إدارة الشبكات بواسطة بروتوكول ال OpenFlow
دراسة حالة جامعة البحر الأحمر

د.محمد احمد محمد ابراهيم
د.محمد سيد احمد محمد مختار
د.احمد ابراهيم عبدالله سليمان
أ. عثمان فائز همد إسماعيل

المستخلص:

الشبكات المعرفة بالبرمجة Software Defined Networks (SDN) تعتبر نقلة نوعية في مجال الشبكات ، لما قدمته من مزايا في تحسين الأداء وإمكانية التطوير الغير محدود.تعتبر SDN الجيل القادم للبنية التحتية في عالم الشبكات ، لكونها تستطيع إنجاز ما لا يمكن أن تقدمه الشبكات التقليدية التي تحتوي على مبدل أو موجه مسئول عن اتخاذ قرارات التوجيه وتنفيذ هذه القرارات ، بينما قدمت SDN فصلاً بين اتخاذ قرارات التوجيه (Control Plane) وتنفيذ هذه القرارات(Data Plane) ، ويعتبر هذا الفصل هو التطور الكبير الذي قدمته الشبكات المعرفة بالبرمجة. يتم تنظيم التواصل بين الأجهزة الموجودة في الـData Plane والمتحكم Controller ، الذي يعتبر العنصر الأكثر أهميةً ، ويمثل عقل الشبكة من خلال بروتوكول التدفق المفتوح (OpenFlow Protocol) الأكثر شهرةً في تقنية SDN. يقدم هذا البحث دراسة البروتوكولOpenFlow والتعرف على آلية الاتصال بين المبدل والمتحكم وما هي الرسائل المتبادلة بينهما ، إضافةً إلى المتحكمHPE van الذي يعد من المتحكمات الهامة والشهيرة لتتشكل لدينا معرفة كاملة حول مكونات تقنية SDN مما يساعدنا في اقتراح وتنفيذ عدة طوبولوجيا مختلفة. وتم استخدام المنهج الوصفي التجريبي ,ومن اهم اهداف الدراسة تقليل المعدات المستخدمه في الشبكات ففي الشبكات التقليدية الحالية يمثل المبدلات الموجودة على الشبكة ب 56 جهاز وتوصلت الدراسة الي انه يمكن تخفيض عدد المبدلات في الشبكات كما في شبكة ال SDN المقترحة يمثل ب 37 جهاز مبدل مما يقلل من تكلفة الشبكة واوصت الدراسة بان تتم حماية المتحكم وهو يعتبر جهاز مركزي للشبكه.

الكلمات المفتاحية : المتحكم – الشبكة المعرفة بالبرمجة – البروتوكول – الموجه – المبدل

Abstract:

Software-Defined Networks (SDN) represent a qualitative leap in the field of networks, due to the advantages they have provided in improving performance and unlimited development potential. SDN is considered the next generation of network infrastructure, as it can accomplish what traditional networks containing a switch or router responsible for routing decisions and implementing these decisions cannot. SDN has provided a separation between routing decision-making (Control Plane) and the execution of these decisions (Data Plane), and this separation is the great evolution that software-defined networks have provided. Communication between the devices in the Data Plane and the Controller, which is the most important element and represents the brain of the network, is organized through the OpenFlow Protocol, the most famous protocol in SDN technology.This research study examines the OpenFlow protocol and explores the communication mechanism between the switch and the controller, as well as the exchanged messages between them. Additionally, it explores the HPE van controller, which is considered one of the important and famous controllers, to form a complete knowledge about the components of SDN technology, which helps us propose and implement various different topologies. The experimental descriptive approach was used, and one of the main objectives of the study is to reduce the equipment used in networks. In the current traditional networks, the switches on the network represent 56 devices, and the study found that the number of switches in the proposed SDN network can be reduced to 37 devices, which reduces the cost of the network. The study recommended that the controller, which is a central device for the network, should be protected.

Keywords: Controller- Programmable network- Protocol- Router- Switch

1.1 المقدمة :

هناك تحسن مستمر في سرعة العمود الفقري للإنترنت حيث بلغ معدل نقل البيانات من 10 إلى 100 جيجابايت في الثانية الواحدة ومع وجود خوادم عملاقة وظهور الحوسبة السحابية فقد تم حل مشكلة تخزين ومعالجة البيانات الضخمة جزئيـ أما مشكلة عناوين الإنترنت فقد أنتهت مع بدأ الإعتماد على عناوين الإنترنت من النوع السادس ولكن بقيت أحد المشاكل التى يريد الجميع لها حل وهى الإعتماد على ببنية تحتية قوية ومؤمنة وبسيطة ذو تكلفة منخفضة وسهل التعامل معها وحل المشاكل التى تحدث بها وهو ما لا يتحقق مع الوضع الحالى فعتاد الشبكة الحقيقي لو كان يقدم ما تريده فإن تكلفتة المرتفعة تجعلك تفكر أكثر من مرة قبل تنفيذ خطواتك.من هنا بدأ البحث عن حلول بديلة وبالتحديد داخل نطاق مفهوم الـ Network Overlay فظهرت تقنية ـ SDN) software-defined networking) وهى بإختصار الجيل القادم للبنية التحتية في هندسة الشبكات . فبنية الشبكات تحتوي علي الموجهات (Control Plane) والمبدلات(Data Plane)هذا العتاد فوظيفة الجزء الأول تتلخص أنه المسئول عن إتخاذ القرارات وعمل Process كتوجيه الترافيك لمكان ما, أما الجزء الثاني فهو المسئول عن تنفيذ كل القرارات التى يتخذها الجزء الأول لكن الجديد في تقنية SDN أنه سيتم الفصل بينهما وسيتم وضع الجزء الأول على خوادم ذو إمكانيات عالية أما الجزء الثاني فسيبقي على العتاد المعتاد كما هو وهذا التغير سيقوم بتسريع الشبكة عشرات المرات عن الطريقة التقليدية لأن كل الأحمال ستكون على الخوادم.

تعد فكرة الشبكات المعرفة برمجيا ثورة في مجال ادارة الشبكات . في هذه الشبكات لا يقوم المبدل hctiws بمعالجة الطرود الواردة اليه ، انما يقوم بالبحث عن تطابق بين الطرد الوادر واحدى المدخلات الموجودة ضمن جدول التسيير ، فعندما لا يجد تطابقا يقوم بارسالها الي المتحكم rellortnoc . يعد المتحكم بمثابة نظام التشغيل للشبكات المعرفة برمجيا حيث يقوم بمعالجة المعطيات واصدار الاجراء اللازم اتجاه من قبل المبدل بشان هذا الطرد فاما التسيير gnidrawrof او التجاهل pord بهذه الالية تكون الشبكات المعرفة برمجيا قد فصلت طبقة المعطيات عن طبقة التحكم .

تعد ال NDS من الناحية التقنية منهجا جديدا في ادارة الشبكات اذ يستطيع مسؤول الشبكة ادارة الشبكة بطريقة مجردة بعيدا عن التفاصيل التقنية في الطبقات الدنيا .

في هذا السياق لا بد ان نتعرف اولا الي البنية التحتية للشبكات التقليدية لنستطيع فهم التغيير الذي احدثه شبكات ال NDSالجدير بالذكر انه في الشبكات التقليدية تعمل اجهزة الشبكة من مبدلات hctiwS وموجهات sretuor كمركز تحكم في الشبكة ومركز تنفيذ للاوامر في الوقت نفسه اي تعمل على اصدار الاوامر وحركة تنظيم البيانات بما في ذلك رسم افضل مسار لمرور البيانات وتحديد الوجهات كذلك يقع عليهم مسؤولية تنفيذ هذه الاوامر والتعليمات . وبذلك تنفذ اجهزة الشكبة عمل الدماغ والعضلات سويا ، مما يؤدي الي حدوث بعض الاخطاء والتأخير في عملية النقل في الشبكة التقليدية .

2.1 مشكلة البحث :

يعد انتشار الأجهزة المحمولة والانفجار الكبير في توليد المحتوى ، والمحاكاة الافتراضية للمخدمات ، وظهور الخدمات السحابية من بين الاتجاهات التي تدفع صناع الشبكات لإعادة النظر إلى بنى الشبكات التقليدية. العديد من الشبكات التقليدية هرمية ، مبنية بطبقات من محولات إيثرنت مرتبة في هيكل شجري. كان هذا التصميم منطقيًا عندما كانت حوسبة الخادم — العميل هي المهيمنة ، ولكن مثل هذه البنية الثابتة غير مناسبة لاحتياجات الحوسبة الديناميكية والتخزين في شبكات مثل مراكز بيانات مؤسسة او شبكة جامعة

الجامعة او غيرها من الشبكات الضخمة. تتضمن بعض اتجاهات الحوسبة الرئيسية التي تدفع الحاجة إلى نموذج شبكة جديد ما يلي:

1. تغيرت أنماط حركة مرور البيانات في الشبكات بشكل كبير.
2. الاستهلاك التقني

يستخدم مستخدمى الانترنت اليوم بشكل متزايد الأجهزة الشخصية المحمولة مثل الهواتف الذكية والأجهزة اللوحية وأجهزة الكمبيوتر المحمولة للوصول إلى شبكة الشركة. تتعرض تكنولوجيا المعلومات لضغوط لاستيعاب هذه الأجهزة الشخصية بطريقة دقيقة مع حماية بيانات الشركة والملكية الفكرية وتلبية متطلبات الامتثال للقواعد الامنية الموضوعة.

3. عدم إدخال التَّحكم البرمجي إلى الشبكة
4. عدم القابلية على البرمجة والتحكم في الشبكة
5. عدم الفصل بين كل من data plane و control plane في السوتشات والراوترات مما يجعل عملية الارسال والاستقبال أبطء .
6 - صعوبة تحديد المشكلة اذا حدث اي عطل على الشبكة فان من الصعب تحديده لكثر ال devices المستخدمة على الشبكة .

2. الادبيات

2. الشبكات المعرفة بالبرمجيات :

إن شبكات الNDS هي تقنية يحاول من خلالها المصممون إعادة ترتيب اجزاء وأدوار كل مكونات البنية التحتية للشبكات (erutcurtsarfni) والتي لم تعدل منذ 0891 حيث أن اخر تعديل هو الانتقال من PCN الي PI/PCT ، ومنذ ذلك الحين لم يطرأ اي تغيير في البنية التحتية للشبكات لتتلاءم مع التطور الكبير في مجال تقنية المعلومات ، وخصوصا التقنية الافتراضية (noitazilautriv) التي قمت بمحاكاة افتراضية لجميع طبقات تصميم الشبكات ، ولكن ظلت طبقة البنية التحتية للشبكات مستعصية على هذه التقنية .إذن تقنية ال NDS هي محاولة ناجحة لفصل enalp atad او ما يعرف ب gnidrawrof enalp عن ال enalp lortnoc ليصبح دور أجهزة الشبكة sretuoR / sehctiws منحصر فقط في تمرير البيانات gnidrawrof ، اما الادارة والتحكم والخدمات secivreS و lortnoc ستصبح في طبقات جديدة هي reyal lortnoc و reyal noitacilppa .منظمة FNO عرفت البنية المعمارية لتقنية ال NDS على شكل نموذج eludoM مكون من ثلاثة طبقات (أو بمعني اخر NDS يقسم البنية التحتية للشبكات erutcurtsarfni الي ثلاثة طبقات) كما موضح في الشكل رقم (1.2) وهي :

1. التطبيقات : (Application Layer)

تتكون هذه الطبقة من الخدمات والتطبيقات التي تقدمها الشبكة للمستخدم ، وأبرز الامثلة عليها هي سياسات التوجيه (gnituoR) وجودة الخدمة (secivres fo ytilauq)SOQ .تتواصل هذه الطبقة مع طبقة التحكم باستخدام واجهات برمجة التطبيقات IPA(gnimmargorp noitacilppA ecafretni) ، وهذه الواجهات تستخدم من قبل المهندسين لأجل مساعدة الشبكة على تقديم خدماتها وتطبيقاتها عن طريقة البرمجة وهي الطريقة المتبعة في هذه البنية ، ويمكن استخدام اي برمجة لأجل تحقيق الخدمات والتطبيقات .

2. طبقة التحكم : Control Layer

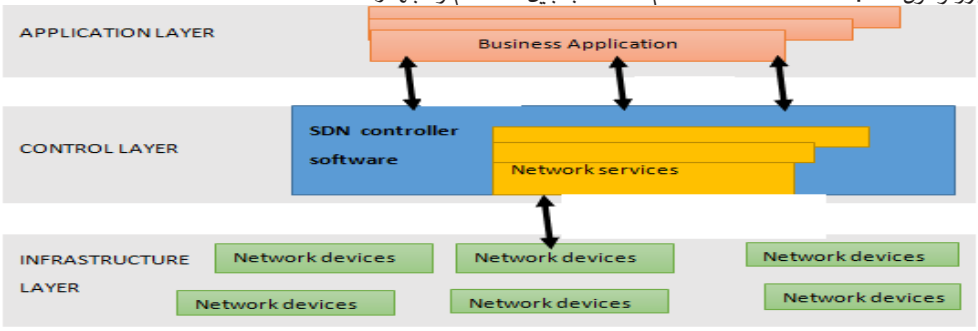
الطبقة الثانية في هذه البنية هي طبقة التحكم والتي تمثل نقطة التحكم المركزية بأجهزة الشبكات كإعطاء اوامر للاجهزة الشبكية (retuoR ro hctiws) بحيث تحقق وظيفة التحكم والادارة في جميع اجهزة البنية التحتية بينما تكون هذه الاجهزى مسئولة عن تمرير البيانات والمكون الذي يقوم بوظيفة التحكم يسمي متحكما(rellortnoC) .

هناك أنواع عديدة من المتحكمات منها ما هو مفتوح المصدر thgilyad nepO (LDO) المعتمد على لغو البرمجة (avaJ) وبعضها الاخر خاص بشركات معينة كocsiC أو erawMV .

يعتبر المتحكم هو الدماغ الرئيسي للتقنية ، حيث يجمع وظائف التحكم المسئولة عن الخدمات والتطبيقات المطلوبة والتي يتم برمجتها من قبل المهندسين عن طريق ال IPA ، من خلالها نعرف الاجهزة الشبكية أو أجهزة البنية التحتية حيث يتم التواصل بين المتحكم والاجهزة الشبكية من خلال بروتوكول nepO wolF .

1. طبقة البنية التحتية Infrastructure Layer

تتكون هذه الطبقة من الاجهزة الشبكية سواء كانت أجهزة فيزيائية (lacisyhp) أو تعمل على طريق الاجهزة الافتراضية (lautriv) ، وهي المسئولة عن تمرير البيانات ، يجب أن تدعن هذه الاجهزى بروتوكول wolF nepO المستخدم للتخاطب بين المتحكم والجهاز.



الشكل رقم (1.2) يوضح البنيات الأساسية لشبكات المعرفة برمجيا

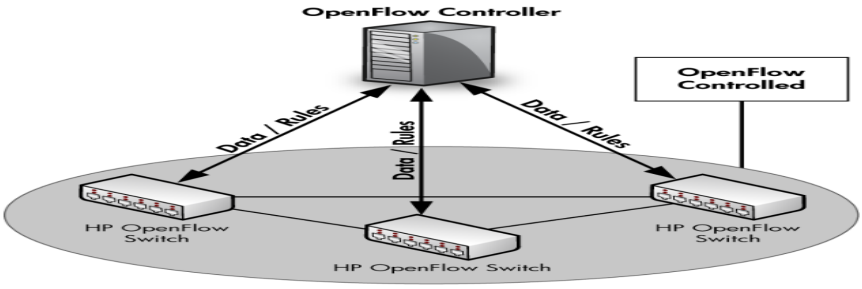
1.2 اللبنات الاساسية للشبكات المعرفة برمجيا :

مبدل للشبكات المعرفة برمجيا على سبيل المثال (Open Flow switch) ، المتحكم (SDN Controller) ، والواجهة (القناة) المعرفة من قبل المتحكم لتأمين إتصال آمن بين المتحكم وأجهزة التوجيه (forwarding devices) والتي تدعي (southbound interface) ، وأيضا من اللبنات المهم هي توفير واجهة ادخال التطبيقات على المتحكم ليتم تطبيقها على أجهزة التحويل وهذا يسمي (northbound interface) .لدينا نوعان من المبدلات التي تعمل في الشبكات المعرفة برمجيا وتستعمل ال Open Flow protocol وهي :

1-OpenFlowSwitchesPure: وهي مبدلات لا تحوي على اي ميزات تذكر ، وهي تعتمد على المتحكم بشكل كامل لاتخاذ قرارات التوجيه .

2-Hybrid switches: هذا المبدل يدعم Open Flow وإضافة الي ذلك يدعم بروتوكول

الشبكات التقليدية أي يمكن المبدل بنفس الوقت أن يستعين بجداول Flow ta-ble وأيضا ان يحوي جداول اخري تم انشاؤها عبر بروتوكولات الشبكات النقليدية.



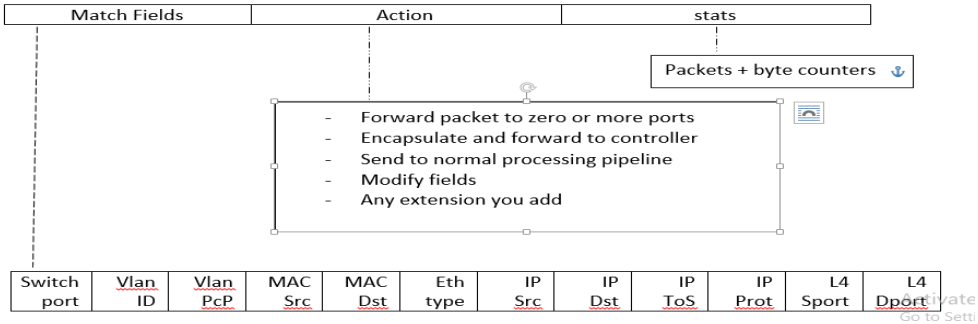
الشكل رقم (2.2) يوضح مبدل الشبكات المعرفة برمجيا

2.2 جداول التدفق في شبكات SDN :

يعتبر بروتوكول wolF nepO اول واجهة قياسية صممت من أجل NDS يقدم أداء عالي ودقة التحكم في حركة مرور البيانات عبر عدة أجهزة شبكية .يعتبر هذا البروتوكول صلة وصل بين التحكم (rellortnoc) واجهزة البنية التحتية من خلاله يقوم المتحكم بإضافة أو حذف أو تعديل (seirtnE wolF) ضمن جداول التوجيه أو التدفق (selbaT wolF) .كما سبق ان الشبكة تقسم الي قسمين enalp lortnoc المثلة بالمتحكم وال enalp atad المثلة بالمبدلات التي تقوم بالتوجيه ، حيث تتكون أجهزة إعادة التوجيه من الاتي :

1-جدول تدفق يحتوي على مدخلات تدفق يتكون من قواعد واجراءات مطابقة حيث يتم إتخاذ القرار على اساس هذا التطابق .

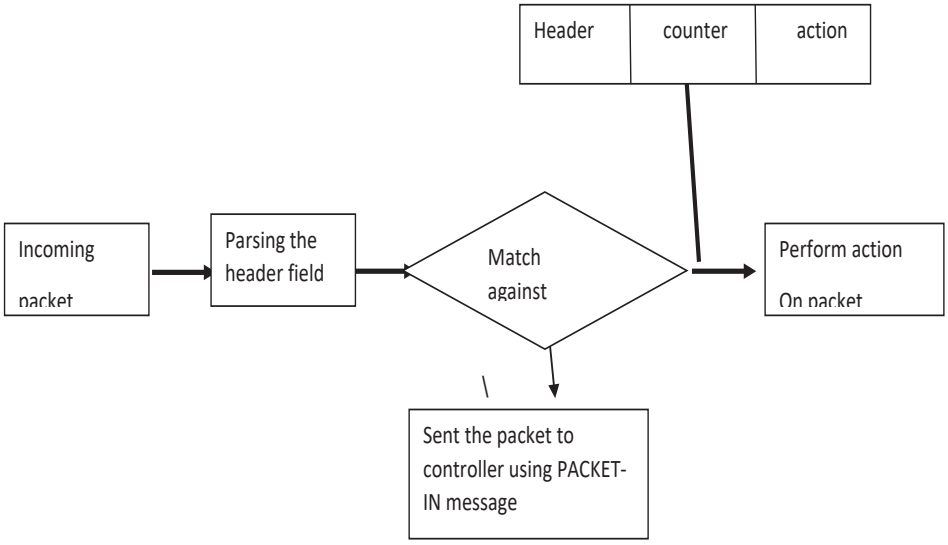
2-بروتوكول طبقة النقل الذي يتصل بأمان مع المتحكم حول الادخالات الجديدة غير الموجودة حاليا فى جدول التدفق .



الشكل رقم (3.2) يوضح محتويات جدول التدفق

عندما يصل طرد جديد الي مبدل Open flow ، يقوم بالبحث ضمن جدول الدفق عن تطابق ، في حال لم يجد تطابق ، فإنه يقوم المبدل بإرسال الطرد الي المتحكم ، يقوم المتحكم بمعالجة الطرد ويقوم بتعليم الطرد مع الحدث كما يلي :

- إضافة دفق جديد للطرود المشابهة الواردة .
- إهمال الطرود المشابهة .
- إشارة الي الطرد مع رقم تعريف الرتل q ID.



الشكل رقم (4.2) يوضح آلية عمل بروتوكول Open Flow

3.2 مكونات المتحكم في شبكات ال SDN :

المتحكم هو عبارة عن برنامج يعتمد على مكونات (Software based components) التي تنفذ وظائف المتحكم بالشبكة ، وعادة يتم تمثيله بمجموعة من التطبيقات Applications التي تقدم خدمات مختلفة للمتحكم

يمكن تقسيم المتحكم الي ثلاثة عناصر :

1-الواجهة الشمالية : هي عبارة عن واجهات برمجية تدعم التطبيقات ذات المستوي العالي ، تقدم خدمات مثل جدار الحماية ، ونظام موازنة الحمل ، ويتم التواصل بين التطبيقات خارج المتحكم والمتحكم من خلال هذه الواجهة .

2-نواة المتحكم : وهي عبارة عن مجموعة من التطبيقات أو المكونات components أو الوحدات البرمجية Modules التي تكون في المتحكم بشكل إفتراضي (build – in) والتي تختلف من متحكم الي اخر ولكن اغلب المتحكمات تحتوي على بعض المكونات المتشابهة .

3-الواجهة الجنوبية : التي تقدم وظائف التحكم الي طبقة البنية التحتية (المبدلات مستوي البيانات) مثل المبدلات ، حيث يتم عادة تمثيل هذه الواجهة ببروتوكول مثل ال Open Flow ، تجمع هذه الواجهة المعلومات من مبدلات مستوي البيانات وتقدم المدخلات للتدفقات المطلوبة لعملية تمرير البيانات في شبكة SDN[1]

4.2 تصنيف المتحكمات في شبكات SDN :

يمكن تصنيف المتحكمات الي فئتين رئيسيتين هما :

1- مفتوحة المصدر (open source) : والتي تكون عبارة مشاريع تطوير تنشر الكود الخاص بها علي منصات مثل GitHub وتكون غالبا مطورة بواسطة أشخاص .

2- التجارية (closed source) : حيث معظم شركات الشبكات المعروفة لديها الآن متحكمات خاصة بها مثل سيسكو لديها Cisco ACI وشركة جونبير لديها contrail .

:Open source SDN controller

- Floodlight
- Open Daylight
- Open contrail
- Open network operating system[2]

3. الطرق والادوات:

تتناول الدراسة مجموعة من الادوات المختلفة تتضمن :

1.3 محاكي Mininet:

تقوم محاكيات الشبكة بإنشاء نماذج تعمل فيها عمليات النظام كسلسلة من الأحداث .

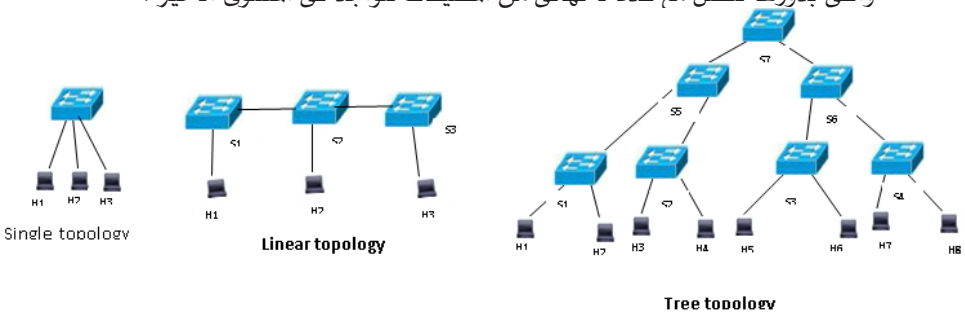
MININET : هو عبارة عن محاكي شبكات يقوم بتوفيرأجهزة PC ، مبدلات ومتحكمات إفتراضية ويعمل على نظام LINUX وتدعم المبدلات التي يؤمنها هذا المحاكي بروتوكول Open Flow مما يجعله المحاكي الأنسب لإستخدامه مع شبكات SDN .

هو محاكي تستطيع من خلاله محاكاة وإدارة البنية التحتية للشبكة التي تحتوي على المضيفين والمبدلات والروابط ، يعمل المضيف host وكأنه حاسب حقيقي أي تستطيع تنفيذ أي برنامج عليه ،وهذه البرامج ترسل رزم بيانات الي المبدلات التي تعمل كمبلات إيثرنت حقيقية ، كما يمكن ربط البنية التحتية للشبكة مع متحكم محلي يتم تنصيبه بشكل إفتراضي عند تنصيب ال mininet . يتيح المحاكي mininet للباحثين بناء وتطوير شبكة SDN إفتراضية ، ومن ثم نقلها للواقع الحقيقي , الاختلاف بينهم فقط أن ال mininet ينشئ البنية التحتية من خلال سوفت وير بدلا من الهاردوير .تم اختيار محاكي Mininet حيث يعد هذا المحاكي من الادوات التي يتم استخدامها بشكل كبير في الابحاث والدراسات التي تعتمد على الشبكات المعرفة برمجيا . يمكن تنصيب هذا المحاكي على حاسوب شخصي محمول أو عادي يوفر ال Mininet العديد من السمات والخدمات مثل جدول ARP ، التعامل مع البيئة الافتراضية ، كما يمكن نمذجة شبكات كبيرة واختبارها ، حيث يسمح بإنشاء شبكات وفق الطوبولوجيات التالية :

1-مفرد (single) : وتتالف من متحكم واحد متصل مع مبدل واحد الذي بدوره يتصل مع عدد لا نهائي من المضيفات .

2-خطي (linear) : وتتالف من متحكم واحد أو أكثر يتصل مع مبدلات تتصل مع بعضها بشكل متسلسل ، وكل منها متصل بمضيف واحد .

3-نجمي (star) : وفيها نجد وجود عدة مستويات تتصل من خلالها المبدلات مع بعضها البعض ، والتى بدورها تتصل مع عدد لا نهائى من المضيفات تتواجد فى المستوى الاخير .

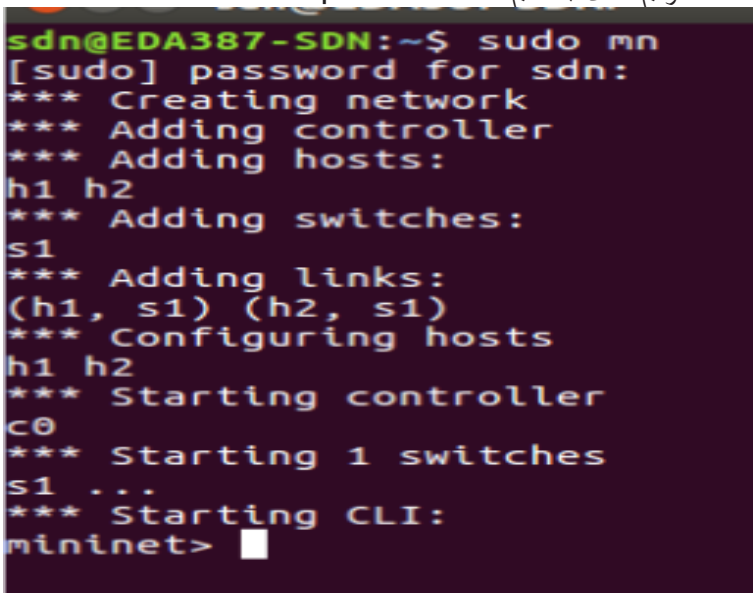


الشكل رقم (1.3) يوضح طبولوجيات الشبكات

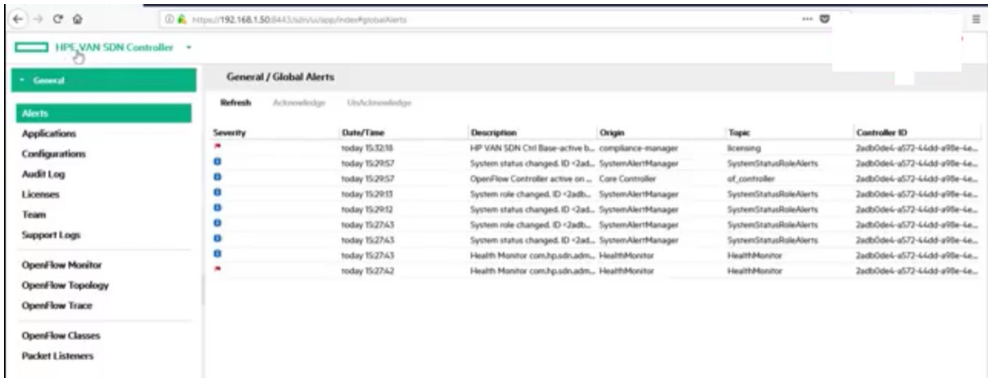
2.3 الاتصال مع المتحكم :

من أجل أن يتصل mininet مع أي متحكم فإنه يحتاج الي :

- عنوان المتحكم IP address
- رقم منفذ المتحكم port number

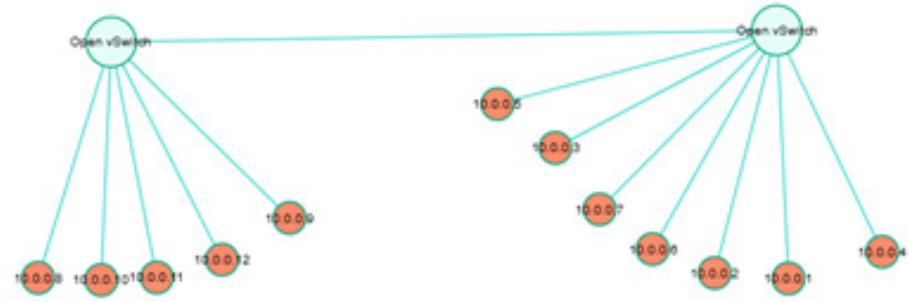


الشكل رقم (2.3) يوضح انشاء الشبكه mininet



الشكل رقم (3.3) يوضح واجهه المتحكم

بعد عملية البينج والتاكد بان الاجهزة متصلة ببعض تذهب الي المتصفح وندخل على المتحكم (rellortnoc) بعنوان ال pi رقم البورت (trop) لنحصل على الشاشة التنفيذية على المتحكم rellortnoc–nav–EPH . وعند الدخول الي المتصفح عبر عنوان المتحكم ورقم المنفذ في هذه النافذة يطلب المتحكم اسم المستخدم وكلمة المرور وعند ادخالها تفتح الشاشة الرئيسية للمتحكم

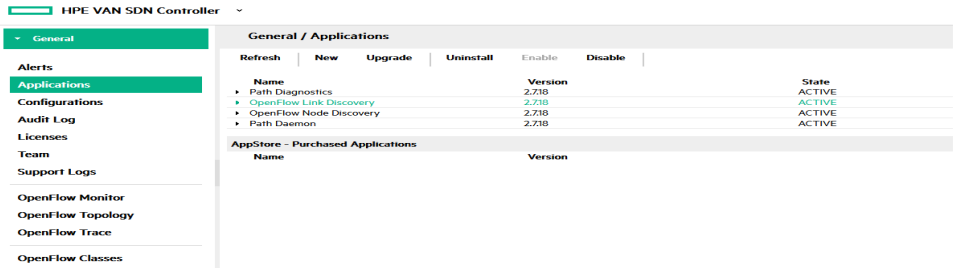


الشكل رقم (4.3) يوضح الشبكة التي تم انشاءها

هذه الشاشة تظهر عدد السوتشات والاجهزة التي تم انشاؤها (stsoh) المرتبطة بها وعنوان كل جهاز sserdda pi في ارسال واستقبال هذه الشاشة يتم تحديد جهاز المصدر (ecruos) ومن ثم تحديد noitanitsed) يقوم المتحكم بتوضيح المسار الذي تسلكه البيانات كمال هو موضح في الشكل اعلاه :

كيفية اكتشاف المتحكم للأجهزة المتصلة معه وتحديد أفضل مسار للبيانات :

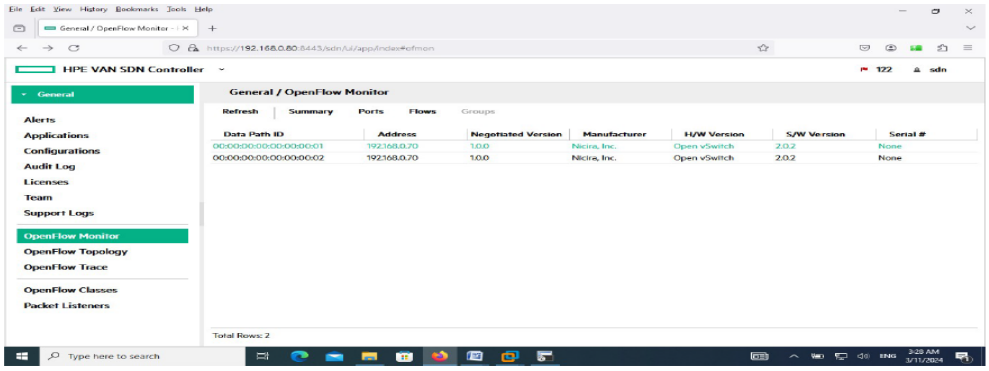
بعد الدخول على المتحكم عبر عنوان pi ورقم المنفذ وبعد إدخال كلمة السر تفتح نافذة IUG توجد بعض المحتويات على الجانب الأيسر من النافذة من ضمنها التطبيقات noitacilppA تعني انه يمكن تنزيل تطبيق جاهز على المتحكم يكون بالكود ، اضغط على noitacilppa يحتوي على بعض التبويبات منها yrevocsid edon wolFnepO وهذه تمكن المتحكم من اكتشاف المبدلات الموجودة في الشبكة . وأيضا منها OpenFlow Link discovery عن طريقه يكتشف الكوابل الموصلة بين المبدلات .



اما path diagnostics وال path deemon بواسطة هذين الخيارين يتمكن من اختيار أفضل مسار لإرسال البيانات بين الأجهزة .

الشكل رقم (5.3) يوضح شاشه المتصفح

5. النتائج والمناقشة



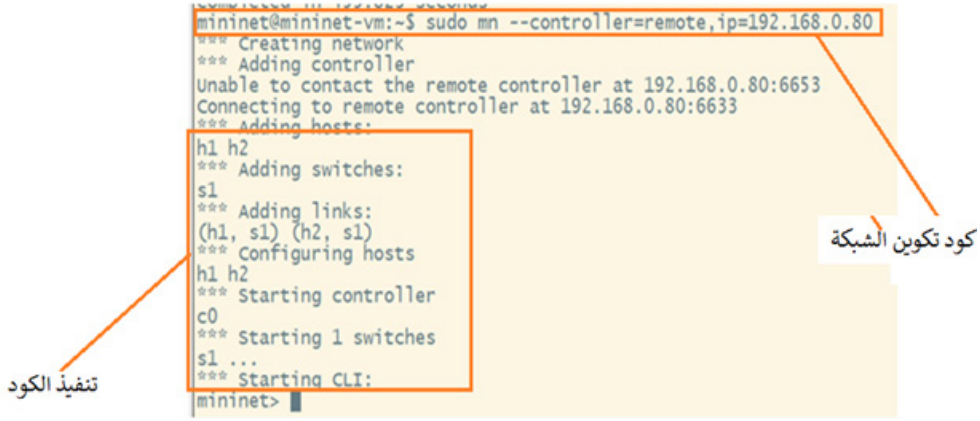
الشكل رقم (1.5) يوضح شاشة المتصفح الرئسيه

في الواجهة الرئيسية للمتحكم rellortnoc–nav–EPH وفي الجانب الايسر من الشاشة وعند الضغط على rotinom wolFnepO تظهر الشاشة اعلاه DI htap atad وهو خاص بالمبدل وفي مثالنا هذا يوجد عدد 2 مبدل وايضا يوجد عنوان sserdda pi لهذه المبدلات وغيرها من الحقول .ومنها تم تحديد جهاز المصدر والجهاز الهدف كما موضح في الشكل التالى

الشكل رقم (2.5) يوضح تحديد الجهاز المصدر والمستقبل

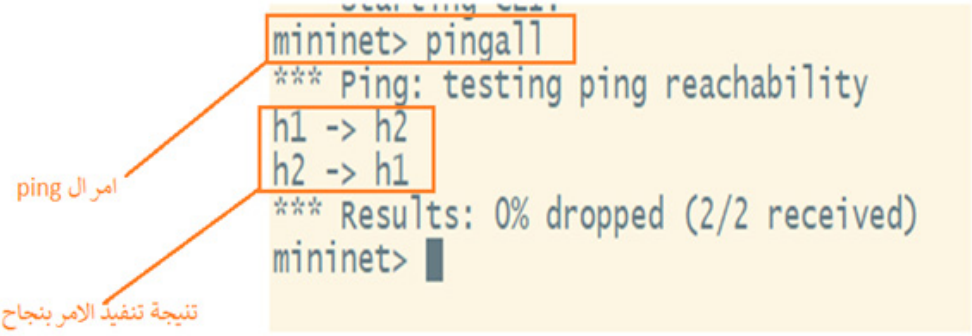
حيث السهم الأخضر(في الجانب الايسر) جهاز المصدر ال (source) والجهاز الذي به السهم الاحمر(في الجانب الايمن) في الطرف الاخر يمثل الجهاز المستقبل للبيانات ال destination الشاشة ادناه يوضح إنشاء شبكة بسيطة تحتوي على عدد 2 hosts مضيف وعدد مبدل واحد وتم ربطها بالمتحكم بواسطة عنوان ip المتحكم بالأمر الأتي :

sudo mn– controller=remote,ip=192.168.0.80



الشكل رقم (3.5) يوضح بناء شبكة بسيطة

بعد تكوين الشبكة يتم التأكد منها على انها يعمل بكفائة وان الاجهزة موصلة مع بعض بطريقة صحيحة وسليمة يتم ذلك بكتابة الامر llagnip هذا يعمل ال gnip لكل الاجهزة الموجودة على الشبكة والتي تم تكوينها اما اذا اردنا اختبار مضيفين مثلا فنكتب الامر 1h gnip 2h حيث ان 1h يرمز للجهاز الاول (1tsoh) و 2h يرمز للجهاز الثاني (2tsoh) وسواء هذا المضيف في نفس المبدل أو في مبدل آخر كما هو موضح في الشكل ادناه .

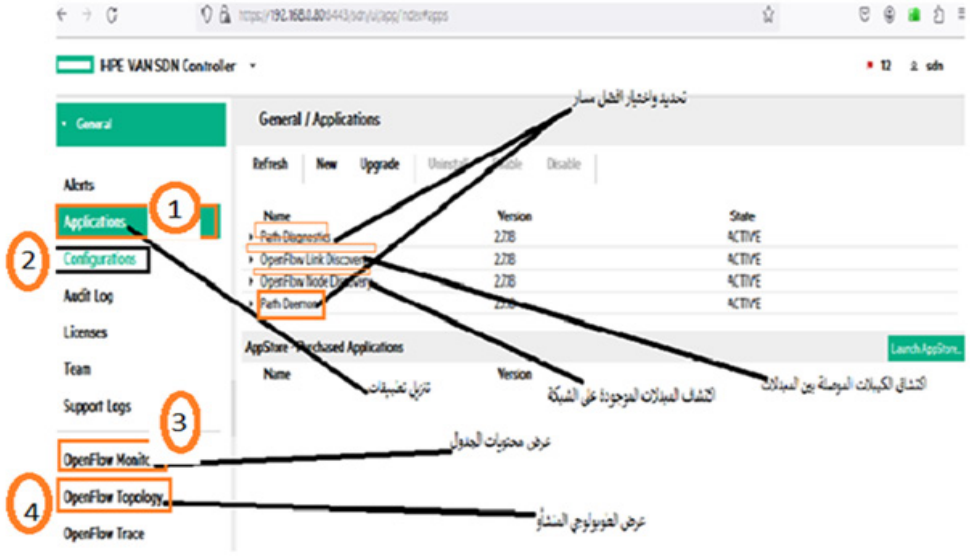


الشكل رقم (5.4) يوضح عمليه ping للاجهزه

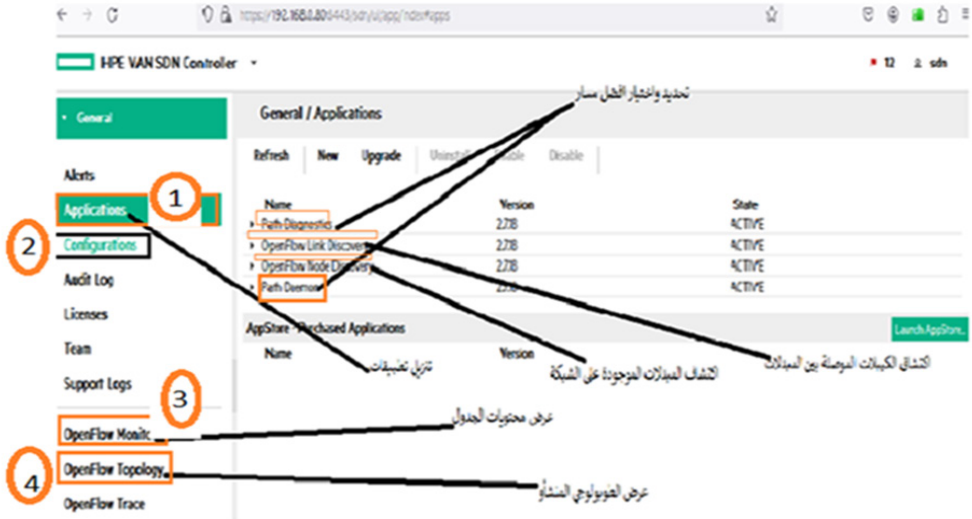
بعد التأكد من أن الأجهزة متصلة مع بعض بطريقة سليمة كما في الخطوة السابقة نقوم بالذهاب إلي المتصفح ونقوم بالدخول على المتحكم بعنوان sserdda pi ورقم المنفذ .

عنوان ال ip address الذي تم إعداده للمتحكم هو 192.168.0.80 أما رقم هو 8443 وتتم

كتابته على المتصفح بهذا الشكل https://192.168.0.80::8443 ثم اضغط مفتاح enter فتظهر الشاشة الموضحة ادناه يطلب اسم المستخدم وكلمة المرور .



اسم المستخدم هي nds وكلمة المرور هي enil yks يمكن تعديلها بعد على المتحكم .بعد الدخول للمتصفح يظهر الشكل التالي



شكل رقم (٥.٥) يوضح المكونات الاساسية للمتحكم

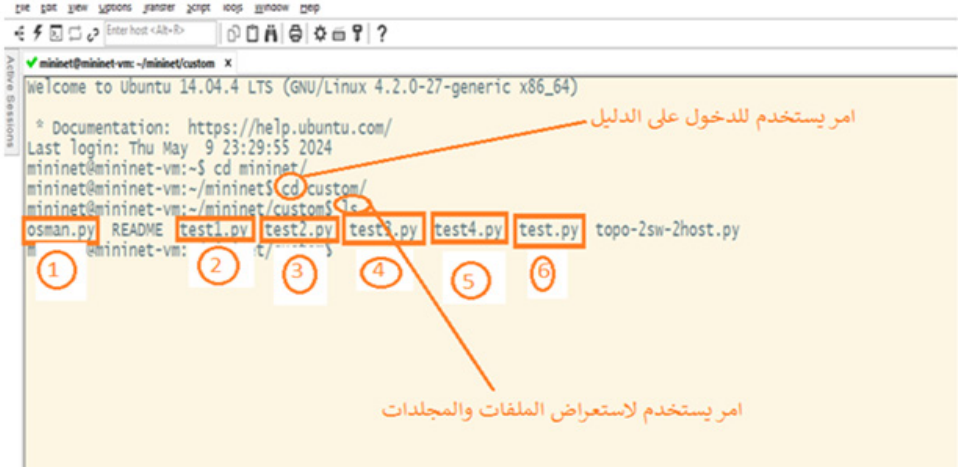
حتى يتم تصميم النموذج الذي نحتاج إليه لا بد من الدخول الي كود البايثون والتعديل فيه حسب الطوبولوجيا التي نريدها لذلك تم إنشاء عدد 6 شبكات مختلفة حيث ان كل طوبولوجي تختلف عن الأخرى في عدد المبدلات sehctiws وعدد والأجهزة stsoh الموصلة بها وقد تم إنشاء هذه

الطوبولوجيا بالمسميات الآتية :

1. osman.py النموذج الأول : يتم في هذا النموذج تكوين شبكة تحتوي على عدد 14 جهاز (hosts) متصلة بعدد 2 سوتش (switches) ومن ثم ربطها بالمتحكم والذي بدوره يتحكم على الشبكة ويقوم بتكوين جداول التوجيه لكل سوتش (flow-table) ليتمكن المبدل من توجيه البيانات حسب وجهتها .
2. test.py النموذج الثاني : يتم في هذا النموذج تكوين شبكة تحتوي على عدد 12 جهاز (hosts) متصلة بعدد 2 مبدلات (switches) ومن ثم ربطها بالمتحكم
3. test1.py : النموذج الثالث : يتم في هذا النموذج تكوين شبكة تحتوي على عدد 4 جهاز (hosts) متصلة بعدد 2 مبدلات (switches) ومن ثم ربطها بالمتحكم .
4. test3.py النموذج الرابع : يتم في هذا النموذج تكوين شبكة تحتوي على عدد 3 جهاز (hosts) متصلة بعدد 3 مبدل (switches) ومن ثم ربطها بالمتحكم .
5. test4.py النموذج الخامس : يتم في هذا النموذج تكوين شبكة تحتوي على عدد 4 جهاز (hosts) متصلة بعدد 4 مبدل (switches) ومن ثم ربطها بالمتحكم .
6. test5.py النموذج السادس : يتم في هذا النموذج تكوين شبكة تحتوي على عدد 14 جهاز (hosts) متصلة بعدد 2 مبدل (switches) ومن ثم ربطها بالمتحكم .
7. test5.py النموذج السابع : يتم في هذا النموذج تكوين شبكة تحتوي على عدد 21 مبدل (switches) ومن ثم ربطها بالمتحكم.

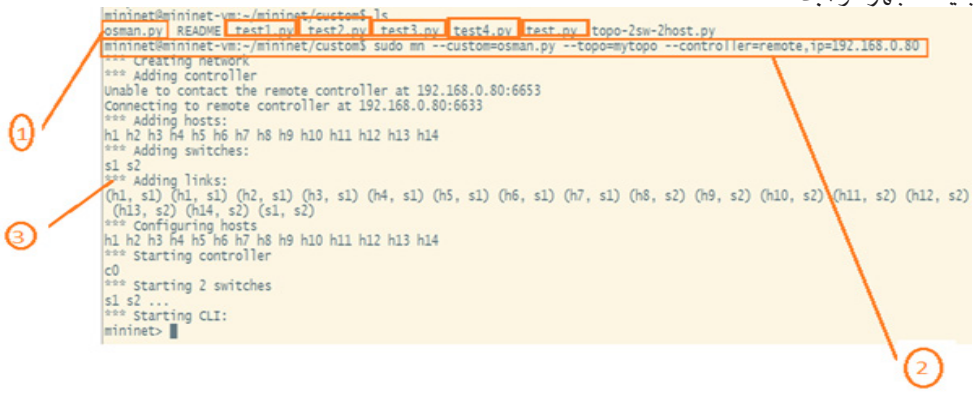
تم شرح النموذج الأول لان طريقة الشرح لا تختلف عن بعض فقط الاختلاف في عدد الأجهزة المتصلة بالمتحكم (hosts) وعدد المبدلات (switches) المتصلة بهذه الأجهزة

النموذج الأول : إنشاء شبكة والتي تحتوي على عدد 2 مبدل وعدد 14 جهاز hosts نقوم بتوصيل المبدلات ببعض وتوصيل الأجهزة مع المبدلات ثم يتم ربط المبدلات بالمتحكم وفي هذا البحث سوف استخدم متحكم HPE-van-controller .



شكل رقم (5.6) يوضح اسماء الشبكات التي تم تكوينها

الارقام الموضحة على الشاشة اعلاه من 1-6 هي الشبكات التي تم تكوينها أو انشاءها في المسار الاتي: /Mininet/ custom داخل كود لغة البايثون وهي عبارة 6 شبكات كل شبكة مختلفة عن الاخرى في عدد الاجهزة المتصلة بها وعدد المبدلات التي تربط هذه الاجهزة بالمتحكم وتقوم بحديد كل جهاز (host) متصل أو يربط مع المبدل الذي تحدده له كمبرمج مثلا اذا رمزنا لجهاز المضيف بال (host) (h1)) والمبدل (s1 (switch فان جهاز المضيف h1 موصل مع المبدل (h1,s1 s1) وهكذا مع بقية الاجهزة والمبدلات



شكل رقم (5.7) يوضح تكوين شبكه وربطها بالمتحكم

1) اسم الملف الذي تم تكوينه مسبقا على البايثون

2) كود لتنفيذ الشبكه وربطه بالمتحكم عبر عنوان المتحكم

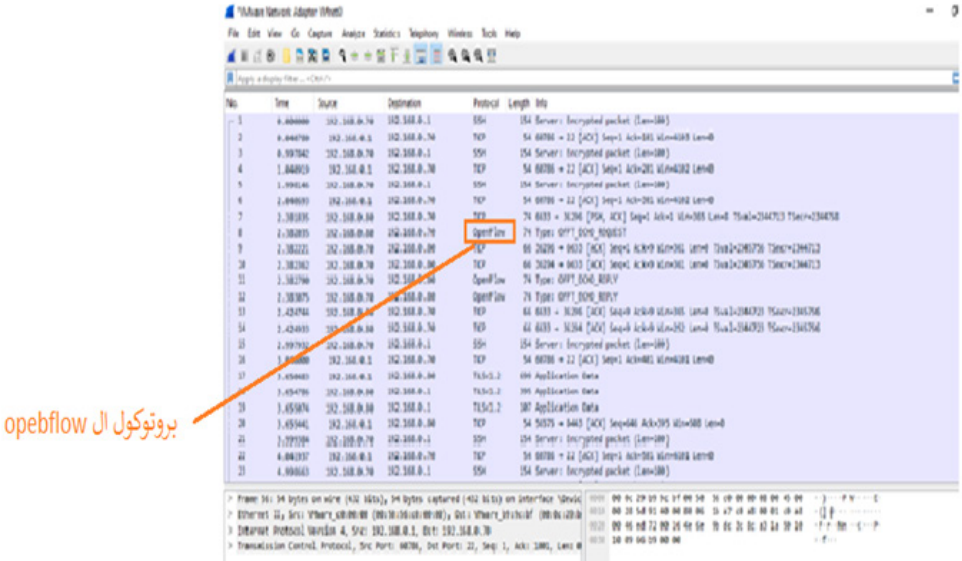
3) تنفيذ الكود بنجاح ويتم في هذه الشاشة الآتي :

- ★ إضافة المتحكم (controller) ويرمز له C0
- ★ إضافة أجهزة (hosts) يرمز لها بحرف h متبوع برقم حسب عدد الأجهزة التي يتم إنشاؤها
- ★ إضافة مبدلات (switches) ويرمز له ب S1 , S2
- ★ يتم ربط المبدلات بالأجهزة Adding links يتم الربط حسب المبدل الذي يحدده المبرمج في كود البايثون
- ★ أيضا تتم عملية إعداد للأجهزة configuring hosts .
- ★ أيضا يتم تشغيل المتحكم starting controller
- ★ يتم تشغيل المبدلات starting switches

بعد تكوين الشبكة نقوم بعملية البنج للتأكد من أن الأجهزة متصلة ببعضها البعض لكي تتمكن من التواصل وإرسال الرسائل لبعض في هذه أعلاه تأكد ان كل الأجهزة متصلة ببعض وتعمل بنجاح

بعد عملية البينج والتأكد بان الأجهزة متصلة ببعض تذهب الي المتصفح وندخل على المتحكم (rellortnoc) بعنوان ال pi رقم المنفذ (trop) لنحصل على الشاشة الرئيسية على المتحكم rellortnoc–nav–EPH . وعند الدخول الي المتصفح عبر عنوان المتحكم ورقم المنفذ ومن ثم الذهاب الي الخيار ygolopot woflnepo لإظهار الشبكة التي تم إنشاؤها كما في الشكل 5-6 الموضح أدناه

شكل رقم (5.8) يوضح تكوين شبكه وربطها بالمتحكم

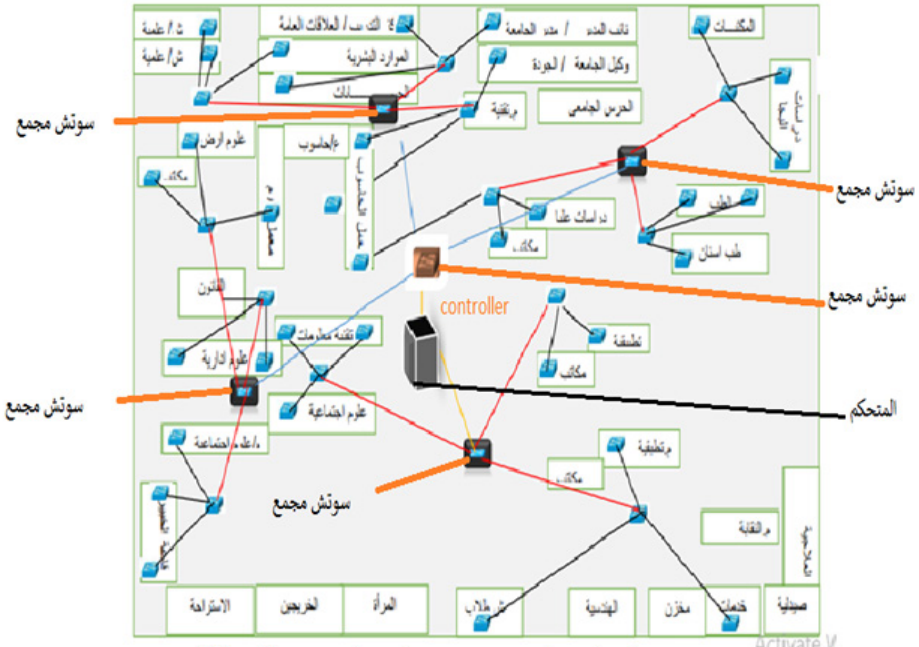


شكل رقم (5.9) يوضح برتكول التقاط البيانات

وفي حالة الاختبار لبروتوكول ال wolFnepO نقوم بعملية gnip لجهازين وتكون عملية البينج مستمرة كالاتي : gnip1h 2h ونعمل عملية التقاط للبيانات التي تمر بين الجهازين بواسطة برنامج ال krahs eriw نجد أن بروتوكول ال wolfnepO موجود بعد عملية التفاوض detaitogen بين المبدل والمتحكم والتي يبدأ بها المبدل في طريقة الإرسال بينهم والاتفاق في استخدام أي نوع من إصدارات بروتوكول ال wolFnepO وإنشاء القناة الآمنة للتواصل علما ان المتحكم إذا كان يستخدم بروتوكول wolFnepO بإصدارة اعلي من المبدل فانه يتعامل مع المبدل بنفس إصدار بروتوكول المبدل مثلا إذا كان المتحكم إصداره 5.1 والمبدل إصداره 3.1 فانه المتحكم يعمل بإصدار المبدل 3.1 يمكن ترقية بروتوكول المبدل إلي الإصدار الأحدث .

النموذج المقترح لشبكة جامعة البحر الاحمر :

تم إيجاد تخطيط شبكة NDS لجامعة البحر الأحمر لكي يتسنى تنفيذها وتشغيلها على ارض الواقع والشكل التالي يوضح خارطة لمجمع الوسط:



شكل 4-19 يوضح موقع المبدلان في مجمع الوسط بواسطة شبكة SDN

شكل رقم (5-10) يوضح موقع المبدلات في مجمع الوسط بواسطة شبكة SDN

هذه الخريطة توضح توزيع المبدلات على مجمع الوسط حيث توزع المبدلات حسب الأجهزة الموجودة بالإدارة او الكلية يلاحظ أن معظم الكليات بها معامل حيث تحتاج لمبدلات أكثر حيث الدراسة تعتمد على أن تكون المبدلات تدعم بروتوكول الwolFnepO (hctiws wolFnepO) وتكون(strop 84) في بعض الأماكن مثل المعامل لان بها عدد كبير من الأجهزة .

حيث تجمع كل ثلاثة مبدلات بمبدل مركزي واحد ثم تجمع المبدلات المركزية بمبدل مركزي أخر حتي تصل في النهاية الي مبدل مركزي واحد يتصل بالمتحكم (rellortnoc) وبهذه الطريقة يتم التحكم على الأجهزة المبدلات معا ويتم الوصول إلي مكان العطل بكل سهولة ويكون التحكم عليها مركزيا بواسطة المتحكم (rellortnoc)وذلك لتحقيق lortnoc dezilartnec .

من أفضل المميزات التي توجد في هذه الشبكة أنها قابلة للابتكار والتحديث بكل ما هو جديد في الشبكات بمعني انه لو ظهر بروتوكول جديد لا تحتاج لتغيير الأجهزة والمبدلات كما هو الحال في الشبكات التقليدية فقط تحتاج كود البروتوكول الجديد ويتم حقنه في المتحكم والمتحكم بدوره يقوم بتشغيله على المبدلات بواسطة بروتوكول locotorp wolFnepO .

بناء شبكة باستخدام mininet مؤلفة من متحكم HPE van واحد ومبدلات (13 switches) و27 مضيف (hosts) تتوزع وقف طوبولوجيا من النوع tree ويمكن الحصول على هذه الشبكة بالكود التالي:

Sudomn--topo=tree, fanout=4,depth=3

للتأكد منها على انها تعمل بكفائة وان الاجهزة موصلة مع بعض بطريقة صحيحة وسليمة يتم ذلك بالامر pingall كما هو موضح في الشكل ادناه:

```
mininet@mininet-vm:~$ sudo mn --controller=remote,ip=192.168.0.100 --topo=tree,fanout=4,depth=3
*** Creating network
*** Adding controller
Unable to contact the remote controller at 192.168.0.100:6653
Connecting to remote controller at 192.168.0.100:6633
*** Adding hosts:
h1 h2 h3 h4 h5 h6 h7 h8 h9 h10 h11 h12 h13 h14 h15 h16 h17 h18 h19 h20 h21 h22 h23 h24 h25 h26 h27 h28 h29 h30 h31 h32
h33 h34 h35 h36 h37 h38 h39 h40 h41 h42 h43 h44 h45 h46 h47 h48 h49 h50 h51 h52 h53 h54 h55 h56 h57 h58 h59 h60 h61 h62
 h63 h64
*** Adding switches:
s1 s2 s3 s4 s5 s6 s7 s8 s9 s10 s11 s12 s13 s14 s15 s16 s17 s18 s19 s20 s21
*** Adding links:
(s1, s2) (s1, s7) (s1, s12) (s1, s17) (s2, s3) (s2, s4) (s2, s5) (s2, s6) (s3, h1) (s3, h2) (s3, h3) (s3, h4) (s4, h5)
(s4, h6) (s4, h7) (s4, h8) (s5, h9) (s5, h10) (s5, h11) (s5, h12) (s6, h13) (s6, h14) (s6, h15) (s6, h16) (s7, s8) (s7,
 s9) (s7, s10) (s7, s11) (s8, h17) (s8, h18) (s8, h19) (s8, h20) (s9, h21) (s9, h22) (s9, h23) (s9, h24) (s10, h25) (s1
0, h26) (s10, h27) (s10, h28) (s11, h29) (s11, h30) (s11, h31) (s11, h32) (s12, s13) (s12, s14) (s12, s15) (s12, s16) (
s13, h33) (s13, h34) (s13, h35) (s13, h36) (s14, h37) (s14, h38) (s14, h39) (s14, h40) (s15, h41) (s15, h42) (s15, h43)
 (s15, h44) (s16, h45) (s16, h46) (s16, h47) (s16, h48) (s17, s18) (s17, s19) (s17, s20) (s17, s21) (s18, h49) (s18, h5
0) (s18, h51) (s18, h52) (s19, h53) (s19, h54) (s19, h55) (s19, h56) (s20, h57) (s20, h58) (s20, h59) (s20, h60) (s21,
h61) (s21, h62) (s21, h63) (s21, h64)
*** Configuring hosts
h1 h2 h3 h4 h5 h6 h7 h8 h9 h10 h11 h12 h13 h14 h15 h16 h17 h18 h19 h20 h21 h22 h23 h24 h25 h26 h27 h28 h29 h30 h31 h32
h33 h34 h35 h36 h37 h38 h39 h40 h41 h42 h43 h44 h45 h46 h47 h48 h49 h50 h51 h52 h53 h54 h55 h56 h57 h58 h59 h60 h61 h62
 h63 h64
*** Starting controller
c0
*** Starting 21 switches
s1 s2 s3 s4 s5 s6 s7 s8 s9 s10 s11 s12 s13 s14 s15 s16 s17 s18 s19 s20 s21 ...
*** Starting CLI:
mininet>
```

ssh2: ChaCha20-Poly1305 31, 10 31 Rows, 119 Cols Xterm CAP N

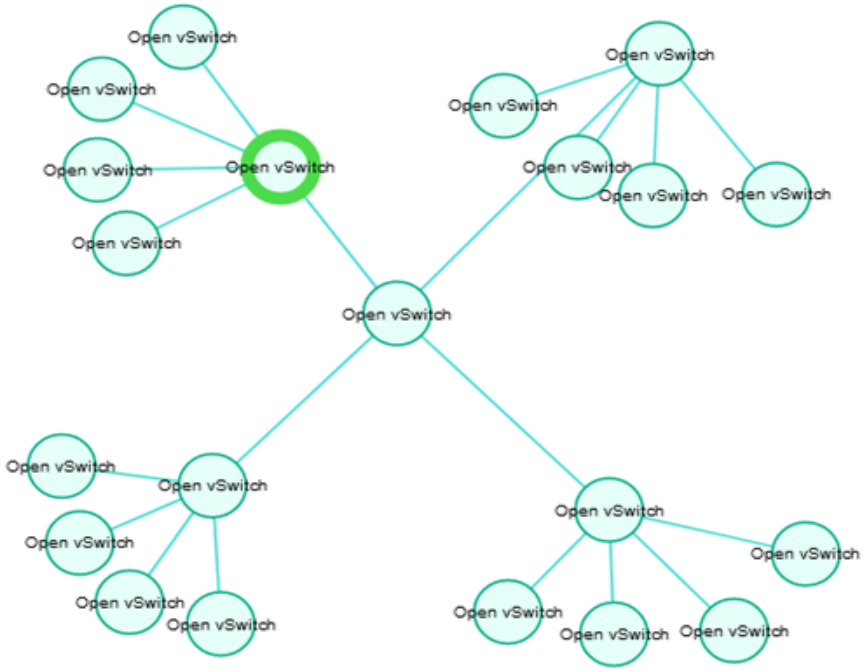
```
mininet> pingall
*** Ping: testing ping reachability
h1 -> h2 h3 h4 h5 h6 h7 h8 h9 h10 h11 h12 h13 h14 h15 h16 h17 h18 h19 h20 h21 h22 h23 h24 h25 h26 h27 h28 h29 h30 h31 h
32 h33 h34 h35 h36 h37 h38 h39 h40 h41 h42 h43 h44 h45 h46 h47 h48 h49 h50 h51 h52 h53 h54 h55 h56 h57 h58 h59 h60 h61
h62 h63 h64
h2 -> h1 h3 h4 h5 h6 h7 h8 h9 h10 h11 h12 h13 h14 h15 h16 h17 h18 h19 h20 h21 h22 h23 h24 h25 h26 h27 h28 h29 h30 h31 h
32 h33 h34 h35 h36 h37 h38 h39 h40 h41 h42 h43 h44 h45 h46 h47 h48 h49 h50 h51 h52 h53 h54 h55 h56 h57 h58 h59 h60 h61
h62 h63 h64
h3 -> h1 h2 h4 h5 h6 h7 h8 h9 h10 h11 h12 h13 h14 h15 h16 h17 h18 h19 h20 h21 h22 h23 h24 h25 h26 h27 h28 h29 h30 h31 h
32 h33 h34 h35 h36 h37 h38 h39 h40 h41 h42 h43 h44 h45 h46 h47 h48 h49 h50 h51 h52 h53 h54 h55 h56 h57 h58 h59 h60 h61
h62 h63 h64
h4 -> h1 h2 h3 h5 h6 h7 h8 h9 h10 h11 h12 h13 h14 h15 h16 h17 h18 h19 h20 h21 h22 h23 h24 h25 h26 h27 h28 h29 h30 h31 h
32 h33 h34 h35 h36 h37 h38 h39 h40 h41 h42 h43 h44 h45 h46 h47 h48 h49 h50 h51 h52 h53 h54 h55 h56 h57 h58 h59 h60 h61
h62 h63 h64
h5 -> h1 h2 h3 h4 h6 h7 h8 h9 h10 h11 h12 h13 h14 h15 h16 h17 h18 h19 h20 h21 h22 h23 h24 h25 h26 h27 h28 h29 h30 h31 h
32 h33 h34 h35 h36 h37 h38 h39 h40 h41 h42 h43 h44 h45 h46 h47 h48 h49 h50 h51 h52 h53 h54 h55 h56 h57 h58 h59 h60 h61
h62 h63 h64
h6 -> h1 h2 h3 h4 h5 h7 h8 h9 h10 h11 h12 h13 h14 h15 h16 h17 h18 h19 h20 h21 h22 h23 h24 h25 h26 h27 h28 h29 h30 h31 h
32 h33 h34 h35 h36 h37 h38 h39 h40 h41 h42 h43 h44 h45 h46 h47 h48 h49 h50 h51 h52 h53 h54 h55 h56 h57 h58 h59 h60 h61
h62 h63 h64
h7 -> h1 h2 h3 h4 h5 h6 h8 h9 h10 h11 h12 h13 h14 h15 h16 h17 h18 h19 h20 h21 h22 h23 h24 h25 h26 h27 h28 h29 h30 h31 h
32 h33 h34 h35 h36 h37 h38 h39 h40 h41 h42 h43 h44 h45 h46 h47 h48 h49 h50 h51 h52 h53 h54 h55 h56 h57 h58 h59 h60 h61
h62 h63 h64
h8 -> h1 h2 h3 h4 h5 h6 h7 h9 h10 h11 h12 h13 h14 h15 h16 h17 h18 h19 h20 h21 h22 h23 h24 h25 h26 h27 h28 h29 h30 h31 h
32 h33 h34 h35 h36 h37 h38 h39 h40 h41 h42 h43 h44 h45 h46 h47 h48 h49 h50 h51 h52 h53 h54 h55 h56 h57 h58 h59 h60 h61
h62 h63 h64
h9 -> h1 h2 h3 h4 h5 h6 h7 h8 h10 h11 h12 h13 h14 h15 h16 h17 h18 h19 h20 h21 h22 h23 h24 h25 h26 h27 h28 h29 h30 h31 h
32 h33 h34 h35 h36 h37 h38 h39 h40 h41 h42 h43 h44 h45 h46 h47 h48 h49 h50 h51 h52 h53 h54 h55 h56 h57 h58 h59 h60 h61
h62 h63 h64
h10 -> h1 h2 h3 h4 h5 h6 h7 h8 h9 h11 h12 h13 h14 h15 h16 h17 h18 h19 h20 h21 h22 h23 h24 h25 h26 h27 h28 h29 h30 h31 h
```

ssh2: ChaCha20-Poly1305 31, 10 31 Rows, 119 Cols Xterm CAP N

شكل رقم (5-11) يوضح اسماء الشبكات التي تم تكوينها

تابع شكل رقم (5-11) يوضح اسماء الشبكات التي تم تكوينها

وتظهر الشبكة في المتحكم كما بالشكل ادناه:



الشكل في حالة ال fanout =4 , depth =3

شكل رقم (5-12) يوضح تكوين شبكه الجامعه وربطها بالمتحكم

الجدول التالي يوضح مقارنة توزيع المبدلات في الشبكة الحالية والمقترحة لشبكة ال SDN على مجمع الوسط بجامعة البحر الأحمر

جدول رقم (5-1) يوضح توزيع المبدلات علي مجمع الوسط

م	الكليات والادارات	الاجهزة الحالية	الاجهزة المقترحة	عدد الاجهزة الموفرة
1	العلوم الادارية	2	1	1
2	العلوم الاجتماعية	3	2	1
3	تقنية المعلومات	3	1	2
4	قانون	1	1	0
5	قاعة الخبير	3	1	2
6	شؤون الطلاب	1	1	0

م	الكليات والادارات	الاجهزة الحالية	الاجهزة المقترحة	عدد الاجهزة الموفرة
7	الخدمات	1	1	0
8	معامل تطبيقية	2	1	1
9	تطبيقية	4	1	3
10	اسنان	1	1	0
11	طب	2	1	1
12	مركز البجا	2	1	1
13	المكتبة المركزية	1	1	0
14	دراسات العليا	2	1	1
15	المعمل المركزي	6	1	5
16	المعمل الجديد	2	1	1
17	علوم الارض	5	1	4
18	الشؤون العلمية	2	-	2
19	الادارة المالية	4	1	3
20	مجمع الادارة	4	1	3
21	مركز التقنية بالادارة	1	1	0
22	الجهاز الهندسي	1	-	1
23	الحاسوب	1	-	1
24	مركز الاحصاء	1	-	1
25	مبني الهندسي القديم	1	-	1
العدد الكلى		56	21	35

مقارنة بين جدول شبكة الدراسة المقترحة وجدول الشبكة التقليدية في مجمع الوسط:

بالرجوع إلي الشكل (5-01) والذي يوضح توزيع المبدلات على شبكة □□□ المقترح وما بين الشبكة التقليدية والتي تعمل حاليا في مجمع الوسط جامعة البحر الأحمر بالإضافة إلي المقارنة بين الجداول أعلاه في الشكل (5-1) والشكل (5-11) و(5-21) فإننا نجد فارق بين عدد الأجهزة الكلي في مجمع الوسط فإذا قارنا من حيث عدد الأجهزة الكلي فهناك فارق كبير جدا في عدد الأجهزة ، ففي

الشبكات التقليدية الحالية يمثل المبدلات الموجودة على الشبكة ب 65 جهاز أما في شبكة ال NDS المقترحة يمثل ب 12 جهاز مبدل كما هو موضح في الجدول أعلاه وشكل الخارطة حيث يوجد الفرق بينهما بعدد 53 جهاز مبدل وهذا يعتبر تخفيض في عدد الأجهزة وبالتالي تقليل التكلفة على المؤسسة وهذا احد فوائد شبكة ال NDS .

ويمكن اضافة مستوي من المبدلات الاضافية كمبدلات توزيع ويكون هناك ترتيب وتنظيم في هيكلة الشبكة ليسهل أدارتها من خلال المتحكم (rellortnoc) أما الشبكات التقليدية لا يوجد بها ترتيب ولا تنظيم للشبكة اما الميزة الأخرى والأهم هي التحكم بالشبكة مركزيا مما يجعل الشبكة مرنة إي بمعني تقبل الشبكة التحديث والتطوير وسهولة الإدارة والتحكم وتقليل الجهد وخفض التكلفة وسرعة تلقي الأوامر من المتحكم وتوجيه البيانات حسب اقرب وأفضل مسار .نجد ان نسبة التخفيض في المبدلات مابين الشبكة الحالية والشبكة المقترحة تمثل 5.73٪ .

6 -التوصيات :

7 -المراجع والمصادر

(1) دراسة البروتوكول OpenFlow والمتحكم POX في الشبكات المعرفة بالبرمجة SDN ، د.أحمد صقر أحمد ، عفراء محمد ، مجلة جامعة تشرين للبحوث والدراسات العلمية – العدد(1) 2019م.

(2) الشبكات المعرفة برمجيات ، طلحة القصير وآخرون ، للعام 2020-2021

(3) https://opennetworking.org/sdn-resources/customer-casestudies/openflow/

(4) http://en.wikipedia/org/openflow4

(5) Resource Management in SDN-Based Cloud and SDN-Based fog Computer: Taxonomy study,Amira Alomary, shamals K subraniam, Namalia samian, Rohaya Latip and Zuriati Zukamain; Department of Communication technology and networking, Faculty of Computer science University putra Malaysia.

(6) Software–define network using openFlow: protocols, Applications and Architectural Design choices Wolfgang braun; Department of computer science University of Tuebingem Germany, Published: 12 May 2014

(7) https://opennetworking.org/sdnresources/customer-casestudies/openflow/

(8) تقييم اداء المتحكمات في الشبكات المعرفة برمجيا ، مجلة جامعة تشرين للبحوث والدراسات العلمية ، العدد(5) 2018 .

(9) الشبكات المعرفة بالبرمجيات: المفهوم الشامل ، ترجمة : أ.أيمن بن أحمد العدناني

(10) مدونة https://www.opennetworking.org/blog :OpenFlow/

توصي الدراسة بالاتي :

1. التحليل الجيد لانشاء الشبكات عامل مهم جدا لتحديد البنية التحتية للشبكة .
2. استخدام الشبكات المعرفة بالبرمجة (Software Defined Networks (SDN يعتبر نقلة نوعية لتحسين الأداء وإمكانية التطوير الغير محدود.
3. اضافة مستوي من المبدلات عند انشاء الشبكة يرفع من موثوقية الشبكة.

الهوامش:

(1) مجلة جامعة تشرين للبحوث والدراسات العلمية – العدد (1) 2019 – د.احمد صقر احمد / عفراء محمد

(2) مجلة جامعة تشرين للبحوث والدراسات العلمية - نفس المصدر السابق

(3) جامعة البعث – كلية الهندسة المعلوماتية – قسم الشبكات والنظم الحاسوبية – الشبكات المعرفة بالبرمجة / طلحة القصير وأخرون

(4) https://www.opennetworking.org/

(5) https://en.wikipedia.org/wiki/OpenFlow

(6) Resource Management in SDN-Based Cloud and SDN-Based fog Computer: Taxonomy study Amira Alomary , shamals K subraniam , Namalia samian , Rohaya Latip and Zuriati Zukamain Department of Communication technology and networking , Faculty of Computer science University putra Malaysia

(7) Software – define network using openFlow : protocols, Applications and Architectural Design choices Wolfgang braun Department of computer science University of Tuebingem Germany Published : May 2014

(8) https://opennetworking.org/sdn-resources/customer-case-studies/openflow/

(9) جامعة البعث نفس المصدر السابق

(10) https://opennetworking.org/sdn-resources/customer-case-studies/openflow/

(11)