

Protokol o kontrole originality



Kontrolovaná práca

Citácia	Percento*
Sieťové virtualizačné nástroje a ich využitie vo vyučovacom procese KIS / autor Šišila Andrej - školiteľ Segeč Pavel - oponent Uramová Jana - 05000 / 05160. - Žilina, 2018. - 117 s. <i>plagID: 1563277 typ práce: magisterská_inžinierska zdroj: ŽU.Žilina</i>	0,30%

* Číslo vyjadruje percentuálny podiel textu, ktorý má prekryv s indexom prác korpusu CRZP. Intervaly grafického zvýraznenia prekryvu sú nastavené na [0-20, 21-40, 41-60, 61-80, 81-100].

Informácie o extrahovanom texte dodanom na kontrolu

Dĺžka extrahovaného textu v znakoch: 156943

Počet slov textu: 16874

Početnosť slov - histogram

Dĺžka slova	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
Indik. odchylka	>>	>>	=	=	=	=	=	=	<<	<<	=	<<	<<	<<	=	=	=	=	=	=	=	=	=

* Odchýlky od priemerných hodnôt početnosti slov. Profil početností slov je počítaný pre korpus slovenských prác. Značka ">>" indikuje výrazne viac slov danej dĺžky ako priemer a značka "<<" výrazne menej slov danej dĺžky ako priemer. Výrazné odchýlky môžu indikovať manipuláciu textu. Je potrebné skontrolovať "plaintext"! Príveľa krátkych slov indikuje vkladanie oddelovačov, alebo znakov netradičného kódovania. Príveľa dlhých slov indikuje vkladanie bielych znakov, prípadne iný jazyk práce.

Práce s nadprahovou hodnotou podobnosti

Dok.	Citácia	Percento*
1	Implementácia BPM riešenia na platforme IBM WebSphere / autor Hanušniak Vladimír - školiteľ Zábovská Katarína - oponent Hrkút Patrik - 05000 / 05140. - Žilina, 2013. - 84 s. <i>plagID: 1264475 typ práce: magisterská_inžinierska zdroj: ŽU.Žilina</i>	0,25%
2	Nasadenie systému Microsoft Lync v sieti KIS / autor Oelschläger Marek - školiteľ Segeč Pavel - oponent Ivaniga Petr - 05000 / 05160. - Žilina, 2015. - 57 s. <i>plagID: 1404680 typ práce: magisterská_inžinierska zdroj: ŽU.Žilina</i>	0,17%
3	SVG - popis a tvorba / autor Kubinčánek Marián - školiteľ Mikuš Ľudovít - 05000 / 05160. - Žilina, 2011. - 63 s. <i>plagID: 1128334 typ práce: magisterská_inžinierska zdroj: ŽU.Žilina</i>	0,12%

* Číslo vyjadruje percentuálny prekryv testovaného dokumentu len s dokumentom uvedeným v príslušnom riadku.

DBAD63B6562F4451A9216B7DC2D5D414

www.crzp.sk/webprotokol?pid=DBAD63B6562F4451A9216B7DC2D5D414

Detaily - zistené podobnosti

1. odsek :	spoľahlivosť [94%]
[2»] [Diplomová práca] Žilinská Univerzita v Žiline, Fakulta riadenia a informatiky, Katedra informac̣ných sietí. Vedúci: doc. Ing. Pavel Segec̣, PhD. Stupeṇ odbornej kvalifikácie: Inžinier v odbore Aplikované siet'ové inžinierstvo, Žilina. FRI ŽU v Žiline, 2018 s. 117 [«2] Obsahom	

2. odsek :	spoľahlivosť [93%]
[1»] thesis] University of Žilina, Faculty of Management Science and Informatics, Department of information networks. Tutor: doc. Ing. Pavel Segec̣, PhD. Qualification level: Engineer in field [«1] Applied	

DBAD63B6562F4451A9216B7DC2D5D414

www.crzp.sk/webprotokol?pid=DBAD63B6562F4451A9216B7DC2D5D414

Plain text dokumentu na kontrolu

Skontroluje extrahovaný text práce na konci protokolu! Plain text (čistý text - extrahovaný text) dokumentu je základem pro textový analyzátor. Tento text může být poškozený úmyslně (vkládáním znaků, používáním neštandardních znakových sad, ...) alebo neúmyslně (napr. při konverzi na PDF nekvalitním programem). Nepoškozený text je čitelný, slova sú správně oddelené, diakritické znaky sú správně, množstvo textu je primeraný rozsahu práce. Při podezření na poškozený text (většího rozsahu), je potřebné práci na kontrolu originality zaslat' opakovaně pod rovnakým CRZPID.

1. STRANA ZADANIA DIPLOMOVEJ PRÁCE

2. STRANA ZADANIA DIPLOMOVEJ PRÁCE

Pod'akovanie

Chcel by som sa pod'akovať doc. Ing. Pavlovi Segec'ovi, PhD. za aktívne vedenie a usmern'ovanie projektu, Ing. Marekovi Moravc'íkovi a Ing. Jakubovi Hrabovskému za pomoc pri riešení technických problémov, Bc. Radovanovi Kyjakovi a Bc. Radovanovi Kohutiarovi za asistenciu pri vypracovávaní projektu a Mgr. Jane Uramovej, PhD, Bc. Dušanovi Vágnerovi, Bc. Jakubovi Stehlíkovi a Bc. Marekovi Brodecovi za spätnú väzbu k projektu a jeho testovanie vo vyuc'ovacom procese.

Abstrakt

BC. ŠÍŠILA ANDREJ: Siet'ové virtualizačné nástroje a ich využitie vo vyuc'ovacom procese KIS [[2»]Diplomová práca] Žilinská Univerzita v Žiline, Fakulta riadenia a informatiky, Katedra informac'ných sietí. Vedúci: doc. Ing. Pavel Segec', PhD. Stupen' odbornej kvalifikácie: Inžinier v odbore Aplikované siet'ové inžinierstvo, Žilina. FRI ŽU v Žiline, 2018 s. 117

[«2]Obsahom práce je nasadenie riešenia virtuálneho siet'ového laboratória do vyuc'ovacieho procesu na Katedre informac'ných sietí.

V prvej c'asti sa zaoberáme nástrojmi pre siet'ovú virtualizáciu, ktoré následne porovnáme podľa zvolených kritérií, na základe ktorých vyberieme konkrétny nástroj. V druhej c'asti bude opísaná inštalácia vybraného nástroja a úpravy, ktoré rozširovali jeho funkcie a opravovali niektoré z jeho nedostatkov. Nakoniec je opísaný aj spôsob administrácie servera. Tretia c'ast' je venovaná analýze vyuc'ovaných tém pre vybrané predmety na Katedre informac'ných sietí. Štvrtá c'ast' pojednáva o získavaní a testovaní virtuálnych zariadení. Na základe testovania sa vyberú vhodné zariadenia pre vyuc'ované predmety.

V poslednej c'asti bude popísané nasadzovanie virtuálneho siet'ového laboratória do vyuc'ovacieho procesu pre konkrétne témy vyuc'ované na vybraných predmetoch na Katedre informac'ných sietí. Kľúčové slová: virtualizácia, laboratórium, EVE-ng, Linux

Abstract

BC. ŠÍŠILA ANDREJ: Network virtualization tools and their use in the KIS learning process [Diploma[1»]thesis] University of Žilina, Faculty of Management Science and Informatics, Department of information networks. Tutor: doc. Ing. Pavel Segec', PhD. Qualification level: Engineer in field[«1]Applied network engineering, Žilina: FRI ŽU in Žilina, 2018 p. 117

The main idea of this thesis is the deployment of a virtual network laboratory into the learning process in the Department of information networks.

In the first part are analyzed the tools for network virtualization. These are compared according to chosen criteria, by which a specific solution is selected. In the second part is described the installation and adjustments of the selected tool which extended its functions and corrected some of its flaws. In the end is described the way of server administration. The third part says about the analysis of the learning topics for selected subjects in the Department of information networks. The fourth part explains the acquiring and testing of virtual devices. Based on the testing, appropriate devices for specific subjects are selected.

In the last part is described the deployment of the virtual network laboratory into the learning process for specific topics taught in chosen subjects in the Department of information networks.

Keywords: virtualization, laboratory, EVE-ng, Linux

Prehlásenie

Prehlasujem, že som túto prácu napísal samostatne, a že som uviedol všetky použité pramene a literatúru, z ktorých som čerpal.

V Žiline, dn'a 2.5.2018 Bc. Andrej Šišila

Obsah

Obsah

8

Zoznam ilustrácií

11

Zoznam tabuliek

14

Zoznam skratiek a znáčiek

15

Úvod

18

1 Súčasný stav

19

2 Ciele práce

22

3 Nástroje pre siet'ovú virtualizáciu

23

3.1 Porovnávacie kritériá 23

3.2 Cisco Packet Tracer 24

3.3 Dynamips/Dynagen 24

3.4 WEB-IOS (IOS on Unix) 25

3.5 Cisco VIRL 26

DBAD63B6562F4451A9216B7DC2D5D414

www.crzp.sk/webprotokol?pid=DBAD63B6562F4451A9216B7DC2D5D414

3.6 ViRo2	27
3.7 UNetLab	29
3.8 EVE-ng	30
3.9 GNS3	35
3.10 UNetLabv2	36
3.11 Vyhodnotenie	36
8	
4 EVE-ng	
41	
4.1 Inštalácia	41
4.2 Úprava nástroja EVE-ng	45
4.2.1 Metodika	45
4.2.2 Sprístupnenie používateľských rolí	46
4.2.3 Úprava používateľských atribútov	48
4.2.4 Vypnutie správy o nízkom rozlíšení obrazovky	49
4.2.5 Zatvorenie topológie so spustenými zariadeniami	53
4.3 Administrácia	55
4.3.1 Adresárova štruktúra	55
4.3.2 Zálohovanie	55
4.3.3 Monitorovanie	56
4.3.4 Správa používateľov EVE-ng	57
5 Analýza vyučovania	
61	
5.1 Počítačové siete 1	62
5.2 Počítačové siete 2	62
5.3 Projektovanie sietí 1	62
5.4 Projektovanie sietí 2	63
5.5 CCNA Security	63
5.6 Pokročilé prepínanie v informačno-komunikačných sieťach	64
5.7 Pokročilé smerovanie v informačno-komunikačných sieťach	64
6 Virtuálne zariadenia	
65	
6.1 Získavanie	65
6.1.1 Metodika	65
6.1.2 Vyhodnotenie	66
6.2 Pridávanie	66
6.3 Testovanie	67
6.3.1 Testovanie spustiteľnosti	67
6.3.2 Testovanie systémových požiadaviek	69
9	
6.3.3 Testovanie technológií	75
7 Nasadenie do vyučovania	
79	
7.1 Projektovanie sietí 2	79
7.2 Počítačové siete 2	80
7.3 Projektovanie sietí 1	85
7.4 Vyhodnotenie	87
8 Záver	
89	
9 Prílohy	
91	
9.1 CD	91
9.2 Používanie EVE-ng	95
9.2.1 Vytvorenie topológie	95
9.2.2 Pridelovanie portových čísel zariadeniam	107
9.2.3 Pripojenie topológie k internetu / prepojenie topológií navzájom	108
Literatúra	
111	
10	
Zoznam obrázkov	
1 Nástroj Cisco Packet Tracer spustený v prostredí Windows	25
2 Nástroj Dynagen spustený v prostredí Windows	26
3 Webové rozhranie nástroja WEB-IOU	26
4 VM Maestro	28
5 Cisco VIRL web rozhranie	28
6 Webové rozhranie nástroja UNetLab	30
7 Webové rozhranie nástroja EVE-ng	31
8 Klientská aplikácia GNS3	31
9 Architektúra nástroja UNetLabv2	37

10 Dialógové okno na vytvorenie a úpravu používateľa	47	11 Zoznam používateľov v MySQL databázi	
47 12 Správa 60040 - úspešné odoslanie zoznamu používateľov zo servera	48	13 Zoznam používateľov vo webovom rozhraní EVE-ng	
48 14 Správa 60042 -úspešné uloženie atribútov pre používateľa	50	15 Zoznam používateľov po odstránení e-mail atribútu pre používateľa učiteľ	50
50 16 Chybová správa -Display too small.	50	17 Vyhľadanie problému s chybovým hlásením Display too small. a deformácia posuvníku na približovanie a odd'áľovanie topológie	52
52 18 Chybové hlásenie - topológia so spustenými zariadeniami sa nedá zatvoriť	53	19 Monitorovanie systému vo webovom rozhraní EVE-ng	57
57 20 Chybové hlásenie o nedostatoc'ných oprávneniach používateľa	60		
21 Tabuľkový dokument s výsledkami testovania spustiteľnosti	69		
11			
22 Textový dokument so zoznamom zariadení pre testovanie ich systémových požiadaviek	73		
23 Tabuľkový dokument s nameranými systémovými požiadavkami	75	24 Skript na testovanie podporovaných technológií pre Cisco zariadenia	76
76 25 Tabuľkový súbor s podporovanými technológiami pre jednotlivé zariadenia	77		
26 Základná PPP topológia	81	27 Celková PPP topológia	81
28 Typy sériových rozhraní na IOL smerovač'i - 2 ethernetové + 8 sériových skupín	82	29 Typy sériových rozhraní na IOL smerovač'i - 1 ethernetová + 8 sériových skupín	82
30 Základná PPP topológia - prvotný návrh	84	31 Základná MPLS topológia	86
32 Prihlasovacia obrazovka EVE-ng	95	33 Hlavná obrazovka EVE-ng	96
34 Menu pre úpravu súborov	96	35 Dialógové okno na vytvorenie nového súboru s topológiou	97
36 Ukážka novovytvorenej (prázdnej) topológie s ovládacím panelom	97	37 Kontextové menu pre pridanie zariadenia	98
38 Dialógové okno pre vyhľadanie zariadenia	99	39 Dialógové pre úpravu parametrov pridávaného zariadenia	99
40 Ikona na prepájanie zariadení	100	41 Priebeh prepájania zariadení	100
42 Dialógové okno na výber prepájaných rozhraní	101	43 Úspešné vytvorenie prepojenia	101
44 Dialógové okno so zoznamom zariadení v topológii	101	45 Dialógové okno na úpravu zariadenia	102
46 Dialógové okno so zoznamom sietí v topológii	102	47 Dialógové okno so zoznamom grafických a textových objektov	103
48 Ukážka UNL súboru	104	49 Spustenie jedného zariadenia	105
50 Spustenie skupiny zariadení	105		
12			
51 Spustenie všetkých zariadení	106	52 Adresa na vzdialený prístup k zariadeniu (vľavo dole)	107
53 Dialógové okno pre pridanie siete	109	54 Typy sietí	109
55 Ukážka topológie s rôznymi typmi sietí	110		
13			
Zoznam tabuliek			
1 Porovnanie EVE-ng verzií	32	2 Porovnanie GNS3 a EVE-ng	38
3 Parametre EVE-ng serverov	42	4 Adresárová štruktúra EVE-ng servera	56
5 Popis st'ĺpcov v sumárnom prehľade zariadení	68		
14			
Zoznam skratiek a značiek			
ACL			
- Access list			
BGP			
- Border Gateway Protocol			
eBGP			
- external BGP			
iBGP			
- internal BGP			
MP-BGP			
- Multiprotocol BGP			
VPN			
- Virtual Private Circuit			
EVPN			
- Ethernet VPN			
BGP mVPN			
- BGP multicast VPN			
BGP mVPN NG - BGP mVPN Next Generation			
BPDU			
- Bridge Protocol Data Unit			
BSR			
- Bootstrap Router			
CCIE			
- Cisco Certified Internetwork Expert			
CCNA			
- Cisco Certified Network Associate			
CCNP			
- Cisco Certified Network Professional			
CDP			
- Cisco Discovery Protocol			
CEF			
- Cisco Express Forwarding			

DBAD63B6562F4451A9216B7DC2D5D414

www.crzp.sk/webprotokol?pid=DBAD63B6562F4451A9216B7DC2D5D414

CLI - Command Line Interface

CPU

- Central Processing Unit, Procesor

DHCP

- Dynamic Host Control Protocol

DMZ

- Demilitarized zone, Demilitarizovaná zóna

DTP

- Dynamic Trunking Protocol

EIGRP

- Enhanced Interior Gateway Routing Protocol

FHRP

- First Hop Redundancy Protocol

GLBP

- Gateway Load Balancing Protocol

15

GNS3 GRE HDLC HSRP IGMP IOL IOU IP SLA IS-IS ISL LACP LDP LLDP PPP MLPPP PPPoE MLS MPLS MST NAT NTP OSPF OS PAGP PIM RIP RIPng RP

RSVP SDN SNMP SPAN

- Graphical Network Simulator 3 - Generic Routing Encapsulation - High-Level Data Link Control - Hot Standby Router Protocol - Internet Group

Management Protocol - IOS on Linux - IOS on Unix - Internet Protocol Service Level Agreement - Intermediate System to Intermediate System -

Inter-Switch Link - Link Aggregation Control Protocol - Label Distribution Protocol - Link Layer Discovery Protocol - Point-to-Point Protocol -

Multilink PPP - PPP over Ethernet - Multilayer Switching / Multilayer Switch - Multiprotocol Label Switching - Multiple Spanning Tree - Network

Address Translation - Network Time Protocol - Open Shortest Path First - Operačný systém - Port Aggregation Protocol - Protocol Independent

Multicast - Routing Information Protocol - RIP next generation - Rendezvous Point - Resource Reservation Protocol - Software Defined Networking

- Simple Network Management Protocol - Switch Port Analyzer

16

STP PVST RPVST SVI UNL VIRT LAN VLAN PVLAN VPLS VTP VRRP

- Spanning Tree Protocol - Per-VLAN Spanning Tree - Rapid PVST - Switch Virtual Interface - Unified Networking Laboratory, UNetLab - Virtual

Internet Routing Lab - Local Area Network - Virtual LAN - Private VLAN - Virtual Private LAN Service - VLAN Trunk Protocol - Virtual Router

Redundancy Protocol

Úvod

Virtualizácia sa stáva vo svete čoraz populárnejšou. Využíva sa v rôznych oblastiach, napríklad v tzv. Cloud Computing alebo Software Defined Networking. Virtualizáciou sa zaberá aj Katedra informatických sietí Žilinskej univerzity v Žiline. Jedným z projektov, kde sa virtualizácia využíva, je projekt virtuálneho sieťového laboratória.

Našou úlohou je preskúmať existujúce riešenia v oblasti virtuálnych sieťových laboratórií a porovnať ich podľa vopred stanovených kritérií (kapitola 3). Na základe toho z nich vyberieme jedno riešenie, ktorým sa budeme v práci ďalej zaoberať. Pre vybrané sieťové laboratórium následne vypracujeme návody na inštaláciu, úpravu, používanie a nasadenie do infraštruktúry katedry (kapitola 4). Následne si vyberieme predmety, na ktoré má byť tento nástroj použitý a analyzujeme technológie, ktoré sa na nich vyucujú. Zároveň odhadneme, ktoré zariadenia sú pre daný predmet vhodné (kapitola 5). Potom analyzujeme kompatibilitu nástroja s rôznymi zariadeniami a vybrané zariadenia otestujeme podľa rôznych kritérií (kapitola 6). Nakoniec vybrané riešenie pre virtuálne sieťové laboratórium nasadíme do vyučovacieho procesu Katedry informatických sietí (kapitola 7).

Virtuálne sieťové laboratórium bude nástrojom, ktorý zefektívni a skvalitní výučbu sieťových technológií vo vybraných predmetoch na Katedre informatických sietí.

Téma diplomovej práce bola vybraná predovšetkým preto, aby bol dosiahnutý kvalitnejší a efektívnejší vyučovací proces na katedre. Tak budú mať učiteľia aj študenti jednotnú platformu pre vyučovanie, ktorá umožní jednoducho vytvárať modelové situácie pri riešení problémov v sieťovej infraštruktúre.

18

Kapitola 1

Súčasný stav

Je pomerne dobre známym faktom, že výučba nielen sieťových technológií je najúčinnejšia vtedy, keď má študent možnosť pracovať s vecami z reálneho sveta. Preto katedra disponuje fyzickými zariadeniami, ktoré pomáhajú študentom nabráť kvalitné skúsenosti. Avšak s fyzickými zariadeniami sa spájajú záväzky, ktoré nie je možné len tak ľahko prehliadnuť. Sú to napríklad:

1. Nedostatok prostriedkov na prevádzkovanie zariadení. 2. Obmedzený prístup k zariadeniam. Ten je možný iba osobne v miestnosti špecializovanej

na účel sieťového laboratória. 3. Nedostatok priestoru pre fyzické zariadenia. 4. Slabá miera izolácie pred prevádzkou generovanou v živej sieti.

5. Postupná zastaranosť hardvéru alebo softvéru. 6. Fyzické zariadenia sú náchylné na poruchy, čo o dôsledkom sú nesprávne fungujúce rozširujúce moduly alebo celé zariadenia. Tie treba buď opraviť, alebo vymeniť za nové. Následne treba myslieť na to, kam chybný hardvér umiestniť resp. ako ho odstrániť. 7. Vyššia časová náročnosť pri prepájaní fyzických zariadení, predovšetkým pri náročnejších topológiách. 8.

So zvyšujúcim sa počtom zariadení v topológii rastie pravdepodobnosť, že ich študenti medzi sebou prepoja chybnými rozhraniami resp. sa pri prepájaní použije nesprávny typ kábla (použitie rovného Ethernet kábla namiesto kríženého a v.v.). 9. Pomalšie spúšťanie a beh zariadenia, ktoré sú spôsobené nabitím operačného systému z pamätevej karty a tým, že sieťové zariadenia sú špecializované na preposielanie rámcov

19

a paketov, nie na rozbaľovanie komprimovaného súboru s operačným systémom. 10. Náročné testovanie vzájomnej spolupráce zariadení. Ak by sme sa rozhodli vytvoriť to-

pológiu so zariadeniami iných výrobcov, museli by sme si ich zaobstarat', čo vyžaduje ďalšie finančné a priestorové požiadavky.

Vyššie uvedené problémy sa snažia riešiť rôzne virtualizačné platformy a nástroje, ktoré sú na nich postavené.

Vo svete pozorujeme trend rastúceho záujmu o virtuálne sieťové laboratória. Zo všetkých vymenujeme dve univerzity, kde sa zaviedla táto forma výuky.

DBAD63B6562F4451A9216B7DC2D5D414

www.crzp.sk/webprotokol?pid=DBAD63B6562F4451A9216B7DC2D5D414

Na univerzite v Central University Taiwan vytvorili v spolupráci s ďalšou univerzitou v Thajsku nástroj zvaný HVLab, Hybrid Virtualization Laboratory. Ten v sebe integruje viacero prvkov. Používateľ pristupuje k topológii prostredníctvom webového rozhrania. Na serveri sa tieto topológie mapujú do GNS3 projektov. HVLab obsahuje aj tzv. logging, ktorý v reálnom čase zaznamenáva konfiguračné príkazy študenta a umožňuje učiteľovi vyhodnotiť jeho výkonnosť. Navyše nástroj obsahuje aj okno na výmenu správ v reálnom čase. Je rozdelené na skupinovú konverzáciu, ktorá má slúžiť na rýchlu výmenu konfigurácií medzi členmi tímu a súkromnú konverzáciu s učiteľom [1]. Nástroj je dostupný iba študentom na spomínanej univerzite.

Na Štátnej univerzite v Orenburgu v Rusku sa skúmalo nasadenie ich vlastného návrhu virtuálneho sieťového laboratória na cloud platforme OpenNebula. Tak môžu poskytovať topológiu/infraštruktúru ako službu. Ich vlastný návrh riešenia spočíval v použití SDN návrhu v súčinnosti s nástrojmi Open vSwitch a OpenFlow. Topológie boli prístupné vo web rozhraní. Na grafickú interakciu s topológiou bol použitý komponent Draw2d touch, ktorý umožňoval jednoduchú interaktivitu s prvkami topológie, ako napr. ich prepájanie či presúvanie. Komponent na základe prepojení vygeneroval JSON súbor, ktorý topológiu definoval. Server pomocou tohto súboru vedel pracovať s topológiou a riadiť použité zdroje [2]. Nástroj je dostupný iba pre študentov na spomínanej univerzite.

Tieto, a mnohé iné univerzity a školiace strediská si uvedomujú výhody virtualizácie sieťových prvkov a technológií pri vyučovaní.

Katedra sa tiež snaží držať krok so svetovým trendom. Aktívne sa na nej používajú viaceré riešenia virtualizovaného sieťového laboratória. Patria medzi ne Cisco Packet Tracer, Dynamips/Dynagen a GNS3.

Nástroj Cisco Packet Tracer sa momentálne používa na katedre pri vyučovaní kurzov CCNA

20

Routing & Switching, t.j. na predmetoch bakalárskeho stupňa štúdia Princípy informačno-komunikačných technológií, Počítačové siete 1 a Počítačové siete 2.

Nástroj Dynamips/Dynagen sa používa pri vyučbe predmetov bakalárskeho štúdia Počítačové siete 2, predmetov inžinierskeho štúdia Projektovanie sietí 1 a CCNP Routing (Pokročilé smerovanie v informačno-komunikačných sieťach).

Nástroj GNS3 sa na katedre používa lokálne, keďže ešte nie je dostatočne podrobne preskúmané nasadenie GNS3 ako vzdialený server. Služí pre učiteľov na testovanie topológií a vyučovaných technológií nielen na predmetoch a kurzoch so zameraním na Cisco technológie, ale aj na testovanie spolupráce zariadení iných výrobcov, napr. spolupráca Cisco smerovačov s Juniper či Linux smerovačmi.

Katedra takisto disponuje aj nástrojom Cisco VIRL, ten sa však vo vyučovaní nepoužíva. Katedre napriek tomu ešte stále chýba centralizované riešenie virtuálneho sieťového laboratória, ktoré by podporovalo všetky zariadenia spomenutých riešení. Túto situáciu sa v minulosti pokúšali niekoľkokrát zmeniť, pričom najbližšie sa zatiaľ dostal nástroj ViRo2 od Ing. Petra Hadáča. Ten sa žiaľ pri vyučovaní používa veľmi zriedkavo. Ďalšími vhodnými kandidátmi z prostredia open-source sú GNS3 a UNetLab, resp. EVEng. Hlavné GNS3 má už dlhoročnú tradíciu, narozdiel od už nevyvíjaného projektu UNetLab a jeho nasledovníka, EVE-ng. EVE-ng vyvíjala iná skupina vývojárov než UNetLab a dnes je už v štádiu, kedy dokáže robiť kvalitnú konkurenciu nástroju GNS3 a Cisco VIRL. UNetLabv2, ktorý má byť tiež nasledovníkom projektu UNetLab, avšak z dielne pôvodného autora, žiaľ ešte nie je verejne prístupný, hoci sa na jeho vývoji pracuje. Spomenuté nástroje sú podrobnejšie opísané v kapitole 3 - Nástroje pre sieťovú virtualizáciu.

21

Kapitola 2

Ciele práce

Primárnym cieľom práce je nasadenie vhodného nástroja virtuálneho sieťového laboratória do vyučovacieho procesu katedry. Na naplnenie tohto cieľa bolo potrebné vykonať nasledovné úlohy:

- Prieskum existujúcich riešení pre virtuálne sieťové laboratórium a ich následné porovnanie na základe zvolených kritérií.
- Voľba konkrétneho riešenia pre virtuálne sieťové laboratórium, vyplývajúca z porovnania existujúcich riešení.
- Inštalácia nástroja virtuálneho laboratória infraštruktúry Katedry informačných sietí a jeho následná úprava pre potreby KIS.
- Výber predmetov, pre ktoré bude virtuálne laboratórium vhodné na použitie.
- Analýza vyučovaných tém na vybraných predmetoch.
- Testovanie zariadení pre beh vo virtuálnom sieťovom laboratóriu.
- Výber vhodných systémov sieťových zariadení pre konkrétne predmety na základe porovnaných technológií daného zariadenia.
- Overenie funkčnosti virtuálneho sieťového laboratória vo vyučovaní procese Katedry informačných sietí na konkrétnych predmetoch.

22

Kapitola 3

Nástroje pre sieťovú virtualizáciu

V tejto kapitole uvádzam prehľad momentálne dostupných nástrojov virtuálnych sieťových nástrojov a ich porovnanie na základe kritérií v časti

3.1 - Porovnávacie kritériá.

3.1 Porovnávacie kritériá

Pri porovnávaní jednotlivých virtuálnych sieťových nástrojov boli zohľadnené tieto kritériá: • Použité vývojové technológie. • Podpora zariadení. • Typ používateľského rozhrania. • Pridelovanie portových čísel zariadeniam. • Vzdialený prístup ku zariadeniam. • Vytvorenie/úprava/uloženie/odstránenie topológie. • Počet topológií, ktoré môže mať jeden používateľ spustených. • Možnosť práce viacerých ľudí naraz na rovnakom projekte. • Možnosť prepojiť topológiu so živou sieťou. • Podpora nástroja v budúcnosti. • Vybrané výhody a nevýhody nástroja. • Dokumentácia Tieto body zároveň špecifikujú požiadavky na virtualizačný nástroj. V nasledujúcich častiach sú popísané jednotlivé riešenia virtuálneho sieťového nástroja.

23

3.2 Cisco Packet Tracer

Cisco Packet Tracer je nástroj na vizualizáciu sietí vyvíjaný spoločnosťou Cisco. Je vhodný na uvedenie do problematiky sieťových technológií. Služí na emuláciu jednoduchých aktívnych aj pasívnych sieťových prvkov a jednoduchých koncových zariadení [3]. Čo sa týka smerovačov a prepínačov, sú emulované iba zariadenia od výrobcu Cisco a s obmedzenou funkcionalitou.

Nevýhodou je, že najnovšia verzia je prístupná výlučne pre členov Cisco Networking Academy. K nevýhodám Cisco Packet Tracer tiež patrí, že nemá otvorený zdrojový kód čo znamená, že ho nie je možné ďalej rozširovať ani funkcionálne, ani pridávať podporu pre ďalšie zariadenia, napr. pre sieťové zariadenia iných výrobcov alebo koncové stanice Linux/Windows.

Na druhej strane je vyvíjaný pre platformy Windows, Linux a Android, po emulácii aj na macOS [4] a dokonca sú podporované aj mobilné platformy prostredníctvom aplikácie Packet Tracer Mobile.

Nástroj Packet Tracer je možné používať výlučne lokálne, pretože pre tento nástroj neexistuje serverové riešenie. Vzdialený prístup, vytváranie a správa topológií sa realizuje prostredníctvom grafického rozhrania aplikácie. Nástroj nevie rozlišovať rôzne typy používateľov. Je nenáročný na systémové zdroje. Umožňuje pracovať súčasne iba s jednou topológiou, pričom topológiu nie je možné pripojiť so živou sieťou.

Na obrázku 1 je znázornené rozhranie nástroja Cisco Packet Tracer.

3.3 Dynamips/Dynagen

Dynamips je emulátor Cisco smerovacích určený pre operačné systémy Linux a Windows [6]. Nástroj v prevažnej miere napísaný v jazyku C a má otvorený zdrojový kód [8]. Podporuje výlučne vybrané typy Cisco smerovacích [6]. Ovláda sa cez príkazový riadok. Portové čísla pre vzdialený prístup na konzolu sa zariadeniam pridávajú manuálne. Vzdialený prístup k zariadeniam v topológii je realizovaný protokolom telnet. Na vytváranie topológií sa používa jednoduchý značkovací jazyk NETMAP.

Nástroj Dynagen tvorí nadstavbu pre platformu Dynamips a slúži na jednoduchšiu prácu s topológiami [6]. Topológie môže spravovať výlučne administrátor (alebo vlastník), pretože ani Dynamips, ani Dynagen nevedia rozlišovať rôzne typy používateľov. Počet topológií, ktoré môžu byť súčasne spustené je obmedzený iba výkonom servera. Na jednej topológii môžu pracovať aj viacerí študenti, tým že sa rozdelia portové čísla zariadení v topológii medzi študentov.

24

Obr. 1: Nástroj Cisco Packet Tracer spustený v prostredí Windows [5]

Nástroj Dynamips umožňuje pripojiť topológiu so živou sieťou [6, 9]. V súčasnosti sa o nástroj Dynamips starajú vývojári nástroja GNS3 [8]. Na obrázku 2 je znázornený nástroj Dynagen.

3.4 WEB-IOU (IOS on Unix)

WEB-IOU, je simulčný nástroj pre platformu Linux, ktorý podporuje iba Cisco zariadenia na platforme IOU - IOS on Unix [12]. Jeho hlavnou výhodou je podpora Cisco prepínačov, ktorá v nástroji Dynamips/Dynagen chýba. Jeho autorom je Andrea Dainese [11, 10]. Nástroj je v prevažnej miere napísaný v jazykoch PHP a JavaScript [11]. Je vhodný na tréning pri certifikáciách CCNP a do istej miery aj CCIE. Spravuje sa cez príkazový riadok. Používateli je dostupné web rozhranie. Portové čísla na vzdialený prístup sa zariadeniam pridávajú automaticky. Vzdialený prístup k zariadeniam v topológii je realizovaný protokolom telnet. Na vytváranie topológií sa používa jednoduchý značkovací jazyk NETMAP. Topológie môže spravovať ktokoľvek, kto má prístup k web rozhraniu, pretože ani tento nástroj nevie rozlišovať rôzne typy používateľov. Počet topológií, ktoré môžu byť súčasne spustené je obmedzený iba výkonom servera. Napriek tomu môžu na jednej topológii môžu pracovať aj viacerí študenti rovnakým spôsobom, ako pri nástroji Dynamips/Dynalab.

25

Obr. 2: Nástroj Dynagen spustený v prostredí Windows [7]

Obr. 3: Webové rozhranie nástroja WEB-IOU [15]

Nástroj WEB-IOU umožňuje pripojiť topológiu so živou sieťou [14]. V súčasnosti sa už nástroj nevyvíja. Na obrázku 3 je znázornené webové rozhranie nástroja

WEB-IOU.

3.5 Cisco VIRL

Cisco VIRL, Virtual Internet Routing Lab, je komerčný simulčný nástroj sietí vyvíjaný spoločnosťou Cisco. Podporuje nielen Cisco smerovacie a prepínače, ale aj zariadenia iných výrobcov. Nástroj je postavený na platforme Linux (Debian) a je dostupný ako virtuálny stroj pre rôzne platformy. Je vhodný na tréning pri certifikáciách CCNP a do istej miery aj CCIE [16].

26

Výhodou oproti iným nástrojom je možnosť pridať do topológie vybrané podporované zariadenia, napr. koncové zariadenia, ako LXC kontajner [16].

Nevýhodou je, že nepodporuje Dynamips/Dynagen emuláciu, takže na ňom nie je možné využiť existujúce virtuálne zariadenia na katedre [16]. Spomínaná integrácia zariadení iných výrobcov je síce možná, ale nemusí byť jednoduchá.

Spravuje sa cez príkazový riadok. Používateli je dostupné web rozhranie. Portové čísla na vzdialený prístup sa zariadeniam pridávajú automaticky [17]. Vzdialený prístup k zariadeniam v topológii je realizovaný protokolmi telnet a ssh, po úprave aj vnc [19, 20]. Na vytváranie topológií sa používa Nástroj VM Maestro. Ten poskytuje možnosť, vopred si nakonfigurovať zariadenie podľa zvolených scenárov pomocou funkcie AutoNetkit. Aj napriek tomu, že VIRL poskytuje pomerne široké možnosti na konfiguráciu Cisco zariadení a topológií, jeho používanie je pomerne obtiažne, hlavne pri vytváraní topológií [17, 18]. Cisco VIRL rozlišuje používateľov podľa typu na administrátorov a používateľov [21]. Počet topológií, ktoré môžu byť súčasne spustené je obmedzený iba výkonom servera. Napriek tomu môžu na jednej topológii pracovať aj viacerí študenti rovnakým spôsobom, ako pri nástroji Dynamips/Dynalab [18]. Nástroj tiež umožňuje pripojiť topológiu so živou sieťou [20]. Nástroj v súčasnosti existuje iba vo verzii Personal Edition s licenciou na 20 zariadení, čo výrazným spôsobom obmedzuje jeho využitie vo vyučovaní. V minulosti existovali aj verzie Personal Edition s licenciou na 30 zariadení a Academic Edition. Rozdiel medzi Personal a Academic Edition bol iba ten, že Academic Edition bol prístupný učiteľom a študentom za výhodnejšiu cenu. Podporované funkcionality boli zhodné v oboch verziách [22]. Na obrázkoch 4 a 5 je znázornený nástroj VM Maestro a webové rozhranie Cisco VIRL.

3.6 ViRo2

ViRo2 je virtuálne nástroj vytvorený na Katedre informatických sietí na Fakulte riadenia a informatiky Žilinskej univerzity v Žiline. Nástroj vznikol ako výsledok diplomovej práce Ing. Petra Hadača, pričom pokračoval v predchádzajúcej verzii nástroja ViRo. Nástroj je postavený na platforme Linux. Využíva technológiu tzv. LAMP Stack servera: Linux, Apache, MySQL, PHP (Drupal). Využíva virtualizáciu pomocou QEMU/KVM a Dynamips. Jeho hlavnou výhodou je možnosť rezervovať si topológiu. D ďalšou možnou nevýhodou je, že webové rozhranie stavia na platforme Drupal, ktorého popularita výrazne klesá [27]. Okrem toho, takéto nástroje pre správu

27

Obr. 4: VM Maestro [23]

Obr. 5: Cisco VIRL web rozhranie [24] 28

webovej stránky, ako napr. Wordpress, Joomla a.i. sa môžu stať potenciálnym bezpečnostným rizikom. [25]

Spravuje sa prostredníctvom web rozhrania, SSH alebo VNC prístupu. Používateľom je dostupné webové rozhranie. Portové čísla na vzdialený prístup sa zariadeniam dajú nastaviť manuálne. Vzdialený prístup k zariadeniam v topológii je realizovaný viacerými spôsobmi: pomocou nástroja virsh, aplikáciou Virtual Machine Manager prístupnou cez vnc, noVNC serverom alebo SSH tunelom. Vytváranie topológií a správu zariadení sa používa grafický nástroj Virtual Machine Manager. Nástroj ViRo2 vie rozlišovať používateľov s rolou administrátor, učiteľ a študent. Topológia môže vytvárať iba používateľ s rolou učiteľ alebo administrátor. Počet topológií, ktoré môžu byť súčasne spustené je obmedzené iba výkonom servera. Napriek tomu môžu na jednej topológii pracovať aj viacerí študenti rovnakým spôsobom, ako pri nástroji Dynamips/Dynalab. Nástroj umožňuje prepojiť topológiu so živou sieťou pomocou bridge rozhrania [26].

3.7 UNetLab

UNetLab, Unified Networking Lab, skrátene UNL, je open-source simulacný nástroj pre platformu Linux, ktorý integruje všetky vyššie uvedené technológie na jednom mieste: Dynamips, Cisco IOU aj zariadenia tretích strán použitím QEMU/KVM technológie. Nástroj je postavený na platforme Linux. Jeho autorom je Andrea Dainese. V prevažnej mierie je napísaný v jazykoch PHP a JavaScript [10, 28]. Je vhodný nielen na tréning pri Cisco certifikáciách, ale aj na testovanie vzájomnej spolupráce zariadení od rôznych výrobcov.

Spravuje sa cez príkazový riadok. Používateľovi je dostupné web rozhranie. Portové čísla na vzdialený prístup sa zariadeniam pridávajú automaticky. Vzdialený prístup k zariadeniam v topológii je realizovaný protokolom telnet alebo vnc. Topologie sa vytvárajú vo webovom rozhraní prepájaním uzlov medzi sebou pomocou myši, pričom sa na pozadí sa generuje súbor v značkovacom jazyku NETMAP, ktorý o.i. definuje zariadenia v topológii. Topologie môže ktokoľvek, kto má prístup k web rozhraniu, pretože ani tento nástroj nevie rozlišovať rôzne typy používateľov, hoci v istej verzii nástroja táto funkcia bola podporovaná [28]. Počet topológií, ktoré môžu byť súčasne spustené je obmedzené iba výkonom servera. Napriek tomu môžu na jednej topológii môžu pracovať aj viacerí študenti rovnakým spôsobom, ako pri nástroji Dynamips/Dynalab. Jeden používateľ môže mať otvorenú práve jednu topológiu, ktorá sa dá zatvoriť

29

Obr. 6: Webové rozhranie nástroja UNetLab [29]

až vtedy, keď v nej nie sú spustené žiadne zariadenia. Nástroj UNetLab tiež umožňuje prepojiť topológiu so živou sieťou pomocou bridge rozhrania [14].

Vývoj tohto nástroja bol zastavený. UNetLab ďalej vyvíjala iná skupina vývojárov, ktorý nástroj premenovala na EVE-ng a migrovala ho z platformy Ubuntu 14.04 na Ubuntu 16.04. Jeho pôvodný autor následne začal s vývojom ďalšej verzie nástroja UNetLab, UNetLabv2, ktorému sa venujeme v časti 3.10 - UNetLabv2. Na obrázku 6 je znázornené webové rozhranie nástroja UNetLab.

3.8 EVE-ng

EVE-ng je simulacný nástroj sietí, ktorý vznikol ako klon a nasledovník nástroja UNetLab. Celkovou funkcionalitou, až na niektoré zmeny, napr. použitie MySQL namiesto SQLite, pridaná podpora pre ďalšie zariadenia, a vzhľad webového rozhrania sa preto veľmi podobá na svojho predchodcu. Nástroj je postavený na platforme Linux a vyvíjaný prevažne v jazykoch JavaScript a PHP. Web rozhranie je realizované ako webová aplikácia s použitím framework nástroja Angular JS a Twitter Bootstrap [31].

EVE-ng sa v priebehu marca 2018 rozdelilo na tri verzie: Community, Professional a Le-

30

Obr. 7: Webové rozhranie nástroja EVE-ng

arning Centre. Community verzia je open-source, aj keď gitlab repozitár bol neprístupný pre verejnosť v priebehu novembra/decembra 2017.

Napriek tomu sú na serveri všetky súbory prístupné a upravovateľné. Túto verziu je možné slobodne šíriť a upravovať. Verzia Professional obsahuje niektoré funkcionality, ktoré uľahčujú prácu s nástrojom, ale vývojári sa rozhodli spoplatniť ju. Learning Centre verzia obsahuje funkcionality na nasadenie do produkčného prostredia, ako je napr. rozdelenie používateľov do používateľských rolí. Podrobný zoznam podporovaných funkcií v jednotlivých verziách je dostupný v [32] a [33]. Vývojári EVE-ng menia svoje požiadavky, funkcionality a ceny jednotlivých edícií a rozšírení nástroja EVE-ng. Preto je vhodnejšie pozrieť si aktuálne informácie na stránkach [49] a [50].

Vzhľad webového rozhrania EVE-ng je znázornený na obrázku 7. Rozdiely jednotlivých verzii EVE-ng sú znázornené v tabuľke 1.

Z tabuľky vyplýva, že verzia Community je ako jediná bezplatná. Najväčšími výhodami ostatných verzii je rozdelenie používateľov do používateľských rolí a izolácia ich súborov (iba v Learning Centre), zatvorenie topológie s už spustenými zariadeniami, prehľad zatvorených topológií so spustenými zariadeniami a zvýšený limit na počet spustených zariadení pre topológiu.

Doplnením a rozšírením funkcionality EVE-ng Community verzie je venovaná kapitola 4.2 - Úprava nástroja EVE-ng.

31

Tabuľka 1: Porovnanie EVE-ng verzii

[32]

Funkcia/Verzia

Community

Cena

zadarmo

Používateľské role admin

Samostatný adresár pre každého používateľa

Používateľ nemôže Nie

upravovať súbory

Adresár so zdieľanými

topológiami

Professional

99 EUR

admin Nie Nie Nie

Learning Center

Popis

Pre Learning Center ver-

ziu platí, že pre každého

ďalšieho používateľa s

danou rolou, ktorý by sa

99/300/350 EUR

chcel prihlásiť pod rovnakým používateľským menom, treba zaplatiť

DBAD63B6562F4451A9216B7DC2D5D414

www.crzp.sk/webprotokol?pid=DBAD63B6562F4451A9216B7DC2D5D414

prislúchajúcu sumu. Táto
 funkcia je vhodná pri
 spolupráci na rovnakej
 topológii.
 admin, user (študent), editor (učiteľ)
 Obmedzenia pre webových používateľov EVEng
 Používateľ nemôže vi-
 diet' súbory a adresáre Áno
 iného používateľa, iba
 svoje vlastné
 Používateľ s rolou user
 Áno nemôže upravovať súbory
 ani prvky v topológii
 Adresár so zdieľanými
 topológiami je viditeľný Áno
 pre všetkých používa-
 tel'ov
 32
 Možnosť nastaviť platnosť používa-
 Nie Nie Ánonosť používateľského tel'ského účtu
 účtu v kalendári
 Do topológie je možné
 Časomiera
 Nie
 pridať časomieru na sieť Áno Áno
 dovanie trvania na vypra-
 covanie
 Používatelia s rolou ad-
 min a editor môžu zatvo-
 riť topológiu so spuste-
 Adresár so spusteNie
 nými topológiami
 nými zariadeniami a otvoriť Áno Áno
 riť ďalšiu topológiu. To-
 pológie so spustenými za-
 riadeniami sa objavujú v
 osobitnom adresári.
 Maximálny počet spustených zaria- 63 dní v topológií
 1024
 1024
 Maximálny počet zariadení, ktoré je možné stabilne spustiť v jednej topológii
 pevný - 128
 Rozsah TCP portov
 portov pre každého používateľa; číslované od
 dynamický 1-65000
 dynamický 1-65000
 Automatická voľba TCP portu na pre vzdialené pripojenie cez telnet
 32768
 Lokálne odchyty-
 Lokálne odchytyvanie po-
 vanie nástrojov Áno
 Nie
 Nie
 užitím SSH a root použí-
 Wireshark
 vateľského účtu
 Lokálny telnet klient musí Lokálny telnet kli-
 Áno Áno Áno byť nainštalovaný na počítač
 počítači.
 33
 Lokálny VNC klient musí Lokálny VNC kli-
 Áno Áno Áno byť nainštalovaný na počítač
 počítači.
 Nástroj Wireshark je in-
 tegrovaný na serveri a
 je možné ho pridať do
 Integrovaný nástroj Nie
 Wireshark
 topológie na odchytyvanie Áno Áno nie prevádzky. Pre verziu

DBAD63B6562F4451A9216B7DC2D5D414

www.crzp.sk/webprotokol?pid=DBAD63B6562F4451A9216B7DC2D5D414

Community je dostupné iba odchytyvanie pomoci lokálne nainštalovaného nástroja Wireshark.

Podpora Docker Nie kontajnerov

Spúšťanie CLI aj grafického GUI Docker kontajnerov.

Prepájanie už spustených zariadení Nie (hot connections)

Pridávanie a odstraňovanie liniek medzi zariadeniami v topológii spustené zariadenia.

Integrovaná NAT sieť umožňuje pripojiť zariadenia v topológii k NAT Cloud

Nie

Áno Áno internetu. Zariadeniam je následne pomocou DHCP pridelená IP adresa z rozsahu 169.254.254.0/24

Desktop Container Integrovaný Docker

soľ vo webovom NIE

Áno Áno kontajner na správu rozhraní koncových zariadení

34

Viacero spúšťacích konfigurácií pre topológiu Exportovanie a importovanie

Nie konfigurácií z topológie

Možnosť vytvárať a spúšťať topológie s Áno Áno rôznymi spúšťacími konfiguráciami pre jednotlivé zariadenia v topológii. Exportovanie a importovanie jednej alebo viacerých konfigurácií pre zariadenia v topológii na/z lokálny počítač

3.9 GNS3

GNS3, Graphical Network Simulator 3, je open-source sieťový simulátor sietí. Integruje všetky virtualizačné technológie najednom mieste: Dynamips, Cisco I/O aj zariadenia tretích strán (QEMU). Od verzie 1.5 sú v GNS3 podporované aj Docker kontajner, čo je veľkou výhodou oproti iným nástrojom, pretože Docker kontajner potrebuje menej systémových prostriedkov [34].

GNS3 sa skladá z klientskej a serverovej časti. Klientská časť pozostáva z aplikácie GNS3 Client a je celá napísaná v jazyku Python [35]. Klientská aplikácia je multiplatformová t.j. je kompatibilná s platformami Windows, Linux a macOS. Existuje aj klientská webová aplikácia gns3-web [37]. Tak by sa GNS3 priblížila k EVE-ng, keďže aj v EVE-ng sa používa webové rozhranie na prácu s topológiou.

Serverová časť môže byť realizovaná ako serverová aplikácia GNS3 Server, ako virtuálny stroj GNS3 VM alebo ako vzdialený server.

Serverová aplikácia GNS3 Server sa spustí predvolene pri spustení klientskej aplikácie. Rovnako, ako GNS3 klientská aplikácia, aj serverová aplikácia je napísaná celá v jazyku Python [36].

GNS3 VM aj vzdialený server je postavený na platforme Linux. Vzdialený server nemusí nutne byť fyzický server, na ktorom je nasadený GNS3 server. Môže byť v ľubovľnom virtualizačnom nástroji, ale odporúčaný je VMware, pretože podporuje vnorenú virtualizáciu, čo

35

VirtualBox doposiaľ nepodporuje [40]. GNS3 VM, resp. vzdialený server, sa spravuje cez príkazový riadok. Používateľovi je dostupná klientská aplikácia. Portové čísla na vzdialený prístup sa zariadeniam pridelujú automaticky, avšak je možné manuálne meniť rozsah, v akom sa majú portové čísla automaticky pridelovať, dokonca umožniť aj manuálnu zmenu čísla portu pre jednotlivé zariadenia [38, 39].

Vzdialený prístup k zariadeniam v topológii je realizovaný protokolom telnet, vnc alebo rdp. Topológie sa vytvárajú v klientskej aplikácii prepájaním uzlov medzi sebou pomocou myši. V predvolenom nastavení sú všetky topológie na GNS3 VM / vzdialenom serveri zdieľané a môže ich meniť ktokoľvek, kto má k serveru z GNS3 klientskej aplikácie, pretože v predvolenom nastavení nástroj nevie rozlišovať rôzne typy používateľov ani ich izolovať. Počet topológií, ktoré môžu byť súčasne spustené je obmedzený iba výkonom servera. Napriek tomu môžu na jednej topológii môžu pracovať aj viacerí študenti tým, že si otvoria rovnaký projekt na vzdialenom serveri. Zmeny v takejto zdieľanej topológii sa prejavujú okamžite všetkým používateľom, ktorí majú túto topológiu práve otvorenú. Jeden používateľ môže mať spustených aj viacero topológií, klientská aplikácia však dovoľuje pracovať iba s jednou naraz. Aj GNS3, podobne ako aj ďalšie nástroje, umožniť prepojiť topológiu so živou sieťou pomocou bridge rozhrania alebo NAT siete.

Vývoj tohto nástroja stále pokračuje. Na obrázku 8 je znázornená klientská aplikácia GNS3 Client.

3.10 UNetLabv2

UNetLabv2 je nasledovníkom nástroja UNetLab. Je postavený na platforme Docker kontajnerov. Jednotlivé úlohy sú distribuované naprieč kontajnermi. To zaisťuje lepšiu škálovateľnosť pri zachovaní rovnakej funkcionality. Zatiaľ ešte nie je verejne nedostupný. [10]

Architektúra nástroja UNetLabv2 je znázornená na obrázku 9

3.11 Vyhodnotenie

Z vyššie uvedených nástrojov má zmysel zaoberať sa nástrojmi EVE-ng a GNS3 z nasledovných dôvodov:

- Open-source vývoj oboch nástrojov umožniť ich používanie bez poplatkov, obáv o po-

36

Obr. 8: Klientská aplikácia GNS3

Obr. 9: Architektúra nástroja UNetLabv2 [30] 37

DBAD63B6562F4451A9216B7DC2D5D414

www.crzp.sk/webprotokol?pid=DBAD63B6562F4451A9216B7DC2D5D414

rušenie licenčných podmienok a poskytuje možnosť upravovať ich podľa vlastných požiadaviek. • Podpora rôznych virtualizačných technológií.

- Podpora zariadení od rôznych výrobcov. • Jednoduché ovládanie.

V priebehu projektu sme sa preto zamerali na nástroje GNS3 a EVE-ng. Počas neho sa však ukázalo, že GNS3 nie je vhodná pre vzdialené použitie, preto sme sa týmto nástrojom ďalej nezaoberali. V čase skúmania bol nástroj GNS3 vo verzii 1.5.3. Keď sme skúšali použiť GNS3 ako vzdialený server, klientská aplikácia sa na GNS3 vzdialený server nevedela pripojiť, hoci sme postupovali podľa návodov na GNS3 stránke a pri testovaní nestála v pripojení na server žiadna prekážka, ako napr. firewall.

Napriek tomu je GNS3 silným nástrojom, schopným konkurovať EVE-ng. V tabuľke 2 porovnávame jednotlivé výhody a nevýhody oboch nástrojov.

Tabuľka 2: Porovnanie GNS3 a EVE-ng

Výhody

GNS3

EVE-ng

Možnosť nasadenia ako vzdialené servery

Podpora viacerých používateľov (multi-user)

Eventuálne možný import používateľských účtov na server z LDAP:

-pre GNS3 do operačného systému (OS)

-pre EVE-ng do OS alebo MySQL databázy

Multiplatformová klientská

Multiplatformový klient - webová

aplikácia (Windows/Linux/macOS) aplikácia

Natívna podpora Docker kontajnerov

Podpora Telnet/VNC vzdialeného pripojenia ku zariadeniam cez HTML5 reverse proxy server (Apache Guacamole) - na klientský počítač netreba inštalovať nič, okrem webového prehliadača a nástroja Wireshark

38

Nevýhody

Podpora viacerých používateľov

pri práci na spoločnom projekte - pri práci viacerých používateľov na jednom projekte sa topológia pri zmene okamžite aktualizuje všetkým

používateľom a všetci môžu pracovať so zariadeniami z

Podpora viacerých používateľov pri práci na spoločnom projekte topológia sa aktualizuje až po kliknutí na Refresh topology, nie okamžite po jej zmene

GNS3 klienta

Lepšia škálovateľnosť oproti

Podpora viacerých používateľov -

EVE-ng - možnosť vytvoriť

autentifikácia používateľa menom

GNS3 cluster širšie možnosti nastavenia z GNS3 klienta

a heslom Užšie možnosti nastavenia z EVE-ng webového rozhrania.

Nutnosť inštalácie samostatnej Pomalšie HTML5 webové

klientskej aplikácie

rozhranie

V Community verzii sú všetci

používatelia typu administrátor

Zložitejšia konfigurácia

a nie sú nijako od seba izolovaní -

autentifikácie a izolácie používateľov

ktokoľvek zaregistrovaný môže pridávať/upravovať/odstraňovať

projekty a adresáre používateľov

(ošetrené v Learning Centre verzii)

Pri práci viacerých ľudí na

spoločnom projekte môže z

webovej aplikácie pristupovať k

Zložitejšie vytváranie šablón pre zariadenia

zariadeniam iba používateľ, ktorý ich spustil. Ostatní musia k zariadeniam pristupovať

pomocou IP adresy a portu, kvôli

rôznym rozsahom portových čísel

pre každého používateľa

39

Nutnosť manuálne pridať každé zariadenie do GNS3 klienta

Pri nasadení GNS3 na viacero serverov (cluster) treba každé zariadenie pridať samostatne na každý server

Verzia klientskej aplikácie a servera musia byť zhodné t.j. musia sa naraz aktualizovať aj klientská, aj serverová časť, inak nie je možné nástroj používať

Nutnosť vypnutia zariadenia, keď je potrebné pridať prepojenie k inému zariadeniu (ošetrené v Pro a Learning Centre verzii) V Community verzii

Docker kontajnery nie sú podporované. Oficiálna podpora Docker kontajnerov vrátane grafických je prítomná iba vo verziách Pro a Learning

Centre; vo verzii Community je experimentálna je nutné ju aktivovať dodatočne Web server Apache nie je chránený modulmi modsecurity

(ochrana napr. proti SQL Injection) a modvasive (ochrana proti DoS a DDoS útokom) EVE-ng sa nedá škálovať naprieč viacerými servermi t.j.

nevieme urobiť EVE-ng cluster tak, ako je to možné v GNS3

GNS3 od vydania stabilnej verzie 2.0.0 opravila problém s nasadením ako vzdialený server. Avšak vtedy som už začal s hlbším skúmaním EVE-ng.

Skúmanie dvoch nástrojov naraz do hĺbky by bolo časovo veľmi náročné. GNS3 slúžila počas skúmania ako podporný nástroj pre pochopenie rôznych technických súčastí virtualizácie sieťových zariadení.

DBAD63B6562F4451A9216B7DC2D5D414

www.crzp.sk/webprotokol?pid=DBAD63B6562F4451A9216B7DC2D5D414

Vo zvyšku diplomovej práce sa zaoberáme nástrojom EVE-ng Community Edition a jeho nasadením do vyučovania na katedre.

40

Kapitola 4

EVE-ng

EVE-ng je virtuálne sieťové laboratórium skladajúcej sa zo serverovej časti postavenej na platforme Linux a klientskej časti, ktorú tvorí webová aplikácia, ako je už spomenuté v kapitole 3.8.

Serverová časť je realizovaná ako tzv. LAMP server, podobne ako nástroj ViRo2. LAMP je skratka pre Linux Apache MySQL PHP. Webový server Apache poskytuje webovú stránku. MySQL je relačná databáza ukladajúca informácie o používateľoch webového rozhrania EVEng. Správe používateľských účtov sa venuje kapitola 4.3.4. PHP je použitý na spracovanie REST API volaní z webového rozhrania. Webové rozhranie je vytvorené pomocou nástrojov Twitter Bootstrap v3.3.6 a AngularJS v1.5.6.

V tejto kapitole bude opísaný proces nasadzovania EVE-ng servera do sieťovej infraštruktúry katedry: jeho inštalácie, následnej úpravy a základnej administrácie EVE-ng servera. Všetky kroky sú podrobne opísané v adresári s návodmi pre EVE-ng v kapitole 9.1 v bode 9.1.2..

4.1 Inštalácia

EVE-ng bol inštalovaný a testovaný na dvoch platformách: • VMware Workstation Player • Fyzický server Parametre VMware virtuálneho stroja a fyzického servera sú uvedené v tabuľke 3. V oboch

případoch bol EVE-ng server nasadený do DMZ zóny, preto v riadku IP adresa uvádzam len posledný oktet ich IPv4 adres, keďže adresný rozsah DMZ zóny je na katedre známy.

41

Tabuľka 3: Parametre EVE-ng serverov

Parametre \ Server CPU

Operačná pamäť (GB) EVE-ng verzia IP adresa

VMware 16 64

2.0.3-80 .49

Fyzický server 8 48

2.0.3-86 .50

Uvedené tvrdenia platia pre EVE-ng vo vydaní Community Edition vo verzii 2.0.3-86. Postup inštalácie EVE-ng servera môžeme zhrnúť do týchto krokov, ktoré sú stručne zhrnuté v nižšie uvedenom zozname, pričom každý z krokov bude vysvetlený v nasledujúcich odstavcoch.

1. Vytvorenie vzdialenej pracovnej plochy a VMware Workstation (kap. 9.1, body 9.1.2.3.9.1.2.6.)

2. Inštalácia Ubuntu Server 16.03.4 LTS (kap. 9.1, body 9.1.2.8., 9.1.2.30.) 3. Konfigurácia Ubuntu Server (kap. 9.1, bod 9.1.2.8.) 4. Inštalácia EVE-ng do Ubuntu Server (kap. 9.1, bod 9.1.2.10.) 5. Konfigurácia EVE-ng servera

Konfigurácia operačného systému Ubuntu a EVE-ng servera sa nevykonala automaticky. Po inštalácii nástroja EVE-ng mal server mnohé nedostatky, ktoré bolo potrebné ošetriť. Preto sme vytvorili návody a skripty, ktoré uľahčujú konfiguráciu a administráciu servera a budú popísané v ďalších častiach tejto kapitoly. Konfigurácia EVE-ng servera zahŕňala: 6. Obnovenie (konfiguracných) súborov, adresárov a virtuálnych zariadení zo zálohy (kap. 9.1, bod 9.1.2.27.)

• Skripty (kap. 9.1, bod 9.1.2.2.) • Zariadenia (kap. 9.1, body 9.1.2.14.-9.1.2.22.) • Databázy (kap. 9.1, bod 9.1.2.27.)

7. Automatizácia zálohovania kritických súborov, adresárov a databáz (kap. 9.1, bod 9.1.2.27.) 8. Pridanie Cisco IOL/IOU licencie (kap. 9.1, bod 9.1.2.23.) 9. Zabezpečenie servera (kap. 9.1, bod 9.1.2.12.)

• Systém

42

• SSH • Webový server

10. Úprava šablón (kap. 9.1, bod 9.1.2.25.) 11. Úprava zdrojových kódov (kap. 9.1, body 9.1.2.34.-9.1.2.48.)

Inštalacný proces pre obe platformy (body 2, 3, 4), virtuálnu aj fyzickú, bol takmer zhodný, líšil sa iba v úvodných krokoch. Pri inštalácii pre VMware bolo totiž potrebné na server, na ktorom bol VMware nainštalovaný, pridať VNC prístup na hostovský operačný systém (bod 1) a doplniť grafické prostredie, aby bolo možné ovládať grafické rozhranie VMware Player a spustiť virtuálny stroj, keďže VMware Player dokáže vytvoriť a spustiť virtuálny stroj iba z grafického rozhrania.

Rozdielov medzi oboma inštaláciami je niekoľko. Prvým z nich je už spomenutá verzia. VMware inštalácia má nižšiu verziu, pretože bola nainštalovaná skôr. VMware inštalácia slúžila na prvotné odladenie a pilotné nasadenie do vyučovania. Nebola v nej vykonaná takmer žiadna dodatočná konfigurácia, okrem importu zariadení pre topológiu.

Následná inštalácia EVE-ng na fyzický server vychádzala zo skúseností získaných z inštalácie EVE-ng do VMware prostredia. EVE-ng fyzický server bol odladený a do veľkej miery testovaný. Testovaniu zariadení v EVE-ng sa venujem v kapitole 6.3 - Testovanie.

Obnovovanie súborov a adresárov (bod 6) slúži na rýchle obnovenie upravených konfiguracných súborov, adresárov, databáz a virtuálnych zariadení zo zálohovacieho servera na EVE-ng server. Obnovu týchto súborov musíme vykonať manuálne, avšak ich zálohovanie je automatizované (bod 7). Tento krok môžeme preskočiť, ak predtým ešte nebola vytvorená záloha príslušným zálohovacím skriptom.

Zálohovanie je vysvetlené v časti 4.3.2.

Pridanie Cisco IOL/IOU licencie (bod 8) je dôležitým krokom, bez ktorého by sme neboli schopní spustiť Cisco IOL/IOU zariadenia. Pre vygenerovanie tejto licencie bol použitý skript, ktorý sme pre tento účel vytvorili. Skript po spustení automaticky vygeneruje IOL licenciu a vloží ju do správneho adresára či už na EVE-ng, alebo na GNS3 serveri, keďže obidva nástroje sú podporované a schopné spustiť IOL zariadenia. Význam týchto zariadení bude vysvetlený v kapitole 6.3.3 - Testovanie technológií v časti Vyhodnotenie.

Zabezpečenie servera 9 spočívalo hlavne v zabezpečení operačného systému, SSH prístupu a webového servera Apache. Zabezpečenie operačného systému obsahovalo vytvorenie štandardného používateľského konta so sudo oprávneniami. Ten sa bude používať namiesto root používateľa, čím bude zaistená vyššia bezpečnosť pri používaní systému. Štandardný používa-

43

tel'ský účet sa využíva aj na odchyty prevádzky z topológie namiesto root používateľa, ako bude ozejmené v kapitole 9.2 v bode 10.

Zabezpečenie SSH prístupu zahrňalo zablokovanie root používateľa, explicitné definovanie povolených používateľov a skupín, vygenerovanie SSH kľúčov a vypnutie autentifikácie heslom. Autentifikácia SSH kľúčmi má aj tú výhodu, že oproti autentifikácii heslom nie je nutné zadávať heslo, čím odpadá aj nutnosť pamätať si ho. Každý počítač, ktorý by chcel pristupovať k EVE-ng serveru, by si musel svoj verejný SSH kľúč nahráť na server k danému používateľskému účtu. Avšak kvôli jednoduchosti bola ponechaná autentifikácia heslom pre oba servery.

Zabezpečenie webového servera Apache sa skladalo z vygenerovania SSL certifikátu, aktivácie protokolu HTTPS a presmerovania požiadaviek z HTTP na protokol HTTPS. Webový server však nie je zabezpečený na ani jednom serveri, pretože bolo potrebné odchytať nezašifrované správy vymieňané prostredníctvom REST API medzi klientom a serverom. Analýza týchto vymieňaných správ pomohla upraviť funkcie v nástroji EVE-ng, ktoré je bližšie opísané v časti 4.2.

Na serveri bola po pridaní virtuálnych zariadení vykonaná aj úprava šablón (bod 10) spustením nami vytvoreného skriptu. Používateľ vďaka tejto úprave nemusí pri vytváraní topológie premýšľať nad technickými parametrami zariadenia, ktoré do topológie pridáva. Namiesto toho sa môže sústrediť na vypracovanie problematiky. Tak sa vytváranie topológií aj samotné vypracovanie stane plynulejším.

Každé zariadenie, ktoré je možné do topológie pridať, si totiž načítava svoje technické parametre zo súboru zvaného šablóna. Tie sú uložené v adresári /opt/unetlab/html/templates/. V šablóne môže byť pre zariadenie definovaný napr. počet pridelených jadier CPU, maximálne množstvo alokovanej operatívnej pamäte, spúšťacie parametre zariadenia a pod. Úpravy šablón boli vykonané na základe testovania vybraných zariadení, ktoré je opísané v kapitole 6.3.2 Testovanie systémových požiadaviek. Skript na úpravu šablón je súčasťou príloh (kap. 9.1, bod 9.1.2.2.1.).

Úprava zdrojových kódov (bod 11) bola potrebná na to, aby bolo vylepšené používanie nástroja EVE-ng. Jednotlivé úpravy sú popísané v časti 4.2.

44

4.2 Úprava nástroja EVE-ng

Po inštalácii EVE-ng servera je odporúčané upraviť aj konkrétne časti jeho zdrojového kódu, aby sa vylepšila jeho funkcionálnosť. V dôsledku toho sa zlepšila použiteľnosť nástroja vo vypracovaní. Medzi tieto úpravy patrí:

- Sprístupnenie používateľských rolí.
- Možnosť úpravy používateľských atribútov.
- Vypnutie správy o nízkom rozlíšení obrazovky.
- Zatvorenie topológie so spustenými zariadeniami.

Tieto úpravy vyplývajú z požiadaviek, ktoré boli špecifikované kritériami v úvode kapitoly 3.1. Sprístupnenie používateľských rolí umožní jednotlivým používateľským roliam prideliť činnosti, ktoré sú oprávnené vykonávať vo webovom rozhraní. Úprava používateľských atribútov umožní upravovať a odstraňovať atribúty jednotlivých používateľov z webového rozhrania. Vypnutie správy o nízkom rozlíšení obrazovky umožní mať na počítači otvorenú topológiu v menšom okne, čo je užitočné napr. vtedy, keď chceme mať vedľa otvorenej topológie aj zadanie úlohy v textovom dokumente pre danú topológiu. Zatvorenie topológie

Takisto je vhodné po inštalácii upraviť aj konfiguráciu klientských počítačov, ktoré budú webové rozhranie EVE-ng používať. V dôsledku týchto úprav bude práca s topológiou pre používateľa pohodlnejšia. Úpravám na klientskej strane sa venujem v bode 10 v časti 9.2.1 Vytvorenie topológie.

4.2.1 Metodika

Na to, aby sme mohli odhadnúť, ktoré časti nástroja EVE-ng treba upraviť, sme použili rôzne nástroje. Hlavná diagnostika bola vykonaná nástrojmi Wireshark, grep a inšpektorom prvkov stránky vo webovom prehliadači.

Nástroj Wireshark slúžil na odchytyvanie vymieňaných správ prostredníctvom REST API. Keďže webový server nebol zašifrovaný a používal HTTP protokol, mohli sme skúmať tieto správy v nezašifrovanom texte. Následne sme hľadali číselný kód alebo časť z názvu správy v súboroch vo webovom adresári EVE-ng pomocou nástroja grep. Takisto bola použitá tzv. inšpektor prvkov (Inspector), ktorý dokázal identifikovať prvky stránky a na základe nich ďalej postupovať. Tieto nástroje umožnili spresniť odhad na tie časti zdrojového kódu, ktorých zmena

45

by s veľkou pravdepodobnosťou mohla vyriešiť problémy uvedené v zozname uvedenom v úvode časti 4.2.

4.2.2 Sprístupnenie používateľských rolí

V EVE-ng Community Edition je pre používateľov dostupná iba jedna používateľská rola admin, čiže administrátor. Je to tak preto, lebo Community verzia je určená pre osobné použitie, kde sa nepredpokladá viac používateľov, než je používateľ sám. Takéto správanie však nie je vhodné pre nasadenie do vypracovacieho procesu.

Odchytili sme preto správy pri úprave ľubovoľného používateľa. Zistili sme, že sa o.i. posielajú aj správy Successfully listed user roles (60041). Po vyhladaní výskytu kódu tejto správy v súboroch webového adresára sa ukázalo, že sa vyskytuje aj v súbore

/opt/unetlab/html/includes/functions.php.

Na sprístupnenie ďalších používateľských rolí, editor - užívateľ a user - používateľ resp. študent, bolo potrebné ich odkomentovať z funkcie listRoles v spomenutom súbore.

To vo web rozhraní sprístupnilo v dialógovom okne na vytvorenie a úpravu používateľa ďalšie používateľské role (obrázok 10).

Po vytvorení používateľa s inou rolou než admin, napr. user, sa vo web rozhraní v zozname používateľov stále zobrazujú ako admin, hoci v MySQL databázi sú uložené pod správnu rolu v stĺpci role (obrázok 11).

Zachytená komunikácia obsahovala aj záznam so správou Successfully listed users (60040) (obrázok 12), ktorej kód sa nachádzal aj v súbore /opt/unetlab/html/includes/api_users.php.

Riešenie spočívalo v úprave funkcií apiGetUser a apiGetUsers v spomenutom súbore. Prvá spomenutá funkcia sa stará o získanie informácií o jednom používateľovi, ďalšia o získanie atribútov všetkých používateľov z MySQL databázy. V oboch funkciách sa však vyskytovala rovnaká chyba, a sice, že používateľská rola sa v príkaze SELECT napevno prepisovala na rolu admin.

Stacilo v týchto príkazoch prepísať názov používateľskej role z pevnej hodnoty admin na názov stĺpca používateľskej role t.j. role.

Po vykonanej úprave sa aj vo webovom zozname používateľov zobrazovala ich správna rola (obrázok 13).

46

Obr. 10: Dialógové okno na vytvorenie a úpravu používateľa

Obr. 11: Zoznam používateľov v MySQL databázi

Obr. 12: Správa 60040 - úspešné odoslanie zoznamu používateľov zo servera

Obr. 13: Zoznam používateľov vo webovom rozhraní EVE-ng

Významom používateľských rolí v EVE-ng sa budeme zaoberať v kapitole 7 - Nasadenie do vypracovania.

Táto úprava je bližšie popísaná spolu s odchytenou prevádzkou v kapitole 9.1 v bode 9.1.2.34.

4.2.3 Úprava používateľských atribútov

Atribúty jednotlivých používateľov je možné meniť na obrazovke User management a môže ich meniť iba používateľ s administrátorskými oprávneniami t.j. s rolou admin. Niektoré atribúty, ako sú napr. celé meno používateľa alebo email, sa síce dajú nastaviť, ale následne sa nedajú

48

odstrániť, t.j. nastaviť na prázdnu hodnotu. Zmeny sa neprejavujú ani vo web rozhraní v zozname používateľov, ani v MySQL databáze.

Skúsili sme teda odchytiť komunikáciu pri upravovaní spomenutých používateľských atribútov. Zistili sme, po úprave používateľa sa posielala správa User saved (60042) (obrázok 14).

Nástroj grep ukázal, že kód správy sa vyskytoval o.i. aj v súbore /opt/unetlab/html/includes/api_uusers.php, konkrétne aj vo funkcii apiEditUser. Tá získava informácie o používateľovi z webového formulára pri úprave tohto používateľa a kontroluje ich správny formát. V prípade, že informácie zadane do webového formulára sú platné, aktualizujú sa atribúty pre konkrétneho používateľa v databáze, v opačnom prípade sa chybné zadane atribúty preskocia.

Problém bol v kontrole vstupov z webového formulára pri úprave používateľa, ktoré boli príliš striktné t.j. nedovoľovali zadať prázdnu hodnotu. Riešenie spočívalo v upravení kritérií pre atribúty tak, aby bol aj prázdny reťazec platnou hodnotou.

Po úprave sa už dalo používateľom nielen nastaviť ich celé meno či email, ale aj spomenuté atribúty odstrániť (obrázok 15).

Táto úprava je bližšie popísaná v kapitole 9.1 v bodoch 9.1.2.44.-9.1.2.42.

4.2.4 Vypnutie správy o nízkom rozlíšení obrazovky

Vypnutie tejto správy vypne chybové hlásenie o nízkom rozlíšení pri zmenšení okna prehliadača pod kritickú hranicu približne pod 992 pixelov. To umožní mať otvorený prehliadač s topológiou a napr. Po zmenšení šírky okna pod túto hranicu sa zobrazila správa Display too small. This device is not large enough, you need 992px width at least. (obrázok 16).

Preto sme začali príkazom grep hľadať súbory, obsahujúce čiasti tejto správy. Výstup príkazu obsahoval súbor /opt/unetlab/html/themes/default/index.html, ktorý ako jediný obsahoval tento text v nižšie uvedenej časti kódu.

49

Obr. 14: Správa 60042 - úspešné uloženie atribútov pre používateľa Obr. 15: Zoznam používateľov po odstránení e-mail atribútu pre používateľa učitel

Obr. 16: Chybová správa - Display too small. 50

```
... <body>
<div class="hidden-md hidden-lg container" id="small"> ...
</div> <div class="hidden-xs hidden-sm container-fluid" id="body">
... </div> </body> ...
```

Skúsili sme zakomentovať všetky riadky v sekcii body, ale následkom tejto zmeny sa stalo otváranie topológie nestabilné a vyskytovali sa rôzne grafické chyby vo vykresľovaní topológie a jej prvkov.

Po experimentovaní so zakomentovaním a upravovaním rôznych riadkov sme našli spôsob, ako túto správu vypnúť. Riešenie spočívalo v zakomentovaní celej sekcie div obsahujúcu atribút id="small" a odstránení tried hidden-xs a hidden-sm z definície sekcie div s atribútom id="body".

```
... <body>
<!--<div class="hidden-md hidden-lg container" id="small"> ...
</div--> <!--<div class="hidden-xs hidden-sm container-fluid" id="body">--> <div class="container-fluid" id="body"> </body> ...
```

Prvá úprava vypne hlásenie o nízkom rozlíšení obrazovky. Po uložení súboru po prvej úprave a znovunacítaní stránky uvidíme prázdnu bielu obrazovku, ak je okno prehliadača príliš malé t.j. menšie ako približne 992 pixelov.

Druhá úprava odstráni obmedzenie pri vykresľovaní obsahu topológie. Po uložení súboru po prvej úprave a znovunacítaní stránky uvidíme pôvodnú topológiu bez výrazných grafických chýb aj vtedy, ak je šírka okna prehliadača príliš malá.

Po vykonaných úpravách sa problém so zobrazovaním chybovej správy vyriešil, avšak sa vyskytol jeden kozmetický nedostatok. Po zmenšení okna sa zdeformoval posuvník na približovanie a oddalovanie topológie po zmenšení okna pod kritickú hranicu šírky okna (obrázok 17).

51

Obr. 17: Vyriešenie problému s chybovým hlásením Display too small. a deformácia posuvníku na približovanie a oddalovanie topológie Tento problém sa nám nepodarilo ošetriť. Z Inšpektora prvkov vo webovom prehliadači sme zistili, že tento jav môžu spôsobovať pevne zadane hodnoty v súboroch /opt/unetlab/html/themes/default/bootstrap/css/bootstrap.min.css

/opt/unetlab/html/themes/adminLTE/build/bootstrap-less/variables.less

Samotný prvok sa volá plus-minus-slider a posuvná plocha sa volá zoomslide, Preto sa riešenie môže skrývať v úprave súborov z výstupu príkazov grep -rnw '/opt/unetlab/html/' -e 'plus-minus-slider' grep -rnw '/opt/unetlab/html/' -e 'zoomslide'

Bol to práve prvok zoomslide, ktorý sa neúmerne zväčšil. Jeho funkčnosť, približovať a oddalovať prvky v topológii, však zostala zachovaná aj napriek tomuto vedľajšiemu účinku.

Táto úprava je bližšie popísaná v kapitole 9.1 v bode 9.1.2.45.

52

Obr. 18: Chybové hlásenie - topológia so spustenými zariadeniami sa nedá zatvoriť

4.2.5 Zatvorenie topológie so spustenými zariadeniami

Topológiu sa nepodarí zatvoriť, pokiaľ obsahuje spustené zariadenia. Pri zatvorení topológie so spustenými zariadeniami sa vypíše chybové hlásenie There are running nodes, you need to power off them before closing the lab. (obrázok 18).

Preto sme nástrojom grep hľadali, v ktorých súboroch sa vyskytujú čiasti tejto chybovej správy. Výstup príkazu ukazoval na súbory /opt/unetlab/html/themes/adminLTE/unl_data/js/angularjs/controllers/lab/labCtrl.js /opt/unetlab/html/themes/default/js/messages_en.js Keďže v súbore messages_en.js sa vyskytujú iba definície chybových hlásení, rozhodli sme sa upravovať súbor labCtrl.js. V súbore /opt/unetlab/html/themes/adminLTE/unl_data/js/angularjs/controllers/lab/labCtrl.js

sa síce táto správa vyskytuje, ale zakomentovanie ľubovľanej relevantnej časti kódu v metóde closeLab nemá vplyv na funkčnosť t.j. chybové hlásenie sa pri zatvorení topológie napriek tomu zobrazí.

Preto sme sa nakoniec pozreli do súboru messages_en.js. V ňom bola chybová správa definovaná v poli MESSAGES ako MESSAGES[131]. Znova sme začali hľadať výskyt tohto reťazca v súboroch nástrojom grep. Výstup príkazu ukazoval na súbor /opt/unetlab/html/themes/default/js/functions.js /opt/unetlab/html/themes/default/js/messages_en.js

53

Keďže súborom messages_en.js sme sa už zaoberali, pokračoval som súborom functions.js. V ňom sa vyskytovala aj funkcia closeLab. Tá obsahovala nielen chybové hlásenie, ale aj kontrolu, či v topológii sú už spustené zariadenia. Vyplí sme teda túto kontrolu zakomentovaním riadku s podmienkou if a celej vetvy else.

```
//if (running_nodes == false) { ...
//} else { // deferred.reject(MESSAGES[131]); //}
```

Potom sme sa odhlásili, vymazali vyrovnávaciu pamäť webového prehliadača a prihlásili sa do EVE-ng ako používateľ s rolou admin. Potom sme si otvorili súbor s topológiou a pridali do nej niekoľko zariadení. Spustili som zariadenie a pokúsil sa zatvoriť topológiu. Teraz sa chybové hlásenie nezobrazilo a topológia sa úspešne zatvorila. Po znovuotvorení rovnakej topológie zostali zariadenia spustené. Bolo možné aj spustiť ďalšie zariadenia.

Keď sme sa ešte predtým rozhodli riešiť problém so zatváraním topológie so spustenými zariadeniami, skúšali sme v súbore functions.js vo funkcii closeLab zakomentovať celý for cyklus v riadku

```
$.each(values, function (node_id, node) { if (node['status'] > 1) { running_nodes = true; } });
```

keďže aj v ňom sa nastavovala premenná running_nodes Po zakomentovaní cyklu sa topológia síce dala zatvoriť aj pri spustených zariadeniach, ale so zariadeniami v nej sa nedalo pracovať, napr. nebolo možné zastaviť už spustené zariadenia alebo spustiť ďalšie.

Po opravení tohto nedostatku sa ale vyskytol ďalší problém, ktorý sa odhalil až po vyriešení tohto, a síce, že po zatvorení jednej topológie a

otvorení inej zariadenia vyzerali, že sú spustené, hoci predtým spustené neboli. Otvorili sme jednu topológiu a spustili v nej zariadenia. Po

zatvorení tejto topológie a otvorení inej ale zariadenia vyzerali ako spustené, aj keď predtým neboli spustené. Zariadenia vo všetkých ďalších

topológiách mali znefunknený vzdialený prístup. Bud' sa na ne nedalo pripojiť vôbec, alebo sa konfigurovali zariadenia v pôvodnej topológii, čo dokazuje, že správne fungovali iba zariadenia v pôvodnej topológii. Pokiaľ mali topológie rovnaký počet zariadení a do druhej sme pridali nové zariadenie, toto zariadenie fungovalo bez komplikácií.

54

Tento jav nastal kvôli tomu, že portové čísla pre jednotlivé zariadenia v topológii sa začínajú číslom od začiatku rozsahu, ktorý je pridelený danému používateľovi, bez ohľadu na to, ktorá topológia je momentálne otvorená.

Spomenutý problém s rovnakými portovými číslami pre zariadenia v rôznych topológiách sa nám nepodarilo vyriešiť, pretože sa jedná o hlbší problém, ktorého riešenie by znamenalo zmenu mechanizmu na pridelenie portových čísel v EVE-ng. Spôsobu, akým EVE-ng generuje a prideliť portové čísla zariadeniam je venovaná kapitola 9.2.2.

Komplikácie, na ktoré sme narazili počas nasadenia na predmety, sú popísané v kapitole 7 Nasadenie do vyučovania.

Táto úprava je bližšie popísaná v kapitole 9.1 v bode 9.1.2.48. Vo výsledku sme vyriešili iba problém zatvárania topológií so spustenými zariadeniami. Avšak ešte je potrebné vyriešiť priradenie portových čísel a vzdialený prístup k zariadeniam v následne otvorenej inej topológii.

4.3 Administrácia

EVE-ng server je vytvorený tak, aby po jeho konfigurácii bolo potrebné na ňom vykonávať minimálnu údržbu. V nasledujúcich častiach bude opísaný spôsob administrácie EVE-ng servera.

4.3.1 Adresárová štruktúra

Tu je uvedený krátky zoznam najdôležitejších adresárov v EVE-ng. Tie sú na EVE-ng serveri vytvorené pri inštalácii nástroja. Podrobnejší zoznam súborov a adresárov sa nachádza v kapitole 9.1 v bode 9.1.2.11., keďže zoznam adresárov je príliš rozsiahly.

Tento zoznam slúži iba na rýchlu orientáciu v súborovej štruktúre EVE-ng servera.

4.3.2 Zálohovanie

Kritické súbory, adresáre a databáza v EVE-ng sú zálohované pomocou vlastného skriptu (viď kap. 9.1 bod 9.1.2.2.2.). Medzi zálohované súbory patria napr. konfiguračné súbory pre webový a SSH server, šablóny zariadení a zálohujú sa aj samotné všetky vytvorené skripty (viď kap. 9.1 bod 9.1.2.2.).

Pri zálohovaní sa využívajú nástroje cron a rsync. Nástroj rsync. Ten synchronizuje adresáre a súbory len vtedy, pokiaľ zistí, že sa majú nahradiť novšími verziami, čo je efektívny spôsob

55

Tabuľka 4: Adresárová štruktúra EVE-ng servera

Adresár

/opt/unetlab/addons/

/opt/unetlab/html/ /opt/unetlab/html/templates/ /opt/unetlab/data/Logs

Popis Adresár obsahujúci všetky zariadenia, ktoré je možné pridať do topológie. Obsahuje podadresáre dynamips, iol a qemu, podľa toho, pre aký typ hypervizora je zariadenie určené - Dynamips, IOL alebo QEMU/KVM Adresár s webovou stránkou EVE-ng Šablóny pre každý typ zariadenia v topológii Súbory o zázname činnosti na serveri

prenosu súborov, keďže sa prenášajú iba zmenené súbory. Nástroj cron je nastavený tak, že vykonáva tento skript každý deň v noci, kedy sa na serveri vyskytuje minimálna aktivita.

Keďže zoznam zálohovaných prvkov v skripte je pomerne obsiahly, celý obsah skriptu je prítomný v kap. 9.1 v bode 9.1.2.2.2.

Zálohovací server, resp. kontajner, je dostupný pod adresným rozsahom DMZ s posledným oktetom .45. Ten obsahuje všetky potrebné súbory a adresáre potrebné na obnovenie EVE-ng servera v prípade jeho zlyhania.

Skript je schopný zálohovať aj súbory a virtuálne zariadenia z GNS3 servera. Na zálohovacím serveri sa zálohy z GNS3 servera objavajú v samostatnom adresári.

4.3.3 Monitorovanie

Monitorovanie systému je dôležitým prostriedkom v prípade, že zaznamenáme nižšiu výkonnosť servera, alebo keď chceme vidieť jeho vytázenie v reálnom čase. Na monitorovanie systémových zdrojov EVE-ng servera môžeme, okrem tradičného nástroja htop, použiť aj vstavaný nástroj na monitorovanie systémových zdrojov vo webovom rozhraní EVE-ng. Monitorovaniu EVE-ng servera rôznymi nástrojmi sa venujeme v kapitole 9.1 v bode 9.1.6.

Vstavaný monitorovací systém EVE-ng sa nachádza vo webovom rozhraní v časti System -> System status. Rovnaký panel je prístupný aj z rozhrania topológie v menu na ľavej strane obrazovky po kliknutí na položku Status. Zobrazuje prehľad o aktuálnom percentuálnom vytážení procesora, operatívnej pamäte a diskového priestoru spolu s celkovým počtom spustených

56

Obr. 19: Monitorovanie systému vo webovom rozhraní EVE-ng

zariadení každého druhu. Nástroj je znázornený na obrázku 19.

4.3.4 Správa používateľov EVE-ng

Používatelia webového rozhrania EVE-ng sú uložení v MySQL databáze na serveri. Zoznam používateľov webového rozhrania v EVE-ng je znázornený na obrázku 15 (str. 50) a je prístupný pod položkou Management -> User management z horného menu. Každý používateľ má definované nasledujúce súbory:

- Username - Používateľské meno. Používa sa na prihlásenie sa do webového rozhrania. Musí byť unikátne pre každého používateľa.

DBAD63B6562F4451A9216B7DC2D5D414

www.crzp.sk/webprotokol?pid=DBAD63B6562F4451A9216B7DC2D5D414

• Email - Emailová adresa. • Name - Celé meno používateľ'a. Atribút má iba informatívny charakter. • Role - Používateľ'ská rola. Definuje oprávnenia pre používateľ'a. • POD - Identifikačné číslo používateľ'a. Určuje rozsah portov, ktoré sa používajú na vzdialený prístup ku zariadeniam v topológii. Musí byť unikátne pre každého používateľ'a. • Actions - Úprava atribútov používateľ'a (Edit) a odstránenie používateľ'a (Delete). Po kliknutí na tlačidlo Edit v riadku vybraného používateľ'a sa otvorí dialógové okno na vytvorenie a úpravu používateľ'a zobrazené na obrázku 10 (str. 47).

57

Dialógové okno na vytvorenie a úpravu používateľ'a sa zobrazí po kliknutí na tlačidlo Add user a Edit. Pozostáva z týchto častí:

• User Name • Password • Password Confirmation • Email • Name • Role • POD

Všetky polia majú rovnaký význam ako v popise štípcov na obrazovke so zoznamom používateľ'ov. Novým prvkom sú polia Password a Password Confirmation. Tie nie je nutné vyplniť, ak ich nechceme meniť. Iba používatelia s rolou admin môžu meniť heslá iným používateľ'om. Ak chceme používateľ'ovi heslo zmeniť, je potrebné zadať nové heslo do oboch polí. Na zmenu hesla na nové nie je nutné zadávať pôvodné heslo. Pole User Name sa pri úprave používateľ'a nedá zmeniť, dá sa iba jednorázovo nastaviť pri vytváraní používateľ'a. Pole POD je vyplnené automaticky najnižším voľným identifikátorom.

Ak sme vykonali kroky v časti 4.2.2 - Sprístupnenie používateľ'ských rolí, budú po kliknutí na rozbalovací zoznam pre atribút Role dostupné, okrem role admin, aj role editor a user (obr. 10). Tieto role sa medzi sebou líšia oprávneniami na výkon určitých činností. Zoznam činností pre každú používateľ'skú rolu je popísaný v nižšie uvedených zoznamoch.

Zoznam úloh, ktoré môže vykonávať používateľ s rolou user:

• Prehliadať súbory a adresáre • Otvoriť topológiu • Spustiť a zastaviť zariadenia v topológii

Zoznam úloh, ktoré môže vykonávať používateľ s rolou editor:

• Všetko, čo môže vykonávať používateľ s rolou user • Spravovať súbory a adresáre - vytváranie, presúvanie, premenovanie, odstránenie • Upravovať prvky v topológii - pridávanie, presúvanie, premenovanie, odstránenie • Upravovať vybrané atribúty používateľ'ov - meno, email

58

• Exportovať/importovať súbory s topológiami • Zamknúť topológiu, aby prvky nebolo možné meniť a presúvať

Zoznam úloh, ktoré môže vykonávať používateľ s rolou admin:

• Všetko, čo môže vykonávať používateľ s rolou editor • Zastaviť všetky zariadenia v "System -> Stop All Nodes" • Zobrazit' informácie o konkrétnom používateľ'ovi cez API • Spravovať všetkých používateľ'ov - pridanie, upravenie, odstránenie • Zapnúť/vypnúť UKSM v "System -> System status", ak je dostupné • Zapnúť/vypnúť KSM v "System -> System status", ak je dostupné • Zapnúť/vypnúť CPULimit v "System -> System status" • Aktualizovať EVE-ng z web rozhrania cez koncový bod "/api/update" v UNetLab/EVE-ng API

Niektoré z týchto činností nie sú implementované vo webovom rozhraní EVE-ng. Činnosti, ktoré môžu vykonávať jednotlivé používateľ'ské role sú definované v súbore /opt/unetlab/html/api.php. Vyznačujú ich riadky

```
... if (in_array($user['role'], Array('admin')) { ...
```

resp.

```
... if (in_array($user['role'], Array('admin', 'editor')) { ...
```

Vyššie uvedené podmienky kontrolujú, či je používateľ s danou rolou oprávnený vykonať požadovanú operáciu, napr. vytvoriť používateľ'a, premenovať adresár, presunúť súbory do adresára a pod.

V prípade, že používateľ nemá dostatočné oprávnenia sa zobrazí chybové hlásenie Not enough access privileges for this operation (90032), ktoré znázornené na obrázku 20.

Niekedy sa však táto správa pri vykonaní neoprávnenej činnosti nezobrazí, čo ale nemá žiadny vplyv na funkcionality a daná operácia sa nevykoná. Tento nedostatok je bližšie popísaný spolu s odchytním prevádzky v kapitole 9.1 v bodoch 9.1.2.46. a 9.1.2.47.

59

Obr. 20: Chybové hlásenie o nedostatočných oprávneniach používateľ'a Správa používateľ'ov a MySQL databázy je podrobne vysvetlená vo vytvorenom návode v kapitole 9.1 v bode 9.1.2.26.

60

Kapitola 5

Analýza vyučovania

Virtuálne sieťové laboratórium má byť nasadené na vybrané predmety vyučované na katedre. Na to treba analyzovať vyučované témy týchto predmetov. Na základe toho sa budú získavať a testovať zariadenia, čomu je venovaná kapitola 6 - Virtuálne zariadenia.

V tejto kapitole opisujem vyučované témy týchto predmetov:

• Počítačové siete 1 (5BN103) • Počítačové siete 2 (5BN104) • Projektovanie sietí 1 (5IN116) • Projektovanie sietí 2 (5IP111) • CCNA Security • Pokročilé prepínanie v informacno-komunikačných sieťach (5IN139) • Pokročilé smerovanie v informacno-komunikačných sieťach (5IN124) Výber predmetov ovplyvňoval fakt, že na nich vyučujú sieťové technológie. Nástroj má byť v prvom rade používaný na predmetoch, kde sa vyučujú pokročilejšie sieťové technológie t.j. Projektovanie sietí 1, Projektovanie sietí 2, Pokročilé prepínanie v informacno-komunikačných sieťach a Pokročilé smerovanie v informacno-komunikačných sieťach.

V nasledujúcich častiach budú opísané zariadenia, ktoré sa používajú pri vyučbe týchto predmetov, ako aj vyučované technológie.

Vyučované technológie boli získané z informacných listov predmetov a z plánov predmetu od vyučujúcich. Zoznam vyučovaných technológií je dostupný v kapitole 9.1 v bodoch 9.1.3.2. a 9.1.3.3.

61

5.1 Počítačové siete 1

Predmet obsahuje témy z oblasti CCNA 2 vrátane prepínačích technológií z CCNA 3. Momentálne sa na predmete používa iba nástroj Packet Tracer.

Na predmete sa vyučuje IPv4 a IPv6 statické smerovanie, RIPv2, RIPv2, SVI, STP BPDGuard, PortFast, VLAN, VLAN Trunk 802.1Q, InterVLAN smerovanie - Router on a Stick, VTP v1/v2/v3, STP, PVST+, RPVST+, Extended VLAN, L2 EtherChannel PAgP a LACP, L3 EtherChannel PAgP a LACP, HSRP IPv4, HSRPv2 IPv4 a IPv6, VRRPv2 IPv4 VRRPv3 IPv4 a IPv6, GLBP IPv4 a IPv6, ACL IPv4 a IPv6, DHCP IPv4 a IPv6, NAT, LLDP, CDP, Syslog, NTP, SNMP, SPAN.

Na predmete sa pracuje predovšetkým so smerovačmi a prepínačmi Cisco a jednoduchými koncovými zariadeniami v rámci možností nástroja Packet Tracer. V budúcnosti sa uvažuje o integrácii Juniper smerovačov a pokročilejších koncových zariadení na platforme Linux a Windows.

5.2 Počítačové siete 2

DBAD63B6562F4451A9216B7DC2D5D414

www.crzp.sk/webprotokol?pid=DBAD63B6562F4451A9216B7DC2D5D414

Predmet obsahuje témy z oblasti CCNA 3 a CCNA 4 okrem prepínacích technológií. Momentálne sa na predmete používajú nástroje Packet Tracer a na niektoré topológie nástroj Dynamips/ Dynagen. V druhom menovanom nástroji topológie pozostávajú z zariadení Cisco 2691.

Na predmete sa vyučujú témy EIGRP IPv4 a IPv6, OSPFv2 Single-Area a Multi-Area, OSPFv3 Single-Area a Multi-Area, PPP, MLPPP, HDLC, PPPoE, GRE, eBGP IPv4.

Na predmete sa pracuje predovšetkým so smerovacím a prepínacím Cisco a jednoduchými koncovými zariadeniami v rámci možností nástroja Packet Tracer. V budúcnosti sa uvažuje o integrácii Juniper smerovacích a pokročilejších koncových zariadení na platforme Linux a Windows.

5.3 Projektovanie sietí 1

Predmet obsahuje niektoré témy z oblasti CCNP Routing a ďalších pokročilých smerovacích technológií. Momentálne sa na predmete používa nástroj Dynamips/Dynalab. V ňom pozostávajú topológie zo zariadení Cisco 2691 a Cisco 7200.

Na predmete sa vyučujú témy OSPFv2 Multi-Area, IS-IS IPv4, IGMP v1/v2/v3, IGMP

62

Snooping, PIM Dense Mode/Sparse Mode/Sparse-Dense Mode, PIM Any-Source Multicast, PIM Source-Specific Multicast, Manual RP, Auto-RP, BSR, Anycast RP, BGP IPv4, Router Reflector, MP-BGP, BGP mVPN, Hub & Spoke VPN, Draft Rosen, BGP L3 VPN, MPLS, LDP, RSVP, VPLS.

Na predmete sa pracuje predovšetkým so smerovacím a prepínacím Cisco. Koncové zariadenia sa takmer vôbec nepoužívajú, iba ak by sa skupina rozhodla pracovať s fyzickými zariadeniami. V budúcnosti sa uvažuje o integrácii Juniper smerovacích a pokročilejších koncových zariadení na platforme Linux a Windows, hlavne pre účely vyučovania multicast technológií.

5.4 Projektovanie sietí 2

Predmet obsahuje témy z oblasti pokročilých smerovacích technológií. Výučba tohto predmetu bola v šk. roku 2017/2018 realizovaná v nástroji EVE-ng v rámci pilotného nasadenia do vyučovania.

Na predmete sa vyučujú témy VPLS, EVPN, Seamless MPLS, BGP mVPN NG. Na predmete sa pracovalo so smerovacím a prepínacím Cisco a smerovacím Juniper a Nokia. Nástroj EVE-ng podporuje koncové zariadenia na platforme Linux a Windows a je ich možné integrovať do topológie.

5.5 CCNA Security

Predmet obsahuje prehľad tém a technológií z oblasti bezpečnosti v rámci linkovej, sieťovej a aplikáцnej vrstvy. Výučba tohto predmetu je plánovaná na šk. roku 2018/2019 namiesto predmetu Optimalizácia konvergovaných sietí. Zvažuje sa nad jeho realizáciou v nástroji EVE-ng v rámci ďalšieho nasadenia do vyučovania.

Keďže predmet je nový a jeho osnova ešte nie je pevne stanovená, zoznam vyučovaných technológií nie je uvedený. Prehľad tém vyučovaných na kurze čerpá z materiálov Cisco Network Security (IINS) (210-260), ktorý je dostupný na stránke [41].

Predmet vyžaduje Cisco zariadenia, konkrétne prepínače, smerovače, popr. Cisco firewall a koncové zariadenia na platforme Linux alebo Windows.

63

5.6 Pokročilé prepínanie v informačno-komunikačných sieťach

Predmet obsahuje témy z oblasti CCNP Switching. Momentálne sa na predmete používajú fyzické zariadenia, keďže katedra momentálne nedisponuje riešením na virtualizáciu prepínacích.

Vyučované témy na tomto predmete sa do veľkej miery zhodujú s predmetom Počítačové siete 1, avšak témy sú preberané podrobnejšie.

Osnova predmetu obsahuje navyše témy IP SLA, STP BPDU Filter, MST, CEF, MLS, FHRP IPv4 a IPv6, NTP Authentication, Cisco ISL trunks, DHCP Snooping, PVLAN.

Na predmete sa pracuje predovšetkým s fyzickými prepínacím a Cisco. Nástroj EVE-ng umožňuje do topológie integrovať aj rôzne Cisco prepínače.

5.7 Pokročilé smerovanie v informačno-komunikačných sieťach

Predmet obsahuje témy z oblasti CCNP Routing. Momentálne sa na predmete používa nástroj Dynamips/Dynalab. Ten obsahuje topológie, ktoré využívajú smerovače rady Cisco 7200, keďže je to jediný Dynamips smerovač, ktorý v plnom rozsahu podporuje technológie vyučované na predmete.

Vyučované témy na tomto predmete sa do veľkej miery zhodujú s predmetom Počítačové siete 2, avšak témy sú preberané podrobnejšie.

Osnova predmetu obsahuje navyše témy PBR, Route redistribution, Route filtering, IP SLA, MP-BGP.

Na predmete sa pracuje predovšetkým so smerovacím a prepínacím Cisco. Nástroj EVE-ng umožňuje do topológie integrovať aj rôzne Cisco smerovače, od jednoduchších, až po pokročilejšie.

64

Kapitola 6

Virtuálne zariadenia

Dôležitú súčasť virtuálneho laboratória tvoria aj jeho zariadenia. Po analýze vyučovania sme mohli začať s ich získavaním a testovaním.

6.1 Získavanie

Zariadenia boli získavané z rôznych zdrojov. Predovšetkým boli použité zariadenia, ktoré sa už na katedre používali. Zároveň sme pre usmernenie vyhládavania vychádzali aj zo zoznamu zariadení, ktoré nástroj EVE-ng podporoval.

Ako už bolo naznačené v časti 4.3.1, EVE-ng podporuje rôzne typy zariadení. Patria medzi ne, podľa typu hypervizora, napr. zariadenia typu Dynamips, Cisco IOU a QEMU.

6.1.1 Metodika

Najprv sme vychádzali zo zoznamu podporovaných zariadení na oficiálnej stránke EVE-ng. Z neho potom boli vybrané tie typy zariadení, ktoré by mohli byť využiteľné pre vyučované témy na katedre. Medzi ne patrili hlavne zariadenia Cisco, Juniper a koncové zariadenia na platforme Linux a Windows.

Následne sme prešli k vyhládavaniu potrebných virtuálnych zariadení. Väčšina z nich pochádza z rôznych internetových zdrojov. Nie vždy boli zariadenia v správnom formáte a bolo potrebné ich pred použitím v EVE-ng vykonať ich konverziu, čo platilo hlavne pre QEMU/KVM zariadenia. Potom museli byť na serveri umiestnené do adresára, ktorý prislúchal danému typu zariadenia, či už podľa modelu alebo typu hypervizora pre zariadenie. Správneho adresára pre zariadenie bol vybraný hlavne podľa zdrojov [48, 47] a súboru

65

/opt/unetlab/html/includes/init.php. Tie obsahovali inštrukcie na správny formát názvu a oprávnení potrebných súborov a adresárov pre pridávané zariadenie. Podrobnejšie sa pridávaniu zariadení venuje kapitola 6.2.

Potom, ako sa zariadenie správnym spôsobom pridali na server, bola vo webovom rozhraní EVE-ng vytvorená topológia, kde boli tieto zariadenia testované, či je možné ich spustiť v topológii, čomu sa venuje časť 6.3.1.

6.1.2 Vyhodnotenie

Zoznam všetkých získaných virtuálnych zariadení je k dispozícii v kapitole 9.1 v bode 9.1.4. Všetky získané zariadenia sa nachádzajú na fyzickom EVE-ng serveri v adresári /opt/unetlab/addons/rozne_zariadenia. Zdroje, odkiaľ boli virtuálne zariadenia čerpané sú uvedené v kap. 9.1 v bode 9.1.5. Spôsob konverzie zariadení a všeobecný spôsob ich pridávania na EVE-ng server je opísaný v kap. 9.1 v bode 9.1.2.14. Získané zariadenia je možné použiť nielen v nástroji EVE-ng, ale aj v iných virtuálnych sieťových laboratóriách, napr. v GNS3. Pretože GNS3 a EVE-ng majú podobnú množinu podporovaných zariadení, bol pre importovanie zariadení z EVE-ng do GNS3 vytvorený skript (viď kap. 9.1 bod 9.1.2.2.3.).

6.2 Pridávanie

Zariadenia boli do nástroja EVE-ng pridávané predovšetkým podľa návodov z oficiálnej EVEng stránky [42]. Pokiaľ na pridanie daného zariadenia na stránkach EVE-ng neexistoval žiadny záznam alebo bol neúplný či chybný, bol použitý návod z iného zdroja alebo bol vytvorený nový návod. Návod na pridanie zariadenia z iných zdrojov sa nachádzajú v kapitole 9.1 v bode 9.1.4. V tomto súbore sú pre potrebné zariadenia v stĺpci Popis uvedené odkazy na jeho pridanie v časti Pridanie zariadenia, čo je zrejme aj z tabuľky 5. Nápomocný boli predovšetkým návody z zdroja [47], kde sa nachádzali aj návody pre zariadenia, ktoré síce nástroj EVE-ng podporoval, ale neuvádzal spôsob, ako ich na server pridať, ako napr. ExtremeXOS (prepínač), Cumulus VX (prepínač), Juniper Olive (smerovacia) a CheckPoint Security Gateway (firewall). Novovytvorené návody pre niektoré zariadenia sú k dispozícii aj v kapitole 9.1 v bodoch 9.1.2.17.-9.1.2.21. Nové návody boli vytvorené pre virtuálne zariadenia, ako sú napr. Juniper

66

vMX (smerovacia), VyOS (smerovacia) či Cisco ASAv (firewall). Pokiaľ by sme chceli do EVE-ng pridať ďalšie zariadenia, odporúčame sa, aby boli otestované

podľa krokov popísaných v častiach 6.3.1, 6.3.2 a 6.3.3.

6.3 Testovanie

Testovanie zariadení bolo vykonané, aby sa zaistila kvalita a plynulosť vyučovacieho procesu, ako aj predvídateľnosť a replikovateľnosť behu jednotlivých zariadení a topológií.

6.3.1 Testovanie spustiteľnosti

Ako prvé bola testovaná spustiteľnosť zariadení. Na základe nej sa zistilo, či je zariadenie schopné sa zapnúť a byť konfigurované pomocou vzdialeného prístupu.

Metodika Vybrané zariadenia sme pridávali do predpripravenej topológie v EVE-ng. Následne sme vybrali jedno zariadenie, ktoré sme následne spustili. Ak sa zariadenie nespustilo, skúšali sme zistiť príčinu a vykonávali rôzne úpravy, akými by sme zariadenie v topológii spustili napr. modifikovať súbor, z ktorého sa zariadenie spúšťa, opraviť oprávnenia, premenovať súbor do správneho formátu, upraviť systémové parametre zariadenia a pod.

Ak sa zariadenie spustilo, skúsili sme sa pripojiť na jeho konzolu. Keď sa naň nedalo pripojiť, zariadenie sme zastavili a zmenili protokol na vzdialený prístup; obvykle stačilo vyskúšať protokoly telnet a vnc. V prípade, že zariadenie je v poriadku, mali by sme aspoň jedným z týchto protokolov dostať textový resp. grafický výstup konzoly na zariadení.

Ak sme sa nakoniec pripojili ku konzole zariadenia, sledovali sme jeho spúšťanie. Čakali sme na dokončenie spúšťania. V prípade, že sa zariadenie úspešne spustilo, prihlásili sme sa donú predvolenými prihlasovacími údajmi, ak to bolo potrebné, a vyskúšali sme, či konzola reaguje na vstup z klávesnice. Ak konzola reagovala, zariadenie zostalo uložené na serveri. Ak sme ku zariadeniu nevedeli zistiť prihlasovacie údaje, umiestnili sme ho do osobitného adresára.

Ak sa ani po týchto úkonoch zariadenie nespustilo, odstránili sme ho zo servera. Týmto spôsobom sme získali množinu spustiteľných zariadení v EVE-ng topológií.

67

Vyhodnotenie

Celkovo bolo takýmto spôsobom otestovaných takmer 100 typov zariadení. Niektoré typy zariadení boli testované vo viacerých verziách. Celkovo bolo v nástroji EVE-ng takto otestovaných približne 250 jednotlivých zariadení. Z nich bolo vybraných 81 tých najnovších a zároveň funkčných zariadení. Tie sa nachádzajú na serveri v adresári /opt/unetlab/addons/ v príslušnom podadresári daného hypervízora: dynamips, iol a qemu. Odtiaľ sú k dispozícii na vytvorenie topológií vo webovom rozhraní EVE-ng. Výsledky testovania spustiteľnosti zariadení sú zhrnuté v súbore sumarny_prehlad_podporovanych_zariadeni_vo_virtualnych_sietovych_nastrojoch.ods, ktorý je znázornený na obr. 21. Súbor obsahuje viacero stĺpcov, ktorých význam je bližšie vysvetlený v tabuľke 5. Z výstupov tohto testovania bol vytvorený aj skript na úpravu šablón, ktorý je bližšie opísaný v závere tejto časti.

Tabuľka 5: Popis stĺpcov v sumárnom prehľade zariadení

Stĺpec Zariadenie Platforma Názov súboru Spôsob virtualizácie Predvolené prihlasovacie údaje Spôsob pripojenia Úspešné spustenie Poznámky

Popis Názov alebo modelové označenie zariadenia. Názov a verzia operačného systému zariadenia. Pomenovanie zariadenia na serveri. Hypervízor, pod ktorým zariadenie môže byť spustené. Predvolené prihlasovacie meno a heslo, ak to zariadenie vyžaduje. Protokol, ktorý sa používa na vzdialenú konfiguráciu zariadenia. Informácia, či sa zariadenie v topológii spustilo. Bližší popis správania sa daného zariadenia, popr. problémy pri používaní zariadenia a ich možné riešenie. Dôležité sa v ňom môžu nachádzať niektoré podporované technológie a internetové odkazy ako zdroj pre informácie uvádzané pre dané zariadenie. V časti v časti Pridanie zariadenia sú uvedené odkazy na pridanie zariadenia do nástroja EVE-ng.

68

Obr. 21: Tabuľkový dokument s výsledkami testovania spustiteľnosti

Ďalšie stĺpce slúžia pre prieskum spustiteľnosti zariadení v rôznych nástrojoch nasadených na rôznych platformách.

Pokiaľ sme zistili, že protokol vzdialeného prístupu sa odlišuje od predvoleného protokolu v šablóne na EVE-ng serveri, túto šablónu sme museli upraviť ručne. Avšak s postupným nárastom testovaných zariadení rástol aj počet úprav v šablónach pre jednotlivé zariadenia. Preto sme sa rozhodli vytvoriť skript (kap. 9.1 bod 9.1.2.2.1.), ktorý by celý proces automatizoval. Tento skript na úpravu šablón upravuje jednotlivé atribúty konkrétnym zariadeniam. Výsledky testovania sa prejavili v skripte na úpravu šablón, v ktorom boli nastavené atribúty pre protokol na vzdialený prístup k zariadeniam, príp. vlastnosti rozširujúcich kariet zariadení.

6.3.2 Testovanie systémových požiadaviek

Testovanie systémových požiadaviek zariadení bolo realizované na fyzickom EVE-ng serveri. Tento druh testovania bol dôležitý preto, aby sme mohli danému zariadeniu nastaviť dostatočné technické parametre, ktoré boli zmerané nástrojmi na meranie systémových prostriedkov. Tak zaistíme jeho plynulý chod a predídeme rôznym komplikáciám počas používania vo vyučovaní. Tieto parametre sú uložené v šablóne pre dané zariadenie.

Úprava šablón je realizovaná skriptom, po ktorého vykonaní sa príslušným zariadeniam zmenia konkrétne technické parametre v šablóne. Po úprave šablón sa zmeny prejavujú okamžite a po pridaní zariadenia do topológie, kedy sa jeho parametre automaticky nastavujú na správne hodnoty. Pre vybrané zariadenia boli merané tieto veličiny:

69

• Vytázenie procesora • Využitie operačnej pamäte • Vytázenie pevného disku

Vytázenie procesora bolo merané z dôvodu jeho intenzívnej činnosti hlavne počas spúšťania zariadení, ale môže byť vytážený aj po dokončení spúšťania. Na základe toho budeme vedieť určiť, koľko zariadení budeme môcť v topológii spustiť naraz, a koľko už spustených zariadení zvládne server spravovať celkovo. Pri meraní vytázenia procesora bolo merané celkové vytázenie aj vytázenie jednotlivých jadier procesora.

Operačná pamäť je najviac využitá po dokončení spúšťania zariadenia. Kapacita operačnej pamäte ovplyvňuje celkový počet spustených zariadení na serveri. Meranie jej vytázenia je pomerne jednoduché pre celý systém, ale pre tieto účely bolo potrebné s vysokou presnosťou vedieť, koľko operačnej pamäte využíva iba konkrétne zariadenie.

Na meranie využitia operačnej pamäte boli použité dva nástroje: ps a ps_mem. Prvý z nich už bol na EVE-ng serveri prítomný, druhý bolo potrebné nainštalovať dodatočne. Na meranie boli použité dva nástroje, aby sa navzájom výsledky oboch nástrojov medzi sebou validovali. Disk je najviac vytážený predovšetkým pri spúšťaní zariadenia, ale môže byť vytážený aj po dokončení spúšťania. Vytázenie disku bolo do merania zahrnuté, aby sme vedeli odhadnúť, do akej miery je spúšťanie a beh zariadení ovplyvnené načítaním zariadenia z pevného disku. Z merania bola vynechaná frekvencia procesora a vytázenie sieťového rozhrania. Frekvencia procesora bola vynechaná, lebo procesor podľa príkazu watch lscpu | grep "MHz" striedal iba dve frekvencie, 2000.000 MHz (minimálna frekvencia) a 2333.000 MHz (maximálna frekvencia), nezávisle na celkovom vytážení procesora.

Vytázenie sieťovej karty je zanedbateľné pri meraní výkonnosti jednotlivých zariadení, keďže sa sieť využíva iba na interakciu používateľa s klientskou aplikáciou, čo vytvára zanedbateľnú záťaž.

Na monitorovanie vybraných veličín sú určené rôzne nástroje a stratégie. Mohli sme napr. vytvoriť skript, ktorý by pomocou viacerých špecializovaných nástrojov meral vytázenie jednotlivých prvkov systému, alebo použiť nástroj, ktorý je schopný monitorovať široké spektrum systémových zdrojov. Zvažovali sme tieto nástroje:

iostat monitorovanie procesov podľa využitia disku nmap monitorovanie sieťovej prevádzky

70

nethogs monitorovanie procesov podľa využitia sieťového rozhrania dstat monitorovanie rôznych systémových prostriedkov v CLI sysstat rovnako, ako nástroj dstat netdata monitorovanie rôznych systémových prostriedkov cez webové rozhranie

Z uvedených nástrojov sme sa rozhodli použiť nástroj dstat. Hlavným dôvodom, prečo sme sa rozhodli ďalej používať a upravovať tento nástroj a uprednostniť ho pred ostatnými nástrojmi, bolo predovšetkým ukladanie získaných údajov do CSV súboru. Dáta sa do CSV súboru zapisovali každú sekundu. Následne sme si vytvorili tabuľkový dokument, ktorý vyhodnocoval namerané dáta z CSV súboru. Vyhodnocovaním nameraných údajov sa budeme bližšie zaoberať v časti 6.3.2.

Nástroj dstat však bolo potrebné upraviť tak, aby zistil využitie operačnej pamäte iba pre zariadenia v EVE-ng topológii, nie celého systému. Pre tento účel sme vytvorili kópiu nástroja dstat s názvom dstat_custom. V tejto kópii sme následne upravovali jeho zdrojový kód pre naše potreby. Nástroj dstat bol vytvorený v programovacom jazyku Python.

Nástroj dstat_custom bol upravený tak, že merala využitie operačnej pamäte pre zariadenie v EVE-ng topológii nástrojmi ps a ps_mem. Obe dva príkazy merajú tú istú množinu procesov patriacu spustenému zariadeniu resp. spusteným zariadeniam topológii, aby sme mohli hodnoty oboch nástrojov medzi sebou porovnať. Hodnoty namerané oboma nástrojmi by mali byť približne rovnaké na to, aby sme mohli výsledky považovať za validné.

Vo výslednom CSV súbore vytvorenom nástrojom dstat_custom sa stĺpce used a buffered v časti memory usage nahradia stĺpcami MemUsed-ps a MemUsed-ps_mem.

Aby nástroj dstat_custom fungoval správne, musia byť nainštalované balíčky dstat, ps_mem a sultan. Význam prvých dvoch balíčkov už bol v tejto časti vysvetlený. Balíček sultan slúžil na vykonávanie terminálových príkazov zvnútra Python programu.

Výsledky z merania systémových požiadaviek je takisto možné použiť v iných nástrojoch na sieťovú virtualizáciu. Pokiaľ existuje ekvivalentný typ zariadenia aj v inom nástroji, je odporúčané aplikovať namerané systémové parametre do jeho šablóny za predpokladu, že je pre zariadenie použitý rovnaký spôsob virtualizácie resp. hypervízor, napr. QEMU/KVM, Docker a pod.

71

Metodika

Najprv bol vytvorený zoznam vybraných zariadení, ktorých systémové požiadavky sme sa rozhodli testovať. Ten sa nachádza v kapitole 9.1 v bode 9.1.2.29. a na obr. 22. Zoznam zariadení bol vytvorený na základe kapitoly 5 - Analýza vyučovania, keďže malo zmysel testovať iba tie zariadenia, ktoré by mohla katedra použiť vo vyučovaní.

Meranie systémových zdrojov zariadenia bolo vykonané nástrojom dstat_custom. Pred začiatkom každého merania bolo potrebné vykonať kroky, ktoré zvyšujú konzistenciu a presnosť výsledkov a reprezentujú najhoršie možné podmienky pre beh zariadenia. Všetky zariadenia sú uložené na rovnakom pevnom disku ako operačný systém.

Pred začatím merania výkonnosti každého zariadenia bolo v rámci úvodných krokov vypnuté používanie swap partície a vyprázdnené vyrovnávacie časti operačnej pamäte (cache a buffer).

Na EVE-ng serveri bola počas celého merania vypnutá funkcia UKMS (Universal Kernel Samepage Merging). UKMS je mechanizmus, ktorý umožňuje šetriť využitie operačnej pamäte, keď je spustených viacero zariadení rovnakého typu. Ak je ale UKMS aktívne a spustíme viac ako 10 QEMU zariadení, ich výkon by mohol byť v dôsledku tohto mechanizmu znížený [43]. Meranie systémových požiadaviek zariadenia prebiehalo nasledovne:

1. Do EVE-ng predpripravenej prázdnej topológie pridáme zariadenie, ktoré chceme testovať.
2. Nastavíme mu maximálne množstvo operačnej pamäte, s ktorým je zariadenie schopné úspešne sa spustiť. Ak je to možné, nastavíme počet procesorov na 1 CPU - tak bude záťaž na procesor minimalizovaná.
3. Vykonáme vyššie uvedené úvodné kroky pred meraním.
4. Nástrojom dstat_custom spustíme sledovanie systémových prostriedkov, ktorý bude ukladať

dat' namerané údaje do súboru. 5. Spustíme zariadenie. 6. Z nástroja zistíme čas spustenia zariadenia a zapíšeme si ho do osobitného súboru napr.

boot_time.txt. 7. Pripojíme sa na konzolu zariadenia. Počkáme, kým neuvidíme interaktívny príkazový riadok (CLI) alebo výzvu na prihlásenie. 8. Ak je to nutné, po úspešnom spustení zariadenia sa nan' prihlásime.

72

Obr. 22: Textový dokument so zoznamom zariadení pre testovanie ich systémových požiadaviek

9. Akonáhle uvidíme interaktívny príkazový riadok (CLI), do súboru boot_time.txt si uložíme čas, v ktorom zariadenie dokončilo svoje spúšťanie.

10. Zariadenie necháme 1-3 minúty stabilizovať. 11. Ukončíme sledovanie systémových prostriedkov. 12. Zastavíme zariadenie a odstránime ho z topológie.

Pokiaľ sa vyskytli komplikácie so spúšťaním alebo behom zariadenia, vrátili sme sa na krok 2 a stanovili sme pre zariadenie iné systémové parametre. Systémové parametre zariadenia sme menili dovtedy, kým sa zariadenie nespustilo a odozva z klávesnice z jeho konzoly bola prijateľná. Podrobnejší popis rôznych konfigurácií systémových parametrov pre konkrétne zariadenia je k dispozícii v kapitole 9.1 v bode 9.1.4.

Po skončení merania vznikli dva nové súbory: súbor s nameranými údajmi a súbor s trvaním spúšťania zariadenia. Tieto súbory tvorili vstup pre tabuľkový súbor na vyhodnocovanie nameraných údajov pre zariadenie, ktorému sa venujeme v nasledujúcej časti.

Po ukončení merania všetkých zariadení môžeme znova zapnúť "swap"partíciu.

Vyhodnotenie Po vytvorení súboru s nameranými údajmi a súboru s trvaním spúšťania zariadenia môžeme vložiť ich údaje do tabuľkového dokumentu. Na základe vstupných údajov sa automaticky pre-

73

pocítajú výstupné hodnoty vo všetkých tabuľkách tohto dokumentu. Nižšie je opísaný priebeh vyhodnotenia nameraných údajov:

1. Do hárku SuroveUdaje vložíme dáta namerané nástrojom dstat_custom. 2. Do hárku VstupVystup vložíme tieto údaje

(a) Do pol'a Start zadáme čas, kedy sme zariadenie spustili. (b) Do pol'a Stop zadáme čas, kedy zariadenie dokončilo svoje spúšťanie a zobrazilo

interaktívny príkazový riadok (CLI). (c) Do pol'a Množstvo voľnej RAM na serveri (MB) zadáme množstvo voľnej operacnej

pamäte na EVE-ng serveri v stave pokoja.

Po zadaní spomenutých vstupných údajov tabuľkový dokument poskytne v hárku VstupVystup odpovede na tieto otázky:

- Čas spúšťania - čas potrebný na dokončenie spúšťania zariadenia
- Odhadované množstvo operacnej pamäte pre jedno zariadenie / topológiu (MB)
- Odhadovaný počet zariadení, ktoré je možné naraz spustiť na základe celkového vytáženia CPU
- Odhadovaný počet sputených zariadení na základe celkového vytáženia CPU
- Odhadovaný počet sputených zariadení na základe voľnej RAM

Od všetkých vstupných údajov boli pred ďalším spracovaním odcítané namerané hodnoty z pokojového stavu EVE-ng servera.

Výsledky merania systémových požiadaviek zariadení reprezentujú najhorší možný scenár behu zariadenia.

Výsledky testovania vybraných zariadení sú prítomné v kapitole 9.1 v časti 9.1.2.1.2. eveng/profiling_and_benchmarking_results. Na obr. 23 je ako príklad znázornený výstup tabuľkového súboru pre systémové požiadavky virtuálneho smerovča Cisco 7200.

Podľa tabuľkového dokumentu bolo pre každé zariadenie nastavené množstvo operacnej pamäte a počet CPU v skripte na úpravu šablón.

Zariadenie vďaka tomu môžeme pridávať do topológie bez toho, aby sme museli premýšľať, či má nastavené dostatočné systémové parametre.

Celý proces merania systémových požiadaviek zariadení je bližšie vysvetlený v kapitole 9.1 v bode 9.1.2.28.

74

Obr. 23: Tabuľkový dokument s nameranými systémovými požiadavkami

6.3.3 Testovanie technológií

V tejto časti využijeme poznatky z kapitoly 5 - Analýza vyučovania a použijeme ich na testovanie, či vybrané zariadenia podporujú témy vyučované na katedre. Testované boli iba podporované technológie Cisco zariadení, keďže tie sa používajú vo vyučovaní najviac.

Cieľom testovania technológií je zistiť, do akej je možné použiť virtuálne zariadenia pri vyučovaní takých tém, na ktoré boli doposiaľ použité fyzické zariadenia alebo virtualizačné riešenia s užším rozsahom podporovaných technológií. Jednalo sa najmä o podporu prepínacích technológií na predmetoch Pokročilé prepínanie v informačno-komunikačných sieťach (CCNP Switching) a Počítacové siete 1 (CCNA 2 + prepínanie technológie).

Prioritné boli testované témy vyučované na CCNP kurze, keďže prepínanie technológií v CCNP kurze zahrňujú aj tie zo CCNA.

Metodika Na testovanie podporovaných technológií vybraných zariadení bol vytvorený skript, ktorý je dostupný v kapitole 9.1 v bode 9.1.3.4. a znázornený na obr. 24. Skript sa skladal z viacerých skupín konfiguračných príkazov, pričom každá skupina mala za úlohu testovať podporu konkrétnej technológie na zariadení. Časti tohto skriptu boli postupne zadávané do konfigurácie zariadenia.

Nižšie je uvedený zoznam testovaných zariadení pre tento účel:

75

Obr. 24: Skript na testovanie podporovaných technológií pre Cisco zariadenia

- Cisco IOL prepínač
- Cisco vIOS prepínač
- Cisco 3725 s EtherSwitch modulom
- Cisco 7200
- Cisco IOL smerovč
- Cisco vIOS smerovč
- Cisco CSR
- Cisco CSR-ng

Vyhodnotenie Po vykonaní konfiguračných príkazov zo skriptu bolo potrebné vyhodnotiť, či a do akej miery je testovaná technológia na danom zariadení podporovaná. Technológia bola označená ako podporovaná vtedy, ak príkaz nevyvolal žiadne chybové hlásenie. V opačnom prípade sa testovali alternatívne konfigurácie. Ak sa ani žiadna z alternatívnych konfigurácií nevykonala úspešne, technológia bola vyhodnotená ako nepodporovaná. Výsledky testovania technológií sú dostupné v kapitole 9.1 v bode 9.1.3.2. a ukážka tohto tabuľkového dokumentu je znázornená na obr. 25. V stĺpci Technológia sa nachádza názov vyučovanej témy. Stĺpec Predmety obsahuje skratku

76

Obr. 25: Tabuľkový súbor s podporovanými technológiami pre jednotlivé zariadenia

predmetu, na ktorej je táto téma vyučovaná. Podporované vyučované témy jednotlivých testovaných zariadení sú farebne odlišené, popr. doplnené krátkym komentárom.

Zo spomenutého súboru vyplýva, že prepínanie technológií sú dostupné iba na zariadeniach Cisco IOL prepínač a Cisco vIOS prepínač.

EtherSwitch modul na prepínaní Cisco 3725 síce podporoval niektoré prepínanie technológií, ale bolo ich výrazne menej. Prepínaními technológiami sa zaoberajú hlavne predmety Počítacové siete 1 a Pokročilé prepínanie v informačno-komunikačných sieťach.

Špeciálne postavenie má Cisco IOL smerovač, ktorý ako jediný v EVE-ng obsahuje sériové rozhrania, preto aj ako jediný v EVE-ng podporuje Point-to-point technológie. Tento druh smerovača je dôležitý pre predmety Počítačové siete 1/2 a Pokročilé prepínanie/smerovanie v informačno-komunikačných sieťach. Dôležitosťou je, že v EVE-ng nie je možné odchytať prevádzku pre sériové rozhranie. Zaujímavosťou je, že zo všetkých testovaných smerovačov mal najnižšiu spotrebu operačnej pamäte, cca 250 MB. V nástroji EVE-ng je prítomný Cisco IOL smerovač z roku 2017 s operačným systémom IOS 15.7-3.M0a.

Ukázalo sa, že smerovače Cisco 3725, Cisco 7200, Cisco IOL smerovač a Cisco vIOS smerovač majú veľmi podobnú množinu funkcií, až na malé odchýlky. Cisco 3725 s EtherSwitch modulom ako jediný spomedzi nich podporuje SVI, PortFast, 802.1Q Trunk, VTPv1/v2, STP, HSRP a HSRPv2 (oba pre IPv4), VRRPv2, SPAN a IGMP Snooping. avšak nepodporuje GLBP IPv6 ani EIGRP IPv6. Prepínanie technológie sú dostupné iba pre rozhrania v EtherSwitch module. Spomínané 4 smerovače je možné použiť v topológiách pre uzly, ktoré nevyžadujú sériové prepojenia v rámci ľubovoľného predmetu.

77

Smerovače Cisco CSR a Cisco CSR-ng sú vhodné na pokročilejšie sieťové technológie, ako napr. VPLS, vyučovaných na predmetoch Projektovanie sietí 1/2. Zvláštnosťou je chýbajúca podpora GLBP pre IPv6 na Cisco CSR. Zaujímavou je podpora niektorých prepínaných technológií pre Cisco CSR-ng a v menšej miere pre Cisco CSR, hoci je ich ešte menej, ako pri smerovači Cisco 3725. Nevýhodou oboch smerovačov, v porovnaní s ostatnými šiestimi, sú ich vyššie spotreba operačnej pamäte, cca 4,5 GB. Výsledky tohto prieskumu boli použité v poslednej fáze projektu - Nasadenie do vyučovania, ktorej sa venujeme v kapitole 7. Vyhodnotenie slúži iba na odhad, ktoré zariadenia majú najväčšiu pravdepodobnosť využitia na danom predmete. V prípade, že má predmet v zozname viacero zariadení, treba sa na základe ďalších kritérií rozhodnúť, ktoré z nich budú použité v topológii. Môžeme napr. brať do úvahy iné vyučované témy v topológii, systémové požiadavky zariadenia, iné technické obmedzenia zariadenia a pod. V každom prípade je potrebné pred vytvorením akejkoľvek topológie použiť zoznam podporovaných funkcií pre zariadenia v kapitole 9.1 v bode 9.1.3.2.

78

Kapitola 7

Nasadenie do vyučovania

Aby bola preverená celková kvalita a využiteľnosť virtuálneho laboratória, bol nástroj EVE-ng nasadený na vypracovávanie rôznych topológií z vybraných predmetov, ktoré sú opísané v nasledujúcich častiach tejto kapitoly. Zároveň budú popísané aj problémy, ktoré proces nasadzovania sprevádzali. Predmety sú uvedené v poradí podľa toho, v akom čase bol nástroj EVE-ng na nich používaný. Návod na vytvorenie vlastnej topológie je uvedený v kapitole 9.2.

7.1 Projektovanie sietí 2

V rámci predmetu Projektovanie sietí 2 bol nástroj EVE-ng nasadený do vyučovania na vypracovávanie topológií s pokročilejšími sieťovými technológiami. Topológie boli spustené na virtuálnom EVE-ng serveri.

V EVE-ng boli úspešne dokončené semestrálne práce zamerané na pokročilé technológie v témach z oblastí VPLS a Seamless MPLS. Téma EVPN bola vypracovávaná v nástroji ViRo2.

Topológie semestrálnych prác sa skladali z týchto zariadení:

- Cisco IOL smerovač - VPLS, Seamless MPLS • Cisco CSR - VPLS • Juniper Olive 12.1 - Seamless MPLS • Juniper vMX 15 - VPLS • Nokia VSR - EVPN

Vypracovávanie semestrálnych prác sa však nezaobišlo bez komplikácií. Neustále bola zapracovávaná spätná väzba študentov pracujúcich v skupinách ohľadom používania nástroja

79

EVE-ng a podporovaných technológií zariadení. Zistilo sa napríklad, že virtuálna inštalácia EVE-ng neposkytuje dostatočný výkon, ktorý bol potrebný na vypracovanie všetkých semestrálnych prác. Preto bol vytvorený fyzický EVE-ng server, ktorý bol nasadený na nasledujúcom predmete, Počítačové siete 2. Fyzický server vykazoval vyšší výkon v porovnaní s virtuálnym, čo mohlo byť s veľkou pravdepodobnosťou spôsobené dodatočným hypervízorom VMware pri virtuálnom serveri.

7.2 Počítačové siete 2

V rámci predmetu Počítačové siete 2 bol nástroj EVE-ng nasadený do vyučovania na vypracovávanie topológií s point-to-point technológiami. Topológie boli spustené na fyzickom EVE-ng serveri. V prípade zlyhania EVE-ng boli pripravené aj záložné topológie v nástroji Dynamips/Dynagen. Najprv bola vytvorená základná topológia, znázornená na obrázku 26. Tá pozostávala zo štyroch Cisco IOL smerovačov a dvoch koncových zariadení s operačným systémom Alpine Linux. Cisco IOL smerovač bol vybraný, pretože ako jediný podporoval sériové rozhrania a point-to-point technológie. Koncové zariadenie Alpine Linux bolo vybrané pre svoju nenáročnosť na systémové zdroje.

Celkovo bolo vytvorených 8 zhodných topológií, ktoré medzi sebou zdieľali jeden učiteľský smerovač. V topológii sa celkovo nachádzalo 33 Cisco IOL smerovačov a 16 koncových staníc. Celková topológia sa nachádza na obrázku 27.

IOL smerovače fungovali, až na príkaz clock rate na sériových rozhraniach, bez chyby. Ukázalo sa, že nastavenie DCE/DTE závisí od párnosti čísla skupiny. Párne číslo skupiny sériových rozhraní bude vždy DTE, nepárne vždy DCE, ako je zrejme z obrázku 28. Rozdelenie sériových rozhraní na DCE/DTE nezávislé od počtu ethernetových alebo sériových skupín, čo o potvrdzuje obrázok 29. Nastavenie DTE/DCE módu pre sériové rozhrania je v EVE-ng pri Cisco IOL smerovačoch pevne dané a nedá sa zmeniť, na čo treba myslieť pri návrhu topológie. Pre porovnanie, v nástroji Dynamips/Dynagen sa dá DCE/DTE mód na jednotlivých sériových rozhraniach ľubovoľne meniť.

V jednej študentskej skupine sa vyskytol problém s jednosmernou PAP autentifikáciou študentského smerovača a učiteľskému (R_Ucitel(s4/1)-5R2(s2/1)). Príkaz debug ppp authentication hlásil chybu pri autentifikácii. Riešenie spočívalo v odstránení

80

Obr. 26: Základná PPP topológia

Obr. 27: Celková PPP topológia 81

Obr. 28: Typy sériových rozhraní na IOL smerovači - 2 ethernetové + 8 sériových skupín

Obr. 29: Typy sériových rozhraní na IOL smerovači - 1 ethernetová + 8 sériových skupín 82

používateľ'a, vypnutí ppp konfigurácie a vypnutí rozhraní. Všetky tieto kroky boli vykonané aj na učiteľskom, aj na študentskom smerovači.

Následne sa konektivita obnovila a spojenie pomocou PAP autentifikácie sa úspešne nadviazalo.

Je možné, že problémy vznikli aj kvôli tomu, že medzi študentským a učiteľským smerovačom boli na oboch stranách sériové rozhrania párnej skupiny t.j. obidva konce linky boli typu DTE. Niektoré skupiny študentov boli tiež pripojené k učiteľskému smerovaču sériovým rozhraním z párnej skupiny, ale takéto problémy nezaznamenali. Podobne tomu bolo aj pri prepojení Cisco IOL smerovačov rozhraniami DCE.

Z toho vyplýva, že Cisco IOL smerovacie v EVE-ng majú pri prepojení dvoch smerovacích sériovou linkou s rovnakým módom nedefinované správanie. Tomu sa dá predísť vhodným návrhom topológie. Ten spočíva v tom, že sériové rozhrania medzi smerovacimi kombinujeme tak, aby bolo prepojené vždy sériové rozhranie párnej skupiny na jednom smerovacom i so sériovým rozhraním nepárnej skupiny na inom smerovacom i t.j. Serial2/x (DCE) na prvom smerovacom i sa musí pripojiť napr. k Serial3/x na druhom. V takom prípade DCE koniec po nastavení clock rate v príkaze show controllers zobrazí nastavený atribút received clockrate, DTE koniec naproti tomu zobrazí hodnotu n/a. Napriek tomu konektivita po správnom nastavení IP adres a zapnutí rozhraní bola aktívna.

Komplikácie s DCE/DTE a PPP autentifikáciou boli prítomné v prvom návrhu topológie, ktorý je znázornený na obrázku 30.

Pri testovaní DCE/DTE rozhraní sme narazili na obmedzenie nástroja EVE-ng. Community verzia je totiž dovoluje v jednej topológii mať spustených najviac 63 zariadení. Po spustení 64. sa na niekoľko sekúnd spustí, ale nakoniec sa automaticky vypne. Community verzia vie spustiť aj viac ako 64 zariadení v jednej topológii, ale vo výsledku sa spustia len niektoré, na prvý pohľad náhodne vybrané zariadenia. Avšak tie zariadenia, ktoré sa spustia, pracujú štandardným spôsobom. Uvedený problém sa nám nepodarilo vyriešiť ani rozšírením rozsahu portových čísel pre zariadenia v topológii.

Zmerané boli aj systémové požiadavky celkovej topológie na fyzickom EVE-ng serveri. Po vyhodnotení výsledkov merania sme zistili, že celá topológia, 33 Cisco IOL smerovacích a 16 koncových zariadení Alpine Linux, sa spúšťala približne 2 minúty, spotrebovala 13GB operatívnej pamäte a procesor vyťažovala na 21%. Celkovo by sme podľa celkového vyťaženia CPU mohli spustiť 4 takéto topológie, avšak množstvo operatívnej pamäte by dovolovalo spustiť iba 3. Tabuľkový dokument s výsledkami merania systémových požiadaviek topológie je prítomný

83 v kapitole 9.1 v bode 9.1.3.1.1.1.

Obr. 30: Základná PPP topológia - prvotný návrh Spomenutý súbor ukazuje veľké rozdiely v meraniach využitia operatívnej pamäte medzi nástrojmi ps a ps_mem v hárku VstupVystup, hoci sa merala rovnaká množina procesov. Po manuálnom overení sa ukázalo, že prvý menovaný nástroj vykazoval presnejšie výsledky, preto boli pri odhadoch použité ním namerané hodnoty. Študenti počas vypracovávaní topológie na predmete Počítačové siete 2 nezaznamenali žiadny rozdiel oproti nástroju Dynamips/Dynagen, keďže sa na zariadenia prihlasovali rovnako, pomocou nástroja PuTTY IP adresou a portom, pričom zariadenia poskytovali, až na malé výnimky rovnaké funkcie, ako v nástroji Dynamips/Dynagen. Nástroj EVE-ng na fyzickom serveri bol počas celej doby vypracovávania stabilný. Zariadenia boli počas celého vyučovania spustené a samovoľne sa nevypínali. Fyzický EVE-ng server je tým pádom vhodný na používanie na predmete Počítačové siete 2.

84

7.3 Projektovanie sietí 1

V rámci predmetu Projektovanie sietí 1 bol nástroj EVE-ng nasadený do vyučovania na vypracovanie topológií na tému MPLS. V prípade zlyhania EVE-ng boli pripravené aj záložné topológie v nástroji Dynamips/Dynagen.

Najprv bola stanovená základná topológia (obr. 31). Od nej sa odvíjali ostatné topológie. Celkovo bolo použitých týchto 6 typov zariadení:

- Cisco IOL prepínač
- Cisco IOL smerovacie
- Cisco 3725 smerovacie (Dynamips) s EtherSwitch modulom
- Cisco 7200 smerovacie (Dynamips)
- Cisco vIOS smerovacie (QEMU)
- Cisco vIOS prepínač (QEMU)

Topológie pozostávali z 10 Cisco smerovacích resp. Cisco MLS. Z každého typu boli spustené 2 topológie t.j. 20 zariadení, okrem Cisco vIOS a vIOS L2 prepínača, z ktorých bola vytvorená iba jedna pre každý typ.

Rôzne zariadenia sa použili preto, aby boli otestované funkcie ich jednotlivých typov. Pokiaľ by sa ukázalo, že viaceré zariadenia podporujú nutné technológie, môžeme v budúcnosti použiť iba tie, ktoré vyžadujú najmenšie systémové prostriedky. Tak sa dá maximalizovať množstvo spustených zariadení.

Celkovo bolo v topológii spustených 40 Dynamips zariadení, 40 IOL zariadení, a 20 QEMU zariadení. Vyťaženie procesora sa pohybovalo medzi 35-65%, pričom bolo využitých približne 28 GB operatívnej pamäte.

Študenti boli rozdelení do 10 skupín po dvoch študentoch. Z toho vyplýva, že bolo potrebné spustiť najmenej 10 topológií t.j. celkovo 100 zariadení.

Avšak EVE-ng vo verzii Community dokáže v jednej topológii stabilne spustiť najviac 63 zariadení. Preto boli vytvorené dva používateľské účty s rolou editor. V oboch účtoch bolo vytvorených 6 topológií, pre každý typ zariadenia jedna. Pre spomenuté používateľské účty bol vybraný taký POD identifikátor, aby sa portový rozsah začínal číslom 1, aby to zodpovedalo názvu smerovacieho a prvého smerovacieho, R1. Zvolené identifikátory boli 9 pre prvého a 14 pre druhého používateľa.

85

Obr. 31: Základná MPLS topológia [46]

Topológie boli vytvárané tak, aby bol zachovaný počet zariadení a ich prepojenia medzi nimi. Avšak názvy rozhraní rôznych typov zariadení neboli vždy rovnakého typu alebo neboli rovnako očíslované. Preto boli rozhrania pre jednotlivé typy zariadení vybrané tak, aby logicky podľa jednoduchého pravidla zodpovedali tým v pôvodnej topológii. Napr. Cisco IOL zariadenia mali 3 skupiny Ethernet rozhraní namiesto dvoch, aby sa názvy rozhraní zhodovali s pôvodným návrhom MPLS topológie (e2/x).

Súčasťou topológie je aj bridge zariadenie, ktorého úlohou je iba vytvoriť broadcast doménu medzi smerovacimi R2, R3 a R4 a preposielať v rámci nej rámce. Výhodou takéhoto zariadenia sú minimálne požiadavky na systémové prostriedky, keďže po jeho vytvorení sa vytvorený iba bridge rozhranie na serveri.

Každému študentovi bol vytvorený používateľský účet s rolou user. Tento účet mal slúžiť na prehliadanie topológie priradenej danej skupine. V momente, keď sa študenti začali prihlasovať do webového rozhrania EVE-ng a začali otvárať potrebné súbory s topológiami, server v dôsledku tejto záťaže vykazoval maximálne vyťaženie a stal sa nestabilným. Nestabi-

86

lita bola vyriešená ukončením výpočtovo náročných procesov pomocou vzdialeného prístupu cez SSH. Ukázalo sa, že otváranie topológie je v nástroji EVE-ng výpočtovo náročná činnosť. Tomuto problému sa dá predísť tak, že topológie budú jednotliví používatelia otvárať postupne, jeden po druhom. Pri sledovaní záťaže počas otvárania topológie server vykazoval vyššiu záťaž, ktorá sa po dokončení načítavania ustálila. Nakoniec si všetci študenti otvorili príslušné súbory s topológiou, aby videli, ktoré rozhrania je potrebné jednotlivým zariadeniam konfigurovať. Súbory s topológiou slúžili ako doplnok ku pôvodnému návrhu topológie, ktorý obsahoval dodatočné informácie, ako sú adresácia a čísla autonómnych systémov pre BGP.

Žiaľ, študenti nevypracovali topológiu na tému MPLS v nástroji EVE-ng, pretože dokončili úlohy z predchádzajúcich cvičení.

7.4 Vyhodnotenie

Z predmetov Počítačové siete 1, Pokročilé prepínanie v informačno-komunikačných sieťach a Pokročilé smerovanie v informačno-komunikačných sieťach neboli vypracované žiadne topológie.

Na predmetoch, kde nástroj EVE-ng nasadený bol, sa ukázalo, že ho je možné používať vo vyučovaní.

Pri nasadení na predmet Projektovanie sietí 2, kde bola použitá virtuálna inštalácia EVE-ng, bol naopak nástroj nestabilný, zariadenia často zamrzali a pri zadávaní príkazov do konzoly bola prítomná vyššia odozva z klávesnice. Mohlo to byť spôsobené mnohými faktormi, či už samotnou virtuálnou platformou VMware, alebo nesprávne nastavenými systémovými parametrami pre jednotlivé zariadenia v topológii. Napriek mnohým nedostatkom nástroja EVE-ng, je minimálne pre učiteľov výhodou, že môžu vytvárať topológie z grafického rozhrania, namiesto z príkazového riadku. Nevýhodami sú nemožnosť stabilne spúšťať viac ako 63 zariadení v jednej topológii. Jednotliví používatelia a študenti si svoje topológie nemôžu spravovať nezávisle na sebe, keďže toto je možné iba v Learning Centre verzii nástroja, ktorá súbory jednotlivých používateľov od seba oddeľuje.

Čo sa týka odhadov systémových požiadaviek topológii, tie môžeme odhadnúť súčtom systémových požiadaviek jednotlivých zariadení, ktoré sa v topológii budú nachádzať. Systémové požiadavky vybraných zariadení sú k dispozícii na CD v kap. 9.1 v bode 9.1.2.1.2. Tak môžu

byť vopred odhadnuté systémové požiadavky konkrétnej topológie. Z meraní systémových požiadaviek celých topológií z predmetov Počítacové siete 2 a Pro-

jektovanie sietí 1 vyplýva, že namerané systémové požiadavky zariadení uvedené v kap. 9.1 v bode 9.1.2.1.2. reprezentujú najhorší možný scenár a v skutočnosti fyzický EVE-ng server bude mať ešte dostatočnú výkonovú rezervu. Rezervu je možné pri homogénnej topológii kvantifikovať jednoduchšie, než pri topológiách s rôznymi druhmi zariadení.

88

Kapitola 8

Záver

Cieľom práce bolo nasadenie nástroja na sieťovú virtualizáciu do vyučovacieho procesu katedry. Najprv bolo potrebné preskúmať existujúce riešenia pre virtuálne sieťové laboratóriá a porovnať ich na základe zvolených kritérií. Z porovnania vyplynulo, že existujú viaceré nástroje na sieťovú virtualizáciu, ktorými sa má zmysel ďalej zaoberať, konkrétne GNS3 a EVE-ng. Nakoniec však bol zvolený druhý menovaný nástroj. Následne bol tento nástroj nainštalovaný na virtuálnu platformu VMware a fyzický server.

Po nasadení nástroja do sieťovej infraštruktúry katedry boli analyzované vyučované témy vybraných predmetov na Katedre informatických sietí. Táto analýza pomohla pri získavaní virtuálnych zariadení do nástroja EVE-ng. Získané zariadenia boli v nástroji EVE-ng testované na ich spustiteľnosť, systémové požiadavky a podporu vyučovaných tém. Výsledky testovania boli zaznamenané do tabuľkového dokumentu s výsledkami testovania spustiteľnosti zariadení (kap. 9.1 bod 9.1.4.), tabuľkových dokumentoch s výsledkami testovania systémových požiadaviek zariadení (kap. 9.1 bod 9.1.2.1.2.) a tabuľkového dokumentu s výsledkami testovania vyučovaných technológií na vybraných virtuálnych zariadeniach (kap. 9.1 bod 9.1.3.2.). Pre analyzované predmety boli vybrané zariadenia, ktoré boli počas nasadenia do využitia použité pri vytváraní topológií. Zariadenia boli pre predmety vybrané tak, aby pokryli čo najväčšiu časť vyučovaných tém. Študenti na cvičeniach pod vedením vyučujúceho používali tento nástroj, aby sa overila jeho použiteľnosť v reálnom vyučovacom procese.

Celý proces bol dôsledne a prehľadne dokumentovaný. Dokumentácia podrobne opisuje celý proces práce od inštalácie nástroja EVE-ng a jeho následnej úpravy až po získavanie a testovanie virtuálnych zariadení a nasadenie nástroja do využitia. Dokumentácia je prítomná na priloženom CD, ktorého adresárovú štruktúru je možné vidieť v kapitole 9.1.

89

Na výsledkoch tejto práce sa dá v budúcnosti pokračovať v mnohých smeroch. Práca môže slúžiť ako východiskový bod pri skúmaní ďalších virtuálnych sieťových laboratórií s použitím metodík popísaných v rôznych častiach tejto práce. To by mohlo viesť k vytvoreniu ideálneho riešenia pre virtuálne sieťové laboratórium, ktoré by v sebe kombinovalo výhody nástrojov ViRo2, GNS3 a EVE-ng, pričom jadro by tvoril práve nástroj GNS3. Ideálne sieťové laboratórium by obsahovalo rezervácie topológií z nástroja ViRo2, grafické používateľské rozhranie, jednoduchú škálovateľnosť naprieč viacerými servermi, dodatočnú podporu Docker popr. LXC/LXD kontajnerov a izoláciu používateľov spolu ich súbormi a adresármi. Vo svojej práci som sa snažil splniť aspoň niektoré zo spomenutého stručného zoznamu požiadaviek.

Ďalším krokom v pokračovaní projektu by mohlo byť nasadenie nástroja EVE-ng resp. GNS3 do LXC kontajnera pre lepšiu škálovateľnosť. Takisto by bolo zaujímavé preskúmať využitie katedrového OpenStack riešenia ako virtuálne sieťové laboratórium.

V každom prípade nasadenie konkrétneho nástroja do vyučovacieho procesu katedry posunulo vyučovanie na nej na vyššiu úroveň, čo dokazuje, že virtuálne sieťové laboratórium tvorí dôležitú súčasť pri využívaní sieťových technológií.

90

Kapitola 9

Prílohy

9.1 CD

9.1.1. diplomova_praca 9.1.1.1. praca 9.1.1.1.1. praca.pdf 9.1.1.2. zadanie_diplomovej_prace.pdf

9.1.2. eve_ng 9.1.2.1. profiling_and_benchmarking_results 9.1.2.1.1. 0_pokojoy_stav 9.1.2.1.2. adresare_s_meranimi_systemovych_poziadaviek_pre_kazde_zariadenie 9.1.2.2. skripty 9.1.2.2.1. 10_1_update_eve_ng_templates.sh 9.1.2.2.2.

12_1_backup_gns3_and_eveng_data_to_backup_server.sh 9.1.2.2.3. import_eveng_qemu_devices_to_gns3.sh 9.1.2.2.4.

CiscoIOUKeygen_iougen_eve-ng_python2.py 9.1.2.2.5. CiscoIOUKeygen_iougen_eve-ng_python3.py 9.1.2.2.6.

CiscoIOUKeygen_gns3_python2.py 9.1.2.2.7. CiscoIOUKeygen_gns3_python3.py 9.1.2.2.8. dstat_custom 9.1.2.3.

01_0_vytvorenie_vzdialenej_pracovnej_plochy_nomachine.txt

91

9.1.2.4. 01_1_vytvorenie_vzdialenej_pracovnej_plochy_vnc.txt 9.1.2.5. 01_2_vytvorenie_vzdialenej_pracovnej_plochy_x2go_BROKEN_IN_STRETCH 9.1.2.6. 02_instalacia_vmware_player_debian.txt 9.1.2.7. 03_hardverova_konfiguracia_EVE_vo_VMware_Player.txt 9.1.2.8.

04_0_instalacia_eve_ng.txt 9.1.2.9. 04_1_instalacia_eve_ng_do_lxc_kontajnera.txt 9.1.2.10. 05_0_prvotna_konfiguracia_EVE_ng.txt 9.1.2.11.

05_1_adresarova_struktura_uzitocne_eve_ng_subory.txt 9.1.2.12. 06_zabezpecenie_servera.txt 9.1.2.13.

07_0_podporovane_zariadenia_v_UnetLab_EVE-ng.txt 9.1.2.14. 07_1_pridavanie_a_konverzia_zariadeni.txt 9.1.2.15.

07_2_vypocet_idle_pc_hodnot_pre_dynamips_zariadenia.txt 9.1.2.16. 07_3_pridanie_cisco_c2691_do_eve_ng-CIASTOCNY_USPECH.txt 9.1.2.17.

07_4_pridavanie_zariadeni_do_eve_ng_juniper_vmx_17.3.txt 9.1.2.18. 07_5_pridavanie_zariadeni_do_eve_ng_cisco_prime_infra.txt 9.1.2.19.

07_6_pridavanie_zariadeni_do_eve_ng_vyos.txt 9.1.2.20. 07_7_pridavanie_zariadeni_do_eve_ng_pfsense.txt 9.1.2.21.

07_8_pridavanie_zariadeni_do_eve_ng_cisco_asav.txt 9.1.2.22. 07_9_vytvorenie_windows_10_kvm_virtualky_s_virtio_ovladacmi-

DBAD63B6562F4451A9216B7DC2D5D414

www.crzp.sk/webprotokol?pid=DBAD63B6562F4451A9216B7DC2D5D414

CIASTOCNY_USPECH.txt 9.1.2.23. 08_vytvorenie_cisco_iou_iol_licencie.txt 9.1.2.24. 09_0_vytvorenie_labu_v_eve_ng.txt 9.1.2.25.
 10_0_uprava_sablon.txt 9.1.2.26. 11_sprava_pouzivatelov_a_MySQL_databazy.txt 9.1.2.27. 12_0_migracia_zalohovanie_obnovenie_eve_ng.txt
 9.1.2.28. 13_0_profiling_and_benchmarking.txt 9.1.2.29. 13_1_profiling_and_benchmarking_device_list.txt 9.1.2.30.
 14_aktualizovanie_eve_ng.txt 9.1.2.31. 15_aktivacia_podpory_pre_docker_kontajnery-CIASTOCNY_USPECH.txt 9.1.2.32.
 16_0_eve-ng_integracia_s_web_prehliadacmi.txt 9.1.2.33. 16_1_eve-ng_odchytavanie_prevadzky_v_topologii.txt
 92
 9.1.2.34. 17_00_sprístupnenie_pouzivatelskych_rolí_v_EVE-ng_web_rozhrani.txt 9.1.2.35. 17_02_eve_ng-prihlasenie_sa_na_server.pcapng
 9.1.2.36. 17_03_eve_ng-vmazanie_pouzivatela_z_web_gui.pcapng 9.1.2.37. 17_04_eve_ng-vytvorenie_pouzivatela_z_web_gui.pcapng
 9.1.2.38. 17_05_eve_ng-vytvorenie_pouzivatela_z_web_gui_user_role.pcapng 9.1.2.39.
 17_06_eve_ng-prihlasenie_pouzivatela_time-8.606958977
 _8.642465542.pcapng 9.1.2.40. 17_07_eve_ng-prihlasenie_sa_ako_pouzivatel_typu_user_time
 _0.372278908.pcapng 9.1.2.41. 17_10_eve_ng-vypis_vsetkych_pouzivatelov_z_api_FIX_wireshark.pcapng 9.1.2.42.
 17_11_eve_ng-vypis_pouzivatela_typu_user_z_api_wireshark.pcapng 9.1.2.43.
 18_0_eve_ng-BUG-email_a_name_ide_nastavit_ale_nejde_odstranit-time
 _5.66_18.198_18.37-FollowHTTPStream_136.025_143.6.pcapng 9.1.2.44.
 18_0_eve_ng-BUG-email_a_name_ide_nastavit_ale_nejde_odstranit.txt 9.1.2.45. 19_0_eve_ng-Display_too_small_BUG.txt 9.1.2.46.
 20_0_eve_ng-Nezobrazuje_sa_chybove_hlasenie_o_nedostatočných
 _opraveniach_pre_BUG_UNRESOLVED.txt 9.1.2.47. 20_2_eve_ng-Nezobrazuje_sa_chybove_hlasenie_o_nedostatočných
 _opraveniach_pre_BUG_UNRESOLVED.txt.pcapng 9.1.2.48. 21_0_eve_ng-Topologia_so_spustenými_zariadeniami_sa_neda_zatvorit.txt
 9.1.2.49. pripojenie_unetlab_eve_ng_k_lokalnej_sieti_a_internetu.odt
 9.1.3. materialy_na_predmety
 9.1.3.1. nasadenie_do_vyucovania 9.1.3.1.1. Pocitacove_siete_2 9.1.3.1.1.1. ps2_7_tyzen_ppp_topologia_final_8_replik_33_IOL_L3_a_16
 _QEMU_Alpine_Linux.ods 9.1.3.1.1.2. PS2_7_tyzen_FINAL_navrh.unl 9.1.3.1.1.3. PS2_7_tyzen_FINAL.unl 9.1.3.1.1. Projektovanie_sieti_1
 9.1.3.1.1.1. PrS1_9cv_MPLS_navrh.unl 9.1.3.1.1.2. PrS1_9cv_MPLS_set1.unl
 93
 9.1.3.1.1.3. PrS1_9cv_MPLS_set2.unl 9.1.3.1.1. Projektovanie_sieti_2
 9.1.3.1.1.1. eVPN.unl 9.1.3.1.1.2. Mcast VPN.unl 9.1.3.1.1.3. Seamless MPLS.unl 9.1.3.1.1.4. VPLS.unl 9.1.3.2. 0_0_vyucovane_techologie.ods
 9.1.3.3. 0_1_zoznam_techologii.txt 9.1.3.4. 0_2_vyucovane_techologie_testovaci_skript_cisco.txt 9.1.4.
 sumarny_prehlad_podporovanych_zariadeni_vo_virtualnych_sietovych_nastrojoch.ods 9.1.5. zdroje_informacii_a_zariadeni.txt 9.1.6.
 monitorovanie_servera_netdata.txt 9.1.7. eve-ng-integration_kis
 94

Obr. 32: Prihlasovacia obrazovka EVE-ng

9.2 Používanie EVE-ng

V tejto kapitole opisujem kroky na vytvorenie topológie následnú prácu so zariadeniami v nej v nástroji EVE-ng.

9.2.1 Vytvorenie topológie

Topológie sa vytvárajú prostredníctvom webového rozhrania EVE-ng. Nižšie sú uvedené kroky na vytvorenie topológie v EVE-ng.

1. Najprv sa prihlásime do nástroja EVE-ng cez webové rozhranie v natívnom móde - Native console (obr. 32). Webové rozhranie je dostupné v 2 módoch: natívnom a HTML5. Rozdiely medzi jednotlivými módmí sú popísané v bode 10. Pre úspešné prihlásenie musíme mať vytvorený používateľ'ský účet, c' o môže urobiť iba používateľ s rolou admin.

95

Obr. 33: Hlavná obrazovka EVE-ng

Obr. 34: Menu pre úpravu súborov

2. Po prihlásení sa zobrazí hlavná obrazovka (obr. 33). V ľavej časti sa nachádza správca súborov, v ktorom si vyberieme adresár, kde bude uložený súbor s topológiou.

3. Po výbere adresára klikneme na ikonku háčku s popisom Add new lab (obr. 34), čím začneme vytváranie novej topológie. Topológiu môže vytvoriť iba používateľ s rolou editor alebo admin.

4. Zobrazí sa dialógové okno, do ktorého zadáme atribúty topológie (obr. 35). Pre úspešné vytvorenie súboru stačí vyplniť iba povinné atribúty: Name (názov topológie) a Version (verzia topológie).

5. Po kliknutí na tlačidlo Save sa súbor s topológiou vytvorí a následne sa zobrazí pracovná plocha na vytvorenie topológie (obr. 36).

Novovytvorená topológia je prázdna.

6. Do topológie môžeme po jej vytvorení pridávať tieto prvky: Node zariadenie Network siet'

96

Obr. 35: Dialógové okno na vytvorenie nového súboru s topológiou

Obr. 36: Ukážka novovytvorenej (prázdnej) topológie s ovládacím panelom

Obr. 37: Kontextové menu pre pridanie zariadenia

Picture obrázok Custom Shape geometrický tvar - obdĺžnik/elipsa Text textové polia

Spomenutý zoznam prvkov (obr. 37) sa zobrazí v kontextovom menu po pravom kliknutí na prázdne miesto v topológii alebo po kliknutí na ikonku + v menu na ľavej strane obrazovky. Keď chceme pridať do topológie napríklad zariadenie, v kontextovom menu klikneme na možnosť Node. Následne sa zobrazí dialógové okno pre vyhládanie zariadenia (obr. 38). Vyhládanie si môžeme uľahčiť tak, že do vyhládacieho riadku napíšeme úvodné znaky pridávaného modelu zariadenia. Po jeho výbere sa zobrazí dialógové okno na úpravu jeho parametrov (obr. 39). Jediné polia, ktorými by sa používateľ potreboval zaoberať, sú Name/prefix (názov zariadenia) a Number of nodes to add (počet zariadení, ktoré sa do topológie pridávajú naraz). Všetky ostatné polia sú už nastavené a nie je potrebné ich meniť. Po kliknutí na tlačidlo Save sa do topológie pridá toľko zariadení, koľko bolo zadáných do pol'a Number of nodes to add. Pre každé zariadenie sa vygeneruje a priradí portové číslo, pomocou ktorého bude možné pripojiť sa na jeho konzolu. Generovanie portových čísel pre zariadenia v EVE-ng je bližšie vysvetlené v časti 9.2.2 - Pridelovanie portových čísel zariadeniam. 7. Po pridaní prvkov do topológie vytvoríme spojenia medzi jednotlivými zariadeniami. Zariadenia je možné prepájať iba rozhraniami rovnakého typu (Ethernet-Ethernet, Serial-Serial). Prepájať je možné iba vypnuté zariadenia. Prepojenie medzi zariadeniami vytvoríme kliknutím na ikonu vidlice s popisom Connect to another node (obr. 40) a potiahnu-

98

Obr. 38: Dialógové okno pre vyhládanie zariadenia

DBAD63B6562F4451A9216B7DC2D5D414

www.crzp.sk/webprotokol?pid=DBAD63B6562F4451A9216B7DC2D5D414

Obr. 39: Dialógové pre úpravu parametrov pridávaného zariadenia 99

Obr. 40: Ikona na prepájanie zariadení

Obr. 41: Priebeh prepájania zariadení

tím myši smerom ku druhému zariadeniu (obr. 41). Následne sa objaví dialógové okno s výberom rozhraní pre obidve zariadenia, ktoré majú byť prepojené (obr. 42). Po výbere rozhraní z oboch rozbaľovacích zoznamov klikneme na tlačidlo Save. Dialógové okno sa zatvorí a vytvorí sa prepojenie medzi zariadeniami pre zvolené rozhrania (obr. 43). Po nastavení správnych IP adries na prepojených rozhraniach bude vytvorená konektivita medzi zariadeniami. 8. Po prepojení prvkov v topológii je možné upravovať ich atribúty rôznymi spôsobmi.

- Najjednoduchším spôsobom úpravy platným pre všetky prvky je presunutie prvku myšou.
- Zariadenia je možné upravovať v zozname zariadení po kliknutí na položku Nodes v menu na ľavej strane obrazovky (obr. 44).
- D' alší spôsob, ako upraviť parametre zariadenia je pravým kliknutím na zariadenie a kliknutím na Edit (obr. 45).
- Siete sa dajú upravovať v zozname sietí po kliknutí na položku Networks v menu na ľavej strane obrazovky (obr. 46).
- Obrázky, geometrické tvary a textové polia vieme upravovať v zozname objektov po kliknutí na položku Configured objects v menu na ľavej strane obrazovky (obr. 47).

D' alší spôsob na úpravu prvkov v topológii je upravovanie samotného súboru s topológiou na serveri s príponou unl (obr. 48). Tieto súbory sú napísané vo formáte XML a sú uložené v adresári /opt/unetlab/labs/. Súbory môže upravovať iba administrátor EVE-ng servera alebo používateľ so sudo oprávneniami. Prvky sú definované značkami, ktoré definujú ich typ (zariadenie, sieť, textové pole a pod.). Nižšie je uvedený zoznam niektorých značiek použitých v unl súbore.

100

Obr. 42: Dialógové okno na výber prepájaných rozhraní

Obr. 43: Úspešné vytvorenie prepojenia

Obr. 44: Dialógové okno so zoznamom zariadení v topológii 101

Obr. 45: Dialógové okno na úpravu zariadenia

Obr. 46: Dialógové okno so zoznamom sietí v topológii 102

Obr. 47: Dialógové okno so zoznamom grafických a textových objektov

<node> - zariadenie v topológii id - identifikačné číslo zariadenia; slúži na vygenerovanie portového čísla; musí byť unikátne name - názov zariadenia; zobrazuje sa pod jeho ikonkou; malo by byť unikátne, kvôli prehľadnosti topológie left - vzdialenosť od ľavého okraja plochy v topológii top - vzdialenosť od horného okraja plochy v topológii uuid - UUID identifikátor zariadenia; musí byť unikátny; iba pre QEMU zariadenia firstmac - MAC adresa prvého rozhrania pre zariadenia; iba pre QEMU zariadenia <interface> - pripojené rozhrania pre zariadenie id - identifikačné číslo pripojeného rozhrania; musí byť unikátne remote_id - identifikačné číslo vzdialeného zariadenia - odkaz na atribút id v značke <node> iného zariadenia; iba pre zariadenia typu IOL network_id - identifikačné číslo siete; iba pre Ethernet rozhrania <networks> - zoznam vytvorených sietí v topológii <network> - sieť v topológii; vytvára sa ako bridge rozhranie pre prepojenie dvoch Ethernet rozhraní medzi zariadeniami alebo pri pridaní siete z kontextového menu pri zvolení položky Network id - identifikačné číslo siete; musí byť unikátne visibility - viditeľnosť siete; v prípade, že prepájame dve Ethernet rozhrania, je atribút nastavený na hodnotu 0 - sieť (bridge rozhranie) je v topológii skrytá; ak pridávame do topológie sietí explicitne cez Add a new object ->

103

Obr. 48: Ukážka UNL súboru

Network, atribút sa nastaví na hodnotu 1 a sieť bude viditeľná v topológii

Zmeny v unl súbore sa prejavajú až po znovunacítaní stránky (klávesou F5) alebo topológie (kliknutím na Refresh topology v menu na ľavej strane obrazovky). Experimentovaním sme zistili, že vytváranie topológií a duplikácia jej prvkov v unl súbore je pomerne náročná, zd'lhavá a náchylná na chyby. Pri duplikácii zariadení bolo náročné udržať prehľad o.i. aj o identifikátoroch zariadení a rozhraní a ich vzájomnom prepojení.

Výhodnejšie sa ukázalo najprv použiť webové rozhranie, potom tabuľku zariadení Nodes a nakoniec upraviť unl súbor:

(a) Najprv vo webovom rozhraní vytvoríme topológiu, pridáme do nej zariadenia a poprepájame ich.

(b) Potom v tabuľke zariadení Nodes upravíme názvy zariadení v stĺpci Name (obr. 44). (c) Ak je potrebné, nakoniec v unl súbore presnejšie upravíme súradnice prvkov v topológii definovaných atribútmi left a top. Výsledkom týchto úprav je celkové zlepšenie vzhľadu topológie. Môžeme tak urobiť aj vo webovom rozhraní v dialógovom okne pre úpravu zariadenia v atribútoch Left a Top, avšak v unl súbore vieme súradnice prvkov upraviť hromadne.

9. Potom, ako sme pridali zariadenia do topológie a navzájom ich prepojili, ich môžeme

104

Obr. 49: Spustenie jedného zariadenia

Obr. 50: Spustenie skupiny zariadení

spustiť. Zariadenia sa dajú spustiť buď jednotlivito, skupinovo alebo všetky naraz. Zariadenia môže spúšťať iba používateľ s rolou admin alebo editor.

- Jedno zariadenie spustíme tak, že nan klikneme pravým tlačidlom a zvolíme Start (obr. 49).
- Skupinu zariadení spustíme tak, že ich najprv označíme myšou resp. vyberieme zariadenia kombináciou Ctrl + ľavé kliknutie. Následne na jedno z označených zariadení klikneme pravým tlačidlom a zvolíme Start Selected (obr. 50).
- Všetky zariadenia spustíme kliknutím na položku More actions a zvolíme možnosť Start all nodes (obr. 51).

10. Po spustení zariadení sa sprístupní ich vzdialená konzola. Spôsob, akým sa na pripájame na konzoly zariadení sa líši podľa toho, v akom móde sme sa do EVE-ng prihlásili. V bode 1 sme spomenuli, že do webového rozhrania EVE-ng sa dá prihlásiť v dvoch režimoch: v HTML5 alebo natívnom móde. Výber módu priamo ovplyvňuje aj spôsob, akým pristupujeme ku konzolám zariadení. HTML5 mód zabezpečuje vzdialený prístup k zariadeniam pomocou reverzného proxy servera Apache Guacamole, ktorý sa pripája na konzoly zariadení. V tomto móde sa na obrazovke s otvorenou topológiou po kliknutí na zariadenie otvorí jeho vzdialená konzola, pričom nie je možné pripojiť sa ku konzolám zariadenia pomocou telnet alebo vnc klienta.

105

Obr. 51: Spustenie všetkých zariadení

DBAD63B6562F4451A9216B7DC2D5D414

www.crzp.sk/webprotokol?pid=DBAD63B6562F4451A9216B7DC2D5D414

HTML5 mód web rozhrania EVE-ng bol však menej stabilný a reagoval výrazne pomalšie pri práci s topológiou v provonaní s natívnym módom. Preto bolo webové rozhranie d'alej používané iba v natívnom režime. Natívny režim vyžaduje, aby sme mali pre vzdialený prístup ku zariadeniam na lokálnom počítači nainštalované dodatočné nástroje. Na prístup k zariadeniam z lokálneho počítača potrebujeme mať nainštalovaného telnet a VNC klienta. Pre platformu Windows môžeme zvoliť kombináciu napr. PuTTY a RealVNC Viewer, pre platformu Linux zase terminál, napr. BASH a TigerVNC. Následne sa navigujeme myšou na zariadenie, na ktoré sa chceme pripojiť, ale namiesto toho, aby sme naň klikli, zapamätáme si údaje zobrazené v ľavom alebo pravom dolnom rohu obrazovky (obr. 52) t.j. protokol, IP adresa servera a portové číslo. Tieto údaje následne zadáme do zodpovedajúceho klienta podľa protokolu. Po zadaní správnych údajov by sme sa mali pripojiť na vzdialenú konzolu zariadenia. Aby sme mohli pristupovať ku konzole zariadenia z webového rozhrania pri kliknutí naň, potrebujeme mať na lokálnom počítači nainštalovaný tzv. EVE-ng integračný balíček. Ten existuje pre platformy Windows a Linux. D'alej sme upravovali iba integračný balíček pre platformu Linux, z ktorého nakoniec vznikla ďalšia, bezpečnejšia verzia. Jednalo sa úpravy, ktoré zabezpečovali vzdialený prístup k zariadeniam s protokolmi telnet a vnc pomocou SSH tunelov a odchytyvanie prevádzky z rozhrania zariadenia ako štandardný

106

Obr. 52: Adresa na vzdialený prístup k zariadeniu (vľavo dole)

používateľ namiesto používateľa root. Predvolený integračný balíček takúto funkciu neobsahuje. Vykonané úpravy nemajú výrazný vplyv na funkčnosť pre koncového používateľa. Predvolené verzie integračných balíčkov je možné stiahnuť zo zdroja [44] pre platformu Windows a zo zdroja [45] pre platformu Linux. Inštalácia a popis jednotlivých úprav integračného balíčka EVE-ng pre platformy Windows a Linux je popísaná v kapitole 9.1 v bode 9.1.2.32. Upravená verzia integračného balíčka pre platformu Linux je dostupná v kapitole 9.1 v bode 9.1.7.

Vyššie uvedené kroky popisujú vytvorenie základnej topológie s rôznymi prvkami. V ďalších častiach bude popísané, ako EVE-ng generuje a pridá portové čísla zariadeniam, pomocou ktorých sa pripájame na ich vzdialené konzoly a to, ako prepojiť viacero topológií medzi sebou resp. ako pripojiť topológiu k internetu.

9.2.2 Pridelovanie portových čísel zariadeniam

Po pridaní ľubovoľného zariadenia do topológie sa preň vygeneruje portové číslo, ktoré mu je následne priradené. Portové čísla rozlišujú zariadenia v topológii a slúžia na pripojenie sa na ich vzdialené konzoly. Vždy sa vyberie najnižšie dostupné portové číslo.

107

Rozsah portových čísel pre daného používateľa sa generujú vzťahom $32768 + 128 * \text{POD} + \text{ID}$, kde POD je unikátne identifikačné číslo používateľa a ID je unikátne identifikačné číslo zariadenia. Za uvedený výpočet je zodpovedná funkcia `__construct` v súbore `/opt/unetlab/html/includes/__node.php`.

Ak do topológie pridáme viacero zariadení naraz, budú mať portové čísla idúce za sebou. V prípade, že si rôzni používatelia otvoria rovnaký súbor s topológiou, bude mať každý z používateľov prístup ku vlastným zariadeniam. Pokiaľ bude počet zariadení v topológii ≤ 63 , portové čísla zariadení sa nebudú prekrývať a každý z používateľov bude môcť pracovať s topológiou nezávisle na sebe. Ak ľubovoľný z používateľov do topológie pridá zariadenie,vidia ho všetci, ale až po obnovení topológie (F5/Refresh topology). Vyššie uvedené správanie bolo otestované po otvorení rovnakého súboru s topológiou dvomi rôznymi používateľmi s rôznymi používateľskými rolami (admin a editor). S pridelením portových čísel súvisí aj problém popísaný v časti 4.2.5, pretože do vzťahu na výpočet portového čísla sa neberie do úvahy počet topológií, ktoré má používateľ spustené.

9.2.3 Pripojenie topológie k internetu / prepojenie topológií navzájom

Do EVE-ng topológie je možné pridať prvok typu sieť, ktorý umožní pripájať topológie medzi sebou alebo ich pripájať ku internetu.

Sieť do topológie pridáme kliknutím na ikonu + (Add an object) a zo zoznamu vyberieme položku Network. Objaví sa dialógové okno na úpravu parametrov pridávanej siete (obr. 53). Pre správnu funkčnosť a prehľadnosť stačí zmeniť iba atribúty Name a Type. To textového pol'a atribútu Name zadáme názov pridávanej siete. Z rozbaľovacieho zoznamu (obr. 54) si následne zvolíme typ siete:

bridge - Slúži na vytvorenie siete na prepojenie zariadení v jednej topológii.

Management (Cloud0) - Sieť, pomocou ktorej vieme pripojiť topológiu k živej sieti alebo internetu.

Cloud1-9 - Siete, ktoré slúžia na prepájanie topológií medzi sebou na jednom serveri.

Po pridaní siete do topológie k nej môžeme pripájať ľubovoľný počet zariadení prostredníctvom Ethernet rozhraní. Sieť bude pre zariadenia, ktoré sú na ňu pripojené, slúžiť ako hub (rozbočovací), čím je možné v topológiách vytvárať broadcast domény.

108

Obr. 53: Dialógové okno pre pridanie siete

Obr. 54: Typy sietí 109

Obr. 55: Ukážka topológie s rôznymi typmi sietí V prípade, že topológiu pripájame na živú sieť prostredníctvom Cloud0, je potrebné pre rozhranie zariadenia pripojeného k tejto sieti priradiť IP adresu buď pomocou DHCP, alebo staticky manuálnou konfiguráciou. Ak je potrebné, povolíme IP adresu na zariadení firewall. Príklad topológie s rôznymi typmi sietí je znázornený na obr. 55.

110

Literatúra

[1] HWANG Wu-Yuin, HAREGOT Michael, KONGCHAROEN Chaknarin (2017) Webbased hybrid virtualization laboratory to facilitate network learning: HVLab. IEEE Conference Publication. ISBN: 978-1-5386-1431-0

[2] Yu.A. USHAKOV, P.N. POLEZHAEV, L.V. LEGASHEV, A.E. SHUKHMAN, I.P. BOLODURINA (2016) Virtual cloud network laboratory based on IaaS with automatized creation of network topology on demand. IEEE Conference Publication. ISBN: 978-15090-1841-3

[3] Cisco Systems, Inc. (03-26-2018) Introduction to Packet Tracer | Cisco NetAcad. [Online] [cit. 2018-03-27]. Dostupné na: <<https://www.netacad.com/courses/intro-packet-tracer/>>.

[4] MCKENZIE Peter (10-17-2016) Where to find packet tracer for Mac OS? How to install it? - 101872 - The Cisco Learning Network. [Online] [cit. 2018-03-27]. Dostupné na: <<https://learningnetwork.cisco.com/thread/101872>>.

[5] ccnav6.com (07-05-2017) 7.1.1.4 Packet Tracer - ACL Demonstration Instructions Answers. [Online] [cit. 2018-03-25]. Dostupné na: <<https://ccnav6.com/wp-content/uploads/2017/07/7.1.1.4-Packet-Tracer-ACL-Demonstration-Instructions.jpg>>.

[6] EasyPass Computer Training Centre (05-08-2016) Dynamips / Dynagen Tutorial. [Online] [cit. 2018-03-25]. Dostupné na: <<http://www.iteasypass.com/Dynamips.htm>>.

[7] EasyPass Computer Training Centre (05-08-2016) Dynamips / Dynagen Tutorial. [Online] [cit. 2018-03-25].

111

Dostupné na: <<http://www.iteasypass.com/Dynamips%20-%20Dynagen%20Tutorial.files/image002.gif>>

[8] DUPONCHELLE Julien, LINTOTT Daniel, GROSSMANN Jeremy (07-24-2017) GNS3/dynamips: Dynamips development. [Online] [cit. 2018-03-25]. Dostupné na: <<https://github.com/GNS3/dynamips>>.

DBAD63B6562F4451A9216B7DC2D5D414

www.crzp.sk/webprotokol?pid=DBAD63B6562F4451A9216B7DC2D5D414

- [9] SEGEČ Pavel, NIL - Network Information Library (04-11-2014) Connecting Dynamips/Dynagen router with a real network - in linux | NIL - Network Information Library. [Online] [cit. 2018-03-25]. Dostupné na: <<http://nil.uniza.sk/network-simulation-and-modelling/dynamipsdynagen/connecting-dynamipsdynagen-router-real-network-linux>>.
- [10] Route Reflector Labs (03-21-2018) Unified Networking Lab v2 (UNetLabv2) | Andrea Dainese. [Online] [cit. 2018-03-25]. Dostupné na: <<http://www.routereflector.com/unetlab/>>.
- [11] DAINESI Andrea (05-30-2016) dainok/iou-web. [Online] [cit. 2018-03-25]. Dostupné na: <<https://github.com/dainok/iou-web>>.
- [12] WANG Jack (2017) Cisco IOU. [Online] [cit. 2018-03-25]. Dostupné na: <<http://www.firewall.cx/cisco-technical-knowledgebase/cisco-servicetech/1172-cisco-virl-virtual-internet-routing-lab-introduction.html>>.
- [13] FORDHAM Stuart (06-15-2013) Getting started with Cisco IOU - IOS on Unix - Part 1 | www.802101.com. [Online] [cit. 2018-03-25]. Dostupné na: <<https://www.802101.com/getting-started-cisco-iou-ios-unix/>>.
- [14] FERRO Greg (04-17-2011) Cisco IOU:Connect IOU with real or external networks — EtherealMind. [Online] [cit. 2018-03-25]. Dostupné na: <<http://etherealmind.com/cisco-iou-external-real-network-remote/>>.
- [15] FARES Ryan (12-10-2015) Cisco IOU Web Interface – netbrainstlearn. [Online] [cit. 2018-03-25]. Dostupné na: <<https://i2.wp.com/www.routereflector.com/images/posts/2012/09/iou-web-new.png>>.
- [16] Cisco Systems, Inc. (2018) Cisco Virtual Internet Routing Lab Personal Edition (VIRL PE) 20 Nodes - The Cisco Learning Network. [Online] [cit. 2018-03-26]. Dostupné na: <<https://learningnetworkstore.cisco.com/virtual-internet-routing-lab-virl/cisco-personal-edition-pe-20-nodes-virl-20>>.
- [17] JACOB Mark, Interface Technical Training (08-14-2015) How to create a simple network topology using Cisco VIRL. [Online] [cit. 2018-03-26]. Dostupné na: <<https://www.interfacett.com/blogs/how-to-create-a-simple-network-topology-using-ciscos-virl/>>.
- [18] JACOB Mark, Interface Technical Training (08-28-2015) How to interact with a simple network topology built using Cisco's VIRL. [Online] [cit. 2018-03-26]. Dostupné na: <<https://www.interfacett.com/blogs/how-to-interact-with-a-simple-network-topology-built-using-ciscos-virl/>>.
- [19] Cisco Skills (01-07-2017) Cisco VIRL and Windows VMs. [Online] [cit. 2018-03-26]. Dostupné na: <<https://ciscoskills.net/2017/01/07/cisco-virl-and-windows-vm/>>.
- [20] WANG Jack (07-27-2015) Cisco VIRL External Connectivity – Speak Network Solutions. [Online] [cit. 2018-03-26]. Dostupné na: <<https://www.speaknetworks.com/cisco-virl-external-connectivity/>>.
- [21] Cisco Systems, Inc. (2018) Virtual Internet Routing Lab (VIRL) Features - The Cisco Learning Network Store. [Online] [cit. 2018-03-26]. Dostupné na: <<https://learningnetworkstore.cisco.com/virlfaq/features>>.
- [22] LIU Wen, Inc. (04-28-2016) VIRL Personal Edition vs. the Academic Edition - 30411 The Cisco Learning Network. [Online] [cit. 2018-03-26]. Dostupné na: <<https://learningnetwork.cisco.com/docs/DOC-30411>>.
- [23] JACOB Mark, Interface Technical Training (08-28-2015) How to interact with a simple network topology built using Cisco's VIRL. [Online] [cit. 2018-03-26]. Dostupné na: <<https://www.interfacett.com/wp-content/uploads/2015/08/013-interact-with-simple-network-topology-in-Cisco-VIRL.jpg>>.
- [24] JACOB Mark, Interface Technical Training (08-28-2015) How to interact with a simple network topology built using Cisco's VIRL. [Online] [cit. 2018-03-26]. Dostupné na: <<https://www.interfacett.com/wp-content/uploads/2015/08/013-interact-with-simple-network-topology-in-Cisco-VIRL.jpg>>.
- [25] CASSETTO Orion (09-26-2017) Why CMS Platforms Are Common Hacking Targets | Security Tips. [Online] [cit. 2018-04-13]. Dostupné na: <<https://www.incapsula.com/blog/cms-security-tips.html>>.
- [26] HADAC Peter (04-27-2017) ViRo2 - online web nástroj na podporu vyučovania sietí. [Online] [cit. 2018-03-26] str. 32-36, 52-55. Dostupné na: <<http://opac.crzp.sk/?fn=detailBiblioForm&sid=F972C28947B4ECBEDC061D4570AC&seo=CRZP-detail-kniha>>.
- [27] Stack Exchange Inc (2018-03-19) Stack Overflow Developer Survey 2018. [Online] [cit. 2018-03-27] Dostupné na: <https://insights.stackoverflow.com/survey/2018/?utm_source=Iterable&utm_medium=email&utm_campaign=dev-survey-2018-promotion#most-loved-dreaded-and-wanted>.
- [28] DAINESI Andrea (05-23-2017) dainok/iou-web. [Online] [cit. 2018-03-26]. Dostupné na: <<https://github.com/dainok/iou-web>>.
- [29] HAGEN, LAN-Monitor.de (03-19-2016) Was ist UNetLab? – LAN-Monitor.de. [Online] [cit. 2018-03-26]. Dostupné na: <<https://www.lan-monitor.de/wp-content/uploads/was-ist-unetlab-01-test-lab.png>>.
- [30] DAINESI Andrea, Route Reflector Labs (03-21-2018) Unified Networking Lab v2 (UNetLabv2) | Andrea Dainese. [Online] [cit. 2018-03-26]. Dostupné na: <<http://www.routereflector.com/images/unetlab/unetlab-architecture.png>>.
- [31] BuiltWith R Pty Ltd (03-26-2018) IP_adresa_servera Technology Profile. [Online] [cit. 2018-03-26]. Dostupné na: <https://builtwith.com/IP_adresa_servera>.
- [32] EVE-NG Ltd. (2018) Compare Editions. [Online] [cit. 2018-03-26]. Dostupné na: <<http://www.eve-ng.net/index.php/features/compare>>.
- [33] EVE-NG Ltd. (2018) Features. [Online] [cit. 2018-03-26]. Dostupné na: <<http://www.eve-ng.net/index.php/features/features>>.
- [34] ZIAJKA Dominik, GROSSMANN Jeremy, DUPONCHELLE Julien (02-08-2018) Docker support in GNS3 - GNS3. [Online] [cit. 2018-03-26]. Dostupné na: <<https://docs.gns3.com/1KGkv1Vm5EgeDusk1qS1svacpuQ12UQSVK3XqJ01WKGc/>>.
- [35] ZIAJKA Dominik, GROSSMANN Jeremy (03-12-2018) GNS3/gns3-gui: GNS3 Graphical Network Simulator: GNS3 server. [Online] [cit. 2018-03-27]. Dostupné na: <<https://github.com/GNS3/gns3-gui>>.
- [36] ZIAJKA Dominik, GROSSMANN Jeremy (03-14-2018) GNS3/gns3-server: GNS3 server. [Online] [cit. 2018-03-27]. Dostupné na: <<https://github.com/GNS3/gns3-server>>.
- [37] ZIAJKA Dominik (03-26-2018) GNS3/gns3-web-ui: WebUI implementation for GNS3. [Online] [cit. 2018-03-27]. Dostupné na: <<https://github.com/GNS3/gns3-web-ui>>.
- [38] ZUPPETTA Bruno Paolo (September 2017) Discussions - Console port - GNS3. [Online] [cit. 2018-03-27]. Dostupné na: <<https://www.gns3.com/qa/console-port-2>>.
- [39] LOOKY Silva (06-05-2017) Discussions - Edit the default "Console Port Range" for remote server ? - GNS3. [Online] [cit. 2018-03-27]. Dostupné na: <<https://www.gns3.com/discussions/edit-the-default-console-port-ra>>.
- [40] VMware, Inc. (03-11-2016) GNS3/gns3-server: GNS3 server. [Online] [cit. 2018-03-27]. Dostupné na: <<https://communities.vmware.com/docs/DOC-8970>>.

[41] Cisco Systems, Inc. (02-07-2018) IINS Exam Topics - The Cisco Learning Network. [Online] [cit. 2018-03-31]. Dostupné na: <https://learningnetwork.cisco.com/community/certifications/security_ccna/iins-v3/exam-topics>.

[42] EVE-NG Ltd. (04-01-2018) HowTo's. [Online] [cit. 2018-04-01]. Dostupné na: <<http://www.eve-ng.net/index.php/documentation/howto-s/>>.

[43] EVE-NG Ltd. (03-31-2018) FAQ. [Online] [cit. 2018-04-03]. Dostupné na: <<http://www.eve-ng.net/index.php/faq>>.

[44] EVE-NG Ltd. Windows Client side Pack. [Online] [cit. 2018-04-16]. Dostupné na: <<http://www.eve-ng.net/downloads/windows-client-side-pack>>.

[45] EVE-NG Ltd. Linux Client side Pack. [Online] [cit. 2018-04-16]. Dostupné na: <<http://www.eve-ng.net/downloads/linux-client-side>>.

[46] SEGEC~ Pavel Projektovanie sietí 1, Prednáška - MPLS. [Online] [cit. 2018-04-19]. Dostupné na: 116

<https://github.com/kyberdrb/FRI/raw/master/Ing/2.semester/Projektovanie_Sieti_1/cvika/cv10_11_MPLS/dokumentacia_MPLS/obr/mpls_isis_topo.png>. [47] BUNAI Nawir (02-07-2015) Unetlab Installation on ESXi | Nbctcp's Weblog. [Online] [cit. 2018-04-19]. Dostupné na: <<https://nbctcp.wordpress.com/2015/07/02/unetlab-installation-on-esxi/>>. [48] EVE-NG Ltd. (2017) Qemu image naming. [Online] [cit. 2018-04-19]. Dostupné na: <<http://www.eve-ng.net/documentation/images-table>>. [49] EVE-NG Ltd. (2018) Professional. [Online] [cit. 2018-04-21]. Dostupné na: <<http://www.eve-ng.net/buy/eve-ng-professional-edition>>. [50] EVE-NG Ltd. (2018) Learning Center. [Online] [cit. 2018-04-21]. Dostupné na: <<http://www.eve-ng.net/buy/eve-ng-learning-edition>>.

117