

# Porovnanie času konvergencie siete medzi softvérovo riadenými sieťami a sieťami podporujúcimi protokol OSPF

Peter Kaňuch

Fakulta informatiky a informačných technológií  
Slovenská Technická Univerzita  
Slovenská republika, 841 04 Bratislava IV  
Email: xkanuch@stuba.sk

Nikolas Janec

Fakulta informatiky a informačných technológií  
Slovenská Technická Univerzita  
Slovenská republika, 841 04 Bratislava IV  
Email: xjanec@stuba.sk

**Abstrakt**—Dynamické smerovacie protokoly sa v posledných desaťročiach značne rozvinuli. Avšak pri súčasných narastajúcich požiadavkách sa ich zavedenie do vnútorných firemných siet stáva nevhodné v mnohých aspektoch. Ako východiskom pri súčasných požiadavkách sa stáva aplikovanie softvérovo definovaných siet – SDN. Tento článok bol vypracovaný za účelom porovnania dosiahnutých výsledkov práce opísaných v článku [10], kde autori porovnávali časy konvergencie a doby odozvy medzi OSPF ako zástupcom dynamických smerovacích protokolov a SDN. Naše výsledky potvrdili, že nasadenie SDN je v súčasnosti lepšou alternatívou ako OSPF. Ale výsledné časy neboli až tak rozdielne ako je uvedené v danom článku.

**Keywords**—SDN, Mininet, OpenFlow, HP Van, OSPF, Cisco iOS

## I. ÚVOD

Najčastejšie používaným smerovacím protokolom vo veľkých korporátnych, či firemných sieťach je protokol OSPF (*Open Shortest Path First*) z dôvodu, že tento protokol podporuje širokú škálu funkcionality pre siete poskytovateľov [1]. V poslednom období sa začali dostávať do popredia SDN siete (*Softvérovo riadené siete*), ktoré prinášajú určité výhody oproti klasickým sieťam.

## II. OSPF

Je dynamický smerovací protokol, ktorý sa používa v rámci jedného autonómneho systému (IGP). Patrí do skupiny Link-state protokolov vď aka čomu smerovač vo firemnej sieti pozná:

- Všetky ostatné smerovače
- Vzájomné prepojenia medzi smerovačmi
- Všetky koncové aj prepojovacie siete
- Ceny všetkých rozhraní

OSPF sa skladá z troch štruktúr:

- 1) Tabuľka susedov – informácie o známych susedov
- 2) Topologická databáza – informácie o všetkých smerovačoch a ich pripojených sieťach v danej oblasti ale taktiež aj informácie o sieťach v iných oblastiach, nad touto databázou každý smerovač pomocou SPF

algoritmu si prepočíta najkratšiu cestu ku všetkým uzlom v sieti

- 3) Smerovacia tabuľka – obsahuje next-hop na najkratšiu cestu pre každú známu sieť [11]

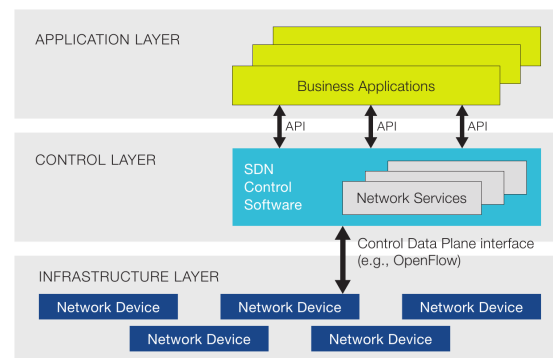
## III. SOFTVÉROVO RIADENÉ SIETE

### A. SDN

Softvérovo riadené siete (SDN) majú centralizovanú architektúru [2], čo znamená, že zariadenia v sieti sú centralizovane riadené z jedného kontroléra. SDN architektúru tvoria nasledovné vrstvy:

- Aplikačná vrstva - ponúka služby pre virtualizáciu, smerovanie, firewall, ...
- Kontrolná vrstva - pozostáva z kontrolera, ktorý jednak komunikuje s aplikáciami cez rozhranie, ale aj priamo s fyzickou vrstvou (infraštruktúrou).
- Vrstva infraštruktúry - pozostáva z fyzických zariadení pripojených v sieti

Základným prvkom v Softvérovo riadených sieťach je virtualizácia. Tá dovoľuje, aby softvér, ktorý riadi celú sieť bežal nezávisle od fyzickej vrstvy (zariadení/hardvéru) [3].



Obr. 1. SDN architektúra

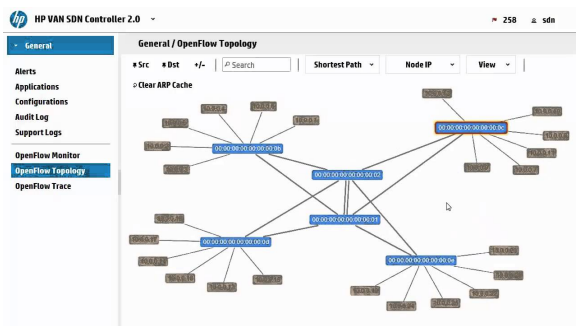
## B. OpenFlow

Komunikačný protokol pre SDN sieť, ktorý umožňuje priamu interakciu kontrolera s fyzickými zariadeniami. Je štandard, ktorý dovoľuje vzdialene konfigurovať zariadenia od rôznych výrobcov [4]. Taktiež umožňuje úpravu smerovacích tabuliek pomocou pridávania rôznych pravidiel.

## IV. TESTOVANIE

### A. Testovacie prostredie

- VirtualBox v5.1.28
- Ubuntu-14.04.5-server-amd64
- Mininet simulátor - Mininet je nástroj určený pre simuláciu SDN siete [5]. Napodobňuje kompletnú sieť zariadení ako hosts, prepínače a jednotlivé prepojenia medzi nimi. Dokáže simulovať sieť pomocou virtualizácie založenej na procesoch. Taktiež podporuje protokol OpenFlow.
- HP Van SDN kontrolér 2.7.18 - je softvér, ktorý poskytuje centrálny bod pre správu siete podporujúce protokol OpenFlow [6]. Taktiež poskytuje rozhranie pre vývoj Java aplikácií inými vývojarmi. Je navrhnutý najmä pre fungovanie v dátových centrách. Návod na jeho inštaláciu a potrebné nastavenia nájdete na [github.com](https://github.com) k tomuto článku.



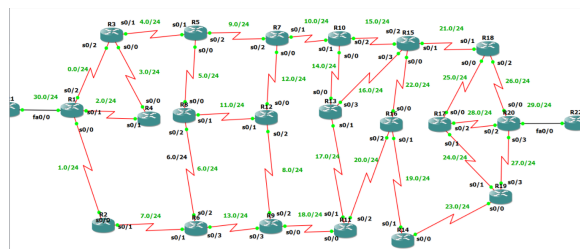
Obr. 2. HP Van SDN kontrolér

- Python
- Cisco iOS 7200
- GNS3 - nástroj určený pre simuláciu siete podporujúcich Cisco zariadenia.
- TCPping - nástroj, ktorý dokáže simulovať HTTP komunikáciu.

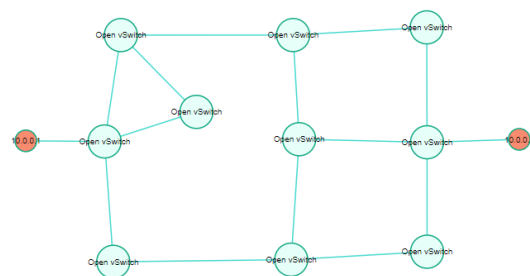
### B. Topológia siete

Pre testovacie účely sme vytvorili tri veľkostí topológie, a to topológia s desiatimi, dvadsiatimi a tridsiatimi zariadeniami. V topológii sú na oboch jej koncoch zapojené počítače. Každá linka v sieti medzi dvoma zariadeniami má nasledujúce parametre:

- 1) bandwidth linky = 10
- 2) delay = 1.5 ms
- 3) spoľahlivosť (loss) = 0



Obr. 3. Príklad topológie s dvadsiatimi zariadeniami v nástroji GNS3



Obr. 4. Príklad topológie s desiatimi zariadeniami v Mininete

### C. Konvergencia siete

Jednou z charakteristických vecí dynamických smerovacích protokolov je aj to, že sa musia v čo najkratšom možnom čase prispôbiť na akúkoľvek zmenu v sieti. Smerovací protokol OSPF si pamätá celú topológiu siete a reaguje na akúkoľvek zmenu v sieti, pripojenie/odpojenie linky a pod. Takýto stav, kedy všetky zariadenia v sieti (route) majú informácie o všetkých linkách a najrýchlejších cestách voláme *konvergencia* a čas, potrebný na dosiahnutie takéhoto stavu po zmene v sieti, nazývame *čas konvergence* [7]. Ten v IGP protokoloch pozostáva zo štyroch hlavných častí [8]:

- 1) Reakcia na zmenu v sieti
  - Indikačný čas zlyhania/obnovenia na fyzickej vrstve
  - Indikačný čas zlyhania/obnovenia na linkovej vrstve
  - Intervaly časovačov IGP protokolov
- 2) Čas vykonania algoritmu SPF (Shortest Path First)
- 3) LSA/LSP oznámenia
- 4) Čas potrebný na aktualizáciu FIB tabuľky v hardvéri

Čas konvergence v SDN sieťach [9]:

- 1) Reakcia na zmenu v sieti
- 2) Čas potrebný na aktualizáciu topológie
- 3) Čas vykonania algoritmu SPF (Shortest Path First)
- 4) Čas potrebný na aktualizáciu Flow tabuľky

### D. Návrh scenára pre testovanie

Pre odmeranie času konvergence siete sme navrhli nasledovný scenár:

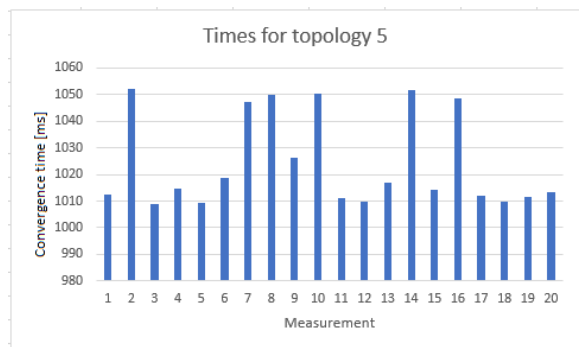
- Zapojenie navrhutej topológie z časti IV-B
- Spustenie HTTP servra na jednom z pripojených hostov do siete

- Spustenie merania pomocou nástroja TCPping z jedného hosta na host so sputeným HTTP serverom
- Odpojenie linky v sieti, cez ktorú tečie premávka a tvorí slučku v sieti

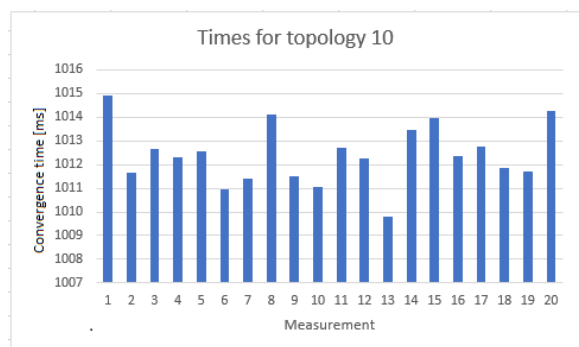
Pre uľahčenie vykonávania jednotlivých meraní sme napísali automatické testy naprogramované v pythone pre vykonanie simulácie v prostredí Mininet.

## V. VÝSLEDKY MERANÍ

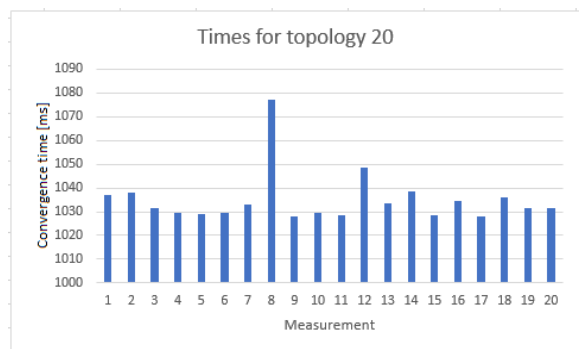
V testovacom prostredí sme vykonali 20 meraní pre každú topológiu a dosiahli sme nasledovné výsledky pre čas konverencie zobrazený v grafoch.



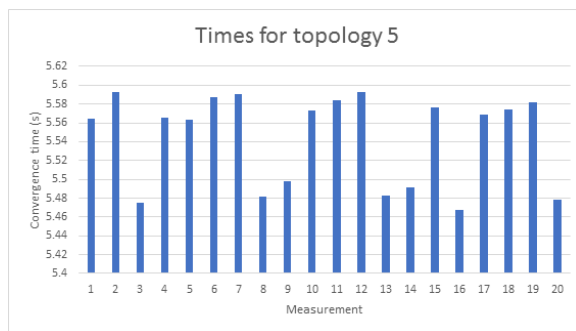
Obr. 5. Čas konverencie v SDN pre 5 zariadení



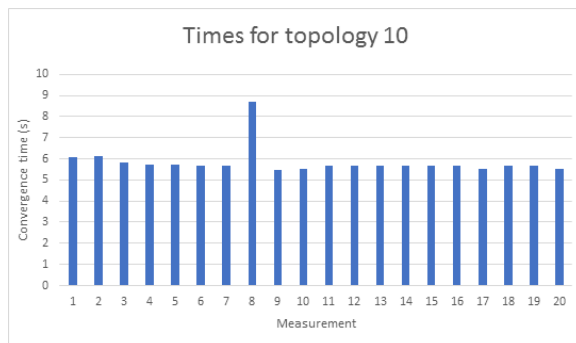
Obr. 6. Čas konverencie v SDN pre 10 zariadení



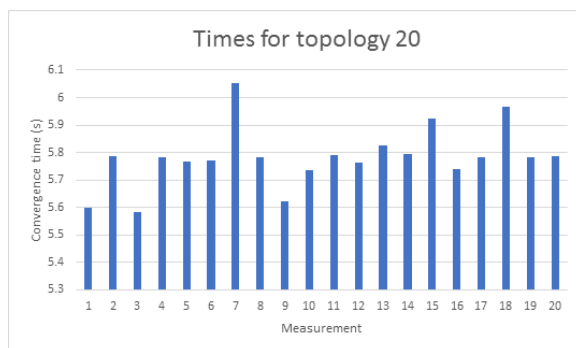
Obr. 7. Čas konverencie v SDN pre 20 zariadení



Obr. 8. Čas konverencie pre OSPF pre 5 zariadení

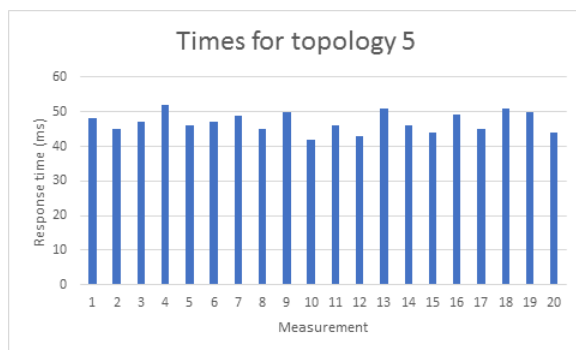


Obr. 9. Čas konverencie pre OSPF pre 10 zariadení

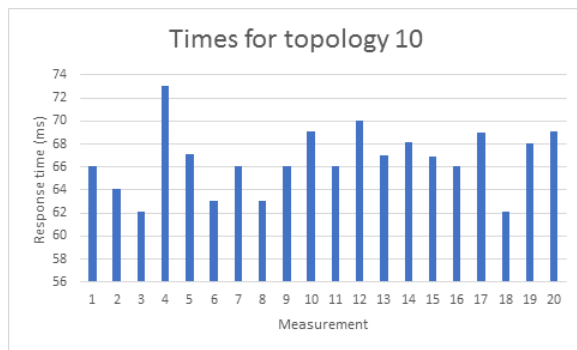


Obr. 10. Čas konverencie pre OSPF pre 20 zariadení

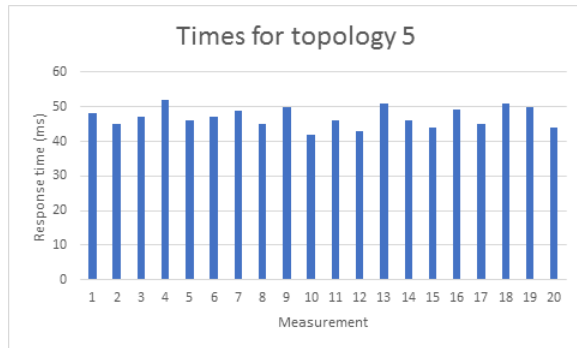
V nasledujúcich grafoch sme zobrazili čas konverencie taktiež pre dané veľkosti topológie. Jednotlivé meranie sme vykonali 20 krát.



Obr. 11. Doba odozvy pre OSPF pre 5 zariadení



Obr. 12. Doba odozvy pre OSPF pre 10 zariadení



Obr. 13. Doba odozvy pre OSPF pre 20 zariadení

## VI. ZÁVER

V tejto práci sa venujeme porovnaniu času konvergenencie a doby odozvy v sieťach založených na OSPF a SDN s OF prepínačmi. Na základe výsledkov môžeme taktiež potvrdiť, že budúcnosťou pri zvyšovaní požiadaviek je práve aplikovanie SDN. No naše výsledky aj keď sme sa riadili presne podľa krokov v porovnávanom článku neboli až tak diametrálne odlišné. Čo v podstate sa dalo očakávať, keďže podľa základnej charakteristiky OSPF a SDN nie je podľa nás možné aby došlo k takým zásadným rozdielom v časoch konvergenencie a doby odozvy pri sieťach s 5, 10 a 20 uzlami ako boli uvádzané v článku podľa ktorého sme robili dané testovanie.

Tabuľka I. POROVNANIE ČASOV KONVERGENCIE

Počet zariadení	Čas konvergenencie	
	SDN [ms]	OSPF [s]
<b>5</b>	1024.47	5.54445
<b>10</b>	1012.415	5.844
<b>20</b>	1035.059	5.78175

## LITERATÚRA

- [1] KHAN, Asad Ali, et al. A Convergence Time Optimization Paradigm for OSPF based Networks Through SDN SPF Protocol Computer Communications and Networks (CCN)/Delay Tolerant Networks. In: Proceedings of the International Conference on Future Networks and Distributed Systems. ACM, 2017. p. 43.
- [2] Software-Defined Networking (SDN) Definition, <https://www.opennetworking.org/sdn-definition/>, Accessed: 19.11.2017
- [3] FOGARTY, Susan. 7 Essentials of Software-Defined Networking. Information Week Network Computing, 2013.
- [4] What is OpenFlow? Definition and How it Relates to SDN, <https://www.sdxcentral.com/sdn/definitions/what-is-openflow/>, Accessed: 19.11.2017

- [5] Mininet: Rapid Prototyping for Software Defined Networks, <https://github.com/mininet/mininet>
- [6] HP Virtual Application Networks (VAN) SDN Controller, <https://www.sdxcentral.com/products/hp-virtual-application-networks-van-sdn-controller/>
- [7] What is Convergence of Routing Tables and What is Convergence Time, <http://www.omnisecu.com/cisco-certified-network-associate-ccna/what-is-convergence-of-routing-tables.php>, Accessed: 19.11.2017
- [8] PORETSKY, S.; IMHOFF, B.; MICHELSEN, K. Benchmarking Methodology for Link-State IGP Data-Plane Route Convergence. 2011.
- [9] ZHANG, Hailong; YAN, Jinyao. Performance of SDN routing in comparison with legacy routing protocols. In: Cyber-Enabled Distributed Computing and Knowledge Discovery (CyberC), 2015 International Conference on. IEEE, 2015. p. 491-494.
- [10] KHAN, Asad Ali, et al. A Convergence Time Optimization Paradigm for OSPF based Networks Through SDN SPF Protocol Computer Communications and Networks (CCN)/Delay Tolerant Networks. In: Proceedings of the International Conference on Future Networks and Distributed Systems. ACM, 2017. p. 43.
- [11] Ruhann, OSPF Convergence, <https://routing-bits.com/2009/08/06/ospf-convergence/>, Accessed: 27.11.2017