

EMULATOR TRANSMISSION PARAMETERS OF DATA NETWORKS

Štěpán Grabovský

Master Degree Programme (2), FEEC BUT

E-mail: stepan.grabovsky@vutbr.cz

Supervised by: Václav Zeman

E-mail: zeman@feec.vutbr.cz

Abstract: This paper deals with a development of a network emulator which is part of a complex ICT tester. This work contains an analysis of concurrent systems for network emulation, both proprietary and open-source. Afterward describes a conception of the emulator and discusses chosen technologies for each part of the emulator software structure.

Keywords: network, emulator, transmission parameters, netem, dummynet

1 ÚVOD

V kontextu této práce je emulátorem přenosových parametrů datových sítí myšlen síťový prvek, který přenáší přenosové podmínky globálních sítí do lokálního prostředí. Tato technika umožňuje testování vyvíjených síťových aplikací a protokolů, ověřování funkčnosti již implementovaných síťových zařízení anebo studium chování datových sítí v podmínkách, které jsou charakteristické pro globální síť. Emulátor je autonomní síťový prvek skládající se z dedikovaného hardwaru, především výkonných síťových karet a speciálního softwaru, který dokáže pracovat s datovým tokem počítačových sítí. Jelikož je tento projekt součástí vývoje komplexního ICT testeru, je v této práci řešena pouze softwarová část emulátoru, konkrétně rozbor současného stavu problematiky a návrh koncepce zařízení.

2 SOUČASNÉ SYSTÉMY A DOSTUPNÉ TECHNOLOGIE

V současnosti existuje velké množství emulátorů, a to buď v podobě komplexního produktu (veskrze komerční produkty), anebo pouze softwarový program, který je možné získat i jako tzv. open-source.

2.1 KOMERČNÍ ŘEŠENÍ

V úvodní části vývoje byla provedena analýza dostupných komerčních produktů, kterým by měl v této práci vyvíjený emulátor být konkurencí. Analýza zpoplatněných systémů je z principu povahy těchto produktů obtížnější než u řešení s otevřeným kódem. Pro srovnání byly vybrány produkty 40,000/2 společnosti JAR Technologies, Ltd., dále Netropy 40G společnosti Apposite Technologies, Inc. a poslední Model 20 společnosti iTrinergy Inc.

Rozborem, který se opírá o veřejně dostupné materiály výrobců, bylo zjištěno, že vysoce-výkonové komerční emulátory dokáží pracovat v režimech směrovače i síťového mostu. Zvládají optické i metalické technologie až do rychlostí 40 Gbit/s a dokáží emulovat šířku pásma (bandwidth), konstantní i proměnné zpoždění, ztrátovost, chybovost a také záměnu či duplikaci datových jednotek. Pravděpodobnosti jednotlivých dějů je možné volit na základě definovaných modelů nebo pseudonáhodně. Komerční emulátory dále nabízí aplikaci filtrů na emulovaný provoz a to ve většině případů do čtvrté vrstvy RM ISO/OSI. Navíc jsou vybaveny pokročilým uživatelským rozhraním, jenž zajišťuje ob-

sluhu emulátoru a nabízí zpětnou vazbu uživateli, například pomocí grafů datového toku vykreslovaných v reálném čase.

2.2 OTEVŘENÉ TECHNOLOGIE

U open-source technologií byla pozornost zaměřena na systémy, které jsou kompatibilní s operačním systémem Linux. Po důkladné analýze bylo zjištěno, že všechna existující řešení umožňující emulaci jsou pouze nástroje, které zjednodušují ovládání nástrojů již dostupných v jádře operačního systému. V případě operačních systémů s jádrem Linux se jedná o nástroje balíčku `tc` (Traffic Control), který v linuxových operačních systémech obsluhuje řízení toku datových jednotek jádrem operačního systému. Balíček `tc` v sobě obsahuje tři nástroje: `qdisc` - (queueing discipline) pro nastavení řízení front, `class` - umožňuje tvorbu dědičné struktury řízení front, `filter` - umožňuje aplikovat řízení front pouze na zvolené datové toky. V kontextu emulace přenosových parametrů datových sítí je nejdůležitější řízení front, které dokáže tvarovat síťový datový tok dle přání uživatele.

Nastavení řízení front tak, aby splňovalo daný požadavek, například zpoždění datových jednotek, není triviální záležitostí. Pro zjednodušení nastavení řízení front je v linuxovém jádře nástroj `netem`. Tento nástroj používá například systém pro emulaci WANem [1].

Alternativním přístupem, v praxi také velmi používaným, je nástroj `Dummynet`. Tento nástroj je vyvíjený primárně pro operační systémy BSD, ovšem je dostupná i verze pro operační systémy s jádrem Linux. Systém `Dummynet` je postaven na nástroji `ipfw` [2], což je obdoba známého nástroje `iptables`.

První základní rozdíl obou technologií je v konceptu emulace. Zatímco u systému `netem` probíhá tvarování síťového toku pomocí hierarchického spojování řízení front a je realizováno na výstupu z protokolového zásobníku, u `Dummynet` je využíváno `rou` a front k abstrakci reálné sítě, kde se každá roura konfiguruje zvlášť a poté dochází k jejich následnému spojování dle aktuálních požadavků uživatele [2]. Další rozdíl mezi systémy lze nalézt v architektuře programů a stylu jejich vývoje. Nástroj `netem` je neustále vyvíjen širokou komunitou, a tak obsahuje mnoho přídatků a funkcionalit ovšem s nižší úrovní dokumentace a ne všechny přídatky jsou validovány. Naopak `Dummynet` je spravován užší skupinou vývojářů, kde každý nový přídatek je validován a dokumentován a jeho ovládání je snadné a intuitivní.

Na základě analýz publikovaných v [3] v roce 2011 a [4] v roce 2014 lze tvrdit, že nástroj `netem` je schopný dosahovat přesnějších výsledků při emulaci šířky pásma a konstantního i proměnného zpoždění. Navíc je na rozdíl od systému `Dummynet` schopen duplikace datových jednotek a emulace jejich poškození. Nástroj `Dummynet` však dokáže abstrakci síťové topologie.

3 STRUKTURA VYVÍJENÉHO EMULÁTORU

Strukturu softwarové části emulátoru lze rozdělit na tři části. První částí je jádro emulátoru, což jsou výše rozebírané nástroje. Druhou částí je API, které zprostředkovává komunikaci mezi uživatelským rozhraním a jádrem emulátoru. Poslední, částí je uživatelské rozhraní, které volá jednoduché služby API a zobrazuje uživateli aktuální stav nastavení emulátoru.

3.1 JÁDRO EMULÁTORU

Jako jádro emulátoru byly zvoleny nástroje balíčku `tc` společně s nástrojem `netem`. Hlavním důvodem této volby je vyšší přesnost emulace a více možností nastavení. Další výraznou výhodou `netem` je jeho snadná rozšiřitelnost a úprava zdrojového kódu. Nevýhodami této volby jsou především náročnější konfigurace, obsluha nástrojů a možnost abstrakce topologie. Tyto nedostatky jsou v této práci

odstraněny pomocí obsáhlého aplikačního rozhraní. Nepřítomnost programu Dumynet v operačním systému CentOS Linux nebylo považováno za nevýhodu. Dumynet lze pro tento typ operačního systému zkompileovat jako externí modul jádra, a poté nainstalovat.

3.2 APLIKAČNÍ ROZHRAŇÍ

Funkcí části aplikačního rozhraní je převádět jednoduché pokyny z uživatelského rozhraní na složitější příkazy, jejichž pomocí je jádro emulátoru řízeno. Obtížnost nastavení spočívá ve faktu, že je nutné kromě samotného řízení front vytvořit tomuto řízení adekvátního potomka v dědičné hierarchii a aplikovat jej daným filtrem. Pro nastavení i zdánlivě triviálního parametru (například zpoždění) je tedy nutné zavolat minimálně tři samostatné příkazy.

Jako API byla zvolena standardní webová služba. Tento přístup představuje nejobecnější příklad API, jehož hlavní výhodou je absolutní nezávislost klienta na technologii aplikačního rozhraní. Webová služba je realizována v programovacím jazyce Java a provozována na serverové technologii Apache Tomcat.

3.3 UŽIVATELSKÉ ROZHRAŇÍ

Jako primární uživatelské rozhraní bylo zadáno webové uživatelské rozhraní. Tento typ uživatelského rozhraní usnadňuje vzdálené ovládání bez nutnosti instalace programů, je nezávislé na operačním systémem, jeho nastavení atp. Pro výstavbu webového uživatelského rozhraní byly zvoleny technologie, které pracují na straně klienta, tj. HTML, CSS a JavaScript. Hlavní výhodou tohoto přístupu je, že šetří výpočetní zdroje serveru a množství přenesených dat. Veškerá data jsou poslána klientovi pouze jednou a poté jsou již jen aktualizovány změny. Navíc se jedná o tradiční technologie, které mají širokou podporu pro zvolený operační systém a jsou velmi dobře zdokumentovány.

4 ZÁVĚR

V této práci byl popsán vývoj emulátoru přenosových parametrů datových sítí. Konkrétně byla pozornost zaměřena na rozbor schopností komerčních emulátorů a analýzu volně dostupných softwarových emulátorů. Dále byla popsána struktura vyvíjeného emulátoru a diskuse výhod zvolených technologií pro jednotlivé části emulátoru. Celý projekt je nyní ve stavu, kdy probíhá poslední etapa vývoje alfa verze a v nejbližší době bude započato testování softwarové části emulátoru.

REFERENCE

- [1] TATA CONSULTANCY SERVICES (TCS). *WANem 2.0: Wide Area Network Emulator* [online]. 2008, 34 s. [cit.2016-01-03]. Dostupné z: <http://sourceforge.net/projects/wanem/files/Documents/wanemulator-all-about-v2.0.pdf>.
- [2] CARBONE, Marta a Luigi RIZZO. *Dumynet Revisited* [online]. Università di Pisa, Dipartimento di Ingegneria dell'Informazione, 2009, 8 s. [cit.2005-12-03]. Dostupné z: <http://info.iet.unipi.it/luigi/papers/20091201-dumynet.pdf>.
- [3] JURGELIONIS, Audrius, Jukka-Pekka LAULAJAINEN, Matti HIRVONEN a Alf Inge WANG. An Empirical Study of NetEm Network Emulation Functionalities. *2011 Proceedings of 20th ICCCN* [online]. IEEE, 2011, : 1-6 [cit. 2016-01-03]. ISBN 978-1-4577-0637-0.
- [4] LUBKE, Robert, Peter BUSCHEL, Daniel SCHUSTER a Alexander SCHILL. Measuring accuracy and performance of network emulators. *2014 IEEE International Black Sea Conference on Communications and Networking (BlackSeaCom)* [online]. IEEE, 2014, : 63-65 [cit. 2016-01-03]. ISBN 978-1-4799-4067-7.