

Česká zemědělská univerzita v Praze

Provozně ekonomická fakulta

Katedra informačních technologií



Bakalářská práce

**Možnosti využití aplikací pro simulaci provozu
počítačových sítí**

Ladislav Nepomucký

© 2022 ČZU v Praze

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Ladislav Nepomucký

Informatika

Název práce

Možnosti využití aplikací pro simulaci provozu počítačových sítí

Název anglicky

Possibilities of using applications to simulate the operation of computer networks

Cíle práce

Hlavním cílem práce je hodnocení aplikací pro simulaci provozu počítačových sítí

Díličními cíli je

přehled a analýza jednotlivých aplikací,

výběr aplikace pro testování a modelové příklady,

návrh scénářů pro testování a jejich implementace,

diskuse, formulace závěrů a doporučení.

Metodika

Teoretická část práce je založena na studiu a analýze odborných a vědeckých informačních zdrojů. Obsahuje přehled a hodnocení nejběžnějších aplikací pro simulaci.

V praktické části jsou navrženy modelové příklady, na kterých jsou demonstrovány funkce vybraného simulačního softwaru. Modelové příklady jsou koncipovány s ohledem na využití v rámci školení nebo výuky síťové problematiky.

Pro porovnání s reálným prostředím jsou použity síťové prvky společnosti Cisco, které představují určitý standard řešení síťové infrastruktury.

Na základě syntézy poznatků teoretické části a vyhodnocení výsledků praktické části budou formulovány závěry práce a doporučení.

Doporučený rozsah práce

40 – 50 stran

Klíčová slova

počítačová síť, Cisco, Packet tracer, CCNA, GNS3, protokol

Doporučené zdroje informací

EMPSON, Scott. CCNA kompletní přehled příkazů: autorizovaný výukový průvodce. Brno: Computer Press, 2009. ISBN 978-80-251-2286-0.

JANSEN, Horst a Heinrich RÖTTER. Informační a telekomunikační technika. Praha: Europa – Sobotáles, 2004. ISBN 80-867-0608-7.

Kolektiv: Online kurikulum CCNA Enterprise Networking, Security, and Automation v7.0 (ENSA) (aktuální verze je pro registrované uživatele dostupná na portále netacad.com)

Kolektiv: Online kurikulum CCNA Introduction to Networks v7.0 (ITN) (aktuální verze je pro registrované uživatele dostupná na portále netacad.com)

MATOUŠEK, Petr a Heinrich RÖTTER. Síťové aplikace a jejich architektura. Brno: VUTIUM, 2014. ISBN 978-80-214-3766-1.

MCMILLAN, Troy. Cisco networking essentials. Indianapolis, Ind.: Computer Press, 2012. Sybex serious skills. ISBN 978-111-8097-595.

Předběžný termín obhajoby

2021/22 LS – PEF

Vedoucí práce

doc. Ing. Jiří Vaněk, Ph.D.

Garantující pracoviště

Katedra informačních technologií

Elektronicky schváleno dne 7. 7. 2021

doc. Ing. Jiří Vaněk, Ph.D.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 19. 10. 2021

Ing. Martin Pelikán, Ph.D.

Děkan

V Praze dne 05. 03. 2022

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci „Možnosti využití aplikací pro simulaci provozu počítačových sítí“ jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu použitých zdrojů na konci práce. Jako autor uvedené bakalářské práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušil autorská práva třetích osob.

V Praze dne 15. 3. 2022

Poděkování

Rád bych touto cestou poděkoval panu doc. Ing. Jiřímu Vaňkovi, Ph.D. za jeho pomoc, rady a postřehy během vypracování této bakalářské práce. Mé poděkování patří i celé rodině za podporu při psaní.

Možnosti využití aplikací pro simulaci provozu počítačových sítí

Abstrakt

Bakalářská práce se zabývá problematikou využití aplikací pro simulaci provozu počítačových sítí. V teoretické části práce popisuje simulátory a emulátory několika společností s různými možnostmi využití i funkcemi. Jsou představeny rozdíly v chování, jejich výhody a nevýhody v různých situacích. V praktické části je vybrán jeden program pro testování na modelových příkladech, které jsou koncipovány s ohledem na využití při výuce problematiky počítačových sítí. Simulace je následně porovnána s chováním na fyzických směrovačích a prepínačích společnosti Cisco, které představují určitý standard řešení síťové infrastruktury.

Klíčová slova: počítačová síť, Cisco, Packet Tracer, CCNA, GNS3, protokol

Possibilities of using applications for simulating operations of computer networks

Abstract

The bachelor's thesis deals with the use of applications to simulate the operation of computer networks. The theoretical part describes the simulators and emulators of several companies with different uses and functions. Behavioral differences, their advantages and disadvantages in different situations are presented. In the practical part, one program is selected for testing on model examples, which are designed with regard to use in teaching computer networks. The simulation is then compared to the behavior on Cisco physical routers and switches, which represent a standard network infrastructure solution.

Keywords: computer network, Cisco, Packet Tracer, CCNA, GNS3, protocol

Obsah

| | |
|--|-----------|
| 1 Úvod..... | 12 |
| 2 Cíl práce a metodika | 14 |
| 2.1 Cíl práce | 14 |
| 2.2 Metodika | 14 |
| 3 Teoretická východiska | 15 |
| 3.1 Cisco Packet Tracer..... | 15 |
| 3.1.1 Režimy programu | 16 |
| 3.1.2 Multiuser Connection | 17 |
| 3.1.3 Activity Wizard..... | 17 |
| 3.1.4 IoT..... | 18 |
| 3.1.5 Licence..... | 18 |
| 3.1.6 Packet Tracer Mobile..... | 18 |
| 3.2 GNS3..... | 20 |
| 3.2.1 Webové rozhraní..... | 22 |
| 3.2.2 Historie..... | 23 |
| 3.2.3 Licence a instalace | 23 |
| 3.3 Boson NetSim | 23 |
| 3.3.1 Licence..... | 25 |
| 3.4 CS4G Netsim | 25 |
| 3.5 Shrnutí..... | 27 |
| Vlastní práce..... | 28 |
| 3.6 Síťové prvky..... | 28 |
| 3.7 Vícekriteriální analýza variant | 30 |
| 3.8 Modelové příklady | 31 |
| 3.8.1 Příklad na protokolu DHCP | 31 |
| 3.8.2 Příklad pro demonstraci rozdílů mezi přepínačem a rozbočovačem | 36 |
| 3.8.3 Activity wizard | 37 |
| 3.8.4 Příklad pro demonstraci protokolu STP..... | 47 |
| 3.8.5 Příklad pro demonstraci protokolu DNS | 50 |
| 3.9 Shrnutí..... | 52 |
| 4 Výsledky a diskuze | 53 |
| 4.1 Aplikace pro simulaci provozu počítačových sítí | 53 |
| 4.2 Využití aplikací při výuce | 53 |
| 4.3 Celkové zhodnocení | 53 |
| 5 Závěr..... | 54 |
| 6 Seznam použitých zdrojů | 55 |

Seznam obrázků

| | |
|---|----|
| Obrázek 1: Cisco Packet Tracer. Zdroj: [vlastní zpracování]..... | 15 |
| Obrázek 2: Packet Tracer Mobile. Zdroj: [vlastní zpracování] | 19 |
| Obrázek 3: Rozhraní konfigurace v Packet Tracer Mobile. Zdroj: [vlastní zpracování] | 19 |
| Obrázek 4: Problém se skrýváním ovládacích prvků v Packet Tracer Mobile. Zdroj: [vlastní zpracování]..... | 20 |
| Obrázek 5: GNS3. Zdroj: [vlastní zpracování]..... | 21 |
| Obrázek 6: Omezení stažení Cisco IOS. Zdroj: [vlastní zpracování]..... | 22 |
| Obrázek 7: Úvodní stránka Boson NetSim. Zdroj: [23] | 24 |
| Obrázek 8: Příklad z Boson NetSim. Zdroj: [12] | 25 |
| Obrázek 9: Webová stránka netsim.erinn.io. Zdroj: [vlastní zpracování] | 26 |
| Obrázek 10: Příklad z CS4G Netsim - DDoS Attack. Zdroj: [vlastní zpracování] | 26 |
| Obrázek 11: Router Cisco 2801. Zdroj: [vlastní zpracování]..... | 28 |
| Obrázek 12: Switch Cisco Catalyst C2960. Zdroj: [vlastní zpracování] | 29 |
| Obrázek 13: Switch Cisco Catalyst C3650. Zdroj: [vlastní zpracování] | 29 |
| Obrázek 14: DHCP discover v simulation módu. Zdroj: [vlastní zpracování]..... | 33 |
| Obrázek 15: DHCP discover. Zdroj: [Vlastní zpracování]..... | 33 |
| Obrázek 16: Přidělená IP adresa. Zdroj: [vlastní zpracování] | 34 |
| Obrázek 17: Dostupné příkazy DHCP v CPT. Zdroj: [Vlastní zpracování]..... | 34 |
| Obrázek 18: Dostupné příkazy DHCP v routeru Cisco 2801. Zdroj: [Vlastní zpracování] | 35 |
| Obrázek 19: Chování rozbočovače. Zdroj: [Vlastní zpracování] | 36 |
| Obrázek 20: Chování přepínače. Zdroj: [Vlastní zpracování] | 36 |
| Obrázek 21: Vstup do režimu Activity wizard. Zdroj: [Vlastní zpracování] | 37 |
| Obrázek 22: Uvítací stránka Activity wizardu. Zdroj: [Vlastní zpracování]..... | 37 |
| Obrázek 23: Seed. Zdroj: [Vlastní zpracování] | 38 |
| Obrázek 24: Number. Zdroj: [Vlastní zpracování]..... | 39 |
| Obrázek 25: Detail rozsahu čísel. Zdroj: [vlastní zpracování] | 39 |
| Obrázek 26: Detail deklarace proměnných. Zdroj: [vlastní zpracování]..... | 40 |
| Obrázek 27: String. Zdroj: [Vlastní zpracování] | 41 |
| Obrázek 28: IP Addresses. Zdroj: [Vlastní zpracování]..... | 42 |
| Obrázek 29: Instrukce v HTML. Zdroj: [Vlastní zpracování]..... | 43 |
| Obrázek 30: Instrukce v Rich Editoru. Zdroj: [Vlastní zpracování]..... | 44 |
| Obrázek 31: Náhled instrukcí. Zdroj: [Vlastní zpracování] | 45 |

| | |
|---|----|
| Obrázek 32: Initial network. Zdroj: [Vlastní zpracování] | 46 |
| Obrázek 33: Výsledný .pka soubor. Zdroj: [Vlastní zpracování] | 47 |
| Obrázek 34: Zakázaná záložka Config. Zdroj: [Vlastní zpracování] | 47 |
| Obrázek 35: Broadcast při funkčním STP. Zdroj: [vlastní zpracování] | 48 |
| Obrázek 36: Přerušení smyčky na přepínači Cisco 2960. Zdroj: [vlastní zpracování]..... | 48 |
| Obrázek 37: Přerušení smyčky na přepínači Cisco 3650. Zdroj: [vlastní zpracování]..... | 49 |
| Obrázek 38: Broadcast při vypnutém STP. Zdroj: [vlastní zpracování]..... | 50 |
| Obrázek 39: Vytížení CPU při broadcastu a vypnutém STP. Zdroj: [vlastní zpracování] | 50 |
| Obrázek 40: Nastavení domény na DNS serveru. Zdroj: [vlastní zpracování] | 51 |
| Obrázek 41: Výsledek příkladu na DNS. Zdroj: [vlastní zpracování]..... | 52 |

Seznam tabulek

| | |
|--|----|
| Tabulka 1: Vícekriteriální analýza variant. Zdroj: [vlastní zpracování]..... | 30 |
| Tabulka 2: Příkazy pro konfiguraci DHCP. Zdroj: [vlastní zpracování]..... | 32 |
| Tabulka 3: Příkazy pro vypnutí STP. Zdroj: [vlastní zpracování]..... | 49 |

Seznam použitých zkratek

STP – Spanning Tree Protocol
DHCP – Dynamic Host Configuration Protocol
DNS – Domain Name System
CPT – Cisco Packet Tracer
GNS3 – Graphic Network Simulator 3
IOS – Internetwork Operating System
HTML – Hypertext Markup Language
CSS – Cascading Style Sheets
CCNA – Cisco Certified Network Associate
CCNP – Cisco Certified Network Professional
CCIE – Cisco Certified Internetwork Expert
IoT – Internet of Things
LAN – Local Area Network
VLAN – Vitrual Local Area Network
PVST – Per VLAN Spanning Tree

RPVST – Rapid Per VLAN Spanning Tree
MST – Multiple Spanning Tree
DTP – Dynamic Trunking Protocol
SNMP – Simple Network Management Protocol
DoS – Denial of Service
DDoS – Distributed Denial of Service
HW – Hardware
SW – Software
IP – Internet Protocol

1 Úvod

Zařízení, která zajišťují funkci počítačových sítí, jsou dnes potřebná ve všech odvětvích. Připojení k internetu má dnes velká většina domácností i firem. Aby konektivita fungovala, je třeba zajistit správnou konfiguraci všech zařízení. Kromě samotného připojení je nutné zajistit i dostatečné zabezpečení, které často bývá problémem například ve školách nebo nemocnicích. Správci sítí musí znát nejnovější trendy útočníků a být připraveni na ně reagovat. Tyto situace si musí někde prakticky vyzkoušet, teoretická znalost nestačí.

Při výuce konfigurací počítačových sítí často nebývá k dispozici fyzické vybavení, které by budoucí správce sítě připravilo na všechny situace, se kterými se mohou v praxi setkat. Tento problém vzniká ve velké míře i na středních školách a univerzitách, kde by musela být široká škála síťových prvků ve větším množství, aby byla výuka dostatečně praktická a efektivní. Zároveň díky technologickým trendům a neustálému vývoji by zařízení rychle stárlo. Při výuce je přitom klíčové využívat nejnovější technologie.

Proto řada firem vyvíjí simulátory, které umožní práci se síťovými prvky virtuálně a pohodlně za pomoci i standardních počítačů, které jsou při výuce běžně používány. Kromě ušetřených financí a prostoru takové programy zajistí zejména přehlednost, která je při začátcích s danou problematikou klíčová.

Simulátory počítačových sítí umožňují simulaci různých situací, které mohou v reálném zapojení nastat. Rozhodujícím parametrem při výběru toho správného simulátoru bývá právě přehlednost, komplexnost a shoda s reálnou konfigurací. Kdyby se síť zapojila a nastavila v simulátoru shodně jako fyzická zařízení a byly zde rozdíly, takový program by postrádal smysl. Problémem by mohla být i velká složitost. Vývojář takového programu musí mít na paměti, že v něm bude například ve výukovém procesu i začátečník, a tak musí vytvořit prostředí, ve kterém se snadno zorientuje a bude se mu v něm příjemně pracovat.

Důležitým aspektem je i univerzálnost. Ne každá aplikace umožňuje simulaci prvků všech výrobců. Zde pak záleží na konkrétních požadavcích lektorů a učitelů. Mezi kritéria může patřit i náročnost na výkon či platformu počítače. Zákazníci raději zvolí řešení, které zvládne jejich hardware, než aby investovali nemalé peníze na jeho změnu. Stejně je to s podporou systému. Je třeba zajistit, aby programy správně fungovaly v různých systémech

i jeho verzích. To zajišťuje další podpora a vydávání nových aktualizací. Jsou i firmy, které vyvíjí simulátory sítí použitelné v mobilních telefonech a tabletech. Taková funkce zajisté dokáže zaujmout určitou skupinu na trhu, která následně zvolí i verzi programu pro počítač.

Dalším kritériem může být i cena. Vývoj softwaru stojí nemalé množství času i peněz. Někteří výrobci síťových prvků sázejí na to, že pokud se student s daným zařízením naučí pracovat, bude ho preferovat v zaměstnání. Následným prodejem fyzických prvků se společnosti vrátí peníze investované do vývoje simulátoru. Ten díky tomu mohou nabízet i zdarma na rozdíl od vývojářů, kteří poskytují programy placené.

2 Cíl práce a metodika

2.1 Cíl práce

Hlavním cílem práce je hodnocení aplikací pro simulaci provozu počítačových sítí. Dílčími cíli je přehled a analýza jednotlivých aplikací, výběr jedné z nich pro testování a tvorbu modelových příkladů. Dalšími cíli je návrh vhodných scénářů pro testování a jejich implementace ve zvoleném programu, diskuze, formulace závěrů a doporučení.

2.2 Metodika

Teoretická část práce je založena na studiu a analýze odborných a vědeckých informačních zdrojů. Obsahuje přehled a hodnocení nejběžnějších aplikací pro simulaci.

V praktické části jsou navrženy modelové příklady, na kterých jsou demonstrovány funkce vybraného simulačního softwaru. Modelové příklady jsou koncipovány s ohledem na využití v rámci školení nebo výuky síťové problematiky. Pro porovnání s reálným prostředím jsou použity síťové prvky společnosti Cisco, které představují určitý standard řešení síťové infrastruktury.

Na základě syntézy poznatků teoretické části a vyhodnocení výsledků praktické části budou formulovány závěry práce a doporučení.

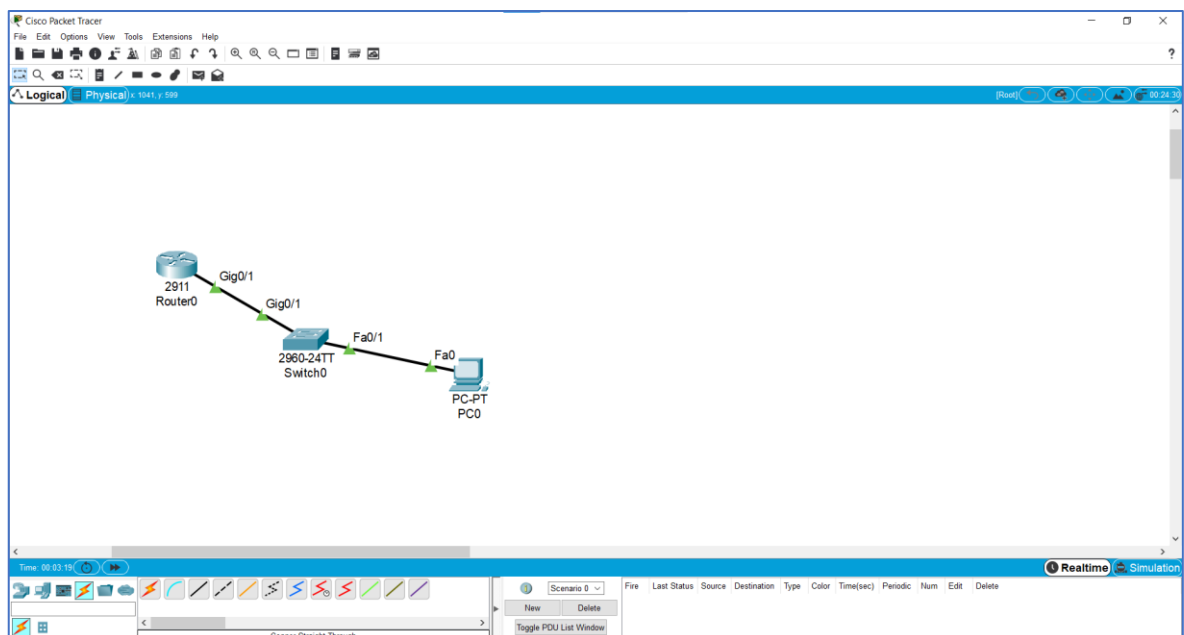
3 Teoretická východiska

Aplikací pro simulaci sítě existuje celá řada. Každý má jiné požadavky a funkce, takže se hodí k jinému účelu. Jedním z klíčových parametrů pro dělení programů je určení, zda se jedná o simulátor či emulátor. Při simulování dochází k napodobování dějů a procesů v počítačové síti. Zde je podstatné to napodobování, protože se ve skutečnosti jedná o software, který se snaží chovat stejně, jako jeho předloha, tedy nějaký síťový prvek. Emulátor slouží ke stejnému účelu, ale jeho podstatným rozdílem je, že spouští systém daného zařízení. K tomu je třeba vytvořit i prostředí, ve kterém je možné ho spustit a provozovat. To zajišťuje virtualizace. Výsledkem je shodné chování, jako při provozování skutečných zařízení.

Pro výběr vhodné aplikace je nutné znát přesný účel. Pro potřeby výuky počítačových sítí může být vhodnější využít nástroje, které jednoduše ukazují fungování různých protokolů. Správci sítě spíše ocení emulaci, kde uvidí přesné chování v daných situacích, a to jim umožní nejdříve důkladně otestovat návrh sítě například před jejím implementováním ve firmě.

3.1 Cisco Packet Tracer

Společnost Cisco, která je známá svými síťovými prvky, přišla s vlastním výukovým programem Packet Tracer. Umožňuje simulovat sítě složené z jejich produktů. Je zde k dispozici celá řada konkrétních síťových prvků, které mají shodné parametry, jako jejich reálné předlohy. [1] [2]



Obrázek 1: Cisco Packet Tracer. Zdroj: [vlastní zpracování]

Hlavní výhodou je přehlednost programu a jeho relativně snadné a uživatelsky přívětivé použití. Hodí se pro použití i úplným začátečníkem. Obsahuje přehledné menu, ve kterém se uživatel snadno zorientuje, jsou zde vhodně zvoleny ovládací prvky. [1]

Nevýhodou může být, že v programu nelze pracovat s jinými síťovými prvky než těmi od společnosti Cisco. Neobsahuje ani nástroje, jak jiná zařízení implementovat. Zároveň se jedná o simulaci, nespouští je samotný systém IOS, to má za následek, že se může lišit v chování od konfigurace fyzického zařízení. [4]

Program podporuje širokou řadou operačních systémů. Verze 8.0.1 lze provozovat na OS Windows 8.1 a 10 ve verzích 32 i 64bit. Podporuje i Ubuntu 20.04 LTS a macOS 10.14 nebo novější. Hardwarové požadavky také nejsou náročné, 4 GB RAM pro 64bitové operační systémy, u 32bitových jsou to 2 GB. Nezabírá ani mnoho místa na disku, stačí 1,4 GB. [3] Nevýhodou může být absence zpětné kompatibility souborů. Práce uložená v novější verzi není možné otevřít ve starší, vždy jen ve stejné nebo novější. Packet Tracer verze 8.1 je první verzí, která oficiálně podporuje operační systém Windows 11. [4]

Simulátor využívají i zájemci o CCNA (Cisco Certified Network Associate) certifikáty. Jsou v něm vytvořena cvičení, která jsou součástí zkoušky.

V seznamu nejčastějších dotazů k programu je uvedeno, že podporuje pouze podmnožinu funkcí ze zařízení Cisco. Používá zjednodušené modely síťových protokolů a systému Cisco IOS, a proto by se výsledky měly porovnat s těmi, které jsou získány ze skutečných zařízení. Rovněž uvádí, že cvičení v Packet Traceru nenahrazuje praxi na fyzických prvcích. [4]

3.1.1 Režimy programu

Cisco Packet Tracer obsahuje několik módů, mezi kterými se dá přepínat. Každý z nich má jiné funkce.

Logical mode

Výchozí logický mód je vhodný pro běžné používání. Obsahuje velkou pracovní plochu, kam se umísťují jednotlivá zařízení, která se mezi sebou propojují. Uživatel zde má přehled nad celou sítí, prvky a stavy portů. [5]

Physical mode

Po přepnutí do fyzického módu je k dispozici zobrazení prvků připomínající reálné prostředí. Routery a switche jsou automaticky umístěny do racků zastoupeny obrázky dle reálné předlohy konkrétních modelů. Tento režim více připomíná reálné prostředí, které ale může pro někoho působit mnohem méně přehledně než logické zobrazení. [5]

Realtime mode

Výchozí mód, ve kterém dochází ke všem akcím v reálném čase. Aplikace funguje tak, jak by fungovala zařízení v běžném stavu. A to včetně simulovaného zpoždění při změnách v konfiguraci či zapojení. [5]

Simulation mode

Režim simulace umožňuje podrobné zkoumání rámců a paketů procházející vytvořenou sítí. Po přepnutí se v pravé části obrazovky zobrazí panel obsahující seznam akcí, jejich ovládání pomocí šipek a ve spodní části filtr pro omezení zobrazených událostí. Tento režim je vhodný pro demonstraci funkcí síťových protokolů, protože zobrazuje všechna data přenesená v síti. Díky tomu se program hodí nejen pro výuku konfigurace, ale i pro výuku principů fungování počítačových sítí. [5]

3.1.2 Multiuser Connection

Tato funkce slouží pro propojení více spuštěných instancí programu Packet Tracer. Využití nalezne například v situaci, kdy si studenti sami nebo ve skupinách vytvoří a nastaví část sítě. Ty se následně propojí a žáci testují konektivitu mezi prvky celého zapojení. V případě problému musí testováním identifikovat chybu a její původ, což je jedna z klíčových dovedností budoucích správců sítě. [5]

3.1.3 Activity Wizard

Program obsahuje nástroj určený speciálně pro výukové účely. Funguje tak, že učitel vytvoří funkční síť. Takové nastavení uloží jako správný výsledek a postupně může mazat celé zapojení nebo jeho část. Samozřejmě ho může i upravit. Pak stačí napsat studentům potřebné zadání, kterým se budou při plnění úkolu řídit. Díky původní výsledné konfiguraci je možné automaticky kontrolovat postup řešení a správný či chybný výsledek.

Tento nástroj se hodí nejen při procvičování, ale i při psaní testů. Je zde mnoho nástrojů umožňující zakázat či povolit různé funkce samotného Packet Traceru. Výbornou funkcí, která může zamezit či alespoň omezit podvádění, jsou proměnné. Při spuštění testu se zde generují náhodné parametry použité v zapojení. Může se jednat například o názvy zařízení, IP adresy, slova a čísla použitá v zadání. Rovněž se v souboru ukládá, jak dlouho je otevřen. To zajistí, aby práce probíhala stále v zadaném souboru a konfigurace nebyla pouze zkopírována z jiné instance, která by mohla mít jiné nastavení. [5]

3.1.4 IoT

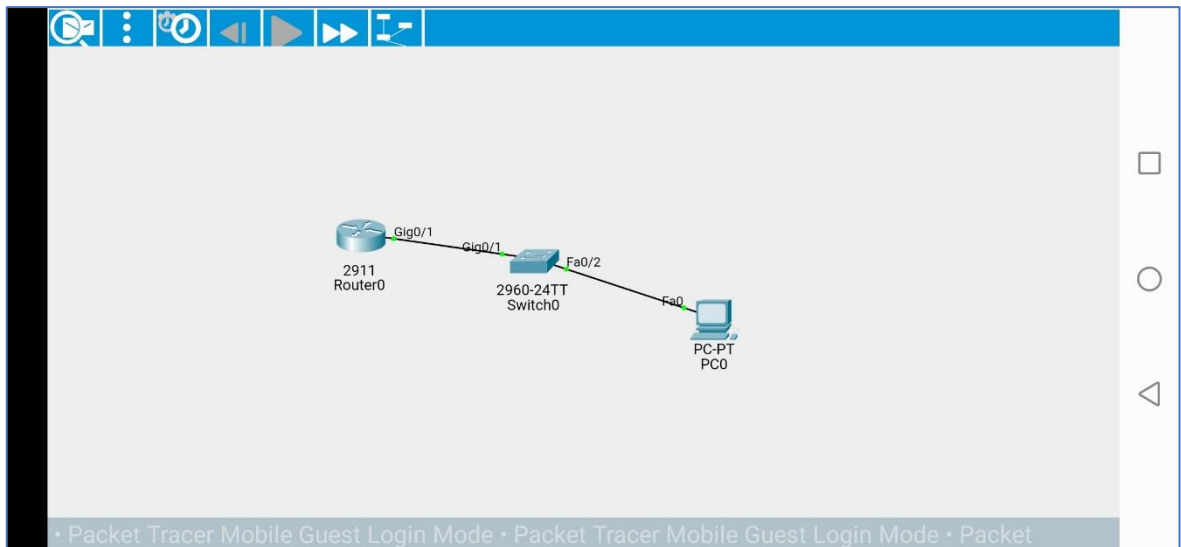
Simulátor je vhodný nejen pro budoucí síťáře se zájmem o Cisco zařízení, hodí se i pro základy internetu věcí. Program obsahuje prvky pro chytré domácnosti, města i průmysl. Od domácích spotřebičů, zabezpečovacích systémů, senzorů a spínačů, solárních panelů, pouličních lamp až po větrné turbíny. [6]

3.1.5 Licence

Packet Tracer je k dispozici volně ke stažení všem členům Cisco Network Academy (www.netacad.com). Ve starších verzích bylo možné program využívat i bez přihlášení, ale s omezeným počtem uložení souboru. Tato možnost v posledních verzích již není a je nutné se zaregistrovat. Členové akademie mají k dispozici i online kurz, jak aplikaci používat. Díky tomu se hodí i pro úplné začátečníky, protože proces instalace i následné používání je uživatelsky přívětivé.

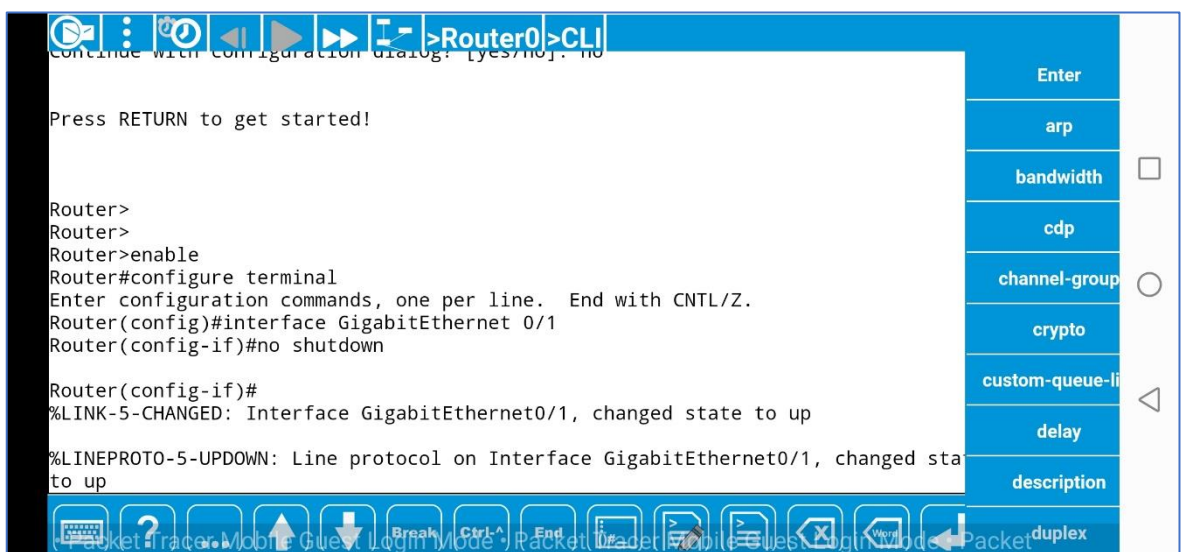
3.1.6 Packet Tracer Mobile

Existuje i verze pro Android a iOS pojmenovaná Packet Tracer Mobile.



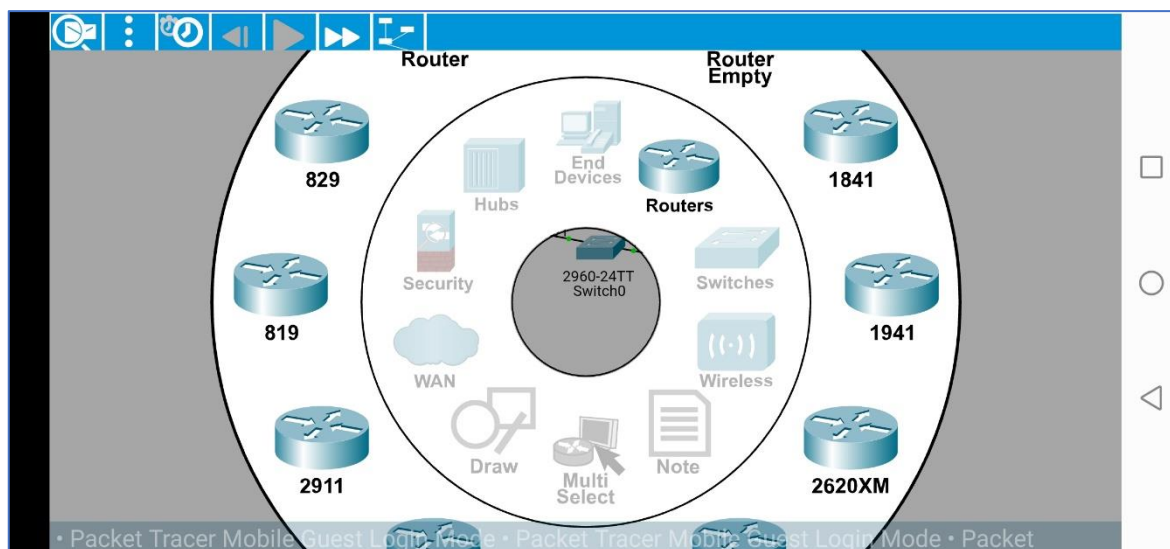
Obrázek 2: Packet Tracer Mobile. Zdroj: [vlastní zpracování]

Vývojáři se snažili do aplikace vložit všechny ovládací prvky i přes omezení malou obrazovkou.



Obrázek 3: Rozhraní konfigurace v Packet Tracer Mobile. Zdroj: [vlastní zpracování]

Problémem bylo jejich zobrazení, kdy se vyskytovaly chyby způsobené různými velikostmi displejů. Následkem bylo skrytí některých možností a nebylo možné aplikaci plnohodnotně využívat.

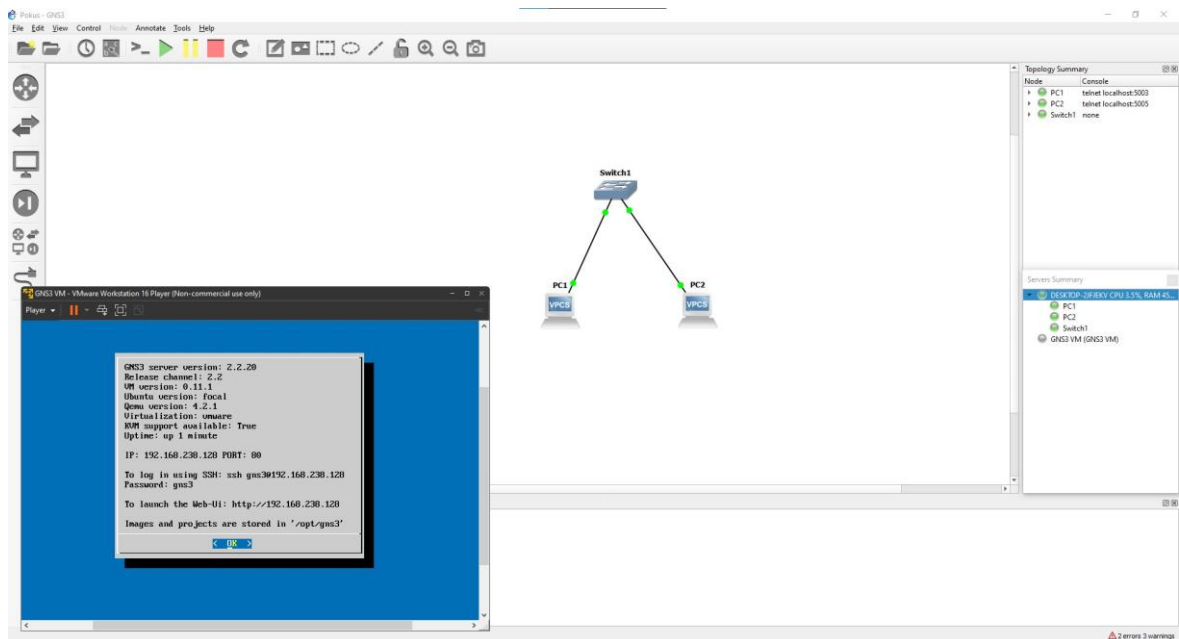


Obrázek 4: Problém se skrýváním ovládacích prvků v Packet Tracer Mobile. Zdroj: [vlastní zpracování]

Pravděpodobně i kvůli těmto problémům je aplikace označena jako End-of-life, a tak její další vývoj ani podpora není plánována. [7] Pro Android je v Obchodu Play stále dostupná verze z roku 2017. V iOS App Store již aplikace k dispozici není vůbec.

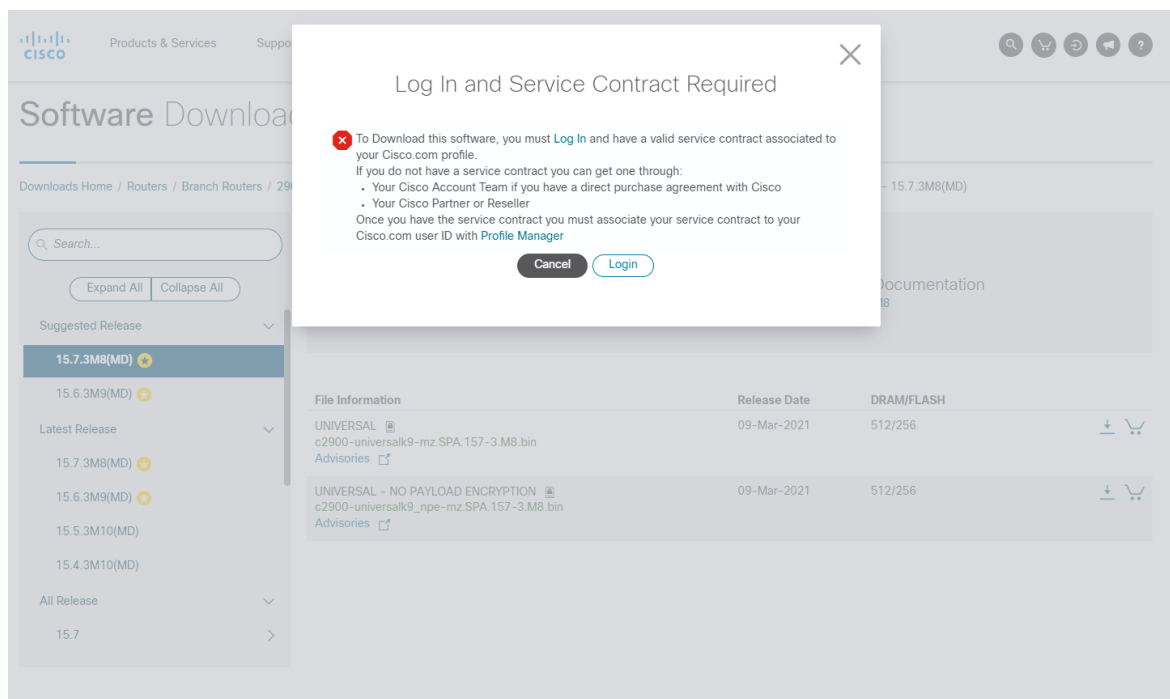
3.2 GNS3

Graphic Network Simulator 3 je program, který na rozdíl od simulátoru Packet Tracer jednotlivé síťové prvky emuluje. Funguje tak, že za pomoci virtualizace spouští stejný systém, jako je v reálném zařízení. To zajišťuje totožné vlastnosti a fungování, jako při práci s hardwarem.



Obrázek 5: GNS3. Zdroj: [vlastní zpracování]

Výhodou je, že uživatel není omezen pouze na zařízení jednoho výrobce, jako je tomu u Packet Traceru. Problémem ale může být získání samotných systémů ke stažení. Zatímco společnost Mikrotik má všechny aktuální verze k dispozici na svých webových stránkách zdarma ke stažení, Cisco má tuto možnost značně omezenou. Vyžaduje přihlášení a napojení účtu k partnerovi nebo prodejci. Jednou z možností je zakoupení tzv. VIRL (Cisco Virtual Internet Routing Lab) licence, která je pro virtualizaci přímo určená. Umožňuje přístup k několika systémům. Cena začíná na 199,99 USD pro soukromé účely. Image je možné také zkopírovat z fyzického zařízení a následně ho importovat do GNS3. [9] Stažení z neoficiálních zdrojů může znamenat porušení smluvních podmínek.



Obrázek 6: Omezení stažení Cisco IOS. Zdroj: [vlastní zpracování]

Mimo instalaci systémů zařízení zajišťující fungování sítě GNS3 umožňuje i instalace OS pro simulované koncové stanice. Díky tomu je možné sledovat chování počítačů s konkrétní verzí softwaru, které ještě více přiblíží reálné prostředí. Místo běžně používaných Windows zařízení je výhodou možnost instalace operačních systémů Linux různých distribucí. Díky tomu se v prostředí dá například testovat i bezpečnost sítě za použití Kali Linuxu. [8]

I když se jedná o virtualizovaný systém, stále je to plnohodnotná verze, do které může uživatel instalovat další programy. Pro analýzu provozu v síti se hodí program Wireshark, který zobrazuje veškerou komunikaci procházející zařízením. Ten najde využití v případech, kdy síť nefunguje tak, jak by měla a je třeba identifikovat problém. Ať už se jedná o nedostupné služby, výpadky či pomalé připojení anebo hackerské útoky. [8]

Další výhodou je možnost připojení počítače uživatele do emulované sítě. Po správném nastavení síťové karty se zobrazí v programu, a to umožní její připojení například do přepínače či směrovače. Stejným způsobem lze přistoupit přes fyzickou topologii k internetu. [8]

3.2.1 Webové rozhraní

K programu je rovněž možné stáhnout GNS3 WebClient. Díky němu je možné k práci s prvky používat místo spustitelného souboru prohlížeč. Klient obsahuje 2 soubory. První z nich slouží ke konfiguraci, kde se se volí například softwarová cesta ke konzoli, která se spustí po kliknutí na vybrané zařízení ve webovém rozhraní pomocí druhého souboru. Samozřejmě

pro práci nestačí jen prohlížeč samotný. Jedná se pouze o nástroj pro práci s prvky ve virtuálním prostředí nahrazující GNS3 klienta. [8]

3.2.2 Historie

V roce 2005 Christophe Fillot vytvořil program s názvem Dynamips. Jednalo se o emulátor ovládaný z příkazového řádku určený pro Cisco směrovače. Bylo v něm možné spustit standardní IOS. Bohužel v jedné aplikaci umožňoval provozovat pouze jedno zařízení, každé další by potřebovalo další spuštění programu. Jednalo se o variantu náročnou na technické vybavení počítače. Hodně vytěžovala procesor. [9]

O rok starší verze již obsahovala prvky virtualizace, díky které podporovala spuštění více routerů. To umožnilo přidat front end pro příkazy programem Dynagen, jehož autorem je Greg Anuzelli. Zde vznikl formát souboru „.net“. [9]

Roku 2007 vyšel emulátor GNS3, který přišel s grafickým rozhraním podobným tomu dnešnímu. Obsahoval možnosti používání pracovní plochy s přemísťováním prvků a jejich jednoduchého propojení. Informace o umístění byla uložena v souboru typu .net, díky kterému program po opětovném otevření projektu vykreslil prvky na stejném místě, kde byly uloženy. Později přibyla i možnost práce s virtuálními počítači v emulované síti. [9]

Ve starších verzích emulátor nepodporoval některé funkce přepínačů. To znamenalo obrovské omezení, které bylo postupně odstraněno. GNS3 aktuálně podporuje Etherchannel, PVST+, RPVST+, MST, Port Security, DTP a mnoho dalších. [10] [11]

3.2.3 Licence a instalace

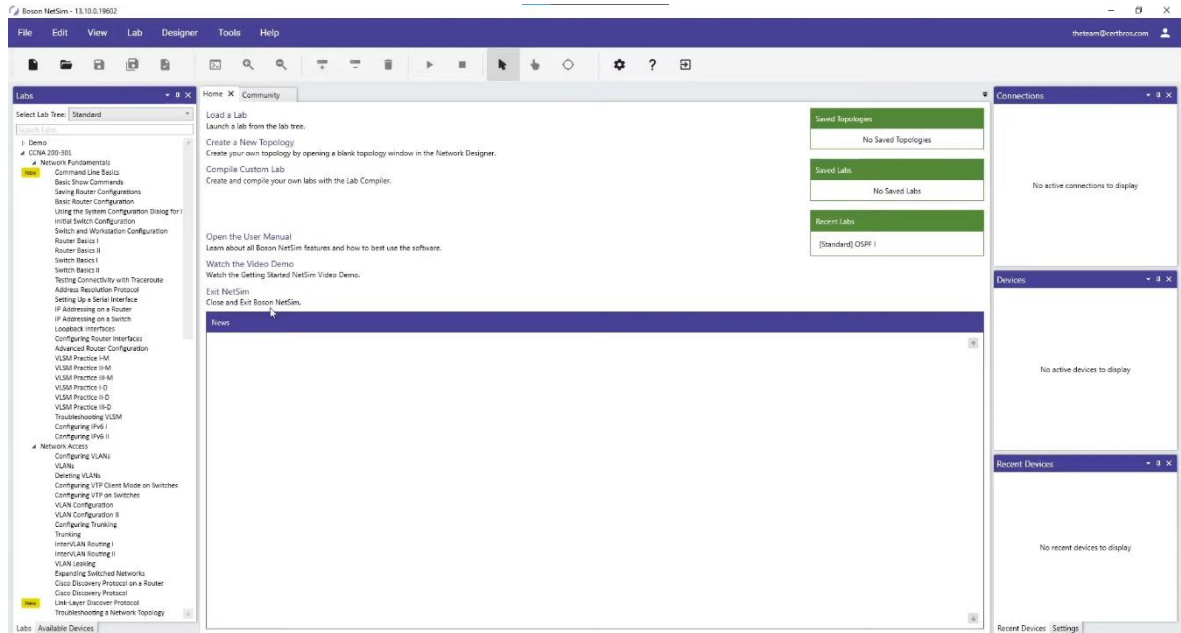
GNS3 je k dispozici po registraci zdarma ze stránky www.gns3.com. Je vhodné, aby uživatel měl již nějaké zkušenosti s virtualizací systémů, protože jinak se k instalaci přidají i možné problémy související se spuštěním virtuálního prostředí. Právě virtualizace může mít za následek i vyšší nároky na hardware počítače. [8]

3.3 Boson NetSim

Boson je společnost poskytující školení zaměřené na informační technologie. Nabízí certifikační zkoušky Cisco. Od základní CCNA (Network Associate), CCNP (Network Professional) až po jednu z nejprestižnějších CCIE (Internetwork Expert). Dále má v nabídce kurzy Microsoft, CompTIA, AWS, (ISC)² a etického hackingu.

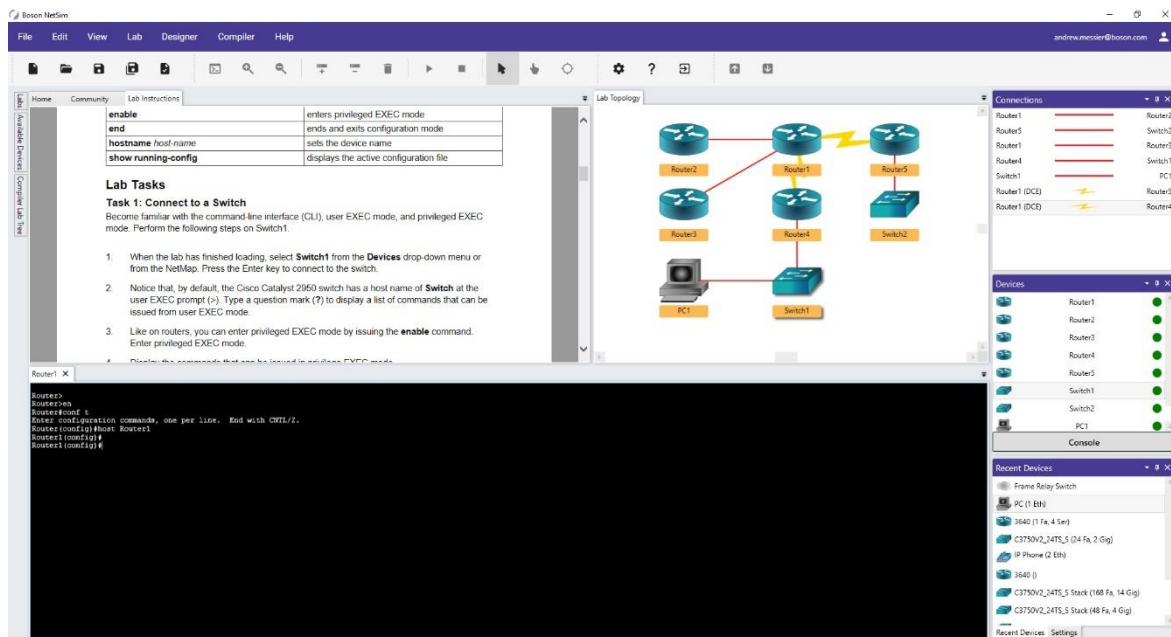
Jedním z klíčových produktů je aplikace NetSim, kterou používá právě při Cisco školeních pro simulaci směrovačů a přepínačů. Obsahuje připravené příklady k procvičení včetně konkrétních zadání, které pokrývají všechny části certifikační zkoušky. [12]

Úvodní stránka obsahuje seznam všech cvičení uspořádaných dle témat.



Obrázek 7: Úvodní stránka Boson NetSim. Zdroj: [23]

Po rozkliknutí některého z příkladů se na obrazovce zobrazí několik sekcí. V první části každé cvičení obsahuje detailní zadání potřebné pro pochopení dané problematiky. Vedle něj je návrh zapojení použitých zařízení a ve spodní části obrazovky je příkazový řádek pro konfiguraci síťových prvků, které se vybírají v pravé části v sekci *Devices*. Umístění sekcí si uživatel může upravit dle svých potřeb tak, aby se v programu snadno orientoval. [12] [13]



Obrázek 8: Příklad z Boson NetSim. Zdroj: [12]

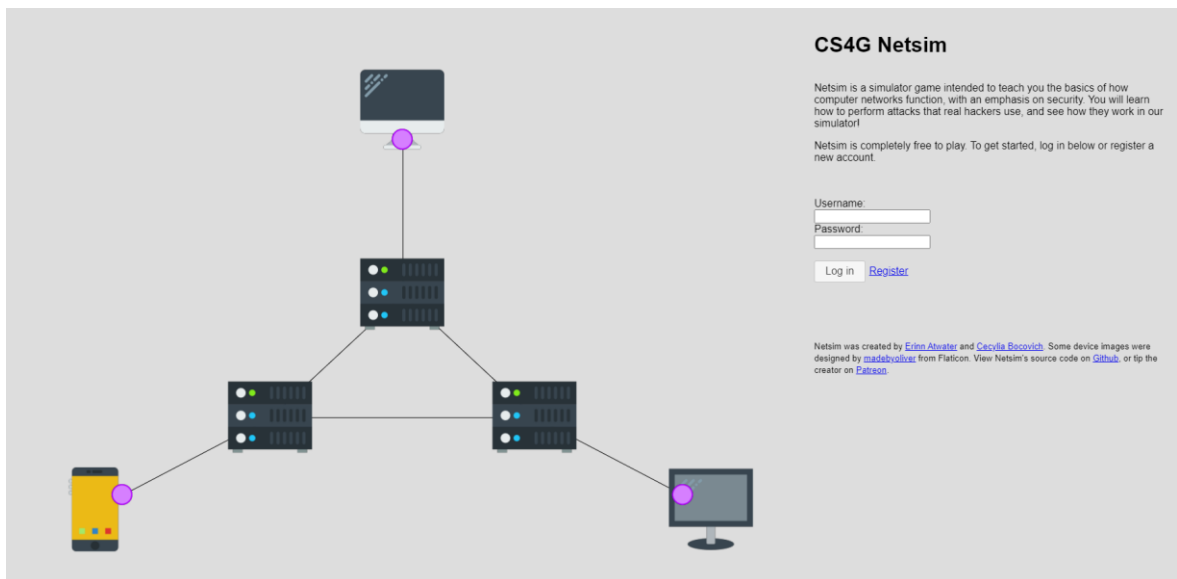
Program je omezen na připravená cvičení. Neobsahuje možnosti, jak si vytvořit a spravovat vlastní síť. Takže je vhodný spíše pro přípravu na certifikační zkoušku než pro správce sítě, kteří si chtějí vyzkoušet nějaké konkrétní zapojení. [12]

3.3.1 Licence

Simulátor je součástí výukových balíčků pro daná školení. Například CCNA kurz obsahuje více než 100 příkladů a cena včetně simulátoru začíná na 179 USD za jednu licenci. Rozšířené balíčky mohou obsahovat i další materiály a video návody. Kompletní ceník je k dispozici na webové stránce www.boson.com. [12]

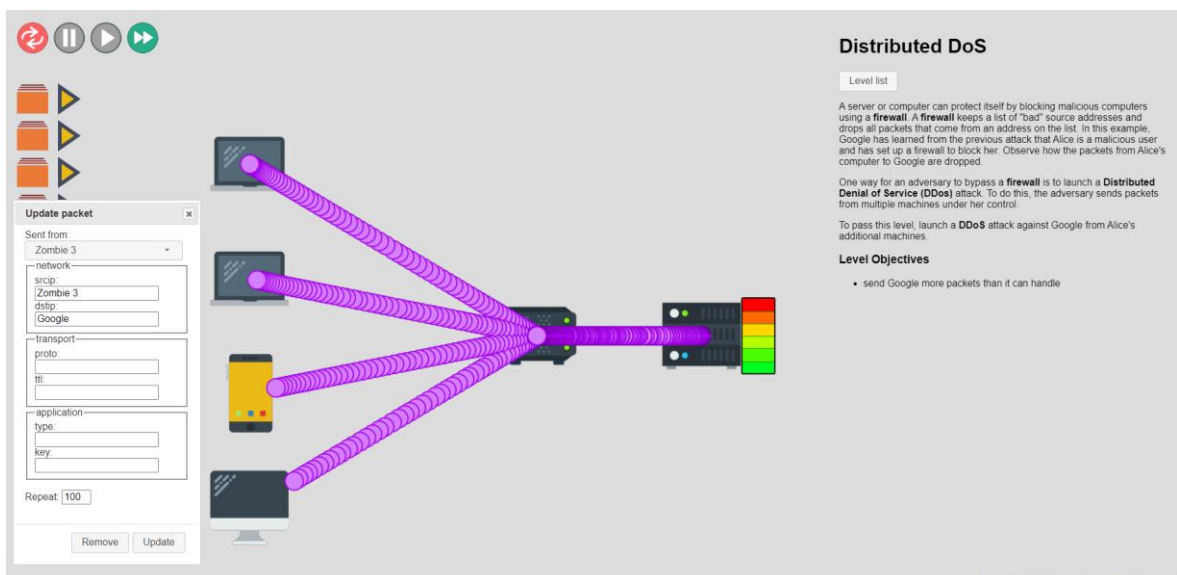
3.4 CS4G Netsim

Jednoduchá webová aplikace, jejíž autory jsou Erinn Atwater a Cecylia Bocovich, svým vzhledem připomíná spíše hru než simulátor. Je k dispozici zdarma na webové stránce netsim.erinn.io.



Obrázek 9: Webová stránka netsim.erinn.io. Zdroj: [vlastní zpracování]

Jedinou podmínkou pro spuštění je registrace, kam stačí zadat uživatelské jméno a heslo. Pro svoji dostupnost a jednoduchost se hodí i pro úplné začátečníky. Během několika desítek minut seznámí uživatele se základy fungování počítačových sítí, směrování a kybernetické bezpečnosti. V prvních úrovních pracuje s pakety, jejich odesíláním a obsahem hlavičky. Dále se v ní přechází k routování, fungování proxy serveru a základním kybernetickým útokům jako jsou IP Spoofing, DoS a DDoS, Smurf nebo Man-in-the-Middle. [24]



Obrázek 10: Příklad z CS4G Netsim - DDoS Attack. Zdroj: [vlastní zpracování]

Zdrojový kód je autory zveřejněn na serveru GitHub.

3.5 Shrnutí

Díky konkurenci v oblasti simulačních programů společnosti neustále vyvíjejí svůj software, vydávají aktualizace a vznikají nové produkty. Každý nabízí svoji verzi, která je určena pro jinou cílovou skupinu. Zatímco Boson připravuje uživatele na certifikační zkoušky, Cisco k tomu svým simulátorem přidá i možnosti variability zapojení a funkcemi usnadňuje chápání fungování počítačových sítí. GNS3 díky emulaci najde využití při plánování sítí za použití prvků různých výrobců a konkrétních verzí systémů. Tím se fyzickému zapojení blíží nejvíce.

Vlastní práce

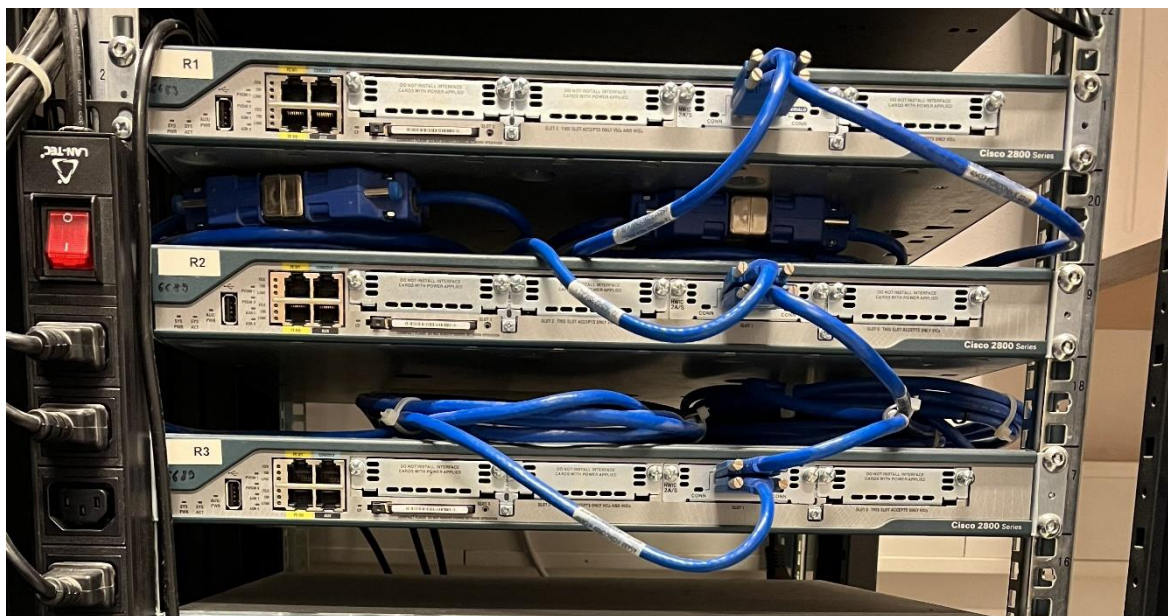
Praktická část bakalářské práce se věnuje návrhu modelových příkladů, na kterých jsou demonstrovány funkce vybraného simulačního softwaru. Modelové příklady jsou koncipovány s ohledem na využití v rámci školení nebo výuky síťové problematiky. Pro porovnání s reálným prostředím jsou použity aktivní síťové prvky společnosti Cisco, které představují určitý standard řešení síťové infrastruktury.

3.6 Síťové prvky

Tato kapitola uvádí základní charakteristiky a role použitých síťových zařízení. Ta jsou klíčová, neboť na nich bude porovnáváno, zda mají stejné chování a funkce, jako v simulátoru.

Router Cisco 2801

Jedná se o starší směrovač se dvěma Fast Ethernet porty přenosové rychlosti 10/100 Mbit/s. Pomocí rozšiřujících karet je možné počet navýšit. Podporuje MPLS, vzdálenou správu pomocí SNMP 3, hlasové služby i hardwarové šifrování. Má funkce systému prevence narušení (IPS) a firewallu. [14]

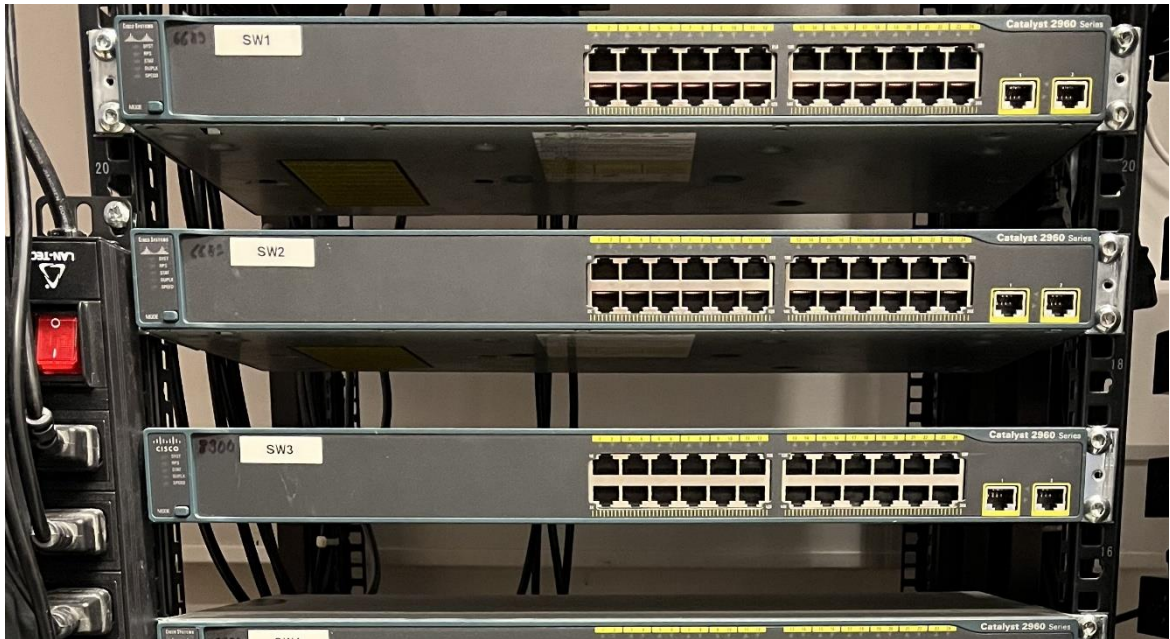


Obrázek 11: Router Cisco 2801. Zdroj: [vlastní zpracování]

Switch Cisco Catalyst WS-C2960-24TT-L

Pro srovnání simulovaného a reálného switchu je využit model 2960. Ten disponuje 24 porty o rychlostech 10/100 Mbit/s a dvěma uplinky 10/100/1000 Mbit/s. Podporuje funkce

TrustSec pro autentizaci, řízení přístupu a správy bezpečnostních zásad a EnergyWise umožňující lepší měření a správu spotřeby elektrické energie. [15]



Obrázek 12: Switch Cisco Catalyst C2960. Zdroj: [vlastní zpracování]

Switch Cisco Catalyst WS-C3650-24PS

Pro srovnání s novějšími síťovými prvky je využit model C3650, který mimo 24 portů o rychlostech až 1000 Mbit/s s podporou POE+ disponuje i čtyřmi SFP porty. Konfigurace je díky integrovanému převodníku možná i pomocí Mini USB. [16]



Obrázek 13: Switch Cisco Catalyst C3650. Zdroj: [vlastní zpracování]

3.7 Vícekriteriální analýza variant

Pro výběr jedné aplikace z teoretické části byla zvolena vícekriteriální analýza variant. Obsahuje všechny potřebné nástroje pro volbu optimální varianty. Vstupní data jsou následující:

Varianty:

- Cisco Packet Tracer
- GNS3
- Boson NetSim
- CS4G Netsim

Kritéria:

- Cena
- Podobnost konfigurace s reálnými prvky
- Připravenost na využití pro výuku
- Složitost instalace
- Nároky na HW a SW
- Dostupné nástroje pro demonstraci síťové problematiky

Pro ohodnocení je použita bodovací metoda s maximalizačním charakterem kritéria a použitým intervalem od 1 do 10 včetně. Hodnocení je uvedeno v tabulce 1.

| | Cena | Podobnost konfigurace | Připravenost pro výuku | Složitost instalace | Nároky na HW a SW | Dostupné nástroje | Průměr |
|---------------------|------|-----------------------|------------------------|---------------------|-------------------|-------------------|----------|
| Cisco Packet Tracer | 10 | 8 | 9 | 9 | 10 | 10 | 9,302418 |
| GNS3 | 10 | 10 | 6 | 4 | 7 | 5 | 6,617794 |
| Boson NetSim | 5 | 10 | 10 | 9 | 10 | 5 | 7,798847 |
| CS4G Netsim | 10 | 1 | 2 | 10 | 10 | 2 | 3,98422 |
| charakter kritéria | MAX | MAX | MAX | MAX | MAX | MAX | |

Tabulka 1: Vícekriteriální analýza variant. Zdroj: [vlastní zpracování]

Packet Tracer je k dispozici zdarma, takže je ohodnocen 10 body. Nižší hodnocení měl u podobnosti konfigurace, protože oproti fyzickým prvkům vykazuje v některých případech rozdíly. Pro výuku je sice primárně určen, ale nedostal plný počet bodů, neboť Boson NetSim má již připravená cvičení. Instalace není nijak složitá a má nízké nároky na hardware počítače. Vzhledem k množství dostupných nástrojů je ohodnocen plným počtem bodů oproti ostatním variantám.

GNS3 je také volně ke stažení. Díky emulaci je jeho chování stejné, jako při práci s hardwarem, ale není tak dobře připraven pro výuku. Instalace je poměrně složitá a má vyšší nároky na HW.

Boson NetSim je zástupcem programů, které jsou placené. Příklady jsou navrženy pro výuku tak, aby se daná síťová zařízení chovala stejně, jako ta skutečná. Instalace není složitá a nároky na hardware nejsou vysoké. Bohužel simulátor neobsahuje nástroje pro lepší demonstraci fungování probírané látky.

CS4G Netsim je volně dostupný z prohlížeče, ale je určen pro úplné začátečníky. Neobsahuje možnosti konfigurace ani další nástroje pro bližší zkoumání. K výuce se tedy hodí pouze pro základní představení vybraných problematik.

Jako optimální program vyšel Cisco Packet Tracer. Výsledek byl zjištěn vypočtením průměru všech bodů jednotlivých variant. Na základě výběru budou modelové příklady tvořeny právě v tomto simulátoru.

3.8 Modelové příklady

Tato kapitola se věnuje návrhu síťových topologií, na kterých bude kromě demonstrace funkcí simulátoru možné představit některé ze základních síťových protokolů.

3.8.1 Příklad na protokolu DHCP

Jedním z často používaných protokolů v počítačových sítích je DHCP. Zajišťuje dynamické přidělování IP adresy, masky sítě a výchozí brány klientům. Právě pro jeho rozšířenost je vhodné princip fungování ukázat při výuce počítačových sítí v simulátoru.

Adresace

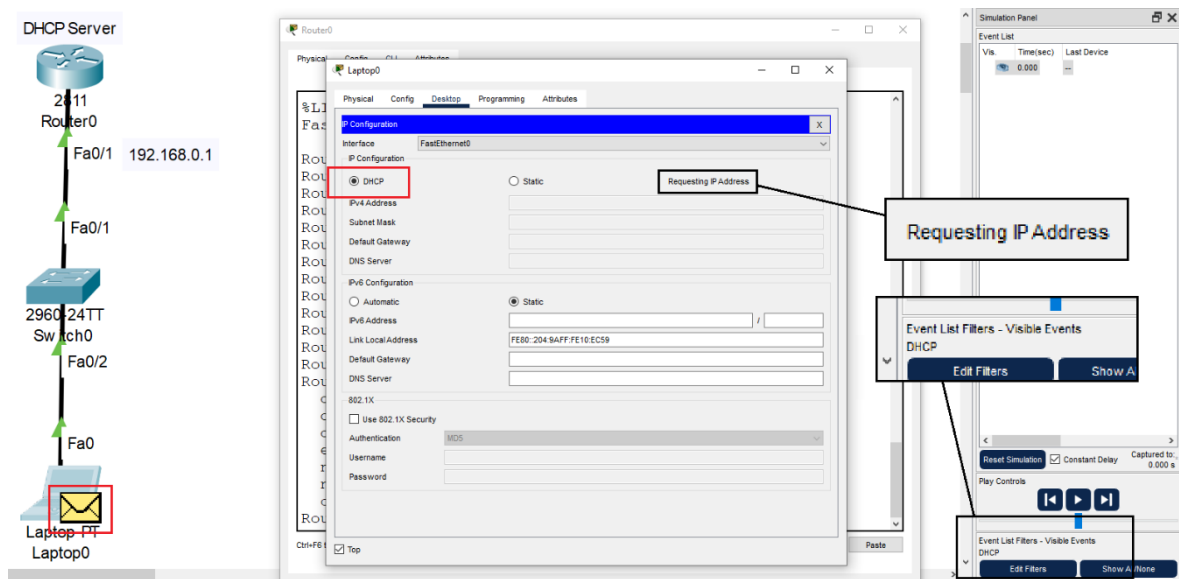
- Adresa sítě: 192.168.0.0
- Masky sítě: 255.255.255.0 (/24)
- IP adresa routeru na portu Fa0/1: 192.168.0.1
- IP adresa na PC: Dynamicky poskytnuta DHCP serverem
- DHCP rozsah: 192.168.0.2 – 192.168.0.254

Konfigurace

| | |
|--|--|
| Would you like to enter the initial configuration dialog? [yes/no]: no | Odmítnutí konfiguračního dialogu |
| Router>enable | Vstup do privilegovaného módu |
| Router#configure terminal | Vstup do konfiguračního módu |
| Router(config)#interface f0/1 | Vstup do konfigurace portu |
| Router(config-if)#no shutdown | Zapnutí portu |
| Router(config-if)#ip address 192.168.0.1 255.255.255.0 | Nastavení IP adresy na port |
| Router(config-if)#exit | Návrat do konfiguračního módu z konfigurace portu |
| Router(config)#ip dhcp pool test | Vytvoření DHCP poolu <i>test</i> |
| Router(dhcp-config)#network 192.168.0.0 255.255.255.0 | Definice sítě DHCP poolu |
| Router(dhcp-config)#default-router 192.168.0.1 | Definice výchozí brány |
| Router(dhcp-config)#dns-server 8.8.8.8 | Příklad definice DNS serveru |
| Router(dhcp-config)#exit | Návrat do konfiguračního módu z konfigurace DHCP poolu |
| Router(config)#ip dhcp excluded-address 192.168.0.1 | Příklad vyjmutí IP adresy z rozsahu přidělovaných adres |

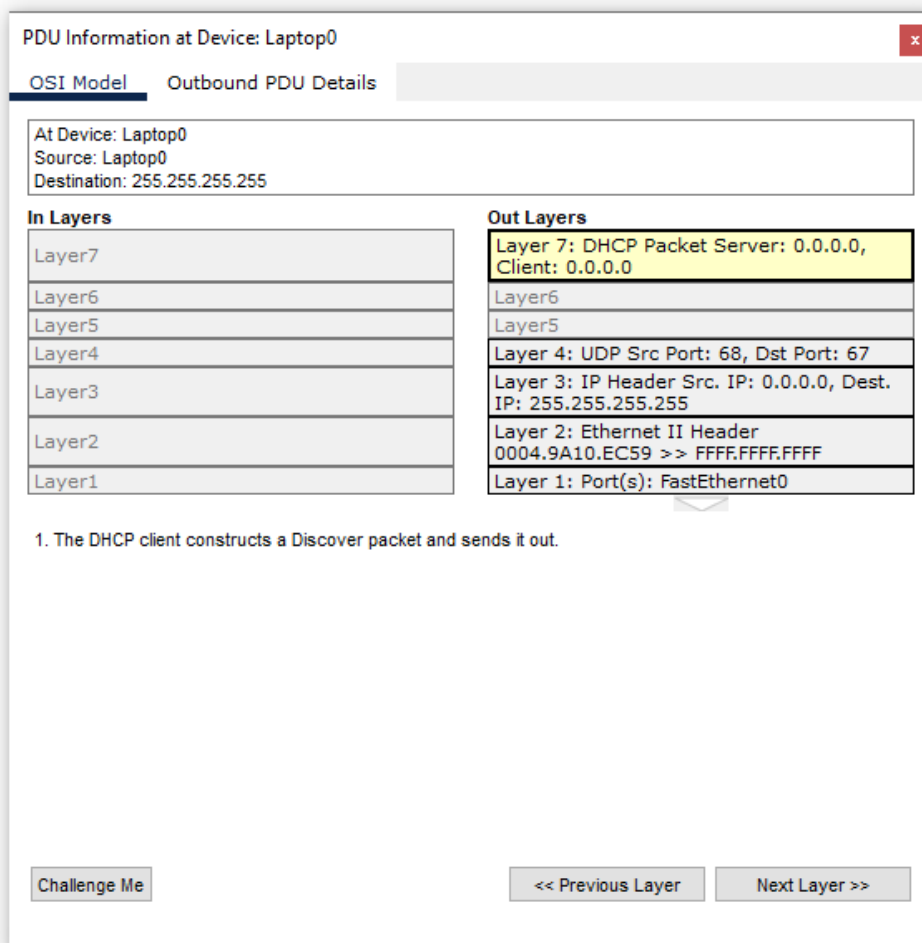
Tabulka 2: Příkazy pro konfiguraci DHCP. Zdroj: [vlastní zpracování]

Díky simulation módu se dá v Packet Traceru názorně ukázat, jak přesně funguje přidělování IP adres klientům. Po úpravě filtrů a zobrazení pouze komunikace, která souvisí s DHCP, je vhodné na klientu (v tomto případě Laptop) provést přepnutí konfigurace IP adresy ze statického na DHCP.



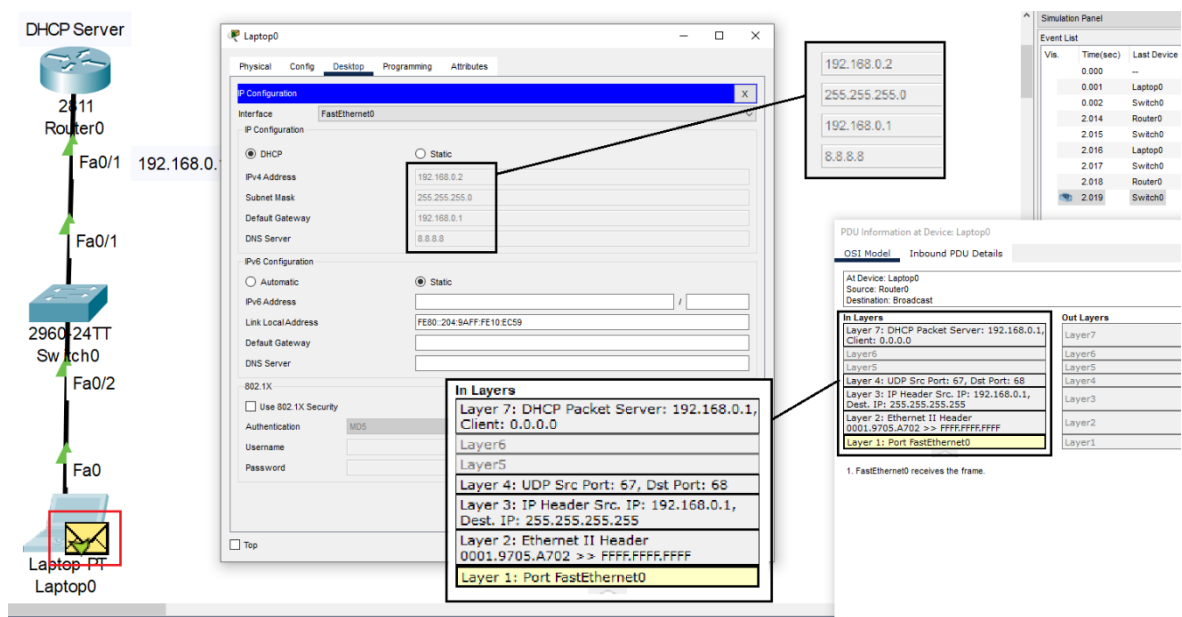
Obrázek 14: DHCP discover v simulation módu. Zdroj: [vlastní zpracování]

Ihned je ikonou obálky znázorněna první část získávání IP adresy od DHCP serveru. Po jejím rozkliknutí se zobrazí jednotlivé vrstvy a v nich uložené informace.



Obrázek 15: DHCP discover. Zdroj: [Vlastní zpracování]

V případě využití tohoto příkladu k edukativním účelům je vhodné zmínit cílovou adresu. Protože se jedná o DHCP discover, počítač nejprve zjišťuje, zda se v síti nějaký DHCP server nachází. Protože nezná adresaci v dané síti, zvolí se jako cíl broadcast 255.255.255.255 respektive FFFF.FFFF.FFFF. Na tento discover DHCP server odpoví nabídkou adresy, tedy DHCP offer, kde je cílovou adresou opět broadcast. Následně klient odešle žádost o adresu (request) na základě které router adresu přidělí. Zde se jedná o acknowledgement a poté je vidět, že IP adresa byla skutečně přidělena.



Obrázek 16: Přidělená IP adresa. Zdroj: [vlastní zpracování]

Srovnání konfigurace v simulaci a na reálném zařízení

Konfigurace a přidělení IP adres funguje stejným způsobem. Rozdílem jsou dostupné funkce. V Packet Traceru je množina dostupných příkazů velmi omezená.

```
Router(dhcp-config) #?
  default-router  Default routers
  dns-server      Set name server
  domain-name     Domain name
  exit            Exit from DHCP pool configuration mode
  network         Network number and mask
  no              Negate a command or set its defaults
  option          Raw DHCP options
Router(dhcp-config) #
```

Obrázek 17: Dostupné příkazy DHCP v CPT. Zdroj: [Vlastní zpracování]

Při konfiguraci DHCP na fyzickém routeru je dostupných příkazů mnohem více. To má za následek absenci například rezervování IP adresy pro vybranou MAC adresu.

COM5 - PuTTY

```
Router>
Router>
Router>en
Router#conf t
Enter configuration commands, one per line. End with CNTL/Z.
Router(config)#
Router(config)#ip dh
Router(config)#ip dhcp p
Router(config)#ip dhcp po
Router(config)#ip dhcp pool asd
Router(dhcp-config)#?
DHCP pool configuration commands:
  accounting      Send Accounting Start/Stop messages
  bootfile        Boot file name
  class           Specify a DHCP class
  client-identifier Client identifier
  client-name     Client name
  default-router  Default routers
  dns-server      DNS servers
  domain-name    Domain name
  exit           Exit from DHCP pool configuration mode
  hardware-address Client hardware address
  host           Client IP address and mask
  import         Programatically importing DHCP option parameters
  lease          Address lease time
  netbios-name-server NetBIOS (WINS) name servers
  netbios-node-type NetBIOS node type
  network        Network number and mask
  next-server    Next server in boot process
  no            Negate a command or set its defaults
  option        Raw DHCP options
  origin        Configure the origin of the pool
  relay        Function as a DHCP relay
  remember     Remember released bindings
  renew       Configure renewal policy
  server      Configure the server ID option value
  subnet     Subnet allocation commands
  update    Dynamic updates
  utilization Configure various utilization parameters
  vrf      Associate this pool with a VRF

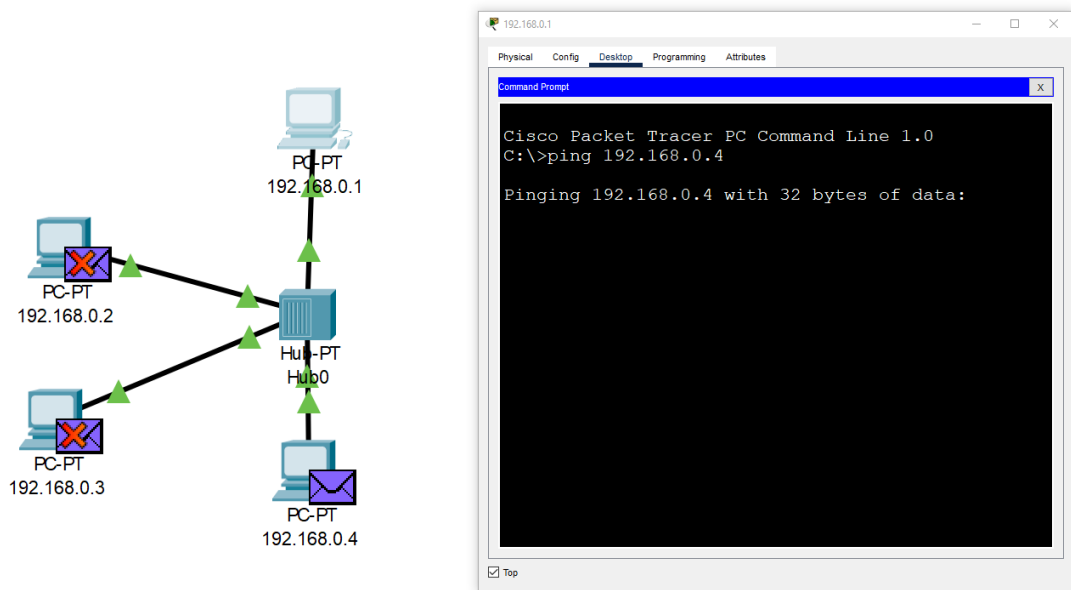
Router(dhcp-config)#
```

Obrázek 18: Dostupné příkazy DHCP v routeru Cisco 2801. Zdroj: [Vlastní zpracování]

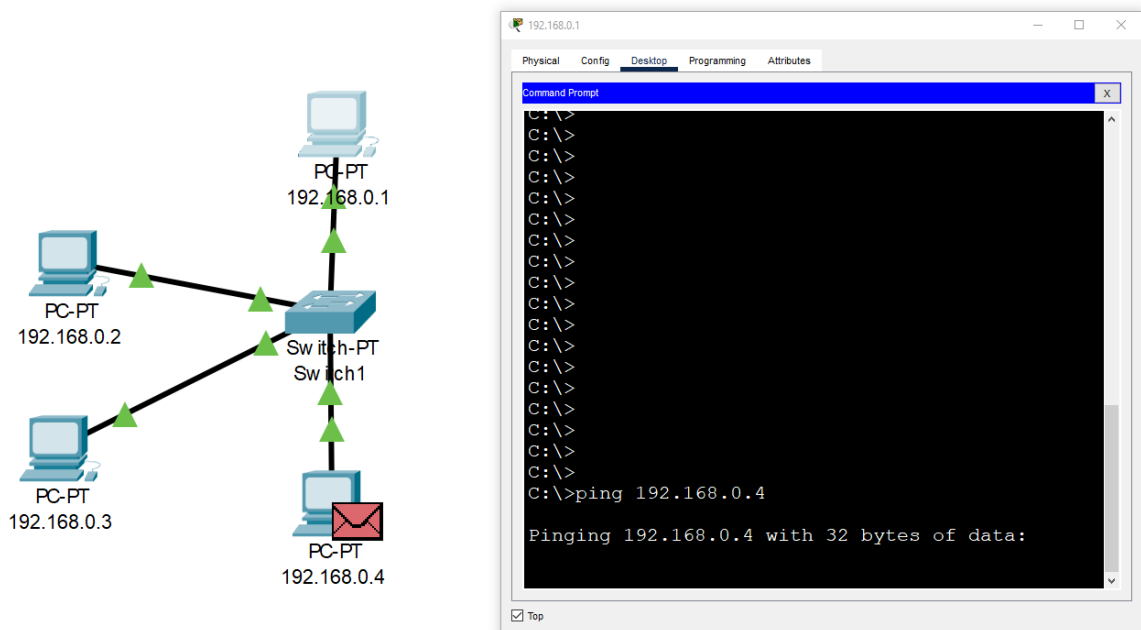
Příkazy byly čerpány z [19] [21] [22]

3.8.2 Příklad pro demonstraci rozdílů mezi přepínačem a rozbočovačem

I přes fakt, že HUBy z počítačových sítí téměř vymizely, je určitě vhodné je při výuce zmínit. Hlavní příčinou jejich odstraňování je samozřejmě bezpečnost. Simulátor se dá využít k ukázce toho, že rozbočovač odesílá data všem zařízením. Zatímco přepínač má tabulku MAC adres, pomocí které dokáže data adresovat konkrétnímu uzlu. Tím zamezí odposlouchávání komunikace. [20]



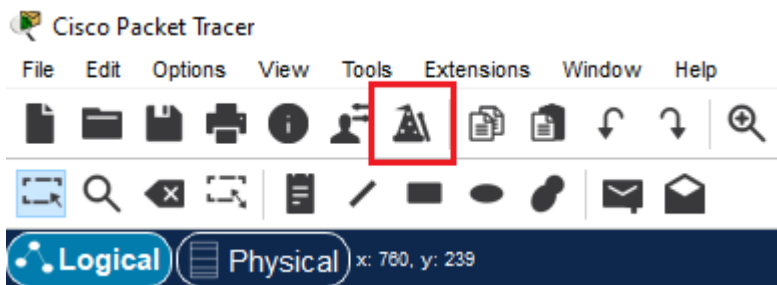
Obrázek 19: Chování rozbočovače. Zdroj: [Vlastní zpracování]



Obrázek 20: Chování přepínače. Zdroj: [Vlastní zpracování]

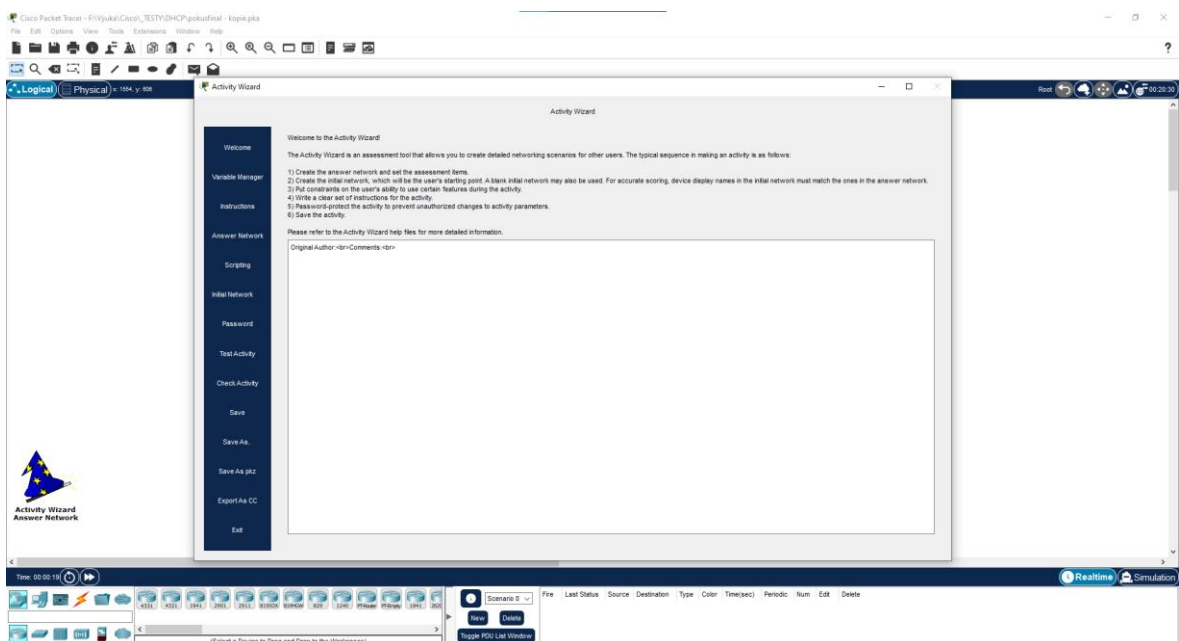
3.8.3 Activity wizard

Významným prvkem, který se hodí učitelům při ověřování znalostí studentů, je Activity wizard. Jeho funkce jsou využity na následujícím příkladu. Pro vytvoření speciálního souboru je nutné nejprve standardně nakonfigurovat síť se správným řešením. Funkce jsou přístupné po spuštění režimu přes tlačítko umístěné v horním menu.



Obrázek 21: Vstup do režimu Activity wizard. Zdroj: [Vlastní zpracování]

Ve vyskakovacím okně uživatel odpoví, zda chce aktuální návrh sítě a její konfiguraci využít jako správné řešení. Následně se zobrazí nové okno sloužící k práci se zadáním a řešením.

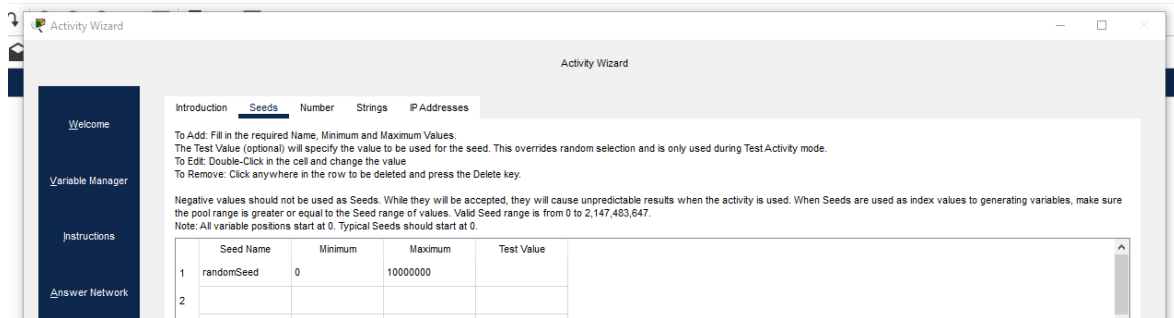


Obrázek 22: Uvítací stránka Activity wizardu. Zdroj: [Vlastní zpracování]

V levé části se nachází menu, přes které jsou dostupné jednotlivé funkce. Pro usnadnění práce jsou komponenty okomentovány a dostupné funkce popsány.

Variable manager

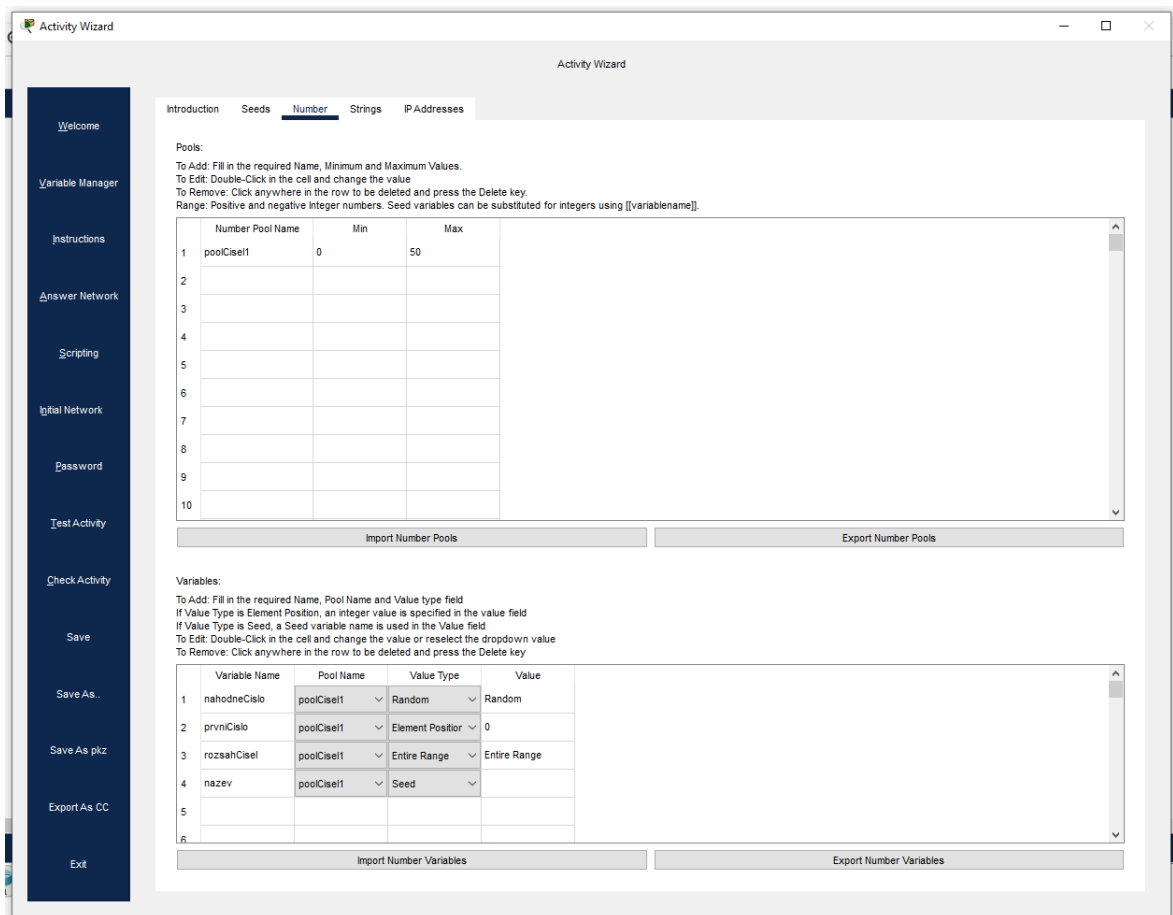
Proměnné jsou významným prvkem Activity wizardu. Pomocí nich je možné vytvářet, definovat a přiřazovat hodnoty proměnným, které se dají využít v textovém zadání i v řešení příkladu. První položkou v menu je správce proměnných. V něm je možné vytvořit náhodný seed. Ten se může hodit například pro vygenerování dostatečně velkého náhodného čísla, které se zobrazí v zadání a omezí tak riziko podvádění formou odevzdání souboru někoho jiného. Pokud se zvolí velký rozsah čísel, je malá pravděpodobnost, že by dva studenti měli vygenerovaný seed stejný. Důležitým prvkem je i název, pomocí kterého se číslo vypíše.



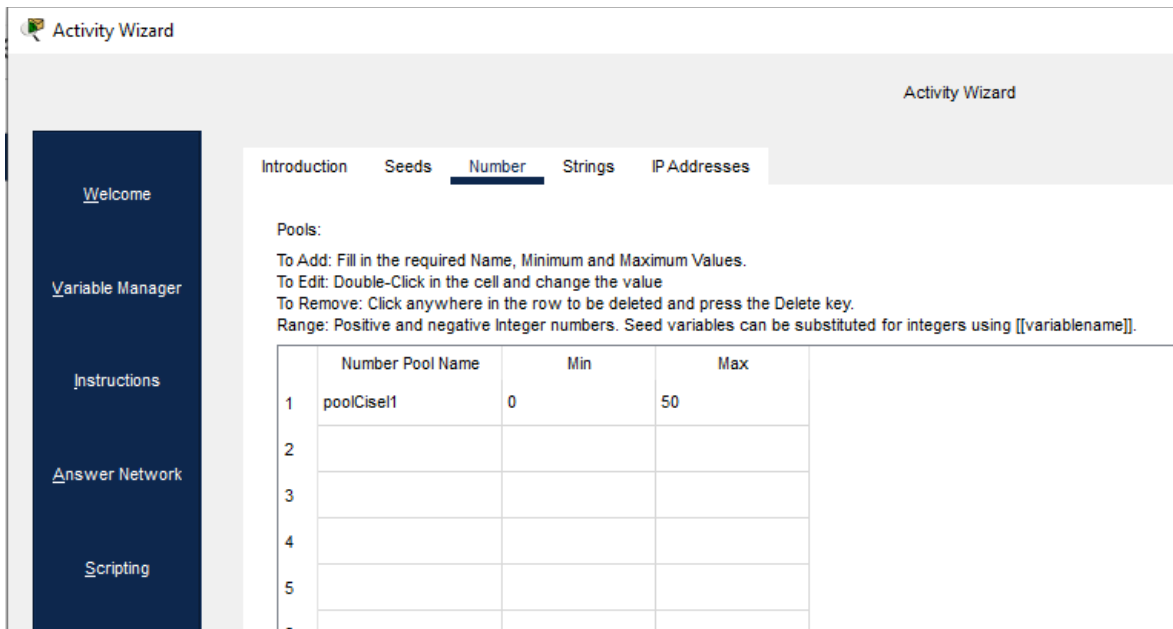
Obrázek 23: Seed. Zdroj: [Vlastní zpracování]

Další položkou je záložka *Number* pro generování čísel. V horní části se definuje rozsah čísel. Z tohoto rozsahu se vybírá hodnota do proměnné v závislosti na vybraném typu ve spodní tabulce.

- Random
Vybírá jedno náhodné číslo z rozsahu
- Element Position
Vybírá číslo na vybrané pozici v rozsahu
- Seed
Obsahuje název proměnné
- Entire Range
Obsahuje celý rozsah čísel



Obrázek 24: Number. Zdroj: [Vlastní zpracování]



Obrázek 25: Detail rozsahu čísel. Zdroj: [vlastní zpracování]

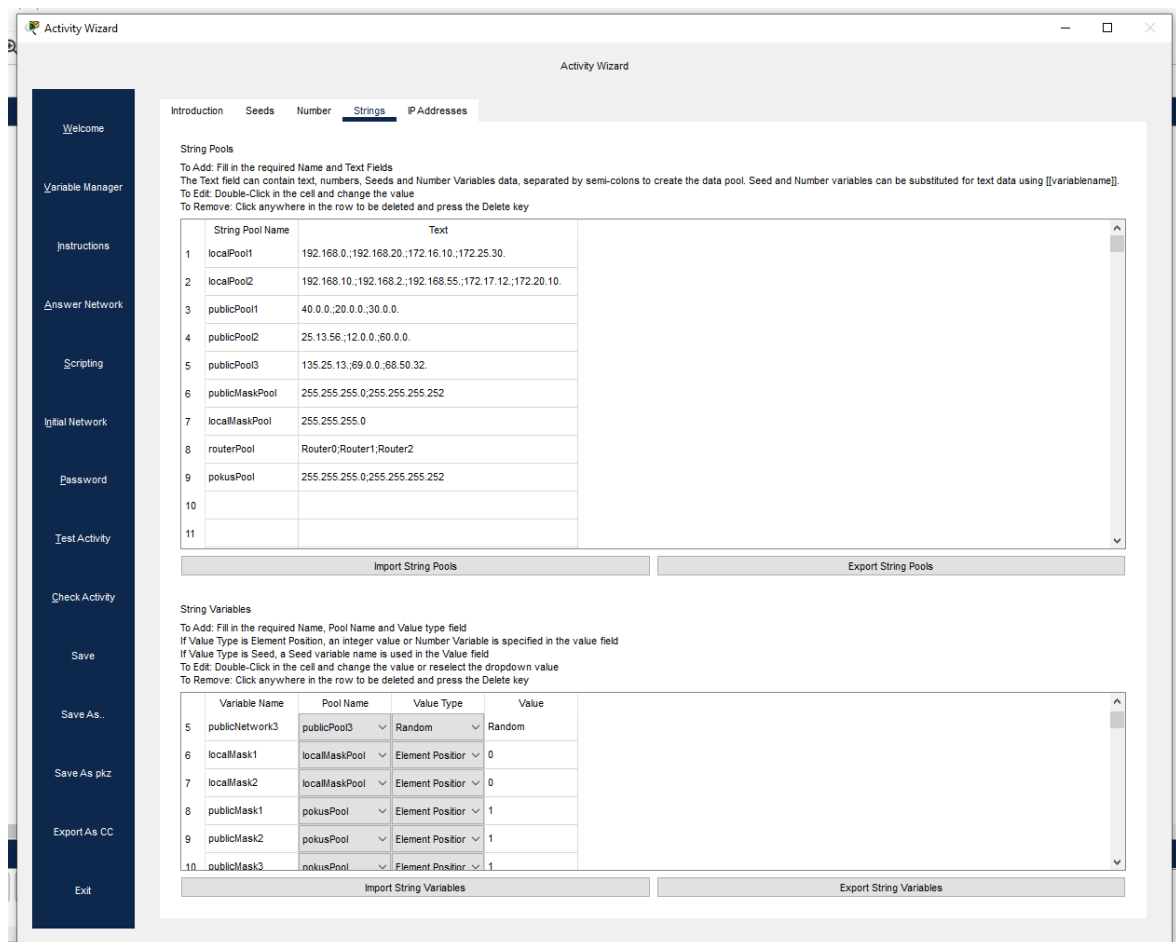
Variables:

To Add: Fill in the required Name, Pool Name and Value type field
 If Value Type is Element Position, an integer value is specified in the value field
 If Value Type is Seed, a Seed variable name is used in the Value field
 To Edit: Double-Click in the cell and change the value or reselect the dropdown value
 To Remove: Click anywhere in the row to be deleted and press the Delete key

| | Variable Name | Pool Name | Value Type | Value |
|---|---------------|------------|------------------|--------------|
| 1 | nahodneCislo | poolCisel1 | Random | Random |
| 2 | prvniCislo | poolCisel1 | Element Positior | 0 |
| 3 | rozsahCisel | poolCisel1 | Entire Range | Entire Range |
| 4 | nazev | poolCisel1 | Seed | |
| 5 | | | | |
| 6 | | | | |

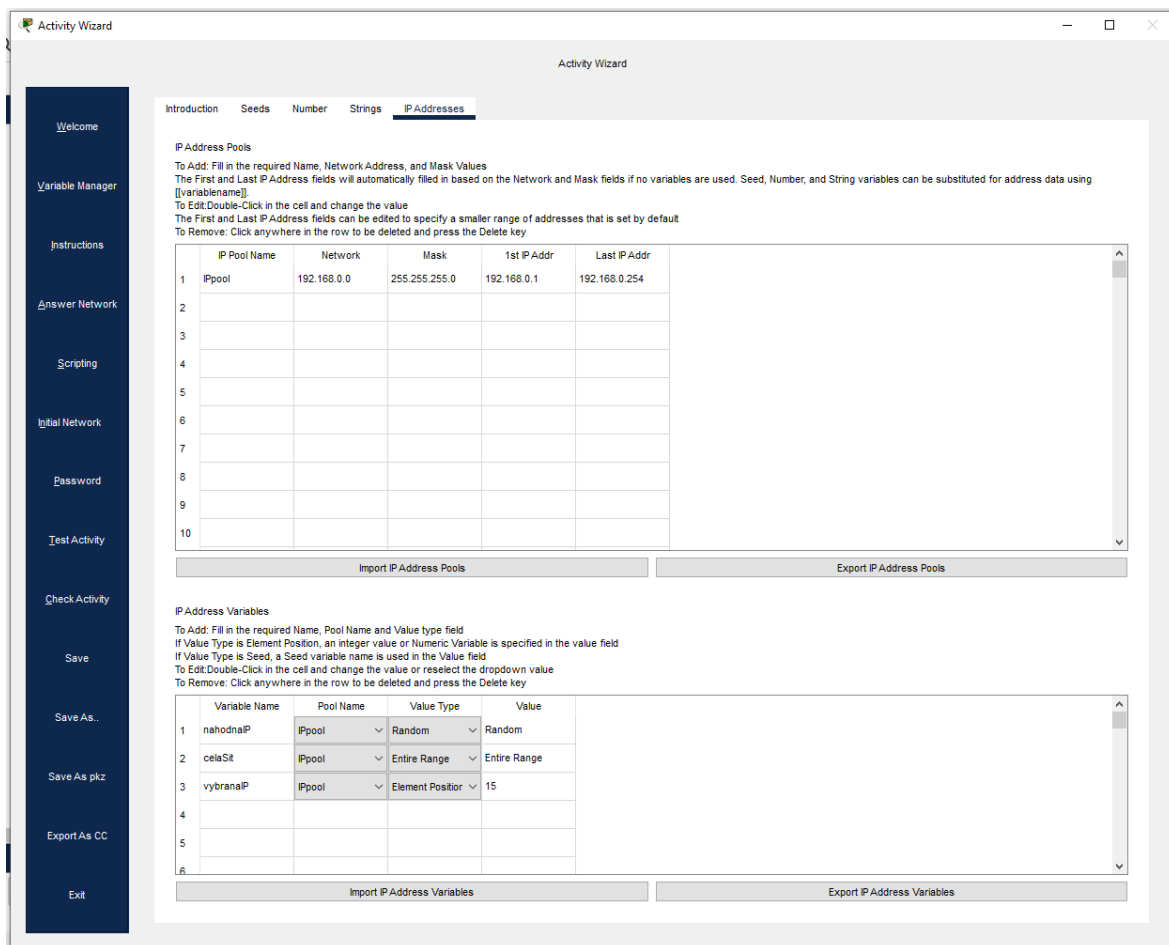
Obrázek 26: Detail deklarace proměnných. Zdroj: [vlastní zpracování]

Kromě čísel umí proměnné pracovat i s texty. Ty se vytvářejí v záložce *Strings*. V horní části se stejně jako u čísel vloží seznamy slov a znaků oddělené středníky. Ty se ukládají do proměnných ve spodní tabulce. Způsoby vybírání hodnot do proměnné jsou shodné, jako u čísel. Na obrázku je příklad, kde jsou do proměnné ukládány názvy zařízení nebo části IP adres.



Obrázek 27: String. Zdroj: [Vlastní zpracování]

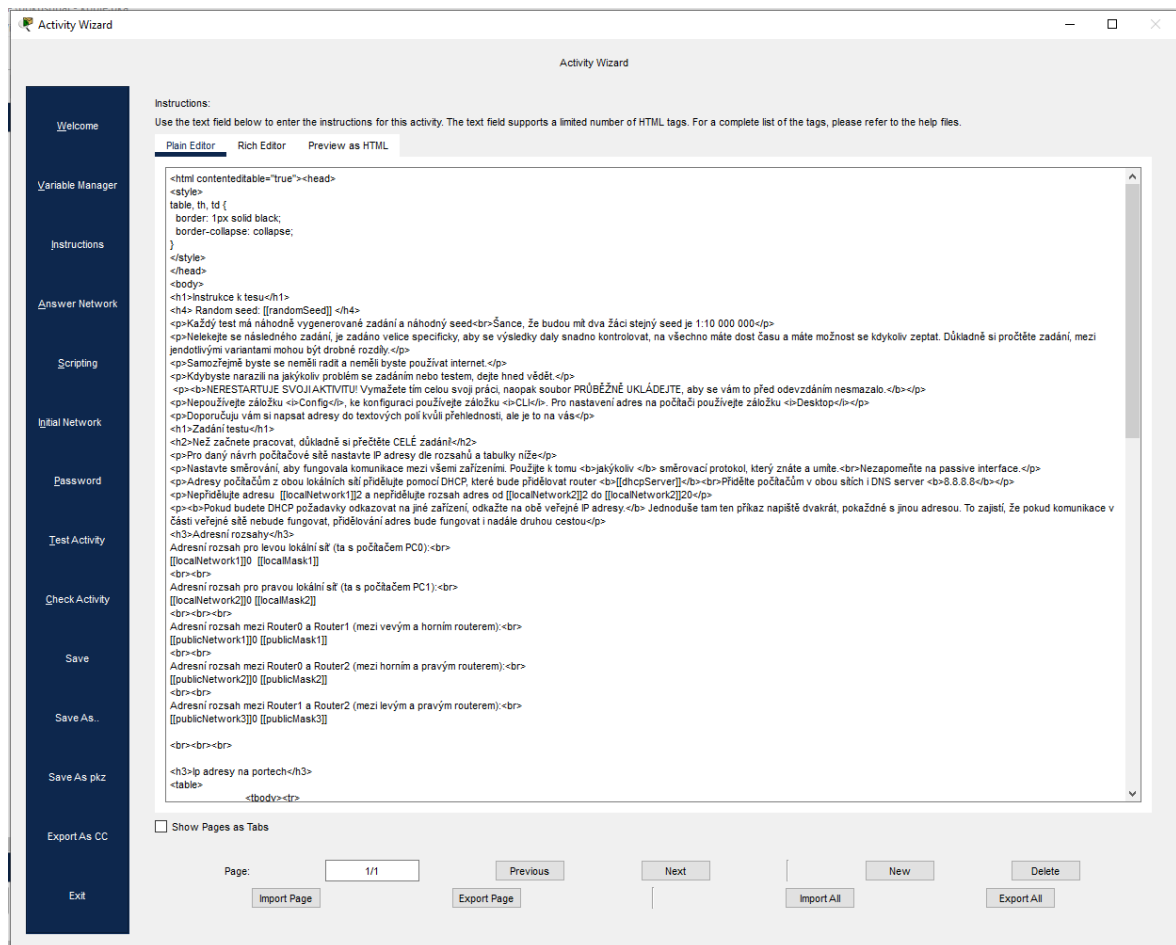
Posledním údajem, který lze vkládat do proměnné, je IP adresa. V horní tabulce se definuje adresa sítě a její maska, ze které se automaticky vypočítá první a poslední adresa. Ty se dají dle potřeb upravit. Do proměnných se ukládají dle stejných podmínek jako u čísel a stringů.



Obrázek 28: IP Addresses. Zdroj: [Vlastní zpracování]

Instructions

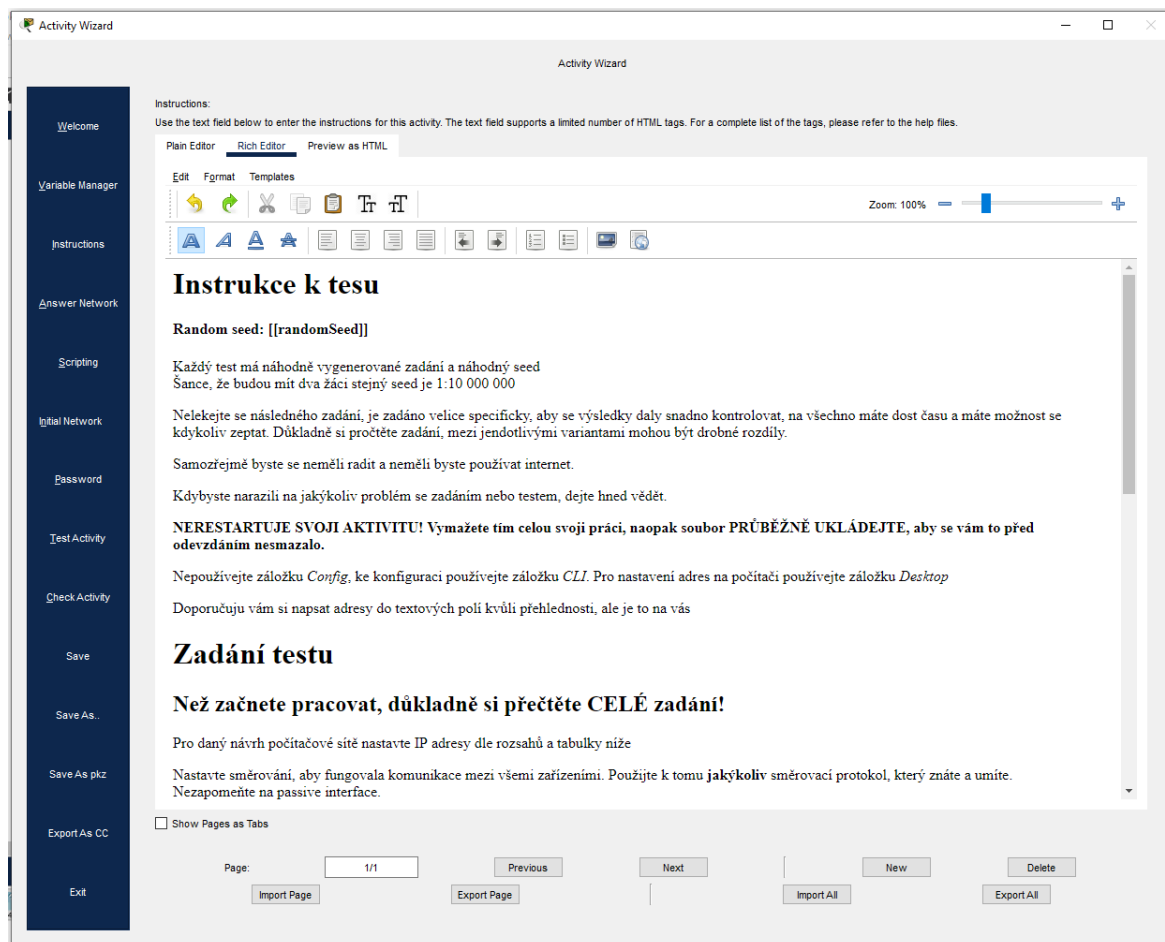
Důležitou součástí příkladu jsou instrukce, které se zobrazí uživateli po otevření souboru. Dají se zapsat jako běžný text nebo využít podporu HTML a CSS. Tím lze docílit lepší přehlednosti při psaní delších zadání.



Obrázek 29: Instrukce v HTML. Zdroj: [Vlastní zpracování]

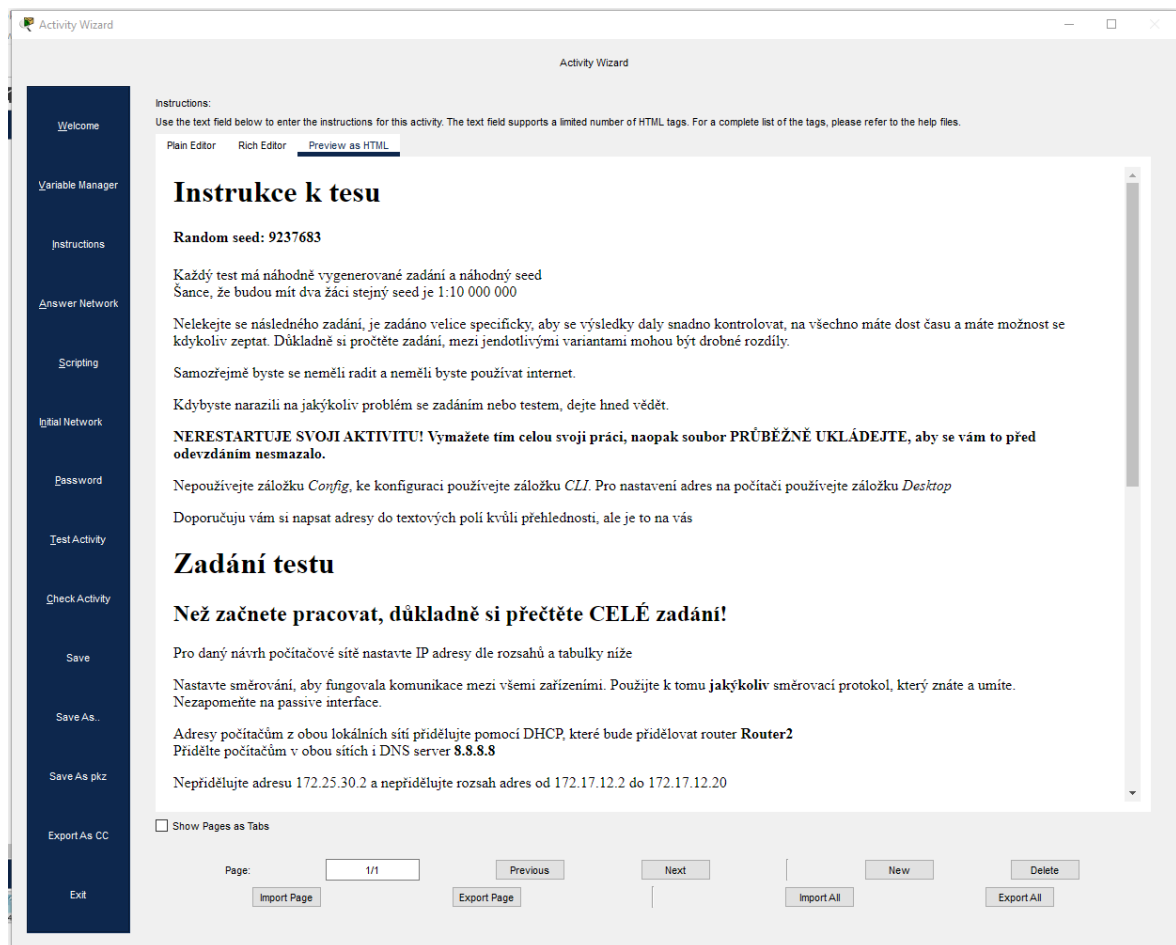
Právě v instrukcích se hodí využít definované proměnné. Na obrázku jsou vidět například proměnné `[[randomSeed]]`, která obsahuje vygenerované číslo mezi 0 a 10 000 000, nebo `[[localNetwork1]]` a `[[localMask1]]` obsahující náhodně vybranou adresu sítě a masku.

V jedné z posledních verzí přibyla záložka *Rich Editor*. Tento editor umožňuje upravovat vzhled zadání i bez znalosti a přímého využití jazyků HTML a CSS, což velmi usnadní práci při vytváření instrukcí. Proměnné se zde zapisují stejně, jako v běžném editoru.



Obrázek 30: Instrukce v Rich Editoru. Zdroj: [Vlastní zpracování]

V poslední záložce je obsažen náhled, jak by vypadal výsledek vygenerovaného zadání ve výsledném souboru. Již obsahuje vypsání hodnoty proměnných.



Obrázek 31: Náhled instrukcí. Zdroj: [Vlastní zpracování]

Answer Network

V této části se definuje správné výsledné řešení. V praxi to funguje tak, že student nakonfiguruje síť a má možnost nastavení zkontrolovat. Následně se porovnává jeho řešení s údaji, které byly označeny jako vyžadované právě v této části. Pokud splnil vše, je o tom informován na obrazovce. Pokud nějaké část chybí, zobrazí se, kolik procent je splněno. Rovněž je možnost přidat zpětnou vazbu v případě chyby. Může být vyžadováno i ověření funkčnosti připojení mezi vybranými síťovými uzly.

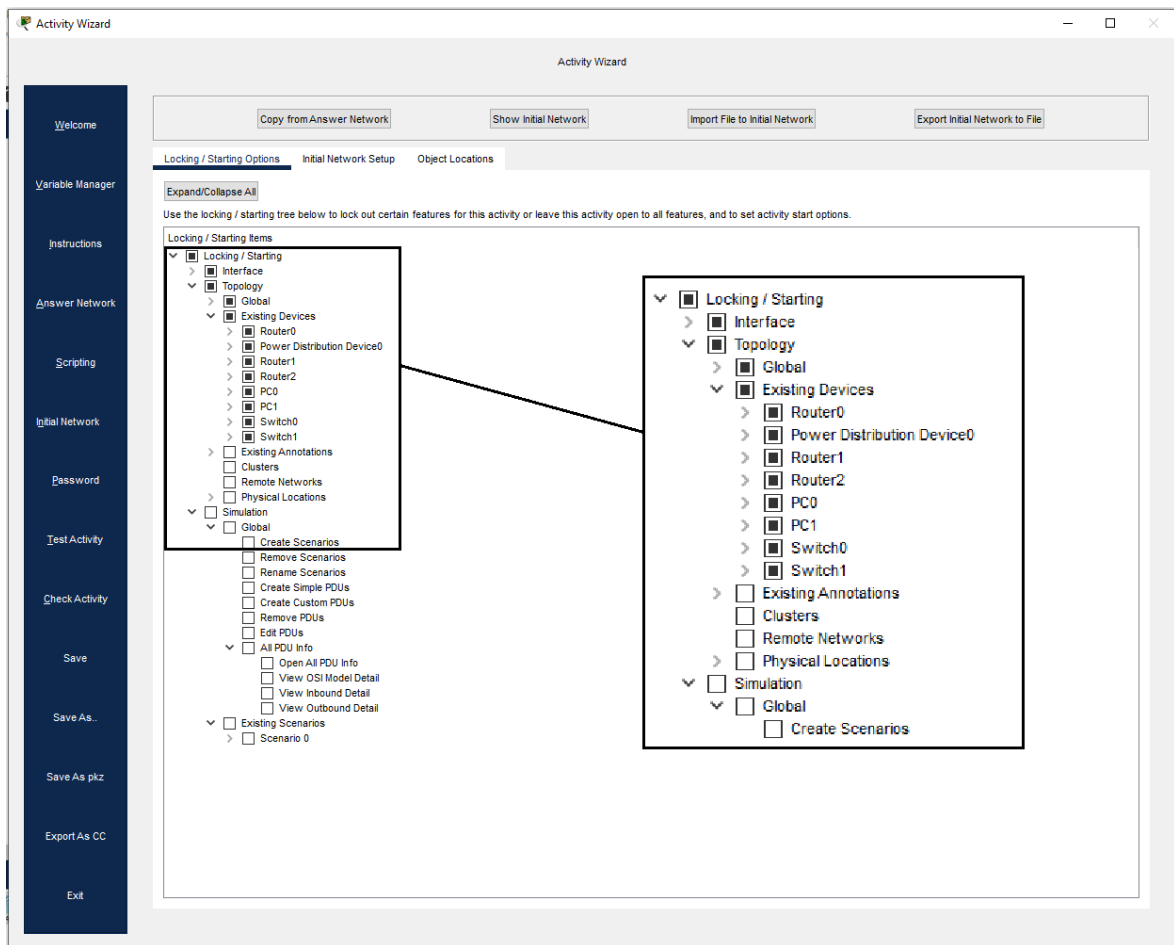
Scripting

Pomocí skriptování je možné vytvořit další funkcionality. Používá se zde jazyk JavaScript.

Initial Network

Soubor, který bude vytvořen a určen pro poskytnutí studentům, může být různě upraven a omezen. Základem je možnost zachovat umístění a propojení síťových prvků. Rovněž je možné na nich zachovat vybranou konfiguraci například IP adresy a podobně. Další nástroje umožňují zablokovat některé funkce. Pro otestování znalostí konfigurace Cisco zařízení je

vhodné například zablokovat záložku *Config*. Ta totiž umožňuje nastavení vybraných funkcí bez použití příkazové řádky. Dostupné je i časové omezení pro splnění zadání.



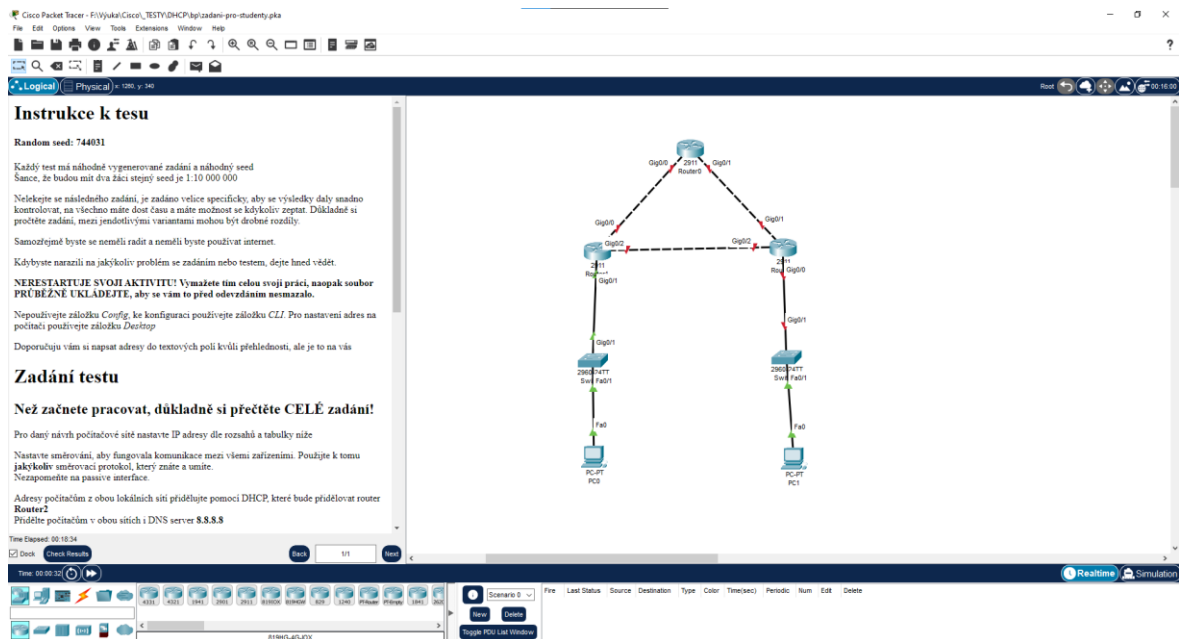
Obrázek 32: Initial network. Zdroj: [Vlastní zpracování]

Password

Nastavení hesla znemožňuje úpravu zadání a řešení úkolu neautorizovaným uživatelům. Activity wizard poté není dostupný, dokud uživatel nezadá správné heslo. Bez jeho nastavení by mohl student upravit výslednou síť tak, aby program hodnotil řešení jako splněné.

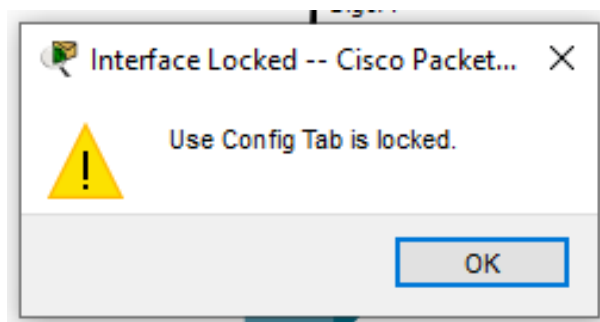
Dokončení nastavení souboru

Po nastavení všech požadovaných parametrů je možnost soubor otestovat. Díky tomu si může učitel vyzkoušet, zda vše funguje tak, jak má. Dalším krokem je uložení souboru. Výsledný soubor určený pro studenty má příponu *.pka*.



Obrázek 33: Výsledný .pka soubor. Zdroj: [Vlastní zpracování]

Výsledný soubor může po spuštění vypadat například jako na obrázku výše. Na jednu obrazovku lze zobrazit zadání a vedle něj síť. V levé spodní části vidí student uplynulý čas a má možnost zkontrolovat výsledky. Při pokusu použít zakázanou záložku *Config* vyskočí hláška, že je zablokována.

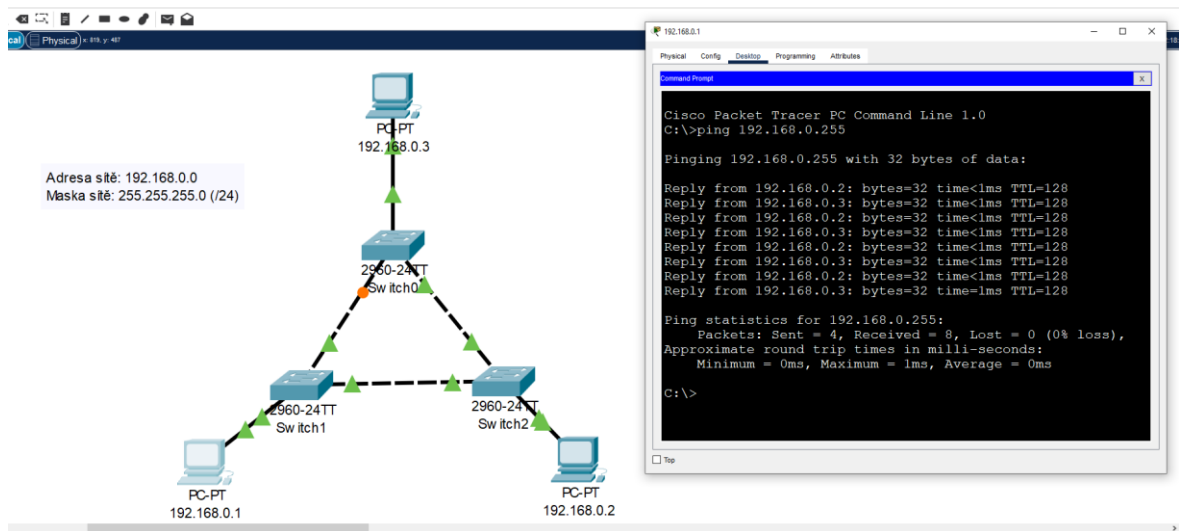


Obrázek 34: Zakázaná záložka *Config*. Zdroj: [Vlastní zpracování]

3.8.4 Příklad pro demonstraci protokolu STP

I přes fakt, že Spanning Tree Protocol je standardně na Cisco přepínačích zapnutý a funguje bez nutnosti jakékoliv konfigurace, je vhodné na něj při výuce upozornit. Starší zařízení některých výrobců jej totiž nemají implementovaný. Samotný protokol kontroluje, zda se mezi přepínači netvoří smyčka. Pokud ano, přeruší ji vypnutím některého z portů. Problémem je například v případě broadcastů, kdy si switche posílají rámce stále dokola a tím se zacyklí. U směrovačů tento problém odpadá, protože kolování paketů zamezuje TTL (Time To Live), který je uložen v hlavičce IP datagramu. Toto číslo se snižuje při každém přeskočení mezi routery, a pokud dosáhne nuly, dojde k zahazení a odeslání ICMP zprávy odesílateli. Nic

takového ve hlavičce na druhé vrstvě není, takže je nutné tento problém řešit jinak – přerušením smyčky. [19] [22]

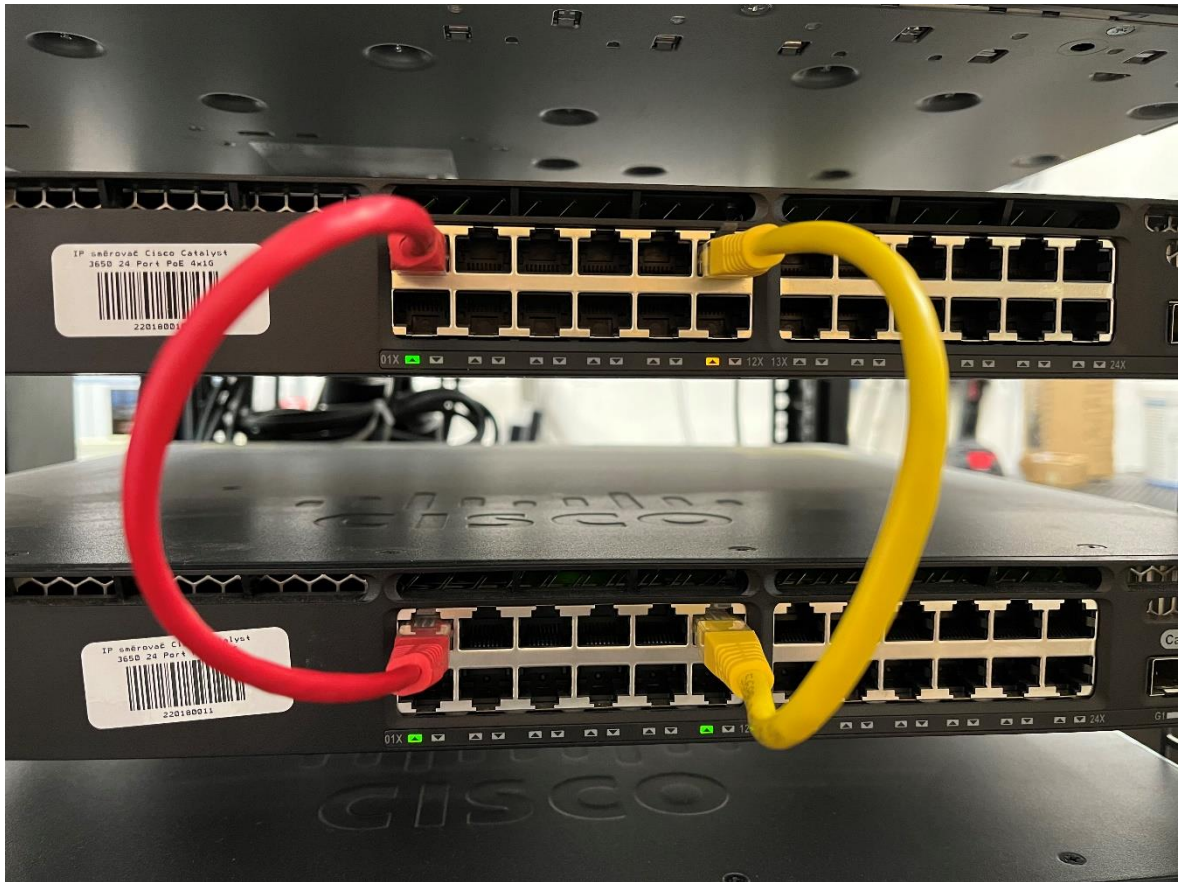


Obrázek 35: Broadcast při funkčním STP. Zdroj: [vlastní zpracování]

Jak je vidět na obrázku 35, smyčka se přerušila bez nutnosti jakékoliv konfigurace. Pro srovnání s reálným hardwarem bylo obdobné zapojení vytvořeno i na fyzických přepínačích.



Obrázek 36: Přerušení smyčky na přepínači Cisco 2960. Zdroj: [vlastní zpracování]



Obrázek 37: Přerušení smyčky na přepínači Cisco 3650. Zdroj: [vlastní zpracování]

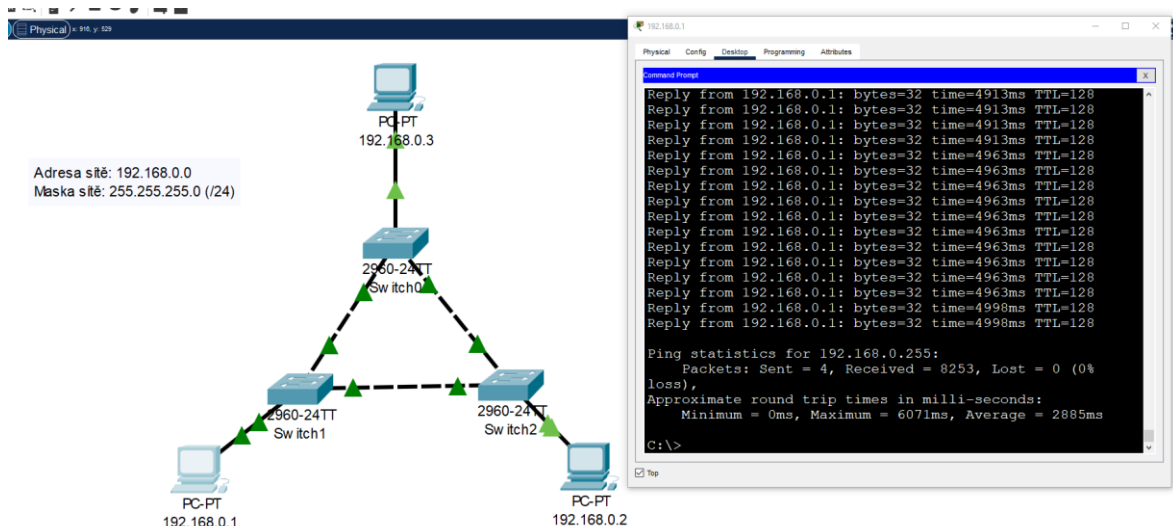
Na obrázcích 36 a 37 je vidět, že se u obou přepínačů jeden port změnil režim. Změna se pozná i pouhým okem podle oranžové signalizační LED diody, zatímco ostatní jsou zelené.

Vypínat STP se všeobecně nedoporučuje. Pro demonstraci toho, co by se v takovém případě stalo, je to při výuce naopak vhodné. Slouží k tomu následující příkazy, které se musí zadat na všech přepínačích:

| | |
|--|-------------------------------|
| Switch>enable | Vstup do privilegovaného módu |
| Switch#configure terminal | Vstup do konfiguračního módu |
| Switch(config)#no spanning-tree vlan 1 | Vypnutí STP |

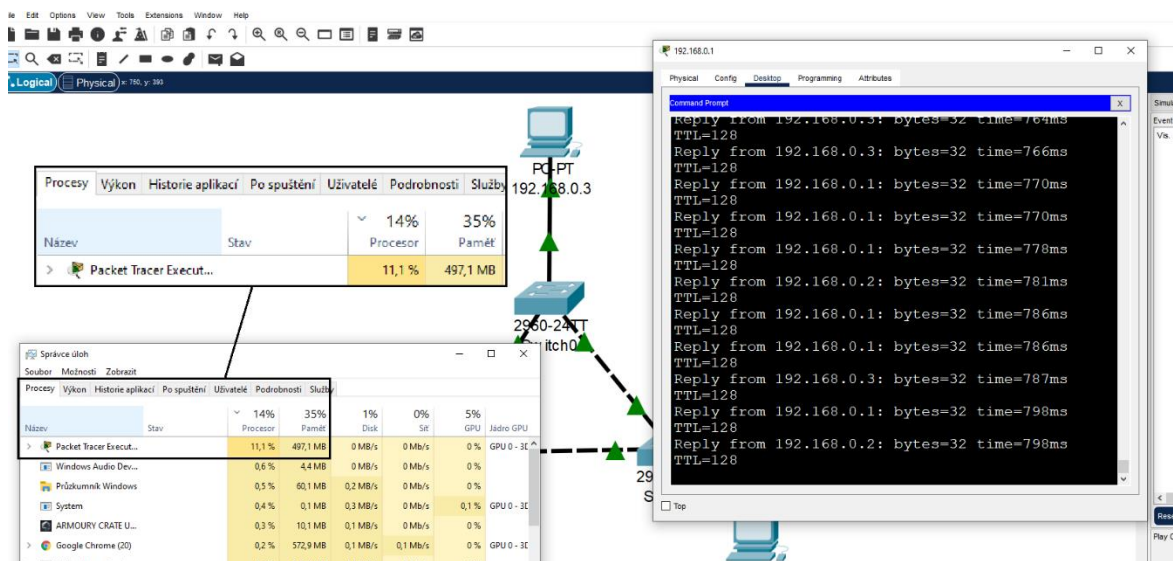
Tabulka 3: Příkazy pro vypnutí STP. Zdroj: [vlastní zpracování]

Po vypnutí STP a opětovném spuštění příkazu ping na broadcastovou adresu sítě je ihned vidět, jak se odpovědi množí a vracejí se jich tisíce. Rovněž se rozblikají všechny porty, na čemž je vidět, že rámce se rozesílají dále i po vykonání příkazu.



Obrázek 38: Broadcast při vypnutém STP. Zdroj: [vlastní zpracování]

To se dá ověřit i po přepnutí do simulation módu. Ten je náročnější na hardware počítače, může zavinit nestandardní chování aplikace a při častém přeskokování akce v simulation panelu i pád celé aplikace.



Obrázek 39: Vytížení CPU při broadcastu a vypnutém STP. Zdroj: [vlastní zpracování]

Příkazy byly čerpány z [19] [20] [21] [22]

3.8.5 Příklad pro demonstraci protokolu DNS

Pro identifikaci kteréhokoli uzlu v počítačových sítích stačí IP adresy. Jejich nevýhodou pro svět lidí je samotná číselná forma zápisu. Kvůli ní se špatně pamatují, a navíc neposkytují žádnou informaci o fyzickém umístění daného uzlu či sítě, ani o jeho případném začlenění do určité organizační či jiné hierarchie. Proto vznikl systém DNS, který těmto IP adresám přiřazuje

doménové názvy. Ty se na serverech překládají a díky nim stačí uživatelům identifikovat cíl právě doménou. [17] [18]

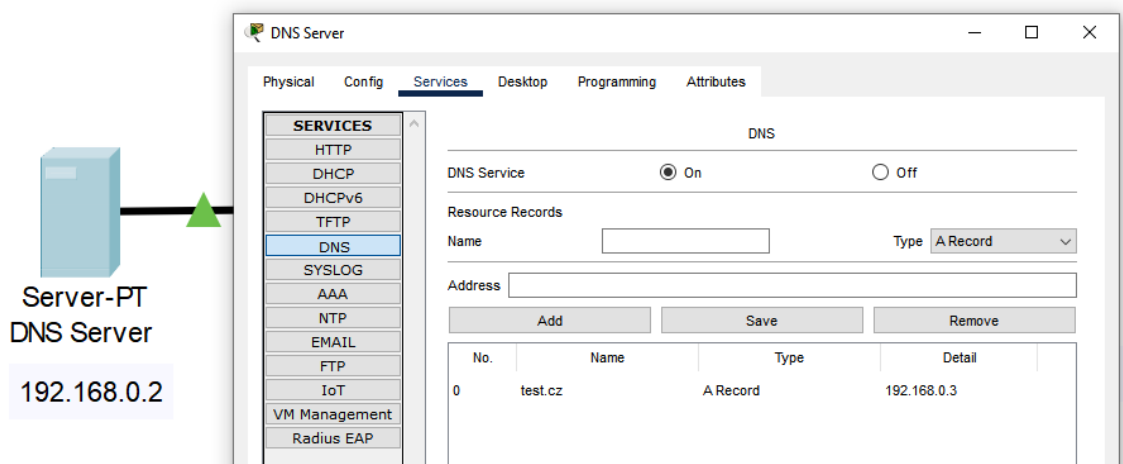
Kvůli rozšířenosti tohoto protokolu se hodí pro ukázkou jeho základního fungování na jednoduchém příkladu.

Adresace a doména

- Adresa sítě: 192.168.0.0
- Maskra sítě: 255.255.255.0 (/24)
- IP adresa klienta: 192.168.0.1
- IP adresa DNS serveru: 192.168.0.2
- IP adresa WEB serveru: 192.168.0.3
- Doména WEB serveru: test.cz

Konfigurace DNS serveru

Na DNS serveru je nutné nastavit IP adresu a masku v nástroji *IP Configuration*, která se nachází v záložce *Desktop*. Služba DNS se nachází v záložce *Services*. Tam se musí zapnout a přidat vybraná doména *test.cz*, která se přiřadí k adrese 192.168.0.3. Typ záznamu zůstává A označující IPv4 adresu.



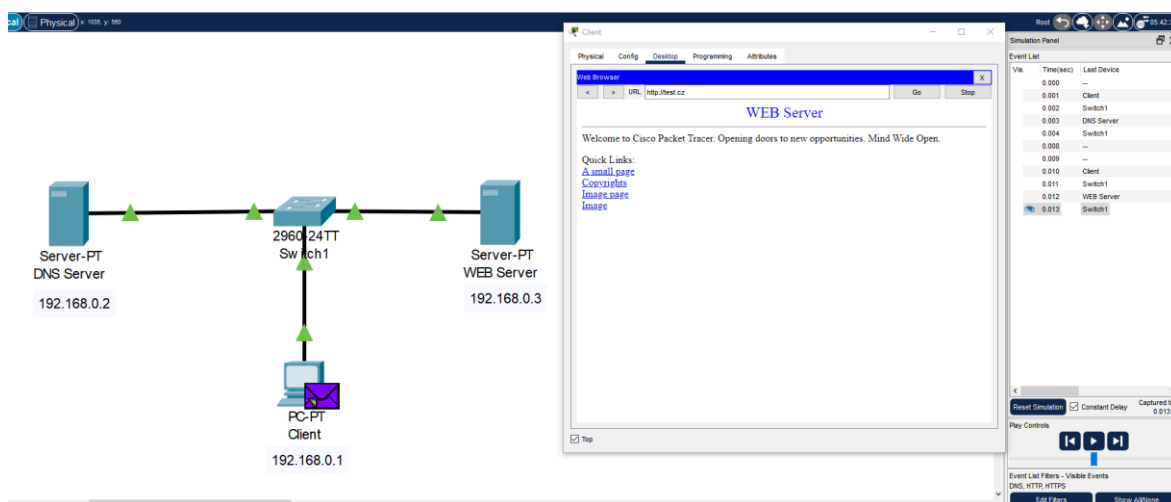
Obrázek 40: Nastavení domény na DNS serveru. Zdroj: [vlastní zpracování]

Konfigurace WEB serveru

Na WEB serveru je rovněž nutné nastavit IP adresu a masku stejným způsobem jako u DNS serveru. Služba HTTP i HTTPS je ve výchozím stavu zapnutá. V případě využití příkladu při výuce je vhodné pro přehlednost upravit soubor *index.html* a napsat do něj, že se jedná o WEB server.

Otestování konfigurace na počítači

Pro otestování správnosti konfigurace je mimo IP adresy nutné nastavit i DNS server, kam se vloží jeho adresa, tedy 192.168.0.2. Pro následnou demonstraci protokolu DNS a ověření správného nastavení je vhodné využít simulation mód. V něm pomocí filtru zobrazit pouze DNS a HTTP (případně HTTPS) komunikaci. Poté stačí na počítači otevřít webový prohlížeč, který se opět nachází v záložce *Desktop*, a do děj zadat doménu *test.cz*. Díky simulaci se dá poukázat na to, že počítač nejprve kontaktuje DNS server, aby zjistil, která IP adresa patří dané doméně. Ten mu pošle odpověď s adresou, na kterou klient pošle dotaz na webovou stránku. Tu mu webový server pošle a zobrazí se v prohlížeči.



Obrázek 41: Výsledek příkladu na DNS. Zdroj: [vlastní zpracování]

3.9 Shrnutí

Simulátor Packet Tracer najde využití v mnoha tématech návrhů a konfigurací počítačových sítí. Ať už ve firemním prostředí nebo v oblasti chytrých domácností. I přes rozdíly v konfiguraci jde především o aplikaci s mocnými nástroji pro studium, které uživatele dobře připraví na práci s reálnými síťovými prvky společnosti Cisco. Jelikož v sítích figuruje mnoho protokolů a každý funguje na nějakém principu, příkladů je možné udělat obrovské množství. A to i díky kombinacím, které mohou nastat. Tím se z několika jednoduchých příkladů může stát jeden větší komplexní. A právě otevřenost v kombinaci s dostupnými funkcemi dělá Packet Tracer efektivním nástrojem pro simulaci sítí.

4 Výsledky a diskuze

4.1 Aplikace pro simulaci provozu počítačových sítí

Aplikace pro simulaci provozu počítačových sítí poskytují široké spektrum možností při plánování, testování i výuce síťové problematiky. Není třeba vynaložit vysoké finanční náklady na vybavení laboratoře. Všechny potřebné prvky spustí běžný počítač. Díky široké nabídce různých simulátorů není těžké vybrat ten správný pro dané použití. Poskytovatelé IT řešení mohou síť plánovat a testovat, aniž by museli vybranými síťovými prvky disponovat. Mohou porovnávat zařízení různých výrobců a následně vybrat optimální řešení. Pak stačí návrh aplikovat na pořízený hardware a jen ověřit, že vše funguje tak, jak má.

4.2 Využití aplikací při výuce

Při školení a výuce síťové problematiky mohou být klíčové právě funkce simulátorů, které názorně demonstrují principy fungování síťových protokolů a chování aktivních prvků. Tyto nástroje mohou přiblížit networking i úplným začátečníkům a usnadnit práci učitelům a školitelům. Při kombinování výuky v simulátorech a následně na fyzických zařízeních se mohou studenti připravit na širokou škálu situací a znalosti následně využít v praxi. Dnešní doba s obrovským množstvím návodů na internetu otevírá dveře i samoukům, kteří nemusí vynaložit vysoké náklady za školení i hardware, aby rozšířili své znalosti. Stačí jim k tomu simulátor a volně dostupné zdroje. Takto se může v podstatě kdokoliv připravit i na různé certifikační zkoušky, které se hodí v profesním životě.

4.3 Celkové zhodnocení

Přestože se simulátory snaží napodobovat chování síťových prvků a emulátory spouštějí jejich oficiální systémy, nikdy plně nenahradí zkušenosti nabyté při práci se skutečným hardwarem. Ale právě na práci s fyzickými prvky mají simulátory uživatele připravit. A to za podmínek co nejpodobnějších těm reálným.

5 Závěr

Hlavním cílem bakalářské práce bylo představit a hodnotit aplikace pro simulaci provozu počítačových sítí. Následně vybrat jednu aplikaci pro testování na modelových příkladech.

Běžně používané aplikace pro simulaci i emulaci jsou uvedeny a zhodnoceny v jednotlivých kapitolách bakalářské práce. Záměrně byly vybrány aplikace více firem s různým účelem a zaměřením, aby se jejich využití dalo porovnat v různých situacích. Důležité jsou hlavně jejich dostupné funkce, které byly v práci rovněž charakterizovány.

V praktické části byl na základě kritérií vybrán simulátor Cisco Packet Tracer pro testování na praktických příkladech. I přes některé nevýhody, jako například nemožnost emulace, absence některých funkcí oproti reálným zařízením nebo omezení na prvky společnosti Cisco, obsahuje klíčové funkce, které se vzhledem k metodice dají využít v rámci školení nebo výuky počítačové problematiky. Praktické příklady byly záměrně koncipovány na různá témata a úrovně. Představují základy počítačových sítí, kde je porovnáno chování prepínače a rozbočovače. Rovněž prezentován zjednodušený princip fungování protokolu DNS. Pro ukázkou fungování příkazového řádku, pomocí kterého se síťové prvky společnosti Cisco běžně konfiguruje, obsahuje práce příklad na DHCP. Služba se musí nastavit na směrovači pomocí příkazů v systému IOS. Nástroj Activity Wizard je demonstrován jako účinný prostředek podpory práce se systémem. Je určený pro školení, procvičování nebo k ověření znalostí za využití funkcí jako náhodně vygenerovaných zadání, omezení času, zakázání některých funkcí nebo automatického opravování.

Dostupné nástroje a otevřenost, díky které je možné vytvořit téměř nekonečné množství příkladů různých témat a úrovní, dělají z Cisco Packet Traceru praktický a efektivní simulátor počítačových sítí.

6 Seznam použitých zdrojů

- [1] Cisco.com, 2010. Cisco Packet Tracer. In: cisco.com [online]. [cit. 10.8.2021]. Dostupné z: https://www.cisco.com/c/dam/en_us/training-events/netacad/course_catalog/docs/Cisco_PacketTracer_DS.pdf
- [2] Skillsforall.com, 2021. Cisco Packet Tracer - Skills for All. In: skillsforall.com [online]. [cit. 10.8.2021]. Dostupné z: <https://skillsforall.com/topics/cisco-packet-tracer>
- [3] Netacad.com, 2020. Cisco Packet Tracer Frequently Asked Questions. In: netacad.com [online]. [cit. 10.8.2021]. Dostupné z: <https://www.netacad.com/courses/packet-tracer/faq>
- [4] Netacad.com, 2022. Cisco Packet Tracer 8.1 Frequently Asked Questions. In: netacad.com [online]. [cit. 3.1.2022]. Dostupné z: <https://www.netacad.com/sites/default/files/cisco-packet-tracer-faq.pdf>
- [5] Ptnetacad.net, 2021. Packet Tracer Official Tutorials. In: tutorials.ptnetacad.net [online]. [cit. 3.1.2022]. Dostupné z: <http://tutorials.ptnetacad.net/>
- [6] Netacad.com, 2022. Global NetAcad Instance | Packet Tracer Resources | Networking Academy. In: netacad.com [online]. [cit. 3.1.2022]. Dostupné z: <https://www.netacad.com/portal/resources/pt-resources>
- [7] Play.google.com, 2020. Cisco Packet Tracer Mobile - Apps on Google Play. In: play.google.com [online]. [cit. 11.8.2021]. Dostupné z: <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.netacad.PacketTracerM&hl=en>
- [8] Docs.gns3.com, 2021. GNS3 Documentation. In: docs.gns3.com [online]. [cit. 11.8.2021]. Dostupné z: <https://docs.gns3.com/docs/>
- [9] Docs.gns3.com, 2020. Where do I get IOS images? | GNS3 Documentation. In: docs.gns3.com [online]. [cit. 11.8.2021]. Dostupné z: <https://docs.gns3.com/docs/troubleshooting-faq/where-do-i-get-ios-images/>
- [10] Rednectar.net, 2011. A Little GNS3 History. In: rednectar.net [online]. [cit. 16.8.2021]. Dostupné z: <https://rednectar.net/gns3-workbench/a-little-gns3-history/>
- [11] Docs.gns3.com, 2020. Switching and GNS3 | GNS3 Documentation. In: docs.gns3.com [online]. [cit. 16.8.2021]. Dostupné z: <https://docs.gns3.com/docs/using-gns3/beginners/switching-and-gns3/>
- [12] Boson.com, 2021. NetSim™ Network Simulator™ & Router Simulator. In: boson.com [online]. [cit. 17.8.2021]. Dostupné z: <https://www.boson.com/netsim-cisco-network-simulator>
- [13] Boson.com, 2012. NetSim Network Simulator User Manual. In: boson.com [online]. [cit. 17.8.2021]. Dostupné z: <http://www.boson.com/files/support/netsim-8-user-manual.pdf>
- [14] Router-switch.com, 2007. Cisco CISCO2801 Datasheet. In: router-switch.com [online]. [cit. 6.2.2022]. Dostupné z: <https://www.router-switch.com/cisco-cisco2801-datasheet-pdf.html>
- [15] Router-switch.com, 2007. Cisco WS-C2960-24TT-L Switch Datasheet. In: router-switch.com [online]. [cit. 6.2.2022]. Dostupné z: <https://www.router-switch.com/ws-c2960-24tt-l-datasheet-pdf.html>

- [16] Router-switch.com, 2014. Cisco WS-C3650-24PS-S Datasheet. In: router-switch.com [online]. [cit. 6.2.2022]. Dostupné z: <https://www.router-switch.com/cisco-ws-c3650-24ps-s-datasheet-pdf.html>
- [17] JANSEN, Horst a Heinrich RÖTTER. Informační a telekomunikační technika. Praha: Europa - Sobotáles, 2004. ISBN 80-867-0608-7.
- [18] MATOUŠEK, Petr a Heinrich RÖTTER. Síťové aplikace a jejich architektura. Brno: VUTIUM, 2014. ISBN 978-80-214-3766-1.
- [19] EMPSON, Scott. CCNA kompletní přehled příkazů: autorizovaný výukový průvodce. Brno: Computer Press, 2009. ISBN 978-80-251-2286-0.
- [20] Kolektiv: Online kurikulum CCNA Enterprise Networking, Security, and Automation v7.0 (ENSA) (aktuální verze je pro registrované uživatele dostupná na portále netacad.com)
- [21] Kolektiv: Online kurikulum CCNA Introduction to Networks v7.0 (ITN) (aktuální verze je pro registrované uživatele dostupná na portále netacad.com)
- [22] MCMILLAN, Troy. Cisco networking essentials. Indianapolis, Ind.: Computer Press, 2012. Sybex serious skills. ISBN 978-111-8097-595.
- [23] CertBros. Is NetSim Worth it? | Boson NetSim for CCNA. In: youtube.com [online]. [cit. 7.2.2022]. Dostupné z: <https://www.youtube.com/watch?v=CLldIsyOCHc>
- [24] MAZMUDAR, Miti a Bailey KACSMAR, 2007. CS4G Network Simulator. In: uwaterloo.ca [online]. [cit. 3.1.2022]. Dostupné z: <https://cs.uwaterloo.ca/~m2mazmud/netsim/>