University of Mosul
College of Engineering

Analysis and Implementation of OpenFlow Protocol on a Virtual Software Defined Network

M.Sc. Thesis

by

Estabrak Bassam Yahya J.

submitted to

The Council of the College of Engineering
University of Mosul

In partial fulfillment of the requirements for the degree of Master of Science

In

Electronics and Communications
(Computer Networks)

Supervised by

Dr. Mohammed B. Al-Somaidai

2017 A.D. **1438 A.H.**

Abstract

Software Defined network (SDN) is considered a revolutionary development in the field of computer networks in particular and in communication networks in general. SDN is based on novel ideas in the architecture of these networks and how to provide services to the users. The basic idea is to segregate the control and management plane from the forwarding plane in the network switches or routers making these switches responsible for forwarding data packets only under the control of separate devices called controllers.

In this thesis, an extensive study of OpenFlow protocol; the most deployed protocol in SDN, was carried out. OpenFlow ver. 1.3 has been implemented using the emulation package Mininet. Various types of network topologies were built with many sizes for each. Two types of OpenFlow switches were used, they were Open vSwitch and User-Space switch under the control of four software controllers (NOX, OVS, Ryu, and OpenDaylight). Mininet was run in the environment of Ubuntu operating system. System resources data had been gathered to study the effects of various topologies, switches, and controllers upon system resources.

The results showed that OVS controller utilized the higher processing power for Open vSwitch than that of User-Space switches. The later type of switches consumed vast amount of system memory during the construction of large size topologies. The use of open vSwitch also, resulted in more setup-teardown time, which was almost twice that of User-Space switches in large size topologies.

The effects of three scheduling algorithms used in the above operating system upon network performance were demonstrated. It has been noted that the network performance under PROC scheduling algorithm was better and more stable than that under CFS or RT scheduling algorithms.

In order to study the effects of traffic parameters (links delay and links loss) on OpenFlow networks, a network topology of tree (3,3) was built in three types of networks, the first has conventional switches only, the second has OpenFlow supported switches only, and the third has hybrid switches of the above two types. The results demonstrated that links loss dramatically affected throughput compared to links delay. The throughput decreased from (1 GBits/sec) to less than (100 KBits/sec) when the links loss percentage increased from (0%) to (4%) only while it decreased from (1GBits/sec) to (10 MBits/sec) when the links delay increased from 1sec to 30sec.

In order to illustrate the visibility and flexibility of SDN and OpenFlow protocol, a campus network having many buildings and research centers has been emulated. The results showed the flexibility and security of the campus network through building flow tables entries in the switches in proactive and reactive way.

د. عمر موفق محمود اليوسف
معاون العميد للشؤون العلمية والدراسات العليا

المُستخلص

تُعتبر الشبكات المُعرفة برمجياً نقلة جذرية في مجال شبكات الحواسيب بشكل خاص وشبكات الاتصالات بشكل عام، كونها تحمل أفكاراً جديدة في بنية وهيكلة الشبكات وأسلوب توفير الخدمات للمستخدمين. إن هدف مثل هذه الشبكات هو فصل مُستوى الإدارة والتحكم عن مُستوى توجيه حُزم البيانات في مُبدلات و مُوجهات الشبكة وجعل هذه المُبدلات تقوم بعملية توجيه حُزم البيانات فقط تحت إمرة مُتحكمات مُنفصلة يُسيطر كل منها على مجموعة من هذه المُبدلات.

يُعتبر بروتوكول OpenFlow من أهم بروتوكولات الشبكات المُعرفة برمجياً والأكثر تطبيقاً وتطويراً فيها، وقد تم في هذه الرسالة دراسة مُعمقة لهذا البروتوكول من كافة جوانبه وتطبيقه في برنامج المُحاكاة والتَمثيل Mininet حيث بُنيت تُبولوجيات متعددة الأنواع والأحجام للشبكات المُعرفة برمجياً وباستخدام أنواع مُختلفة من المُتحكمات البَرمجية (NOX, OVS, Ryu, OpenDaylight) والمُبدلات الافتراضية (Open vSwitch, User-space) التي تدعم بروتوكول OpenFlow 1.3 وتم جمع بيانات نظام التشغيل Ubuntu الذي يعمل في بيئته برنامج Mininet لغرض دراسة تأثير هذه التُبولوجيات والمُبدلات والمُتحكمات المُختلفة على موارد النظام.

أظهرت النتائج المُستَحصلة أن المتحكم من نوع OVS يستهلك قُدرة أكبر من وحدة المعالجة المركزية في حالة تشغيله مع مُبدل من نوع Open vSwitch مُقارنةً مع مُبدل من نوع User-Space وكان الأخير يحجز مقداراً كبيراً من الذاكرة خلال بناء تُبولوجيات الشبكة ذات الحجم الكبير كما أدى استخدام مبدل من نوع Open vSwitch إلى زيادة وقت تهيئة وإنهاء الشبكات بتُبولوجياتها المُتعددة مُقارنةً مع مُبدل User-Space بحيث وصل هذا الوقت إلى الضعف في حالة التُبولوجيات ذات الحجم الكبير.

كما تم دراسة تأثير خوارزميات الجدوَلة المُستخدمة في نظام التشغيل أعلاه على أداء الشبكة أثناء بناء وتشغيل عدة تُبولوجيات للشبكة وتبين أن خوارزمية الجدولة من نوع PROC تحظى بأداء مُستقر و أفضل من خوارزميات الجدولة الأخرىRT وCFS.

دراسة تأثر تُبولوجية الشجرة (3،3) في ثلاثة أنواع من الشبكات إحداها مُبدلاتُها تقليدية والأخرى مُبدلاتُها تدعم بروتوكول OpenFlow والأخيرة مُبدلاتُها من كلا النوعين آنفي الذكر، دراسة تأثرها بزيادة التأخير في الوصلات وكذلك زيادة نسبة الفقد في الوصلات واظهرت النتائج أن

الأنتاجية Throughput تتأثر بشكل دراماتيكي بزيادة نسبة الفقد في الوصلات أكثر منها في حالة زيادة التأخير في الوصلات حيث إنخفضت الأنتاجية من GBits/sec (1) إلى أقل من (100) KBits/sec عند زيادة نسبة الفقد من (0%) إلى (4%)، بينما إنخفضت الأنتاجية من (1) GBits/sec إلى MBits/sec (10) عند زيادة التأخير في الوصلات من 1 ثانية إلى 30 ثانية.

ولغرض إظهار مرونة وإمكانية تطبيق الشبكات المُعرفة برمجياً وبروتوكول OpenFlow فقد تم تمثيل شبكة جامعية Campus network تحتوي عدة بنايات ومراكز بحثية وأظهرت النتائج المرونة والأمنية العاليتين لهذه الشبكة من خلال إمكانية برمجة المُبدلات وبطريقتين الأولى تفاعُلية والأخرى إستباقية.

جامعة الموصل
كلية الهندسة

تحليل وتطبيق بروتوكول OpenFlow على شبكة افتراضية مُعرفة برمجياً

رسالة تقدمت بها

إســـتبرق بســـام يحـيـى جـاســـم

رسالة ماجستير علوم
في الهندسة الكهربائية / إلكترونيك واتصالات
(شبكات الحاسبات)

بأشـــراف

د. محمد بشيـر عبد الله الصُميدعـــي

١٤٣٨ هـ ٢٠١٧ م