES neboli Integrated Multiprotocol Network Emulator/Simulator, což lze česky přeložit přibližně jako „integrováný více protokolový síťový emulátor/simulátor“, je projekt, který pochází ze Záhřebské univerzity v Chorvatsku. Konkrétně byl vyvinut na Faculty of Electrical Engineering and Computing. Hlavními přednostmi této aplikace jsou vysoká rozšiřitelnost, výkon, přesnost simulací a také možnost propojení s reálnou sítí. Free a Open Source aplikace je určena pro FreeBSD a Linuxové systémy. [5] [10] [11]

3.2.1 DOSTUPNOST APLIKACE

Tato aplikace je volně dostupná pod licencí BSD¹⁰. Autorská práva vlastní University of Zagreb. Aplikace je dostupná pouze v anglickém jazyce.

Aplikace IMUNES je dostupná pro operační systémy FreeBSD a Linux. Na ostatních systémech, které podporují Tcl/Tk¹¹ (Linux, FreeBSD, Windows, Mac OS X, Solaris) lze

¹⁰ Licence pro free software, jež umožňuje šířit, upravovat, nebo také prodávat kód aplikace.

¹¹ Skriptovací jazyk Tool Command Language a knihovna Tk pro grafické uživatelské prostředí.

pouze kreslit v grafickém rozhraní síťovou topologií. Původně šla simulace spustit pouze na FreeBSD systémech, ale s příchodem nové verze lze simulaci zprovoznit i v systémech Linux. Ohledně hardwarových požadavků nejsou žádné oficiální informace od autora k dispozici, ale při analýze aplikace na testované stanici¹² byla simulace bezproblémová.

3.2.2 STAŽENÍ A INSTALACE

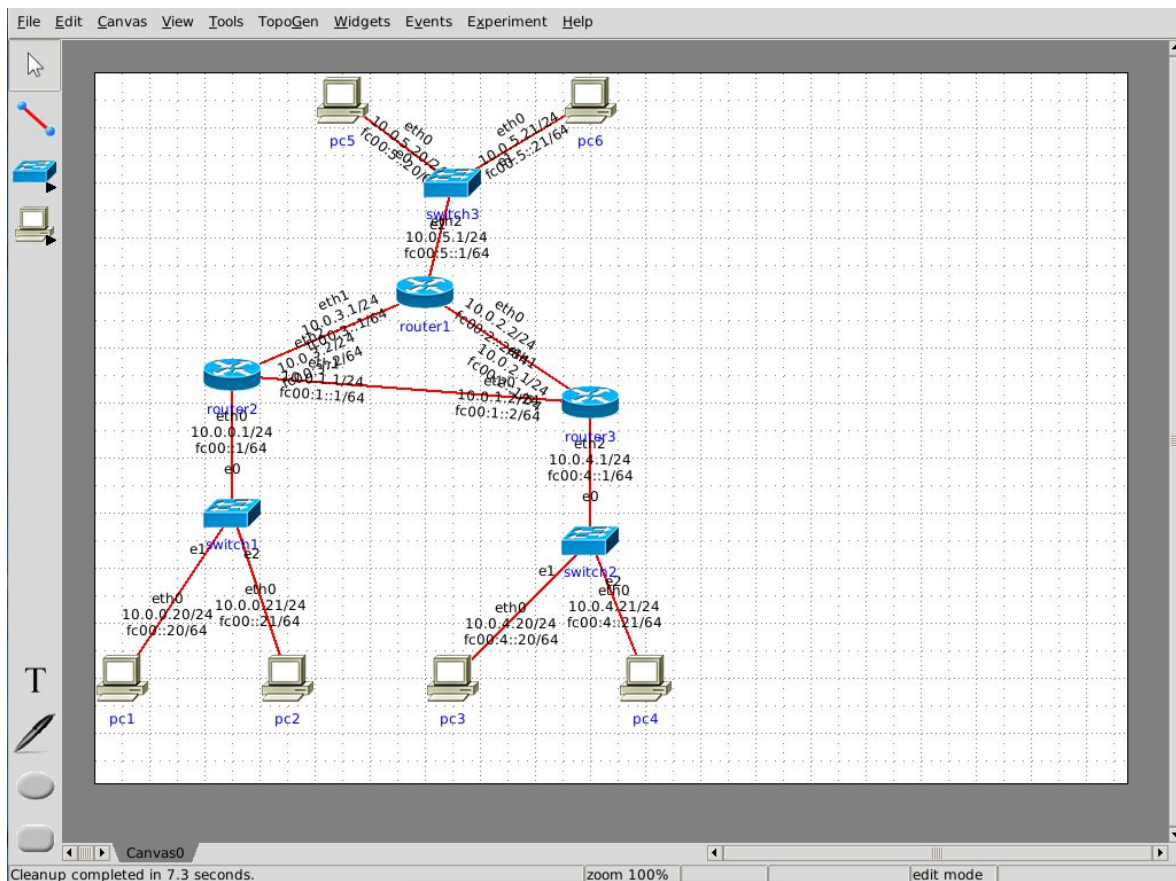
Typ a postup instalace se odvíjí od typu operačního systému uživatele. Pro potřeby analýzy jsme využívali obraz systému s aplikací pro spuštění ve virtuálním prostředí. Postup instalace pro jednotlivé systémy je detailně popsán v dokumentaci k aplikaci na této adrese <http://imunes.net/dl/guide/node6.html>. Soubory typu OVA pro virtuální stroj jsou k dispozici pro stažení na adrese <http://imunes.net/download>.

Obraz obsahuje FreeBSD systém, kde je již plně funkční aplikace IMUNES v aktuální verzi 10.2 a tudíž není potřeba řešit instalaci samotné aplikace a dalších potřebných balíčků. Velikost obrazu jsou necelé 2 GB. Tuto variantu lze téměř na všech systémech a jedině, co je potřeba mít k dispozici, je software pro virtualizaci stroje. Z tohoto důvodu se také můžeme vyvarovat některým problémům, které mohou nastat při instalaci a získáme aplikaci již plně funkční a připravenou pro potřeby simulace.

3.2.3 ZÁKLADNÍ FUNKCE

Po spuštění aplikace vidíme bílou pracovní plochu, která zabírá hlavní část aplikačního okna. Z levé strany poté lištu se síťovými komponenty a možnostmi vkládání poznámek na pracovní plochu a nahoře pak nástrojovou lištu. Prvky jsou zde rozděleny dle vrstev referenčního modelu ISO/OSI, na kterých pracují do L2 (linková vrstva) a L3 (síťová vrstva) kategorií. V L3 tedy nalezneme směrovač a koncová zařízení, v L2 pak rozbočovač, přepínač a také volbu pro propojení s reálnou sítí.

¹² Systémová specifikace stanice: procesor AMD Athlon 2.21 GHz, operační paměť 2 GB RAM, operační systém Windows 7 32bit.



Obrázek 2 Ukázka pracovního prostředí aplikace IMUNES

Prvek, který chceme přidat na pracovní plochu, jednoduše označíme myší a poté klikneme na místo, kam ho chceme umístit. Pro spojení síťovým vodičem podržíme tlačítko na požadovaném zařízení a táhneme myší k zařízení, s kterým ho chceme propojit. Konkrétní typ vodiče zde nevolíme, pouze u něj lze nastavit velikost zpoždění. Při výchozím nastavení se po propojení automaticky přidělí IPv4 a IPv6 adresy síťovým zařízením. Pokud je toto pro požadované účely nežádoucí, máme zde možnost tuto funkci vypnout odznačením volby IPv4/IPv6 auto-assign addresses/routes v Tools na horní nástrojové liště.

V základní konfiguraci, kam se dostaneme kliknutím pravým tlačítkem myši na zařízení a zvolením možnosti Configure, máme u směrovačů možnost nastavení podporovaných protokolů vycházejících ze směrovacích softwarů Quagga a XORP¹³ a také nastavení dalších síťových služeb. Také je zde přímo možnost pro nastavení statického směrování.

¹³ Extensible Open Router Platform – software podporující směrovací protokoly.

Při spuštěné simulaci můžeme kliknutím na Widgets v horní nástrojové liště využít několik celkem užitečných widgetů skládajících se ze základních příkazů a možností pro analýzu nastavení sítě. Pomocí příkazů si lze také dodefinovat vlastní widget v možnosti Custom.

Pro konfiguraci spuštěných zařízení máme k dispozici konzoly. Využít také můžeme vzdálené Telnet a SSH spojení. Pro monitoring sítě je v IMUNES k dispozici možnost využití aplikace Wireshark. Uložení aktuálně vytvořené sítě probíhá ve vlastním formátu IMN.

3.3 CORE

Tento síťový emulátor, celým názvem Common Open Research Emulator, byl odvozen v roce 2004 od projektu IMUNES skupinou Network Technology, která je součástí divize Boeing Research and Technology. Mezi hlavní přednosti této aplikace patří jednoduché uživatelské prostředí, vysoká rozšiřitelnost nebo také možnost spojení s reálnou sítí či propojení simulovaných sítí z více běžících instancí aplikace CORE. Naval Research Laboratory podporuje další vývoj této open source aplikace. Aplikace kromě využití GUI pro nastavení simulace nabízí také možnost nastavit simulovanou síť pomocí skriptů v jazyce Python. [5] [12] [13]

3.3.1 DOSTUPNOST APLIKACE

Tato aplikace je volně dostupná pod již zmíněnou licencí BSD. Skupina, jež aplikaci vyvíjí, vybízí komunitu, která CORE aktivně používá k zapojení se do vývoje tím, aby nahlašovala různé bugy, na které narazí při jejím používání a také žádá o různé technické návrhy, které povedou k vylepšení aplikace. CORE je dostupná v anglickém jazyce. [12]

V tabulce níže jsou uvedeny základní systémové požadavky. Z pohledu operačního systému je aplikace vyvíjena pro Linux a FreeBSD systémy, primárně však pro Linux.

CORE	Doporučené požadavky
Operační systém	Linux nebo FreeBSD
Procesor	2.0GHz nebo lepší x86 procesor, čím více jader procesoru, tím lépe pro simulaci
Operační paměť	2 GB nebo více

CORE	Doporučené požadavky
Volné místo na disku	Okolo 3 MB přímo pro CORE a nějaké volné místo na všechny potřebné balíčky k aplikaci

Tabulka 2 Systémové požadavky aplikace CORE [12]

3.3.2 STAŽENÍ A INSTALACE

Aktuální dostupná verze aplikace je 4.8 a soubory ke stažení jsou k nalezení na adrese <http://downloads.pf.itd.nrl.navy.mil/core>. Zde máme na výběr ze tří možností. V případě instalace můžeme zvolit jednodušší cestu a vybereme instalaci z předpřipraveného balíčku (packages na výše zmíněné adrese), který je ovšem dostupný jen pro určité typy linuxové distribuce. Vydavatelem doporučené jsou Ubuntu nebo Fedora. Pro instalaci na ostatních distribucích můžeme zvolit také možnost instalace ze zdroje (source), která je ovšem náročnější. Podrobný postup instalace pro jednotlivé systémy je uveden v manuálu na adrese <http://downloads.pf.itd.nrl.navy.mil/docs/core/core-html/install.html>. Třetí možností je zde vmware-image pro stažení obrazu se systémem a funkční aplikací CORE pro virtuální stroj.

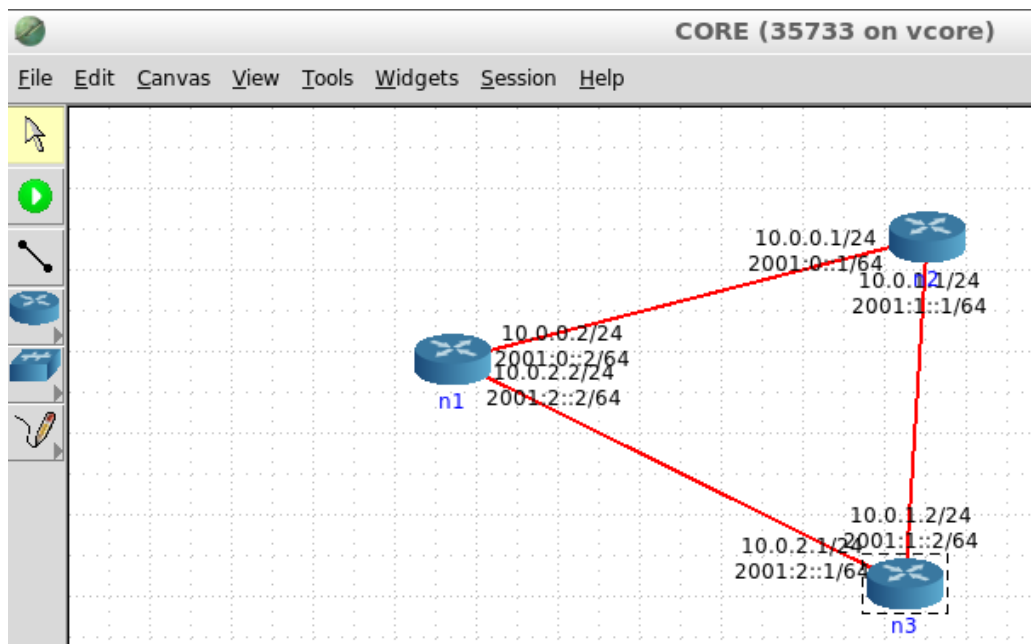
Jelikož je aplikace CORE vyvíjena jen a pouze pro Linux a FreeBSD systémy, je jedinou možností jak tuto aplikaci zprovoznit na jiných systémech využití právě virtuálního stroje. Např. v případě stanice s operačním systémem Windows, kde je k dispozici nějaký software pro virtuální stroj, je tato možnost nejjednodušším řešením. Pouze stáhneme obraz, který se poté načte v příslušné aplikaci a s CORE lze rovnou pracovat, jelikož v obrazu je obsaženo již vše pro její správný běh. Obraz je možné načíst i na jiném softwaru pro virtualizaci stroje než jen na VMware. Nejnovější dostupná verze při zvolení této možnosti je verze 4.7, ta se pro účely simulace od verze 4.8 téměř neliší. Image zabírá v komprimovaném stavu přibližně 560 MB. Pracovní složka se soubory pro virtuální stroj má pak okolo 2,2 GB. Pro účely této práce jsme zvolili možnost využití tohoto obrazu.

3.3.3 ZÁKLADNÍ FUNKCE

Hlavní část grafického rozhraní aplikace tvoří pracovní plocha. V horní části se nachází nástrojová lišta a vlevo pak panel, na kterém jsou k dispozici síťová zařízení, kabeláž, zelené tlačítko pro spuštění simulace a také tlačítko s možnostmi přidání poznámek na pracovní plochu. Zařízení jsou rozdělena do dvou kategorií a to podle toho, na jaké

vrstvě modelu ISO/OSI pracují (síťová a linková vrstva). V první kategorii máme k dispozici základní koncová zařízení tj. PC a server a dále pak směrovače, kde je k dispozici směrovač využívající nainstalovaný směrovací software, směrovač uzpůsobený pro MANET¹⁴ směrování a fyzický Linux směrovač. Zde je také možnost pro vytvoření vlastního zařízení a to tak, že se mu nastaví podporované služby (rozsah dostupných služeb viz dále). V druhé kategorii je pak k dispozici rozbočovač, přepínač, možnost pro bezdrátovou LAN síť a také volby pro připojení skutečné sítě nebo i virtuální sítě, která je vytvořena jiné instancí aplikaci CORE.

Na zařízení, které chceme přidat, klikneme myší a tím se nám uloží do volby zařízení. Poté kliknutím na zvoleném místě pracovní plochy zařízení přidáme. Zařízení máme stále zvolené, tudíž pokud chceme přidat více zařízení stejného typu, pouze klikáme na zvolená místa na ploše. Pro spojení prvků síťovým vodičem klikneme na ikonku znázorňující spojení (link tool) a za stálého držení myši táhneme od jednoho zařízení k druhému. Typ síťového kabelu ani nic jiného zde nevolíme.



Obrázek 3 Ukázka pracovního prostředí aplikace CORE

Jak lze vidět z obrázku, po spojení zařízení zde dochází k automatickému přidělení IPv4 a IPv6 adres a přednastavení služeb na zařízení.

¹⁴ Z anglického mobile ad hoc network – značí počítačovou síť spojenou bez použití kabelů.

Pokud chceme např. připravit podklady pro nějaké cvičení, kde bude student muset nakonfigurovat síťové adresy a jednotlivé podsítě sám, je nutné nejprve automaticky přidělované IP adresy smazat v základním nastavení zařízení.

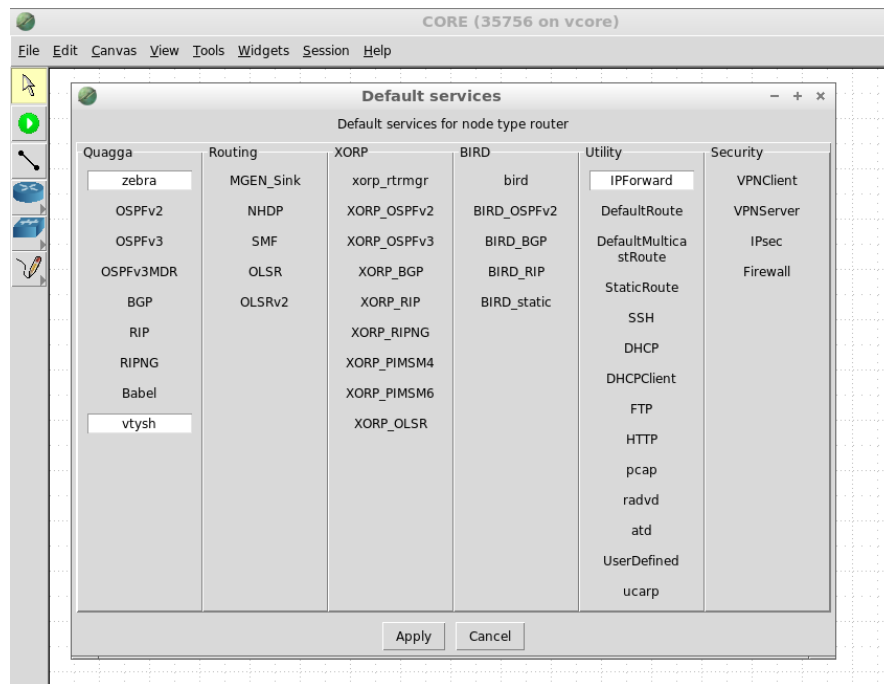
Služby, které se automaticky na zařízení konfigurují, můžeme jednoduše nastavit. Rozsah dostupných služeb, které máme k dispozici, se odvíjí od toho, jaký software máme pro tyto potřeby na operačním systému nainstalován. V následujících odstavcích uvedu pár základních typů softwaru používaných pro směrování.

Quagga, jak již bylo řečeno, je software pro směrování. Podporuje dynamické směrovací protokoly a jedná se o nejvíce používaný open source software v této oblasti.

BIRD (Internet Routing Daemon) podporuje IPv4 a IPv6 směrovací protokoly. Je používán hlavně pro široké možnosti práce s BGP (Border Gateway Protocol), což je dynamický směrovací protokol. *„Nejdůležitější však je, že BGP umožňuje každé podsíti oznámit svou existenci zbytku Internetu. Podsítě volají „Já existuji a jsem zde“ a BGP se ujišťuje, že všechny AS na Internetu vědí o existenci podsítě, a říká, jak se k ní dostat. Nebýt protokolu BGP, každá podsít by byla izolována a osamocená, zbytek Internetu by o ní nevěděl.“* [14, s. 310]

Dále je zde také k dispozici množství dalších protokolů, jako například SSH, DHCP (klient, server), FTP, HTTP, ...

V instalačním manuálu doporučuje vydavatel využití softwaru Quagga. Pokud ovšem využíváme obrazu pro virtuální stroj, je již nabídka těchto služeb v systému rozsáhlá.



Obrázek 4 Ukázka nastavení služeb v aplikaci CORE

Po spuštění simulace se nám zpřístupní několik dalších funkcí. Za prvé Observer Widgets Tool, která nám nabízí možnost sledování určitých informací o nastavení sítě přímo na jednotlivých zařízeních. Dále je zde funkce Plot Tool, které umožní sledovat objem přenášených dat v reálném čase mezi dvěma vybranými zařízeními v síti. Tlačítko zaklikneme a poté klikneme na spojení mezi zařízeními, kde chceme provoz sledovat. Pak zde máme také možnost Two-node Tool. Touto funkcí můžeme označit dvě zařízení umístěné na pracovní ploše, mezi kterými pak můžeme provádět jednorázově příkazy traceroute a ping. Nakonec je zde možnost Run Tool sloužící k zadávání základních příkazů a jejich výpisu. Umožňuje zadaný příkaz odeslat i z více zařízení současně.

K dispozici je také rozhraní konzole pro konfiguraci jednotlivých síťových zařízení. Pro vzdálený přístup lze využít Telnet nebo SSH. Pro sledování paketů nabízí aplikace dvě možnosti. Jako první můžeme využít aplikaci Wireshark. Druhou možností je sledovat provoz přes tcpdump. Tcpdump umožňuje analyzovat přímo jednotlivé datové pakety, k čemuž využívá knihovny pcap, která pakety zachycuje [1, s. 138]. Tato volba ovšem na rozdíl od aplikace Wireshark nenabízí takovou přehlednost a možnosti detailnější filtrace a pozdějšího hledání informací.

```

CORE (35768 on vcore)
File Edit Canvas View Tools Widgets Session Help

vcmd
64 bytes from 10.0.1.2: icmp_req=17 ttl=63 time=0.397 ms
64 bytes from 10.0.1.2: icmp_req=18 ttl=63 time=0.455 ms
64 bytes from 10.0.1.2: icmp_req=19 ttl=63 time=0.540 ms
64 bytes from 10.0.1.2: icmp_req=20 ttl=63 time=0.373 ms
64 bytes from 10.0.1.2: icmp_req=21 ttl=63 time=0.498 ms
64 bytes from 10.0.1.2: icmp_req=22 ttl=63 time=0.373 ms
64 bytes from 10.0.1.2: icmp_req=23 ttl=63 time=0.393 ms
64 bytes from 10.0.1.2: icmp_req=24 ttl=63 time=0.435 ms
64 bytes from 10.0.1.2: icmp_req=25 ttl=63 time=0.404 ms
64 bytes from 10.0.1.2: icmp_req=26 ttl=63 time=0.335 ms
64 bytes from 10.0.1.2: icmp_req=27 ttl=63 time=0.419 ms
64 bytes from 10.0.1.2: icmp_req=28 ttl=63 time=0.425 ms
64 bytes from 10.0.1.2: icmp_req=29 ttl=63 time=0.374 ms
64 bytes from 10.0.1.2: icmp_req=30 ttl=63 time=0.530 ms
64 bytes from 10.0.1.2: icmp_req=31 ttl=63 time=0.404 ms
64 bytes from 10.0.1.2: icmp_req=32 ttl=63 time=0.409 ms
64 bytes from 10.0.1.2: icmp_req=33 ttl=63 time=0.440 ms
64 bytes from 10.0.1.2: icmp_req=34 ttl=63 time=0.439 ms
64 bytes from 10.0.1.2: icmp_req=35 ttl=63 time=0.341 ms
64 bytes from 10.0.1.2: icmp_req=36 ttl=63 time=0.441 ms
64 bytes from 10.0.1.2: icmp_req=37 ttl=63 time=0.388 ms
64 bytes from 10.0.1.2: icmp_req=38 ttl=63 time=0.417 ms
64 bytes from 10.0.1.2: icmp_req=39 ttl=63 time=0.447 ms

vcmd
64
11:33:21,502138 IP 10.0,1,2 > 10.0,0,1: ICMP echo reply, id 93, seq 34, length 64
11:33:22,502230 IP 10,0,0,1 > 10,0,1,2: ICMP echo request, id 93, seq 35, length 64
11:33:22,502286 IP 10,0,1,2 > 10,0,0,1: ICMP echo reply, id 93, seq 35, length 64
11:33:23,502874 IP 10,0,0,1 > 10,0,1,2: ICMP echo request, id 93, seq 36, length 64
11:33:23,502970 IP 10,0,1,2 > 10,0,0,1: ICMP echo reply, id 93, seq 36, length 64
11:33:24,501879 IP 10,0,0,1 > 10,0,1,2: ICMP echo request, id 93, seq 37, length 64
11:33:24,501933 IP 10,0,1,2 > 10,0,0,1: ICMP echo reply, id 93, seq 37, length 64
11:33:25,501895 IP 10,0,0,1 > 10,0,1,2: ICMP echo request, id 93, seq 38, length 64
11:33:25,501951 IP 10,0,1,2 > 10,0,0,1: ICMP echo reply, id 93, seq 38, length 64
11:33:26,502092 IP 10,0,0,1 > 10,0,1,2: ICMP echo request, id 93, seq 39, length 64
11:33:26,502147 IP 10,0,1,2 > 10,0,0,1: ICMP echo reply, id 93, seq 39, length 64

```

Obrázek 5 Monitoring sítě pomocí Tcpcdump v aplikaci CORE

Uložení síťové konfigurace je možné ve formátu IMN, který později lze načíst i v aplikaci IMUNES. Je to díky tomu, že jak již bylo řečeno, aplikace CORE je založena na aplikaci IMUNES. Alternativně lze konfiguraci také uložit ve formátu XML, nebo je zde i možnost pro vyexportování Python skriptu aktuálně nastavené sítě.

3.4 PSIMULATOR2

Jedná se o aplikaci vyvinutou studenty na Českém vysokém učení technickém v Praze, Fakultě informačních technologií v roce 2012 a navázala na projekt Psimulator z roku 2010, který neobsahoval grafické uživatelské rozhraní. Psimulator2 je jednoduchý simulátor s grafickým uživatelským rozhraním, který je vytvořen v programovacím jazyce Java, což zaručuje jeho multiplatformitu. Aplikaci spustíme na jakémkoliv systému, který Javu podporuje. Původně byla navrhována přímo pro účely výuky základů sítí na ČVUT a umí simulovat Linuxové a základní Cisco směrovače. O jednoduchosti aplikace svědčí i to, že nepodporuje žádné dynamické směrovací protokoly, ale pouze statické směrování. [5] [15] [16] [17]

3.4.1 DOSTUPNOST APLIKACE

Aplikace je volně dostupná pod licencí GPLv3. Pro spuštění simulátoru budeme potřebovat operační systém s nainstalovanou JRE¹⁵ verze 7 nebo vyšší. Ohledně hardwarových požadavků nejsou k dispozici od vydavatele žádné informace. Během

¹⁵ Java Runtime Environment – běhové prostředí platformy Java.

testování na průměrně vybavené stanici¹⁶ nedošlo k žádnému problému, který by narušil běh simulace.

3.4.2 STAŽENÍ A INSTALACE

Stáhneme archiv z webové stránky <http://code.google.com/p/psimulator/downloads/list>. Aktuální verze z 16. 5. 2012 má přibližně 16 MB. Po stažení archiv pouze rozbalíme na požadované místo, protože aplikace se neinstaluje. Psimulator2 je rozdělen na dvě části, těmi jsou frontend a backend. Frontend složí jako grafické uživatelské rozhraní pro základní nastavení a konfiguraci sítě. Spustíme ho z příkazové řádky a to příkazem „java -jar psimulator2_frontend.jar“ v místě rozbaleného adresáře. Po zadání tohoto příkazu se nám aplikace spustí v grafickém uživatelském prostředí. Druhou částí je backend, ta slouží pro běh samotné simulace vytvořené ve frontend. Simulační server spustíme z příkazové řádky příkazem „java -jar psimulator2_backend.jar název_konfiguračního_souboru “ a to také v místě rozbaleného adresáře. Součástí simulátoru je také vestavěný telnet klient, lze ale použít i jiný externí. V Unixových systémech přímo telnet, který je součástí systému a ve Windows např. program PuTTY.

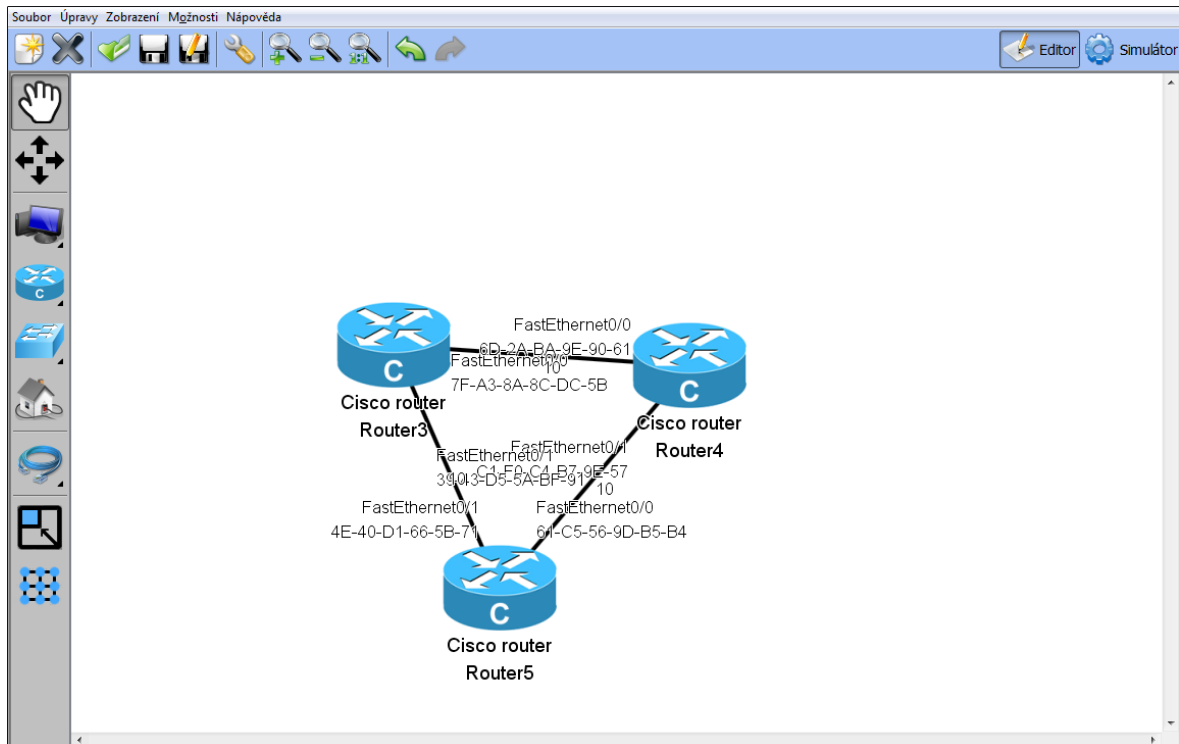
3.4.3 ZÁKLADNÍ KONFIGURACE

Po spuštění části frontend se nám otevře aplikace v grafickém uživatelském rozhraní, jehož hlavní část zaujímá pracovní plocha pro umísťování jednotlivých prvků sítě. Horní část aplikačního okna zaujímá nástrojová lišta. Na levé straně je pak panel se síťovými prvky. Základní prvky jsou rozděleny do tří kategorií. Těmi jsou koncová zařízení obsahující PC, notebook a pracovní stanici, dále pak směrovače obsahující dva Cisco a dva Linux směrovače a základní síťové přepínače, které nalezneme rozdělené podle počtu jejich portů. Pro výběr jednotlivých zařízení ve zvolené kategorii klikneme pravým tlačítkem myši.

Pro přidání zařízení na pracovní plochu označíme v panelu zařízení levým tlačítkem myši a klikneme na požadované místo na ploše. Pro spojení zařízení síťovým kabelem slouží možnost Ethernetový kabel, která se nachází pod síťovými prvky. Typ síťového vodiče zde ovšem nevolíme, jediné co je možné nastavit je jeho prodleva, která má vliv na rychlost cesty paketů sítě. K jeho přidělení do portu dochází automaticky a to od toho s nejnižším

¹⁶ Systémová specifikace stanice: procesor AMD Athlon 2.21 GHz, operační paměť 2 GB RAM, operační systém Windows 7 32bit.

nepřiděleným číslem. Dále je zde možnost pro propojení simulované sítě k reálné síti, na které aktuálně běží stanice, ale tu lze využít jen na Linuxových systémech. Na tomto panelu ještě nalezneme volbu pro upravení velikosti pracovní plochy dle komponent a také pro zarovnání přidanych komponent do mřížky.



Obrázek 6 Ukázka pracovního prostředí aplikace Psimulator2

Každý síťový prvek umístěný na pracovní ploše obsahuje základní nastavení, kde můžeme nastavovat jméno zařízení, jeho stav zapnuto/vypnuto, IP adresu s maskou a také MAC adresu, která se po přidání zařízení automaticky generuje. Je možné také volit množství zobrazovaných informací o zařízeních na pracovní ploše.

Před spuštěním simulace je nutné mít spuštěnou součást backend, jinak simulaci nebude možné spustit. Po spuštění simulace je možné využívat telnet klienta pro konfiguraci zařízení. Při spuštěné simulaci aplikace také nabízí možnost monitorovat provoz v síti. V panelu nalevo pod volbou pro připojení k serveru máme možnost pro zachycení jednotlivých paketů. Zachycená komunikace se poté zobrazuje v samostatném okně v rámci aplikace. Nevyužívá žádnou externí aplikaci. Takto zachycenou komunikaci si můžeme také uložit. Uložení konfiguračních souborů je možné pouze do formátu XML.

4 KOMERČNÍ ŘEŠENÍ (PACKET TRACER)

Aplikace Cisco Packet Tracer je vyvíjena firmou Cisco Systems a je navrhována přímo pro výukové účely. Dostupná je pro všechny členy Cisco Networking Academy. Aplikace umožňuje v grafickém uživatelském rozhraní věrnou simulaci Cisco zařízení včetně detailního monitoringu sítě a jednotlivých paketů. Díky důrazu na didaktickou stránku věci při vývoji této aplikace v ní má uživatel možnost vytvářet specifické úlohy, které pak může snadno vyhodnotit. Aplikace podporuje velké množství různých protokolů.

4.1 DOSTUPNOST APLIKACE

K aplikaci mají volný přístup všichni členové Cisco Networking Academy. Aplikace sama o sobě je šířena pod licencí typu Proprietary¹⁷ a je dostupná v anglickém jazyce. K dispozici jsou dvě různé verze a to studentská a instruktorská. Instruktorská nabízí navíc možnost tvorby interaktivních úloh pro studenty.

Aplikace je dostupná pro systémy Ubuntu Linux, Windows. Vyvíjena je také mobilní verze pro Android a iOS. V následující tabulce jsou uvedeny oficiální systémové požadavky pro aktuální verzi 6.3.

Packet Tracer	Minimální požadavky	Doporučené požadavky
Procesor	Intel Pentium 4, 2.53 GHz nebo ekvivalent	Intel Pentium 4, 3.0 GHz nebo lepší
Operační paměť	512 MB RAM	1 GB RAM
Volné místo na disku	280 MB	315 MB

Tabulka 3 Systémové požadavky aplikace Packet Tracer

4.2 STAŽENÍ A INSTALACE

Cisco Packet Tracer si může člen Cisco Networking Academy s platným účtem stáhnout ze stránek <http://www.netacad.com>. K dispozici je instalační soubor s průvodcem. Aktuálně je k dispozici verze 6.3.

¹⁷ Jedná se o komerční software bez možnosti přístupu ke zdrojovému kódu.

4.3 ZÁKLADNÍ FUNKCE

Hlavní část aplikace zabírá pracovní plocha obklopená několika nástrojovými panely. V horní části nalezneme panel s možnostmi pro zobrazení, ukládání a nastavení. Ve spodní části je umístěn zásobník obsahující jednotlivá zařízení, s kterými lze v aplikaci pracovat. Zařízení a volby jsou zde celkem podrobně roztříděny do jednotlivých kategorií tj. směrovače, přepínače, rozbočovače, bezdrátové zařízení, typy spojení, koncová zařízení, bezpečnostní zařízení, emulace WAN sítě, dále pak zařízení, která jsme sami vytvořili a také možnost pro propojení vytvořené sítě z další instance aplikace Cisco Packet Tracer. Po zvolení kategorie vybereme požadované zařízení a kliknutím levým tlačítkem na pracovní plochu zařízení umístíme.

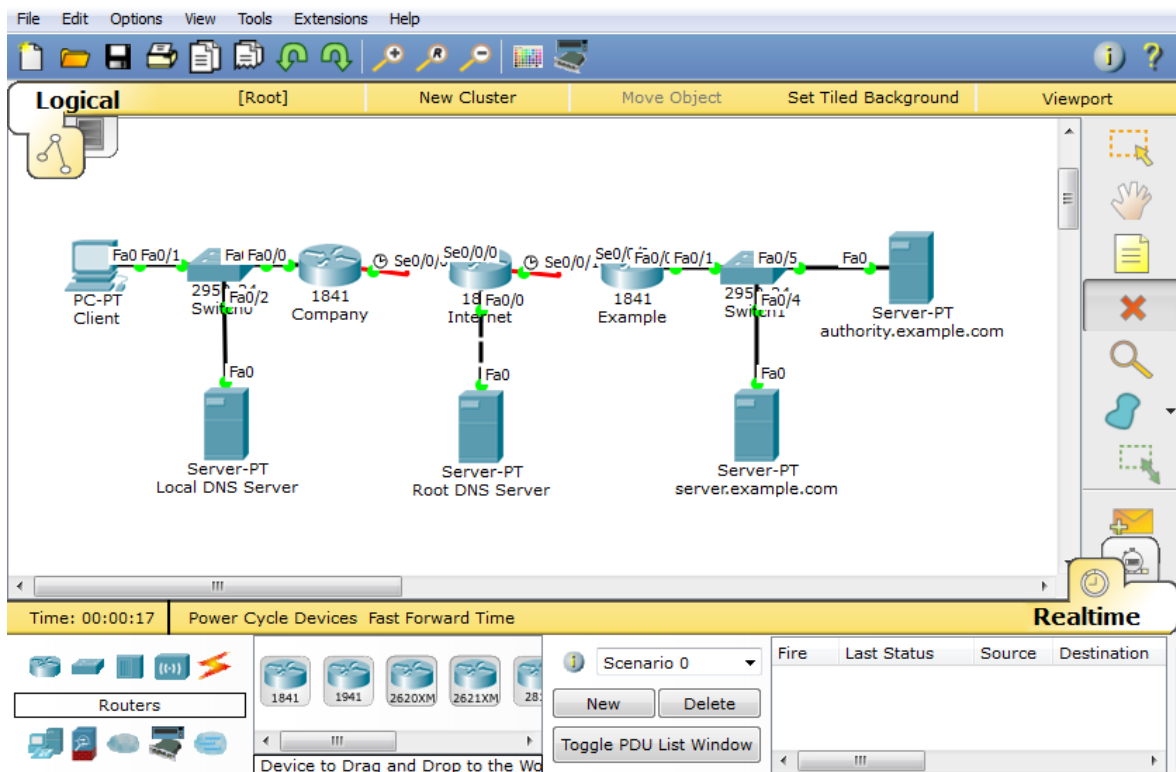
Pro spojení zařízení vybereme kategorii Connections a zvolíme požadovaný typ kabelu. Kabelů je na výběr velké množství a to:

- Konzolový kabel
- Přímý měděný kabel
- Křížený měděný kabel
- Optický kabel
- Telefonní kabel
- Koaxiální kabel
- Sériový kabel DCE / DTE
- Octal kabel¹⁸
- Automatická volba kabelu

Po zvolení kabelu klikneme levým tlačítkem myši na první zařízení a zvolíme požadovaný port pro zapojení, to samé provedeme na druhém zařízení, které chceme propojit.

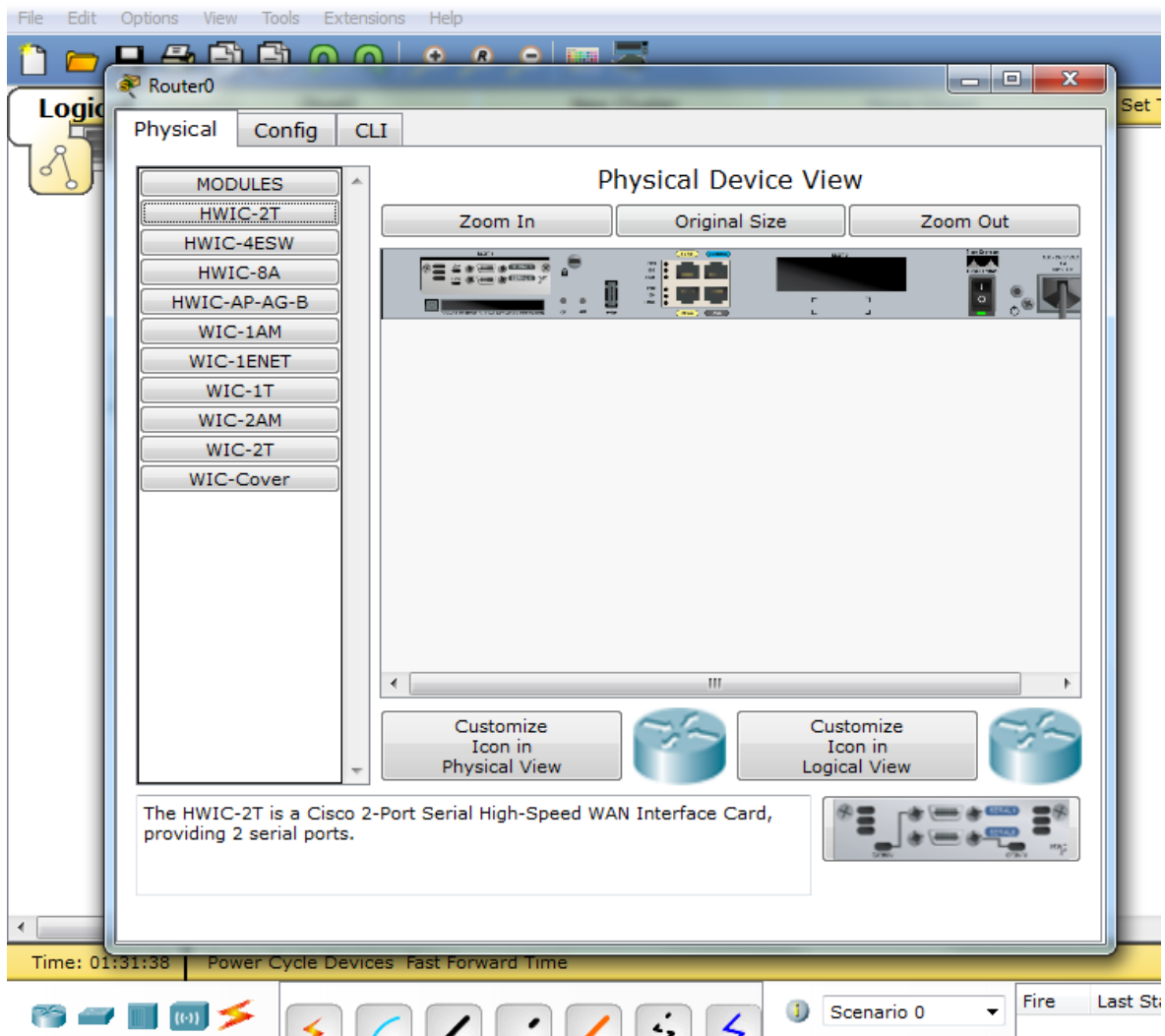
V panelu napravo máme možnosti pro zvolení a smazání zařízení, lupu pro zobrazení základních nastavených informací o zařízeních, popř. možnost pro poznámky. Dále je zde možnost pro zaslání datových jednotek mezi zvolenými zařízeními. V horním menu je možné upravovat množství na ploše zobrazovaných informací o zařízení, případně upravovat rozložení aplikace.

¹⁸ Tento typ kabelu je používán zejména pro připojení několika modemů ke směrovači.



Obrázek 7 Ukázka pracovního prostředí aplikace Packet Tracer

Dvojitým poklepáním na zařízení na pracovní ploše se dostaneme do jeho nastavení. Zde máme několik karet v závislosti na zařízení. Na jednotlivých kartách můžeme provést nastavení jednotlivých fyzických modulů, které budou součástí zařízení, nakonfigurování základních parametrů zadáním v kartě nastavení až po přístup k nastavení zařízení pomocí příkazové řádky. Zde je potřeba znalosti příkazů využívaných v síťových operačních systémech Cisco. Při nastavování fyzických modulů se zařízení chová reálně. Je ho potřeba nejprve vypínačem, který je graficky znázorněn na zařízení, vypnout a přidat požadovaný modul. Poté zařízení zase zapnout.



Obrázek 8 Nastavení modulů v aplikaci Packet Tracer

Pokud se v pravé dolní části na žluté liště přepneme do módu Simulation, získáme možnost monitorovat průchod jednotlivých paketů sítě. Režimy Simulation a Realtime se od sebe liší v tom, že v simulačním režimu můžeme sledovat a analyzovat krok po kroku jednotlivé datové jednotky tak, jak prochází sítí. V Realtime funguje vše tak, jako by se jednalo o skutečně zapojenou síť a v tomto režimu můžeme sledovat i čas, který lze pro potřeby simulace zrychlovat kupředu. Při sledování komunikace v simulačním režimu máme rovněž možnost nastavení filtrů pro sledování pouze požadovaných protokolů. Během sledování provozu je vše graficky znázorněno na vytvořené síti na pracovní ploše. Pomocí lupy na panelu vpravo (funkce Inspect) lze také jednotlivé datové jednotky detailně analyzovat na základě vrstev ISO/OSI modelu.

Jak již bylo řečeno, v instruktorské verzi je možnost tvorby vlastních úloh. Pro tyto potřeby je k dispozici podrobný průvodce, který učitele provede vytvořením celé úlohy. Takto lze

připravit úlohy na širokou škálu požadované problematiky, jelikož zde můžeme přidávat různá zařízení, nebo také jejich výběr studentům omezit, včetně nastavení jejich přístupných funkcí. Učitel nastaví také požadované kritéria, které student musí v úloze splnit. Ty se automaticky vyhodnocují.

Sítí vytvořenou v aplikaci lze uložit ve formátech PKT a PKT, popř. vyexportovat ve formátu IMSCC Comon Cartridge, což je souhrn standart snažící se sjednotit různé systémy používané právě ve školství. [18]

5 REALIZOVANÝ PRŮZKUM

Jakou součástí bakalářské práce byl realizován průzkum formou dotazníku. Pro dotazník jsme využili možnost Formuláře Google. Cílem průzkumu bylo zjistit a zmapovat míru a oblasti využití simulace ve výuce počítačových sítí na vybraných školách a aplikace využívané k tomuto účelu.

Vybrány byly školy v Karlovarském a Plzeňském kraji, jelikož v těchto krajích učí většina absolventů Fakulty pedagogické, Západočeské univerzity v Plzni. Konkrétně jsme se zaměřili na střední odborné školy a učiliště a na gymnázia. Z výběru středních škol byly vyřazeny školy zdravotnické, hotelové, obchodní a další, u kterých jsme předpokládali, že výuka počítačových sítí nebude mít ve výuce větší prostor. V obou krajích bylo kontaktováno dohromady čtyřicet škol.

Dotazník byl rozeslán učitelům IT předmětů, jejichž email bylo možné dohledat na webových stránkách školy. Pokud email učitelů nebyl k dispozici nebo bylo nalezené pouze malé množství učitelů, byla odeslána také žádost ředitelům škol o přeposlání dotazníku učitelům IT předmětů. Celkem bylo kontaktováno padesát tři učitelů a dvacet osm ředitelů.

Přibližně během měsíce se vrátilo dohromady třicet tři odpovědí. Osmnáct odpovědí bylo ze středních odborných škol a učilišť a patnáct pak z gymnázií. Průzkumem bylo zjištěno, že třicet učitelů odpovědělo kladně u otázky, zda na jejich škole probíhá výuka počítačových sítí. Pouze osm z nich však používá ve výuce simulační aplikace. Až na jednu výjimku, kterou tvořila aplikace Mininet, všichni pro simulaci využívají aplikaci Cisco Packet Tracer.

U tří dotázaných, na jejichž škole výuka počítačových sítí neprobíhá, bylo shodně zjištěno, že oblast počítačových sítí neodpovídá zaměření jejich školy. Dva z nich by ale uvítali využití simulačních aplikací v případě, že by se v budoucnu na jejich škole tento předmět vyučoval.

U převážné většiny škol se sice počítačové sítě vyučují, ale při jejich výuce nejsou simulační aplikace využívány. V následujícím seznamu uvedeme zjištěné důvody od učitelů na otázku z jakého důvodu tomu tak je.

- Učitel se ve výuce se zaměřuje spíše teoreticky, na praktickou stránku nemá ve výuce prostor (11 odpovědí).
- V jejich využití ve výuce učiteli brání finanční náročnost pořízení aplikace (3 odpovědi).
- Pro jejich využití nemá učitel k dispozici specializovanou učebnu (5 odpovědí).
- Existují lepší způsoby výuky – např. s pomocí fyzického hardwaru (2 odpovědi).
- O této možnosti učitel neví (6 odpovědí).

U otevřené nepovinné otázky, kde mohl každý učitel vyjádřit vlastní názor na přínos simulačních aplikací ve výuce počítačových sítí, bylo zjištěno následující:

- Výuka v takovýchto aplikacích přináší větší názornost probírané tematiky (4 odpovědi).
- Simulační aplikace řeší nedostatek hardwaru na jednoho žáka (1 odpověď).
- Simulační aplikace jsou vhodnou náhradou fyzického hardwaru (1 odpověď).
- Při použití simulačních aplikací nejsme vázáni na fyzické vybavení (1 odpověď).
- Simulační aplikace jsou vhodnou pomůckou pro úvodní hodiny (1 odpověď).
- Simulační aplikace jsou vhodné pro motivaci žáků (1 odpověď).
- Simulační aplikace jsou cenově výhodnější v porovnání s cenou fyzického hardwaru (1 odpověď).
- Simulační aplikace mohou být dostupné pro žáky i v prostředí domova (1 odpověď).
- Didaktická propracovanost u aplikace Cisco Packet Tracer (1 odpověď).
- Simulační aplikace jsou vhodnou pomůckou pro procvičení složitějších příkladů – např. OSPF (1 odpověď).

Nyní se podíváme na to, k čemu konkrétně učitelé simulační aplikace ve výuce využívají. Zaznamenané odpovědi a jejich četnost můžeme vidět v následující tabulce.

Zvolená odpověď	Četnost
Základní konfigurace síťových zařízení	8
Vysvětlení způsobů směrování dat v síti	7
Demonstrace průchodu dat sítí	7
Vysvětlení postupu zapouzdření dat v síti	6
Výuka způsobů řešení problémů nastalých v síti (troubleshooting)	5

Zvolená odpověď	Četnost
Návrh sítě a její rozdělení do podsítí	5
Vytváření vlastních úloh	5
Vysvětlení spolupráce jednotlivých protokolů při přenosu dat	4

Tabulka 4 Zjištěné způsoby využití simulačních aplikací ve výuce.

Dále nás také zajímalo, jaké jsou zkušenosti učitelů s výukou vedenou pomocí simulačních aplikací. Zde je seznam zjištěných odpovědí:

- Simulační programy jsou vhodnou náhradou fyzického hardwaru (8 odpovědí).
- Simulační aplikace slouží jako vhodná příprava pro práci s fyzickým hardwarem (7 odpovědí).
- Simulace je vhodným zpestřením teoreticky vedené výuky (7 odpovědí).

Nakonec se podíváme na odpovědi získané u otázky, která se zaměřovala na to, zda se učitel setkal při výuce s využitím simulačních aplikací s nějakými problémy. Bylo zjištěno toto:

- Nepředvídatelné chyby v aplikaci (3 odpovědi).
- U simulačních aplikací není 100% kompatibilita s reálným hardwarem (1 odpověď).
- Omezený počet použitelných konfiguračních příkazů (1 odpověď).
- Nepřítomnost všech potřebných funkcí pro potřeby výuky (1 odpověď).
- Náhodné ukončení simulace (1 odpověď).
- Problémy s kompatibilitou uložených konfigurací u různých verzí aplikace (1 odpověď).

Realizovaný průzkum napovídá, že využití volně dostupných aplikací by mohlo nabídnout řešení pro školy, kterým brání v pořízení takovéto aplikace její finanční náročnost či nedostatek vhodných prostor pro fyzická zařízení. Pouze u dvou odpovědí učitelů, kteří simulační aplikace při výuce počítačových nevyužívají, byl zaznamenán názor, že jejich využití není vhodným řešením a pro výuku by raději zvolili fyzický hardware. Zbylí učitelé buďto o možnosti simulačních aplikací ani nevěděli, nebo svoji výuku zaměřují spíše teoreticky a na využití těchto aplikací nemají ve výuce prostor.

U škol, které simulační aplikace ve výuce počítačových sítí používají, nebylo až na jednu výjimku zaznamenáno jiné řešení, než to od firmy Cisco, což značí poměrně velké využití

jejich studijního programu Networking Academy na námi dotazovaných školách. Naprostá většina zjištěných způsobů využití těchto aplikací se tedy vztahuje k aplikaci Cisco Packet Tracer a jeho funkcím. V následném srovnání se tedy zaměříme na to, zda některá z námi popsaných volně dostupných aplikací dokáže této aplikaci konkurovat a nabídnout tak učitelům plnohodnotnou náhradu.

Kompletní znění dotazníku je k nahlédnutí na konci práce v příloze.

6 POROVNÁNÍ VYBRANÝCH APLIKACÍ

Stanovíme kritéria, podle kterých budeme poté porovnávat analyzované aplikace. Na základě porovnání vytvoříme závěrečné shrnutí zjištěných poznatků.

6.1 STANOVENÍ KRITÉRIÍ PRO POROVNÁNÍ VYBRANÝCH APLIKACÍ

Na základě realizovaného průzkumu a poznatků zjištěných během vlastní analýzy aplikací jsme pro porovnání zvolili tyto skupiny kritérií, na které se blíže zaměříme:

- Dostupnost a instalace
- Základní nástroje pro práci s prostředím
- Možnosti návrhu sítě
- Síťové protokoly
- Pokročilé nástroje
- Podpora učitelů využívaných funkcí a možností při simulaci

Cílem bylo navrhnout takové kategorie, které budou obsahovat hlavně objektivní kritéria vycházející z testování jednotlivých aplikací.

Dostupnost a instalace

Zde se zaměříme na srovnání operačních systémů, které aplikace podporují. Dále se zaměříme na to, zda tvůrce poskytuje aplikaci i formou obrazu pro virtuální stroj, což dále rozšiřuje možnost použití na více typech operačních systémů. Dalšími kritérii jsou typ instalace, odkud lze aplikaci získat a jazykové verze, ve kterých je dostupná. Také se zaměříme na to, zda je k aplikaci dostupná dokumentace či technická podpora. Nakonec shrneme základní potřebný software, který aplikace využívají pro potřeby simulace.

Základní nástroje pro práci s prostředím

Bude nás zajímat, jaké základní nástroje pro práci v prostředí máme u aplikací k dispozici. Zaměříme se hlavně na nástroje, které nám umožňují popisovat a zpřehledňovat navrženou strukturu sítě a zda je možné zobrazovat různé popisky. Jakým způsobem si můžeme práci v prostředí přizpůsobit a také se zaměříme na nástroje usnadňující práci s rozsáhlejšími sítěmi.

Možnosti návrhu sítě

Zmapujeme všechna dostupná síťová zařízení a prvky, s kterými se dá v aplikaci při návrhu sítě pracovat, popř. to zda je možné vytváření vlastních zařízení. Zaměříme se také na dostupné druhy síťových kabelů a typů spojení.

Síťové protokoly

Zaměříme se na podporu základních síťových protokolů pracujících na síťové, transportní a aplikační vrstvě ISO/OSI modelu. Dále nás budou zajímat možnosti pro směrování včetně statického směrování a rozsah dynamických směrovacích protokolů. Zvlášť se zaměříme na podporu simulace sítě při použití internetového protokolu verze 6. Cílem bude zmapovat odlišnosti v množství podporovaných protokolů, případně možnosti přidání podpory dalších protokolů prostřednictvím instalace dalšího softwaru.

Pokročilé nástroje

Soustředíme se na podporu těchto funkcí a možností:

- Analýza provozu sítě
- Možnosti přístupu ke konfiguraci zařízení
- Podpora simulačního režimu
- Možnost propojení simulované sítě se skutečnou
- Možnost propojení simulované sítě mezi více instancemi aplikace

Podpora učitelů využívaných funkcí a možností při simulaci

Na základě odpovědí z realizovaného průzkumu přidáme do srovnání i funkce a možnosti aplikací, které naši respondenti uvedli jako nejčastěji využívané ve výuce.

6.2 POROVNÁNÍ MOŽNOSTÍ VYBRANÝCH APLIKACÍ

Dle stanovených kritérií z předchozí kapitoly budou porovnány možnosti a funkce všech analyzovaných volně dostupných aplikací a také aplikace Cisco Packet Tracer. Porovnání bude uskutečněnou formou tabulek doplněných komentářem, který shrne zjištěné informace vyplývající z provedeného srovnání.

Dostupnost a instalace

Aplikace	Podporované operační systémy	Obraz virtuálního stroje
GNS3	Windows, Linux, Mac OS X	Ano
IMUNES	FreeBSD, Linux	Ano
CORE	FreeBSD, Linux	Ano
Psimulator2	Windows, Linux, Mac OS X	Ne
Cisco Packet Tracer	Windows, Linux	Ne

Tabulka 5 Posouzení kritérií týkajících se operačních systémů a dostupnosti obrazu virtuálního stroje

Ze srovnání vyplývá, že všechny analyzované aplikace jsou multiplatformní. Aplikace IMUNES a CORE, které podporují jen Unixové systémy, a také GNS3 mají k dispozici i obraz virtuálního stroje což umožňuje použití těchto aplikací i na jiných systémech.

Aplikace	Získání aplikace	Typ instalace
GNS3	Z webu vydavatele	Instalační balíček popř. pomocí příkazové řádky (Linux)
IMUNES	Z webu vydavatele	Pomocí příkazové řádky
CORE	Z webu vydavatele	Pomocí příkazové řádky
Psimulator2	Z webu vydavatele	Neinstaluje se
Cisco Packet Tracer	Z webu vydavatele	Instalační balíček popř. pomocí příkazové řádky (Linux)

Tabulka 6 Posouzení kritérií týkajících se získání aplikace a typu instalace

Instalační soubory všech aplikací jsou dostupné ke stažení na webu vydavatele. U aplikací pro Unixové systémy probíhá instalace pomocí příkazové řádky. U těch podporujících systémy Windows, máme k dispozici instalační EXE soubor. Výjimku tvoří aplikace Psimulator2, která se bez instalace spouští z jar pomocí souboru.

Aplikace	Dokumentace	Technická podpora	Jazykové verze
GNS3	Online dokumentace	Ne	Angličtina

Aplikace	Dokumentace	Technická podpora	Jazykové verze
IMUNES	Online dokumentace	Ne	Angličtina
CORE	Online dokumentace	Ne	Angličtina
Psimulator2	Nápověda v aplikaci	Ne	Angličtina, Čeština
Cisco Packet Tracer	Nápověda k aplikaci	Ano	Angličtina

Tabulka 7 Posouzení kritérií týkajících se dostupné formy podpory a jazykových verzí

Aplikace GNS3, IMUNES a CORE mají k dispozici rozsáhlou dokumentaci na webu. Psimulator2 a Cisco Packet Tracer pak obsahují nápovědu přímo v aplikaci. Plnohodnotnou technickou podporu má pouze Cisco Packet Tracer formou Academy Help Desk, kde lze nahlásit zaznamenaný problém. U ostatních aplikací je nutno technické problémy řešit v rámci komunity pohybující se okolo aplikace nebo zkusit kontaktovat přímo vydavatele.

Základním jazykem pro všechny aplikace je angličtina. Psimulator2 nabízí mimo ni i češtinu. Cisco Packet Tracer nabízí možnost nahrát do aplikace další jazykové verze v externím souboru.

Aplikace	Software využívaný aplikací
GNS3	WinPCAP, Wireshark, SolarisWinds Response, Dynamips, QEMU, VPCS, Putty
IMUNES	Wireshark, xterm, Open vSwitch, Quagga, XORP
CORE	Wireshark, Quagga, XORP, BIRD
Psimulator2	žádný
Cisco Packet Tracer	žádný

Tabulka 8 Posouzení kritéria týkajícího se softwaru využívaného aplikací

Aplikace GNS3, IMUNES a CORE mohou využívat pro další možnosti a potřeby simulačního prostředí množství softwaru, který je nutné případně doinstalovat. U Psimulator2 a Cisco Packet Tracer je vše potřebné v prostředí aplikace již obsaženo.

Základní nástroje pro práci s prostředím

Aplikace	Poznámky na pracovní ploše	Automatické uspořádání zařízení	Zobrazení popisků	Nastavení vzdálenosti
GNS3	Ano	Ne	Ano	Ano
IMUNES	Ano	Ano	Ano	Ano
CORE	Ano	Ano	Ano	Ano
Psimulator2	Ne	Ano	Ano	Ano
Cisco Packet Tracer	Ano	Ne	Ano	Ano

Tabulka 9 Posouzení kritérií týkajících se základních nástrojů pro práci v prostředí aplikace

U všech aplikací kromě Psimulator2 můžeme na pracovní plochu umísťovat vlastní poznámky. Automatické uspořádávání pracovní plochy podporují IMUNES, CORE a Psimulator2. Funkci lupy pro oddálení případně přiblížení pracovní plochy a možnost zapnout si zobrazování popisků u zapojených kabelů pak najdeme shodně u všech aplikací.

Možnosti návrhu sítě

Aplikace	Směrovače	Přepínače	Koncová zařízení
GNS3	Dostupné dle přidaného IOS	Základní síťový, ATM a Frame Relay přepínač	PC
IMUNES	Quagga a XORP směrovač	Základní síťový přepínač	PC, server

Aplikace	Směrovače	Přepínače	Koncová zařízení
CORE	Quagga, MANET a Linux směrovač	Základní síťový přepínač	PC, server
Psimulator2	Linux a Cisco směrovač	Základní síťový přepínač	PC, notebook, pracovní stanice
Cisco Packet Tracer	Rozsáhlý výběr Cisco směrovačů	Rozsáhlý výběr Cisco přepínačů	PC, notebook, server, tiskárna, telefon, VoIP zařízení, televize, bezdrátová zařízení

Tabulka 10 Posouzení kritérií týkajících se dostupných směrovačů, přepínačů a koncových zařízení

GNS3 v základu nenabízí žádné dostupné směrovače. Jejich rozsah, ale i rozsah dalších dostupných zařízení se tak u této aplikace odvíjí od přidaného obrazu s požadovaným zařízením, což lze považovat na jednu stranu za velkou výhodu, ale zároveň za jeden z velkých nedostatků z důvodu dostupnosti těchto obrazů. Aplikace IMUNES a CORE pak nabízejí směrovače založené hlavně na softwaru Quagga, u CORE lze možnosti směrovačů dále rozšířit nainstalovanými součástmi. Psimulator nabízí Linux a Cisco směrovač. Největší výběr směrovačů nabízí Cisco Packet Tracer, ovšem jen těch od společnosti Cisco. U přepínačů nenarazíme u aplikací IMUNES, CORE a Psimulator2 na nic jiného než základní síťové přepínače. GNS3 navíc nabízí použití ATM a Frame Relay přepínačů. U Cisco Packet Traceru znovu nalezneme rozsáhlé množství přepínačů s Cisco systémy. Každá aplikace dále nabízí koncové zařízení typu PC. IMUNES, CORE a Cisco Packet Tracer pak nabízí i server. Největší výběr všech možných koncových zařízení má opět aplikace Cisco Packet Tracer.

Aplikace	Další síťová zařízení	Tvorba vlastního zařízení
GNS3	Základní síťový rozbočovač	Ne
IMUNES	Základní síťový rozbočovač	Ne
CORE	Základní síťový rozbočovač	Ano

Aplikace	Další síťová zařízení	Tvorba vlastního zařízení
Psimulator2	Nejsou k dispozici	Ne
Cisco Packet Tracer	Rozbočovač, opakovač, oddělovač, bezdrátové přístupové body, bezpečnostní zařízení	Ano

Tabulka 11 Posouzení kritérií týkajících se dostupných dalších síťových zařízení a tvorby vlastního zařízení

Mimo aplikaci Psimulator2 nabízí všechny ostatní použití rozbočovače. Největší výběr dalších zařízení má znovu aplikace Cisco Packet Tracer, která nabízí i tvorbu vlastních zařízení, stejně tak jako CORE.

Z přehledu dostupných zařízení vyplývá, že nejširší možnosti v tomto směru má jasně aplikace Cisco Packet Tracer, která jich nabízí opravdu velké množství. Jedinou nevýhodou této aplikace tak v tomto případě je, že pokud budeme chtít simulovat sítě s např. využitím Linuxových systémů jako směrovačů, žádné jiné zařízení než se systémy Cisco v této aplikaci nenajdeme.

Aplikace	Dostupné síťové vodiče	Typy spojení
GNS3	Typ vodiče není rozlišen	Kabel
IMUNES	Typ vodiče není rozlišen	Kabel
CORE	Typ vodiče není rozlišen	Kabel, bezdrátové spojení
Psimulator2	Typ vodiče není rozlišen	Kabel
Cisco Packet Tracer	Konzolový kabel, přímý měděný kabel, křížený měděný kabel, optický kabel, telefonní kabel, koaxiální kabel, sériový kabel DCE / DTE, octal kabel, automatická volba kabelu	Kabel, bezdrátové spojení

Tabulka 12 Posouzení kritérií týkajících se dostupných síťových vodičů a typů spojení

Typy síťových vodičů se rozlišují pouze u aplikace Cisco Packet Tracer, která znovu nabízí velké množství dostupných vodičů, u všech ostatních se žádný typ vodiče nevolíte. Cisco Packet Tracer a CORE také nabízí možnost pro bezdrátové spojení.

Síťové protokoly

Aplikace	Statické směrování	Dynamické směrovací protokoly
GNS3	Ano	Rozsah dle přidaného IOS
IMUNES	Ano	OSPFv2, OSPFv3, RIP, RIPng
CORE	Ano	Dle použitého softwaru OSPFv2, OSPFv3, BGP, RIP, OLSR, OLSRv2, RIPng
Psimulator2	Ano	Nejsou dostupné
Cisco Packet Tracer	Ano	BGP, RIPv1, RIPv2, OSPFv3, EIGRP, EIGRPv6

Tabulka 13 Posouzení kritérií týkajících se směrování

Pro potřeby statického směrování lze využívat všechny analyzované aplikace. Dynamické směrovací protokoly nejsou dostupné pouze u Psimulator2. U GNS3 se jejich rozsah odvíjí dle přidaného zařízení. Pro CORE lze dostupné protokoly rozšířit dodatečným softwarem pro směrování. V základu pak nabízí nejširší škálu těchto protokolů Cisco Packet Tracer.

Aplikace	Další síťové protokoly	IPv6
GNS3	Ethernet, ICMP, ARP, TCP, UDP, Telnet, SSH	Ano
IMUNES	Ethernet, ICMP, ARP, TCP, UDP, FTP, Telnet, SSH	Ano
CORE	Ethernet, ICMP, ARP, TCP, UDP, Telnet, SSH	Ano
Psimulator2	Ethernet, ICMP, ARP, TCP, UDP, Telnet	Ne

Aplikace	Další síťové protokoly	IPv6
Cisco Packet Tracer	Rozsáhlá podpora protokolů síťové, transportní a aplikační vrstvy.	Ano

Tabulka 14 Posouzení kritérií týkajících se síťových protokolů

Všechny aplikace podporují základní protokoly pracující na síťové a transportní vrstvě ISO/OSI modelu. Možnost simulace sítě s využitím internetového protokolu verze šest nenajdeme pouze u Psimulator2.

Největší rozsah všech dostupných protokolů nabízí aplikace Cisco Packet Tracer. Aplikace CORE však nabízí možnost doinstalování množství utilit, které rozsah dostupných síťových služeb značně rozšíří. U GNS3 bude také znovu záležet na importovaných zařízeních.

Pokročilé nástroje

Aplikace	Analýza provozu sítě	Možnosti přístupu ke konfiguraci zařízení	Simulační režim	Propojení se skutečnou sítí	Propojení s další instancí aplikace
GNS3	Wireshark	Konzole, Telnet, SSH	Ne	Ano	Ne
IMUNES	Wireshark, tcpdump	Konzole, Telnet, SSH	Ne	Ano	Ne
CORE	Wireshark	Konzole, Telnet, SSH	Ne	Ano	Ano
Psimulator2	Přímo v aplikaci	Konzole, Telnet	Ano	Ano (pouze Linux)	Ne
Cisco Packet Tracer	Přímo v aplikaci	Konzole, Telnet, SSH, AUX	Ano	Ne	Ano

Tabulka 15 Posouzení kritérií týkajících se pokročilých nástrojů pro práci s aplikací

GNS3, IMUNES i CORE nabízejí analýzu provozu sítě pomocí aplikace Wireshark, která poskytuje široké možnosti pro filtraci paketů a hledání informací. Psimulator2 a Cisco Packet Tracer mají tuto možnost řešenou přímo v prostředí aplikace. Způsoby přistupování k rozhraní příkazové řádky se u aplikací téměř neliší. Simulační režim, v kterém lze sledovat a krokovat provoz na síti nabízí Cisco Packet Tracer, a také Psimulator2, ale v lehce omezeném rozsahu. Všechny ostatní aplikace kromě Cisco Packet Tracer mají možnost propojení se skutečnou sítí. U Psimulator2 tuto možnost lze ale využít pouze u Linuxových systémů a s právy superuživatele. Propojení vytvořených sítí mezi spuštěnými instancemi aplikace je pak možné uskutečnit v CORE a Packet Tracer.

Podpora učitelů využívaných funkcí a možností při simulaci

Aplikace	Základní konfigurace síťových zařízení	Vysvětlení postupu zapouzdření dat v síti	Vysvětlení způsobů směrování dat v síti	Demonstrace průchodu dat sítí
GNS3	Ano	Ne	Ano	Ano
IMUNES	Ano	Ne	Ano	Ano
CORE	Ano	Ne	Ano	Ano
Psimulator2	Ano	Ne	Ano	Ano
Cisco Packet Tracer	Ano	Ano	Ano	Ano

Tabulka 16 Posouzení kritérií týkajících se podpory učitelů využívaných funkcí 1

Základní konfiguraci síťových zařízení nabízejí všechny porovnávané aplikace. Postup zapouzdření dat v síti lze vysvětlit pouze v aplikaci Cisco Packet Tracer použitím jejího nástroje Inspect a zobrazením vrstveného ISO/OSI modelu. Demonstraci průchodu dat sítí, díky které vysvětlit i způsoby směrování dat lze názorně provést u aplikací Psimulator2 a Cisco Packet Tracer, které umožňují grafické sledování provozu na síti. U ostatních aplikací si budeme muset vystačit s příkazy ping a traceroute v příkazové řádce.

Aplikace	Vysvětlení spolupráce jednotlivých protokolů při přenosu dat	Výuka způsobů řešení problémů nastalých v síti (troubleshooting)	Návrh sítě a její rozdělení do podsítí	Vytváření vlastních úloh
GNS3	Ano	Ano	Ano	Ne
IMUNES	Ano	Ano	Ano	Ne
CORE	Ano	Ano	Ano	Ne
Psimulator2	Ano	Ano	Ano	Ne
Cisco Packet Tracer	Ano	Ano	Ano	Ano

Tabulka 17 Posouzení kritérií týkajících se podpory učiteli využívaných funkcí 2

Pro vysvětlení spolupráce jednotlivých protokolů při přenosu dat v síti lze u GNS3, IMUNES a CORE využít aplikaci Wireshark. Psimulator2 a Cisco Packet Tracer nabízí vlastní řešení pro sledování provozu a jednotlivých protokolů. Pro řešení problémů nastalých v síti nabízí IMUNES a CORE řadu užitečných widgetů. U aplikace Psimulator2 si budeme pro tyto účely muset vystačit se základní sadou příkazů v příkazové řádce. Nejširší možnosti pak znovu nabízí Cisco Packet Tracer, která disponuje řadou užitečných nástrojů. Navrhovat sítě a její dělení do podsítí je pak možné realizovat ve všech aplikacích. Vytváření vlastních úloh je pak specifická vlastnost pouze pro Cisco Packet Tracer.

V předchozích dvou tabulkách vidíme, které z možností nabízí analyzované aplikace dle zjištěných způsobů využití simulačních aplikací ve výuce. Jelikož námi zjištěné způsoby využití byly víceméně vždy spojené pouze s aplikací Cisco Packet Tracer, vychází i ona z tohoto srovnání nejlépe.

6.3 ZÁVĚREČNÉ SHRNUTÍ

Z provedeného porovnání všech aplikací vyplynulo, že všechny měly srovnatelné základní funkce pro potřeby návrhu sítě a pro práci v grafickém uživatelském rozhraní. Tento fakt je dán z části také stanovením vhodných kritérií už při výběru těchto aplikací. Základní

nástroje pro práci s prostředím jsou také u většiny aplikací rovnocenné. V rozsahu dostupných zařízení měla jasně navrch aplikace Cisco Packet Tracer, která nabízí opravdu rozsáhlé možnosti pro práci se zařízeními Cisco. Pro potřeby dynamického směrování nabízí znovu Cisco Packet Tracer nejvíce dostupných protokolů, ovšem IMUNES a především CORE s vhodně zvoleným doplňkovým softwarem nabízí také široké možnosti a to nejen u směrovacích protokolů, ale i na úrovni aplikační vrstvy. Pokud se zaměříme na nástroje pro monitoring sítě, poskytují všechny aplikace dostačující řešení. Zajímavou možností, kterou neposkytuje pouze Cisco Packet Tracer, je také propojení simulované sítě se skutečnou sítí. Ze závěrečného porovnání učiteli používaných funkcí vyplynulo, že aplikace podporují téměř všechny, avšak s různými omezeními. Pro tyto účely tak byla znovu nejvhodnější aplikace Cisco Packet Tracer.

Pokud se zaměříme na aplikaci, která nabízí celkově nejméně funkcí, bude to Psimulator2. Ta obsahuje v porovnání s ostatními pouze nezbytné minimum dostupných zařízení. Její použitelnost ve výuce je tak vhodná spíše pro základní potřeby tvorby sítě s využitím statického směrování a pro základní orientaci při monitoringu sítě. Nabízí ale zajímavou možnost pro vizuální sledování paketů a pozastavování simulace. Také má na rozdíl od všech ostatních analyzovaných aplikací i českou jazykovou podporu. Použití GNS3 je diskutabilní vzhledem k nutnosti získat obraz požadovaných zařízení, ovšem poté se jeví jako velmi propracovaná aplikace s velkým množstvím možností pro tvorbu a simulaci sítě. IMUNES a CORE se zpočátku mohli jevit jako velmi podobné aplikace, avšak CORE, která z prvně jmenované vychází, dostala několik nadstavbových funkcí pro sledování různých parametrů sítě a také má široké možnosti k doinstalování softwaru různých protokolů a utilit, čímž její možnosti použití značně vzrůstají. Kapitolou sama pro sebe je pak zařazená komerční aplikace Cisco Packet Tracer, která měla téměř u všech porovnávaných kritérií navrch. Široký výběr dostupných zařízení a jejich funkcí, včetně možnosti volit typ kabelu. To nenabízela žádná jiná aplikace, což lze považovat za jeden z dalších nedostatků, jelikož aplikace nepovede studenty k rozeznávání síťových vodičů. Navíc Cisco Packet Tracer obsahuje unikátní funkce zaměřené přímo pro účely výuky. Je to dáno především tím, že za touto aplikací stojí celosvětový program Cisco Networking Academy a jejich finanční možnosti pro vývoj takovéto aplikace. Jediné zjištěné omezení je tak v tom, že tato aplikace využívá pouze zařízení firmy Cisco.

ZÁVĚR

Dnes je výuka počítačových sítí součástí většiny škol poskytujících středoškolské vzdělání. Některé školy využívají pro tyto účely simulačních aplikací, většina se ale zaměřuje pouze na výuku v úrovni teoretické. Cílem této práce ale bylo zjistit, zda škola může v případě simulačních aplikací využít i jiných řešení, než těch komerčních. Hlavně nás zajímalo, zda takové řešení může poskytnout plnohodnotnou náhradu právě za komerční aplikace.

Na začátku práce jsme stručně nastínili problematiku simulace počítačové sítě ve výuce a možné způsoby řešení takto vedené výuky. Dále jsme si definovali pojem volně dostupná aplikace a vysvětlili to, co může takovýto druh aplikací obnášet.

Dále jsme se v práci zaměřili na analýzu vybraných volně dostupných aplikací GNS3, IMUNES, CORE a Psimulator2. V analýze jsme se zaměřili na dostupnost, možnosti stažení a instalace a základní funkce jednotlivých aplikací.

Pro účely této bakalářské práce byl také realizován průzkum formou dotazníku, který zjišťoval míru využití simulace při výuce počítačových sítí. Výsledkům průzkumu se věnovala pátá kapitola, kde byly podrobně rozebrány jednotlivé části dotazníku a jeho výsledky. Také jsme se zde věnovali tomu, jakou formou byl průzkum realizován a výběru vhodných škol k oslovení.

Stěžejní částí této práce bylo stanovení objektivních kritérií pro srovnání analyzovaných aplikací a následné samotné srovnání. Kritéria museli mimo jiné odrážet zjištěné požadavky škol na simulační aplikace. Po vyhodnocení odpovědí z dotazníku a poznatků zjištěných během analýzy aplikací jsme stanovili šest výchozích kritérií, která jsme popsali. Na jejich základě jsme poté provedli porovnání formou tabulek doplněných komentářem.

Z vyhodnocení srovnání vyplynulo, že pro základní účely simulace lze využít všechny analyzované aplikace. GNS3 zde ale byla limitována nutností získat obrazy se systémy zařízení. Nejrozsáhlejší možnosti téměř u všech zjišťovaných kritérií nabízelo komerční řešení – Cisco Packet Tracer. Pokud se nejednalo o specifické vlastnosti Cisco Packet Tracer, nabízely aplikace CORE a IMUNES také množství využitelných funkcí pro potřeby výuky. Celkově nejméně rozsáhlou aplikací se pak stala Psimulator2, která se ovšem svojí jednoduchostí může stát možným řešením pro základní potřeby výuky počítačových sítí.

RESUMÉ

The aim of this bachelor thesis is to select and analyze freely available applications for computer network simulation. Thesis identified the availability and installation options of applications first. Then maps all their available features.

In first part we focus on capability of the freely available application for computer network simulation in education. We also mention the meaning of freely available applications and their possible advantages and disadvantages.

Next part is survey, which is mapping utilization rate of computer network simulation in education at high schools. The survey is mainly focused on functions that are used by teachers when using these applications.

Subsequently this thesis specifies criteria of comparison based on survey results and of analysis of selected applications. Specified criteria are followed by the comparison itself. The comparison is the main part of this thesis. For the purposes of analysis and comparison was also included one commercial application.

SEZNAM LITERATURY

1. KRETCHMAR, J. M. a L. DOSTÁLEK. *Administrace a diagnostika sítí: pomocí OpenSource utilit a nástrojů*. Brno: Computer Press, 2004. ISBN 80-2510345-5.
2. JANSA, L. a P. OTEVŘEL. *Softwarové právo*. 2. vyd. Brno: Computer Press, 2014. ISBN 978-80-251-4201-1.
3. Community. *GNS3 | The software that empowers network professionals* [online]. © 2016 [cit. 2016-04-01]. Dostupné z: <https://www.gns3.com/community>
4. A Little GNS3 History. *RedNectar's Blog* [online]. [cit. 2016-04-01]. Dostupné z: <http://rednectar.net/gns3-workbench/a-little-gns3-history/>
5. Open-Source Network Simulators. *Open-Source Routing and Network Simulation* [online]. 4. 4. 2016 [cit. 2016-04-10]. Dostupné z: <http://www.brianlinkletter.com/open-source-network-simulators/>
6. Software. *GNS3 | The software that empowers network professionals* [online]. © 2016 [cit. 2016-04-01]. Dostupné z: <https://gns3.com/software>
7. Frequently Asked Questions. *GNS3 | The software that empowers network professionals* [online]. [cit. 2016-04-01]. Dostupné z: <https://www.gns3.com/software/faq>
8. HORÁK, J. a M. KERŠLÁGER. *Počítačové sítě pro začínající správce*. 5. aktualiz. vyd. Brno: Computer Press, 2011. ISBN 978-80-251-3176-3.
9. DOSTÁLEK, L. a A. KABELOVÁ. *Velký průvodce protokoly TCP/IP a systémem DNS*. 3. aktualiz. a rozš. vyd. Praha: Computer Press, 2002. ISBN 80-7226-675-6.
10. *IMUNES - IP network emulator / simulator* [online]. © 2004-2015 [cit. 2016-04-01]. Dostupné z: <http://imunes.net/>
11. IMUNES Wiki. *IMUNES - IP network emulator / simulator* [online]. 27. 8. 2015 [cit. 2016-04-01]. Dostupné z: <http://imunes.net/wiki>
12. CORE Manual - CORE 4.8 documentation. *U.S. Naval Research Laboratory (NRL)* [online]. © 2012 [cit. 2016-04-01]. Dostupné z: <http://downloads.pf.itd.nrl.navy.mil/docs/core/core.html/>
13. Common Open Research Emulator (CORE) | Networks and Communication Systems Branch. *U.S. Naval Research Laboratory (NRL)* [online]. [cit. 2016-04-01]. Dostupné z: <http://www.nrl.navy.mil/itd/ncs/products/core>
14. KUROSE, J. F. a K. W. ROSS. *Počítačové sítě*. Brno: Computer Press, 2014. ISBN 978-80-251-3825-0.
15. psimulator. *Google Code Archive* [online]. [cit. 2016-04-01]. Dostupné z: <https://code.google.com/archive/p/psimulator/>
16. psimulator wikis. *Google Code Archive* [online]. 2012 [cit. 2016-04-01]. Dostupné z: <https://code.google.com/archive/p/psimulator/wikis>
17. PITŘINEC, T. *Síťový simulátor pro výukové účely na bázi prvků OS Linux: Diplomová*

práce. Praha: ČVUT v Praze, Fakulta informačních technologií, 2012.

18. IMS Common Cartridge® Specification. *IMS Global Learning Consortium* [online]. © 2001-2016 [cit. 2016-04-08]. Dostupné z: <https://www.imsglobal.org/cc/index.html>

SEZNAM OBRÁZKŮ A TABULEK

Obrázek 1 Ukázka pracovního prostředí aplikace GNS3	11
Obrázek 2 Ukázka pracovního prostředí aplikace IMUNES.....	14
Obrázek 3 Ukázka pracovního prostředí aplikace CORE	17
Obrázek 4 Ukázka nastavení služeb v aplikaci CORE.....	19
Obrázek 5 Monitoring sítě pomocí Tcpdump v aplikaci CORE	20
Obrázek 6 Ukázka pracovního prostředí aplikace Psimulator2.....	22
Obrázek 7 Ukázka pracovního prostředí aplikace Packet Tracer	25
Obrázek 8 Nastavení modulů v aplikaci Packet Tracer.....	26
Obrázek 9 Dotazník 1. část.....	I
Obrázek 10 Dotazník 2. část.....	I
Obrázek 11 Dotazník 3. část.....	II
Obrázek 12 Dotazník 4. část.....	II
Obrázek 13 Dotazník 5. část.....	III
Obrázek 14 Dotazník 6. část.....	III
Tabulka 1 Systémové požadavky aplikace GNS3 [6]	9
Tabulka 2 Systémové požadavky aplikace CORE [12]	16
Tabulka 3 Systémové požadavky aplikace Packet Tracer.....	23
Tabulka 4 Zjištěné způsoby využití simulačních aplikací ve výuce.	30
Tabulka 5 Posouzení kritérií týkajících se operačních systémů a dostupnosti obrazu virtuálního stroje	34
Tabulka 6 Posouzení kritérií týkajících se získání aplikace a typu instalace	34
Tabulka 7 Posouzení kritérií týkajících se dostupné formy podpory a jazykových verzí... ..	35
Tabulka 8 Posouzení kritéria týkajícího se softwaru využívaného aplikací.....	35
Tabulka 9 Posouzení kritérií týkajících se základních nástrojů pro práci v prostředí aplikace	36
Tabulka 10 Posouzení kritérií týkajících se dostupných směrovačů, přepínačů a koncových zařízení.....	37
Tabulka 11 Posouzení kritérií týkajících se dostupných dalších síťových zařízení a tvorby vlastního zařízení	38
Tabulka 12 Posouzení kritérií týkajících se dostupných síťových vodičů a typů spojení... ..	38
Tabulka 13 Posouzení kritérií týkajících se směrování	39
Tabulka 14 Posouzení kritérií týkajících se síťových protokolů	40
Tabulka 15 Posouzení kritérií týkajících se pokročilých nástrojů pro práci s aplikací	40
Tabulka 16 Posouzení kritérií týkajících se podpory učitelů využívaných funkcí 1	41
Tabulka 17 Posouzení kritérií týkajících se podpory učitelů využívaných funkcí 2.....	42

PŘÍLOHY

Využití simulace počítačové sítě ve výuce

Vážená paní / Vážený pane,

jmenuji se Tomáš Průcha a jsem studentem 3. ročníku oboru Informatika se zaměřením na vzdělávání na Fakultě pedagogické Západočeské univerzity v Plzni.

Tímto Vás chci poprosit o vyplnění krátkého dotazníku, který Vám zabere maximálně 3 - 5 minut.

Zjištěné údaje poslouží jako podklady pro zpracování mé bakalářské práce, jejímž tématem je:

„Simulace počítačové sítě ve vzdělávání s využitím volně dostupných aplikací.“

Cílem této práce je prozkoumat možnosti volně dostupných alternativ k aplikaci Cisco Packet Tracer, která je v této oblasti pravděpodobně nejpoužívanější, a porovnat je. Tento dotazník mapuje míru využití simulace ve výuce počítačových sítí na vybraných školách, oblasti jejího použití a aplikace využívané k tomuto účelu. Výsledky poslouží jako východisko pro výběr a následné srovnání volně dostupných aplikací.

Pokud Vás zajímají výsledky, ke kterým v rámci zpracování tématu dojdeme, zanechte nám na konci dotazníku svůj emailový kontakt a my Vám po dokončení práce tyto výsledky zašleme.

Děkuji Vám za spolupráci.

***Povinné pole**

Vyučují se na vaší škole počítačové sítě? *

- Ano
 Ne

Na jakém typu školy vyučujete? *

POZNÁMKA: Pokud vyučujete na více typech uvedených škol, zaškrtněte tu, na které vyučujete počítačové sítě v největším rozsahu.

- SOŠ a SOU
 Gymnázium
 Vyšší odborná škola

Pokračovat »

Obrázek 9 Dotazník 1. část

Používáte při jejich výuce aplikace pro simulaci sítě? *

- Ano, výuku mám na jejich využití postavenou.
 Ano, ale pouze jako doplněk.
 Ne, nevyužívám

« Zpět

Pokračovat »

Obrázek 10 Dotazník 2. část

Z jakého důvodu nevyužíváte ve výuce simulační aplikace? *

- O této možnosti nevím.
- Existují lepší způsoby výuky (s pomocí fyzického hardwaru)
- Ve výuce se zaměřuji spíše teoreticky, na praktickou stránku není ve výuce prostor.
- V jejich využití ve výuce mi brání finanční náročnost pořízení aplikace.
- Pro jejich využití nemám k dispozici specializovanou učebnu.
- Jiné:

Obrázek 11 Dotazník 3. část

Jakou aplikaci/e používáte? *

- CORE
- Cisco Packet Tracer
- GNS3
- IMUNES
- Marionnet
- Mininet
- Psimulator2
- GTNetS
- ns-2
- ns-3
- OMNeT++
- Jiné:

Jaký je podle Vás přínos těchto aplikací ve výuce? *

- Nevím
- Jiné:

K čemu aplikaci využíváte? *

- Základní konfigurace síťových zařízení.
- Vysvětlení postupu zapouzdření dat v síti.
- Vysvětlení způsobů směrování dat v síti.
- Demonstrace průchodu dat sítí.
- Vysvětlení spolupráce jednotlivých protokolů při přenosu dat.
- Výuka způsobů řešení problémů nastalých v síti (troubleshooting).
- Návrh sítě a její rozdělení do podsítí.
- Vytváření vlastních úloh.
- Jiné:

Obrázek 12 Dotazník 4. část

Jaké jsou Vaše zkušenosti s takto vedenou výukou? *

- Simulační programy jsou vhodnou náhradou fyzického hardwaru.
- Simulační aplikace slouží jako vhodná příprava pro práci s fyzickým hardwarem.
- Simulace je vhodným zpestřením teoreticky vedené výuky.
- Simulaci ve výuce není nezbytně nutné používat.
- Jiné:

Setkal/a jste se při výuce s využitím simulačních aplikací s nějakými problémy? Jakými?

Obrázek 13 Dotazník 5. část

Závěr

Děkujeme Vám za Váš čas strávený vyplňováním dotazníku. Pokud Vás zajímají zjištěné výsledky a závěry této práce, zanechte nám níže svůj emailový kontakt.

Pro pozdější zaslání výsledků práce prosím zadejte svůj email:

Nikdy přes Formuláře Google neposílejte hesla.

Obrázek 14 Dotazník 6. část