University of Mosul
College of Engineering

Effect of Software Defined Network (SDN) Architecture on Internet of Things (IoT) Protocols Performance

Salar Jamal Rashid Mohammed

Ph.D. Thesis in Computer Engineering / Computer Engineering

Supervised by
Prof. Dr. Ahmed Maamoon Alkababji
Asst. Prof. Dr. Abdulsattar Mohammad Khidhir

March / 2023 A.D. Ramadan / 1444 A.H

Abstract

This thesis suggests and designs new effective network architectures for IoT systems as a prototype based on SDN technology. First, the architectures of the SDN were implemented by using POX and RYU controllers, different network topologies, different access media and several evaluation methods amongst these architectures was determined. Then an IoT application was programmed and integrated with the implemented SDN architectures. Finally, the performance was compared with identical architectures programmed in the traditional network. These architectures were implemented in three environments: virtual, hybrid and real.

For the implemented SDN architectures, the results show that RYU controller outperforms POX controller in terms of delay and jitter, especially for small packet size, making it suitable for most IoT systems used for monitoring and controlling low data rate environments. The best average delay in wired network is 0.123 μs obtained by implementing Ryu in mesh topology at the packet size of 512 bytes, on the other hand, the worst average delay is 0.209 μs obtained by implementing POX in linear topology at the packet size of 128 bytes. In contrast, when implementing wireless as the access media the best average delay is 7.2 ms obtained in linear topology at the packet size of 128 bytes with Ryu. The worst average delay is about 1 s obtained in the same topology but with POX.

The implemented IoT application programmed using different IoT protocols (CoAP, MQTT and HTTP) got the best results

when implementing SDN as a network architecture compared to the identical traditional network configured in our work, especially when implementing MQTT where the average delay is decreased of about 10 ms in real network.

On the other hand, MQTT provided the best performance than the other implemented protocols. The average delay in MQTT is the best amongst the other implemented protocols in which got 2.4 ms, 10 ms and 6.2 ms in virtual, hybrid and real networks, respectively. Our proposed solutions can easily be extended to accommodate other IoT devices and platforms.

جامعة الموصل

كلية الهندسة

تأثير معمارية الشبكة القابلة للبرمجة على أداء بروتوكولات إنترنت الأشياء

اطروحة تقدم بها

سالار جمال رشيد محمد

الى

مجلس كلية الهندسة في جامعة الموصل كجزء من متطلبات نيل شهادة الدكتوراه فلسفة في (هندسة الحاسوب) / (هندسة الحاسوب)

بإشراف

الأستاذ الدكتور احمد مامون الكبابجي

الأستاذ المساعد الدكتور عبدالستار محمد خضر

رمضان / 1444 اذار/ 2023

الملخص

تقترح هذه الأطروحة وتصمم معمارية شبكات فعاله جديدة لأنظمة إنترنت الأشياء كنموذج أولي يعتمد على تقنية SDN. أولا، تم تنفيذ بنى SDN المقترحة باستخدام المتحكمات POX و RYU, طوبوغرافيات شبكة مختلفة، وسائط وصول متعددة وتم تحديد عدد من طرق التقييم بين هذه المعماريات. بعد ذلك، تم برمجة تطبيق إنترنت الأشياء وتنفيذه على معماريات SDN المنفذة. أخيرا، تم مقارنة الأداء بمعماريات متطابقة مبرمجة في الشبكة التقليدية. تم تنفيذ هذه المعماريات في ثلاث بيئات: افتراضية وهجينة وحقيقية.

بالنسبة إلى معماريات SDN المنفذة، تظهر النتائج التي تم الحصول عليها إن المتحكم نوع RYU يتفوق على المتحكم POX من حيث التأخير وتقطعات الإشارة خاصة بالنسبة لحجم الحزمة الصغير مما يجعله مناسبا لمعظم أنظمة إنترنت الأشياء التي تستخدم لمراقبة بيئات معدل البيانات المنخفض والتحكم فيها. أفضل متوسط تأخير في الشبكة السلكية هو 0.123 مايكرو ثانية تم الحصول عليه من خلال تطبيق Ryu في الطوبوغرافية الشعرية بحجم حزمة 512 بايت، من ناحية أخرى، فإن أسوأ متوسط تأخير هو 0.209 مايكرو ثانية تم الحصول عليه من خلال تطبيق POX في الطوبوغرافية الخطية بحجم الحزمة 128 بايت. في المقابل، عند تنفيذ الاتصال اللاسلكي كوسط وصول، فإن أفضل متوسط تأخير هو 7.2 مللي ثانية تم الحصول عليه في الهيكل الخطي بحجم حزمة 128 بايت مع Ryu. أسوأ متوسط تأخير هو حوالي ثانية واحدة تم الحصول عليها في نفس الهيكل ولكن مع POX.

حصل تطبيق إنترنت الأشياء المنفذ والمبرمج باستخدام بروتوكولات إنترنت الأشياء المختلفة (CoAP وMQTT وHTTP) على أفضل النتائج عند تنفيذ SDN كمعمارية شبكة مقارنة بالشبكة التقليدية المماثلة التي تم تكوينها في عملنا. خاصة عند تنفيذ MQTT حيث يتم تقليل متوسط التأخير بحوالي حوالي 10 مللي ثانية في الشبكة الحقيقية.

من ناحية أخرى، قدمت MQTT أفضل أداء من البروتوكولات الأخرى المطبقة. يعد متوسط التأخير في MQTT هو الأفضل بين البروتوكولات المطبقة الأخرى حيث حصل على 2.4 مللي ثانية و10 مللي ثانية و6.2 مللي ثانية في الشبكات الافتراضية والهجينة والحقيقية، على التوالي. يمكن توسيع حلولنا المقترحة بسهولة لتلائم أجهزة ومنصات إنترنت الأشياء الأخرى.