تطوير إطار عمل للانتقال إلى IPv6 في المؤسسات الكبيرة ودراسة تأثيره على أداء الشبكة دراسة حالة: جامعة العلوم والتكنولوجيا

ماجد عبدالله التويتي[1]، محمد محسن الشدادي[1،*]

الملخص

في ظل التطور الحاصل في مجال تكنولوجيا المعلومات و الثورة التقنية في وسائل الاتصال والزيادة الهائلة في عدد الأجهزة المختلفة التي تستخدم عناوين برتوكول الانترنت (IP) مثل أجهزة (الحاسوب الشخصي ،الحاسوب المحمول، الحاسوب اللوحي، الهواتف الذكية، والأجهزة الذكية التي تتعامل مع IP) لترتبط بالشبكة العالمية الانترنت، فإن عناوين برتوكول الانترنت الإصدار الرابع IPv4 لم تعد كافية لتلبية كافة احتياجات طالبي خدمة الانترنت حول العالم، و بالتالي فإن الانتقال إلى الإصدار السادس من برتوكول الانترنت IPv6 أصبح ضرورة ملحة خاصة في الجمهورية اليمنية التي تعاني من قلة العناوين العالمية في IPv4، في هذه الورقة سيتم مناقشة برتوكول الانترنت IPv6 و ذكر أهم الميزات و الخدمات التي سيوفرها تطبيق عناوين IPv6، كذلك مناقشة طرق الانتقال إلى IPv6 وتطوير آلية عمل لتطبيق عناوين IPv6 في المؤسسات الكبيرة التي يزيد عدد المستخدمين فيها عن ألف مستخدم، كما ستقدم دراسة عملية عن تأثير تطبيق عناوين IPv4 وعناوين IPv6 على أجهزة الشبكة و تأثير ذلك على أداء وسلوك الشبكة و زمن الاستجابة عند استخدام تطبيقات مختلفة مثل (تصفح الانترنت، والبريد الإلكتروني ونقل الملفات والاتصال الصوتي والاتصال باستخدام الصوت و الصورة الفيديو). وقد خلصت الدراسة إلى أن الانتقال إلى IPv6 في المؤسسات الكبيرة سيحسن من أداء الشبكة باستخدام التطبيقات المختلفة على الشبكة، باستثناء التأخير في استخدام تطبيقات الاتصال بالصوت والصورة (Video) الناتج عن جودة الخدمة وأولويات تسليم حزم البيانات.

الكلمات المفتاحية: برتوكول الانترنت الإصدار الرابع (IPv4)، برتوكول الانترنت الإصدار السادس (IPv6)، برتوكول ترجمة العناوين (NAT).

[1] قسم الهندسة الإلكترونية، كلية الهندسة، جامعة العلوم والتكنولوجيا، صنعاء، اليمن
[*] عنوان المراسلة: m.alshadadi@ust.edu

DOI: 10.20428/JST.20.1.8

Development of a Framework for the Transition to IPv6 in Large Enterprises and the Study of Its Effect on Network Performance

Abstract:
Because of the improvement in the information technology field, the technical revolution in communications sector and the huge increasing of the number of different devices that need IP addresses to connect to the Internet, the fourth version of Internet protocol (IPv4) is not able anymore to meet all the needs that the Internet users all around the world ask for. So that, moving toward the IP sixth version (IPv6) has become a very urgent necessity especially in the Yemen Republic which is already suffering from the lack of IPv4 addresses.
This paper first studies the Internet Protocol IPv6 and its features and advantages and discusses in details the transition methods into IPv6. Then, the paper develops a framework with detailed plans for the big companies and organizations to achieve a seamless, successful, and smooth movement from IPv4 into IPv6. The developed framework with its associated plans has been applied to the University of Science and Technology–Yemen as a case study. After that, a detailed simulation based study is used to compare the effects of IPv4 and IPv6 application on the network performance and on the network response time when different type of services (such as Internet browsing, E-mail, files transfer, voice and video calls) are used.
The study illustrates that the IPv6 has positive effects on the network performance and it also improves the network response time when different applications are used.

1. المقدمة

منذ استخدام الشبكة العالمية الانترنت و التطور الحاصل فيها فقد أصبحت هي الوسيلة الأولى لنشر المعلومات و وسيلة الاتصال بين الأفراد باستخدام أجهزة الكمبيوتر أو الأجهزة المحمولة بغض النظر عن الموقع الجغرافي، ومع زيادة عدد المستخدمين و طالبي خدمة الاتصال بالشبكة العالمية الانترنت و التطور التكنولوجي الحاصل في مجال الاتصالات فإن الكثير من المؤسسات و البنوك و المصانع تعتمد على شبكات الحاسوب في تقديم خدماتها المختلفة، هذه الأسباب وغيرها أدى إلى استنفاد عناوينIPv4. و يظهر تأثير قلة عناوين IPv4 بشكل واضح على المؤسسات التي تمتلك شبكات متوسطة وكبيرة و يوجد بها الكثير من المستخدمين، حيث تعاني الجمهورية اليمنية من نقص في عدد العناوين العالمية المخصصة للجمهورية اليمنية حيث لا يزيد عدد العناوين المخصصة لليمن عن (64000) عنوان بينما يزيد عدد مستخدمي الانترنت في اليمن عن 6 مليون مستخدم، ونتيجة لذلك فقد تم تطوير برتوكول الانترنت IPv4 وإصدار برتوكول الإنترنت بإصدار جديد يعرف ب IPv6

DOI: 10.20428/JST.20.1.8

بحيث يضيف العديد من الميزات والخدمات الإضافية مثل (جودة الخدمة QoS، وتحسين مستوى الأمنية، و زيادة مساحة العناوين، وخدمة التجوال، وغيرها...) [1]، لذلك أصبحت مسألة الانتقال إلى IPv6 أمر ضروري لا مفر منه لتوفير مساحة عناوين كبيره و تحسين جودة خدمة الاتصال بالشبكة العالمية الانترنت، وقد بدأ العديد من مزودي خدمات الإنترنت حول العالم بالانتقال إلى IPv6 ، حيث من المتوقع الانتقال الكامل إلى IPv6 بحلول عام 2020 في العالم كله [2]، و يمكن تلخيص أهم ميزات عناوين IPv6 في ما يلي :

مساحة العناوين في IPv6: الميزة الأكثر أهمية هي مساحة عناوين IPv6 في حين عناوين IPv4 تستخدم 32 ثنائية، فإن عناوين IPv6 يستخدم 128 ثنائية، أي أن عدد العناوين في هذا الإصدار يساوي (38 = 2128 3.43x10) وهذا الكم الهائل من العناوين سوف يغطي مختلف احتياجات الاتصال بالشبكة من كافة أنواع الأجهزة لذلك فإن من الصعب أن نتصور استهلاك عناوين IPv6 حيث أن كل متر مربع على مساحة الكرة الأرضية سوف سيكون فيه (1023 x 6.65) عنوان [3] إضافة إلى ذلك سيتم الاستغناء عن برتوكول ترجمة العناوينNAT وبالتالي يمكن لأي جهاز الاتصال بجهاز آخر على الشبكة العالمية الانترنت بشكل مباشر دون أن يغير العنوان الخاص به و تحسين أداء الشبكة [4].

مستوى الأمنية في IPv6: تم تحسين مستوى الأمنية لحركة مرور البيانات باستخدام المعايير (IPsec) كسمة إلزامية في IPv6 وهذا يوفر وسيلة لتشفير حزم البيانات حتى لا تتعرض للكشف أو التعديل أثناء عبورها في الشبكة سواءً عبر شبكة الانترنت أو داخل الشبكة الفرعية [5].

التجوال في IPv6 : يتضمن الإصدار IPv6 ميزة إضافية تسمى (Mobile IPv6) تتضمن آليات تنقل وتجوال أكثر كفاءة و مرونة مع الحفاظ على كافة الوصلات الخاصة بالشبكة مفتوحة حتى مع إجراء بعض التغييرات في الاتصال بالشبكة دون انقطاع، و التجوال له أهمية كبيرة خاصة مع التطور السريع في تكنولوجيا الاتصالات المتنقلة [6].

التوصيل والربط التلقائي (Plug and Play): يتميز IPv6بقدرته على توزيع العناوين تلقائيا عند الارتباط بالشبكة أو باستخدام برتوكول توزيع العناوين (DHCPv6) وللحفاظ على الخصوصية ويمكن للجهاز تغيير عنوانه تلقائيا عند الاتصال الخارجي مع الحفاظ على عنوانه الخاص بالشبكة الداخلية.

تحسين جودة الخدمات (QoS): يتضمن IPv6 معايير جديدة لتحسين جوده الخدمة وخاصة في التطبيقات التي تحتاج للاتصال في نفس الوقت (Real Time) مثل الاتصال بالصوت عبر برتوكول الانترنت (VoIP) أو الفيديو حيث تستطيع الحقول الجديدة في IPv6 التعامل مع حركة مرور البيانات و تحديد الأولوية لنقل البيانات من خلال حقل تسمية التدفق (Flow Label) و تسمح للموجهات (Routers) تقديم معالجة خاصة للحزم التي تم تجزئتها وترتيبها، كما يمكنه أيضا توفير الدعم لأولويات تسليم البيانات لحزم البيانات التي تم تشفيرها [7]

المساهمة الرئيسة لهذه الورقة هي تطويرها لإطار عمل للانتقال إلى الإصدار الجديد لبروتوكول الانترنت IPv6في المؤسسات الكبيرة وقد طبقت الدراسة على شبكة جامعة العلوم و التكنولوجيا كما تقدم دراسة عملية لتأثير هذا

DOI: 10.20428/JST.20.1.8

الانتقال على التطبيقات المختلفة، و تتكون الورقة بالإضافة إلى المقطع الحالي من سبعة مقاطع أخرى. وتستعرض الورقة أهم الدراسات السابقة وتقترح الدراسة إطار عمل للانتقال إلى IPv6في الشركات والمؤسسات المتوسطة والكبيرة ويقدم المقطع السادس محاكاة عملية باستخدام برنامج (OPNET) لتوضيح تأثير عملية الانتقال على جودة خدمة التطبيقات المختلفة. وأخيرا يستعرض المقطع السابع أهم الاستنتاجات والتوصيات.

2. الدراسات السابقة

يوجد العديد من الدراسات السابقة التي تناقش أسباب الانتقال إلى IPv6 و تناقش كذلك أهم الميزات في IPv6، كما يوجد العديد من الدراسات المتعلقة بعملية الانتقال إلى IPv6 والطرق المستخدمة في عملية الانتقال في المؤسسات الكبيرة و تأثير ذلك أداء الشبكة باستخدام التطبيقات المختلفة ومن هذه الدراسات :

ناقشت الدراسة [8] كيفية منع حدوث تغير مفاجئ للمؤسسات و مزودي خدمة الانترنت بسبب عملية الانتقال من IPv4 إلى IPv6 و ذلك بتامين انتقال سلس باستخدام طرق الانتقال الرئيسية وهذه الطرق هي (طريقة المخزن المزدوج (Dual Stack)، وطريقة النفق (Tunnel)، و طريقة الترجمة (Translation))، كما تم مقارنة و دراسة تأثير استخدام هذه الطرق على سلوك و أداء الشبكة باستخدام برنامج (OPNET) من خلال المقاييس التالية (throughput, latency (delay), CPU utilization, queuing delay, and TCP delay) و قد أظهرت النتائج أن استخدام المعالج أكثر في آليات إعداد النفق يدوياً (manual Tunnel) و آلية (6To4) من استخدامه في طريقة المخزن المزدوج أو في شبكات IPv4 و IPv6 وهذا راجع لعملية التغليف وفك التغليف بين طرفي النفق و عند الترجمة، كما أن TCP delay في طريقة المخزن المزدوج أقل من بقية الآليات بسبب أن حزم بيانات TCP لا يتم إرسالها مباشرة في آليات (manual Tunnel) و (6To4)، كما أظهرت النتائج أن كمية تدفق البيانات (throughput) في IPv6 أعلى من بقية الآليات المستخدمة في عملية الانتقال أو في شبكة IPv4.

قدم الباحثون في الدراسة [9] شرحاً عن طرق الانتقال إلى IPv6 في المؤسسات الكبيرة التي تمتلك أكثر من 1000 مستخدم وقد أجريت الدراسة على المؤسسات في دولة فيتنام، و قدمت نماذج عملية لمؤسسات بدأت بالانتقال فعلا إلى IPv6 وتم دراسة الجوانب الايجابية و السلبية لعملية الانتقال على هذه المؤسسات وعن الأسباب التي دعت هذه المؤسسات للانتقال و التي من أهمها (قلة العناوين في IPv4، الحصول على خدمات أفضل)، كما أن هناك بعض المؤسسات التي لا تهتم بعملية الانتقال و كان أهم الأسباب هي (استقرار الوضع الحالي، تكاليف الانتقال و التدريب، عدم توفير الدعم الكامل من مزود الخدمة، عدم التعرف على ميزات في IPv6)، وقد استخدمت الدراسة أسلوب البحث الاستقرائي في عملية البحث، كما تم فحص الجانب الفني و الجانب الإداري بناء على نتائج البيانات التي تم جمعها و عن العوامل التي تؤثر في تنفيذ عملية الانتقال إلى IPv6، وقدمت الدراسة مقارنة بين طرق الانتقال إلى IPv6 وهي : (طريقة المخزن المزدوج (Dual Stack)، وطريقة النفق (Tunnel)، و طريقة الترجمة (Translation)) و مناقشة إيجابيات وسلبيات كل طريقة، و اختار ت الدراسة طريقة المخزن المزدوج كأفضل طريقة يمكن استخدامها في عملية الانتقال إلى IPv6 في المؤسسات الكبيرة، وحددت الدراسة

DOI: 10.20428/JST.20.1.8

ثلاث متطلبات للبدء بعملية الانتقال هي (فهم الوضع الحالي للمؤسسة، الاستعداد للانتقال ل IPv6 و حساب التكلفة و التخطيط و التدريب واختيار أعضاء الفريق الخاص بعملية الانتقال).

ناقشت الدراسة [10] طرق الانتقال إلى IPv6 في المؤسسات الكبيرة بسب النقص في عناوين IPv4 بحيث لم يعد لديها القدرة على دعم النمو المستمر للإنترنت لهذا السبب، فإن هناك حاجة للبدء بعملية الانتقال إلى الإصدار الجديد من برتوكول الانترنت IPv6 خاصة في المؤسسات الكبيرة التي ستتحمل تكاليف أكثر إذا لم تكن مستعدة لعملية الانتقال إلى IPv6، وبالتالي فإن طرق و آليات الانتقال يجب أن تُستخدم لضمان الانتقال السلس من IPv4إلىIPv6 . وقد قدمت الدراسة المبادئ الأساسية والموجهات اللازمة للانتقال إلى IPv6بنجاح. الهدف العام من الدراسة [11]هو تقييم و مقارنة الأداء بين IPv4 و IPv6 باستخدام برنامج المحاكاة OPNET من خلال معايير مختلفة لقياس الأداء، حيث تم تصميم نموذج يتكون من شبكتين محليتين مرتبطتين مع بعضهما بواسطة أجهزة توجيه (Routers) وإجراء اختبار على تطبيقات (تصفح الانترنت (HTTP)، البريد الإلكتروني، نقل الصوت (VoIP))،بعد تطبيق عناوين IPv4 و IPv6، وقد أظهرت النتائج أن التأخير في IPv6 أكبر من IPv4 عندما يكون الحمل وعدد الأجهزة منخفض و كلما زاد الحمل و عدد الأجهزة في الشبكة فإن التأخير يكون متساوي بين IPv4 و IPv6، وهذا التأخير بسبب أن طول حزم الرأس في IPv6 و حزم البيانات أكبر من IPv4 و مع ذلك فإن الأداء في IPv6 وجودة الخدمة و معدل نقل البيانات أفضل من IPv4. وقدمت الدراسة[12] عرض عن ميزات IPv6 بغرض إقناع المؤسسات و مزودي خدمات الانترنت و كذلك مصنعي أجهزة الشبكات و منتجي نظم التشغيل بالبدء بعملية الانتقال إلى IPv6، كما ناقشت الدراسة الميزات الإضافية في IPv6 و التي لا تقتصر على مساحة العناوين المتوفرة فيه فقط بل أن هناك العديد من الميزات الإضافية و الفوائد التي سيتم الحصول عليها بالانتقال إلى IPv6، كما تم التطرق في الدراسة إلى أن عملية الانتقال إلى IPv6 عملية طويلة تتطلب اختيار مناسب لطريقة عملية الانتقال بحيث لا تؤثر عملية الانتقال على الاتصال بالشبكة و استقرارها، و بالرغم من فوائد IPv6 ألا أن من الأسباب التي تجعل العديد من المؤسسات عدم البدء بالانتقال إلى IPv6 هو تكلفة إصلاح وتطوير و تحديث البنية التحتية للشبكة، ولكن مع وجود طرق و آليات انتقال فعاله إلى IPv6 فإن ذلك سيخفف من تكلفة الانتقال إلى IPv6.

تقدم الدراسة [13] مسح شامل عن طرق و آليات الانتقال إلى IPv6 و التي تستخدم طريقة النفق (Tunneling) أو طريقة الترجمة (Translation) و الآليات المستخدمة فيهما منذ عام 1998 م، و تناقش ايجابيات و سلبيات الطرق و الآليات المستخدمة في عملية الانتقال و إمكانية تطبيقها وكفاءة الأداء و مستوى الأمنية، و تناقش هذه الدراسة المشاكل و الصعوبات في عملية الانتقال إلى IPv6 حيث أنها عملية طويلة فلابد من التعايش خلال الفترة الانتقالية بين IPv4 و IPv6 للمحافظة على الاتصال بالشبكة، و ذكرت الدراسة أن IPv6 لا يزال يعاني من العديد من المشاكل و التحديات التي تتطلب جهوداً كبيرة لتحقيق الاعتماد و الاستخدام عالمياً و من هذه المشاكل و التحديات عدم توفير الدعم الكامل للبنى التحتية للشبكة و حل مشاكل DNS و DHCP و دعم VPN في IPv6 و إدارة الشبكة و مستوى جودة الخدمة المستخدمة حالياً في IPv6 مقارنة مع

DOI: 10.20428/JST.20.1.8

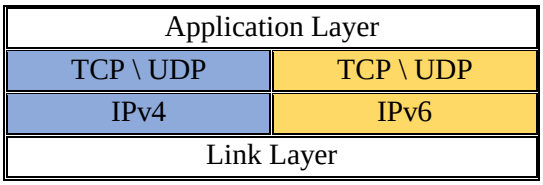
IPv4 وكذلك عدم ارتباط كثير من المواقع والخدمات على الشبكة العالمية الانترنت ب IPv6، و الكثير من التطبيقات المستخدمة حالياً لا توفر الدعم ل IPv6، ولكن مع البدء بعملية الانتقال إلى IPv6 فإنه سيتم التغلب على هذه المشاكل و تجاوز التحديات حيث أنها قابلة للحل و مع التطور المستمر ل IPv6 سيصبح هو برتوكول الانترنت في المستقبل القريب. كما قدمت الدراسة [14] مقارنة عملية بين اصداري بروتوكول الانترنت في بيئة الشبكات اللاسلكية و نظام التشغيل ويندوز 7 و شملت المقارنة معدلات البيانات و استهلاك المعالج و زمن التأخير. في الورقة [15]قام الباحثون بدراسة اداء ثلاث طرق من طرق الانتقال الى الاصدار الجديد و تحديدا 4rd, 4over6, DS-lite بالاعتماد على معياري زمن التأخير و الموثوقية في الاتصال الداخلي و الخارجي..

3. طرق الانتقال إلى IPv6

إن الانتقال من IPv4 إلى IPv6 ليس خطوة ليوم واحد بل قد تحتاج لعدة سنوات حتى تكتمل عملية الانتقال بصورة كاملة والخطوة الأهم في تطبيق الإصدار IPv6 هو اختيار الطريقة المناسبة للانتقال إلى IPv6 لإتمام عملية الانتقال بتوازن وتدرج. ويجب أن تكون الطريقة المستخدمة في عملية الانتقال بسيطة في طرق إدارتها وتطبيقها و تضمن الاتصال للشبكة والتوافق مع IPv4 خلال فترة الانتقال، و يوجد ثلاث طرق رئيسية يمكن تطبيقها في عملية الانتقال وهي طريقة المخزن المزدوج(Dual Stack)، وطريقة النفق (Tunneling)، وطريقة الترجمة (Translation) [16].

1.3 طريقة المخزن المزدوج (Dual Stack) :

تعتمد هذه الطريقة على قدرتها في التعامل مع برتوكولات الانترنت IPv4 و IPv6 في نفس الوقت، حيث تتضمن معمارية هذه الطريقة على برتوكول IPv4 وبرتوكول IPv6 في طبقة الانترنت (Internet Layer)، ويتم التعامل مع عناوين و تطبيقات IPv4 باستخدام برتوكول IPv4 وكذلك تطبيقات و عناوين IPv6 يتم التعامل معها بواسطة برتوكول IPv6 [17] ، و بالتالي فإنه بالإمكان إرسال واستقبال حزم البيانات و التعامل معها حسب كل بروتوكول تنتمي إليه حزم البيانات و يتم التواصل مع كل الأجهزة في الشبكة، ويوضح شكل (1) معمارية طريقة المخزن المزدوج (Dual Stack)

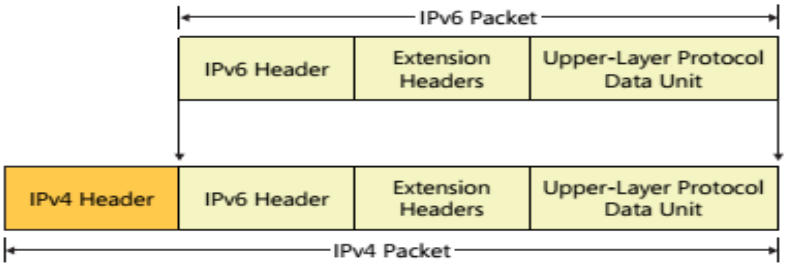


شكل(1): بنية Dual Stack

DOI: 10.20428/JST.20.1.8

2.3 طريقة النفق (Tunnel):

تعتبر طريقة النفق واحدة من أهم طرق الانتقال إلى IPv6 و أكثرها استخداماً، حيث تستخدم طريقة النفق لتمكين الاتصال بين شبكتين تمتلكان عناوين IPv6 وتحويل البيانات بينهما و لكن الوسط الرابط بينهما شبكة تمتلك عناوين IPv4 حيث يتم تغليف حزم بيانات IPv6 برأس IPv4 حتى يتم إرسالها عبر IPv4 كما يوضح ذلك في الشكل (2) [5] :



شكل(2): طريقة النفق

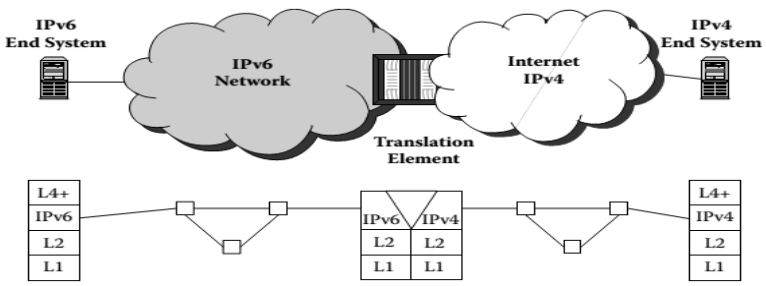
وتتضمن هذه الطريقة ثلاث خطوات مهمة هي:

أ– التغليف (encapsulation) عند بداية النفق. ب–فك التغليف (dencapsulation) عند نهاية النفق.

ج–إدارة النفق. وهذه الخطوات سوف تتسبب في تأخير وصول البيانات بين المرسل و المستقبل[18].

3.3 طريقة الترجمة المباشرة(Translation):

في هذه الطريقة تتم الترجمة المباشرة من برتوكول IPv4 إلى برتوكول IPv6 و العكس بطريقة مباشرة وتشمل العملية ترجمة رأس الإصدارين (IP Header) حيث تسمح هذه الطريقة بالاتصال بين أجهزة تمتلك عناوين IPv6 فقط مع أجهزة أخرى تمتلك عناوين IPv4 فقط، ويوضح شكل (3) مفهوم طريقة الترجمة (Translation) [6] و تستخدم هذه الطريقة للاتصال مع الأجهزة أو التطبيقات و الخدمات التي لا تدعم عناوين IPv6[19] .



شكل(3): مفهوم طريقة الترجمة

DOI: 10.20428/JST.20.1.8

الجدول (1): يقدم مقارنة بين طرق الانتقال إلى IPv6 ويوضح ميزات وعيوب كل طريقة.

الطريقة	الميزات	العيوب
طريقة المخزن المزدوج Dual Stack	○ سهوله التنفيذ. ○ التكلفة المنخفضة لتنفيذها. ○ تمتلك أكبر قدر من المرونة. ○ مدعومة في جميع أنظمة التشغيل وأجهزة التوجيه الحديثة. ○ الكفاءة العالية في التعامل مع برتوكولات الانترنت (IPv6 & IPv4). ○ القدرة على التعامل مع برتوكولات الانترنت (IPv6 & IPv4) دون الحاجة لإجراء تغييرات في حزم البيانات. ○ عدم الحاجة لإجراء تغييرات جوهرية وفي البنية التحتية للشبكة ○ مناسبة في مراحل الانتقال الأولى في الشبكات المتوسطة	○ نحتاج إلى كفاءة وسرعة عالية في أجهزة الكمبيوتر وأجهزة التوجيه. ○ التعامل مع جدولي توجيه (Routing Table) جدول خاص بكل إصدار . ○ استهلاك المعالج المركزي (CPU) والذاكرة الظاهرية (RAM) أثناء العمل. ○ الحاجة إلى إجراءات أمنية مثل جدار الحماية (Firewall) لكل إصدار .
طريقة النفق Tunnel	○ سهولة التنفيذ. ○ أعداد النفق وتكوينه في نقاط النهاية. ○ عدم الحاجة لأدوات إدارية إضافية مثل (نظم تشغيل). ○ مدعومة في أنظمة التشغيل الحديثة. ○ يمكن استخدامها في المراحل المتقدمة في عملية الانتقال إلى IPv6 في الشبكات المتوسطة والكبيرة	○ الحاجة لأجهزة ذات كفاءة عالية وقوة معالجة (CPU) وسعة في الذاكرة (RAM). ○ استهلاك وقت أكبر في عملية المعالجة. ○ أكثر عرضة للاختراق. ○ انخفاض مستوى الأمنية. ○ إذا حدث إي خطأ في العناوين فأن عملية الانتقال تفشل بالكامل. ○ صعوبة تتبع الأخطاء واكتشافها. ○ صعوبة الإدارة والتحكم بالشبكة. ○ غير مناسبة في المراحل الأولى لعملية الانتقال إلى IPv6 في الشبكات المتوسطة والكبيرة.
طريقة الترجمة المباشرة Translation	○ تستخدم جهاز التوجيه (Router) أو الخادم (Server) لتنفيذ عملية الترجمة. ○ حل مشاكل تداخل الشبكات. ○ أجهزة المستخدمين لا تتحمل أي عبء في عملية الترجمة. ○	○ عدم القدرة على تطبيق معايير الأمنية. ○ انخفاض كفاءة أداء الشبكة. ○ هذه التقنيات تعتمد في أدائها على جهاز التوجيه (Router) أو جهاز خادم (Server) وإذا حدث أي عطل أو خلل في هذه الأجهزة فان عملية الترجمة ستفشل. ○ مستوى التعقيد في عملية ترجمة العناوين والتعامل معها سوف يزداد مما قد يتسبب في فقدان معلومات هامة وضرورية أثناء عملية الترجمة والتحويل. ○ زيادة مستوى التعقيد وصعوبة التنفيذ كلما زاد حجم الشبكة وعدد العناوين. ○ غير مناسبة في الشبكات المتوسطة والكبيرة

من المقارنة السابقة نجد انه في شبكات المؤسسات الكبيرة والمتوسطة يفضل استخدام أكثر من طريقة حسب التالي:

1. تطبيق طريقة المخزن المزدوج (Dual Stack): يفضل استخدام هذه الطريقة خلال المرحلة الأولى من الانتقال إلى IPv6للأسباب التالية:

أ- غالبية أجهزة التوجيه و نظم التشغيل الحديثة تدعم طريقة المخزن المزدوج بالتالي لا نحتاج لعمل إعدادات إضافية باستثناء توزيع و تفعيل عناوين IPv6 & IPv4 على جميع بطاقات عناوين الشبكة (NIC) في أجهزة شبكة المؤسسة [20].

DOI: 10.20428/JST.20.1.8

ب–لن يكون هناك عبء إضافي على أجهزة الشبكة باستثناء جهاز التوجيه (Router) الذي سينشأ فيه جدولي توجيه لكل إصدار من إصدارات برتوكول الانترنت IP.

ج–ضمان الاتصال مع الشبكة العالمية و كافة المواقع الخارجية حيث أن معظم مواقع الانترنت و معظم المؤسسات لا تزال تعمل ضمن عناوين IPv4.

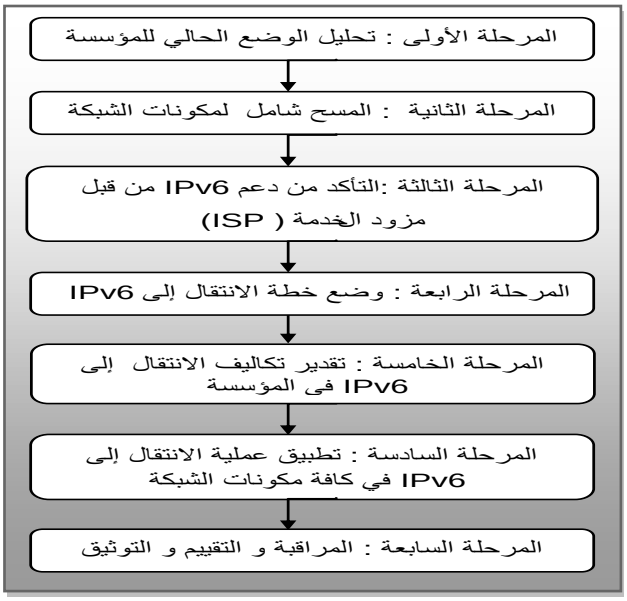
2. تطبيق طريقة الأنفاق (Tunneling) : في هذه المرحلة يتم تطبيق عناوين IPv6 فقط على كافة بطاقات عناوين الشبكة (NIC) وأجهزة الخوادم المركزية (Server) و أجهزة التوجيه (Routers) ويتم إنشاء الأنفاق (Tunnel) لضمان الاتصال مع المواقع و الشبكات الخارجية التي ما تزال تستخدم عناوين IPv4، في هذه الطريقة سيكون العبء الأكبر على جهاز التوجيه (Router) في إنشاء النفق و معالجة طلبات الاتصال و يتناسب تأثير هذه الطريقة على أداء وكفاءة جهاز التوجيه (Routers) تناسبا طردياً مع عدد طلبات الاتصال سواءاً الداخلة أو الخارجة من جهاز التوجيه (Router) [8].

4. إطار عمل للانتقال إلى IPv6

بما أن الانتقال إلى IPv6 سوف يأخذ فترة زمنية طويلة فلا بد من تطوير إطار عمل و يتضمن إطار العمل المقترح للانتقال إلى IPv6 عدة مراحل بما يحقق الأهداف التالية :

1. تقليل التكاليف المتوقعة لعملية الانتقال إلى IPv6.
2. تقليل المخاطر والآثار المترتبة على عملية الانتقال إلى IPv6 .
3. ضمان أن تتم عملية الانتقال بسلاسة دون التأثير على أداء الشبكة وبما يحافظ على استمرارية واستقرار كافة الخدمة والتطبيقات دون حدوث مشاكل أو انقطاع.
4. أخيراً الوصول إلى تطبيق IPv6 على كافة أجهزة الشبكة و التأكد من جاهزية كافة مكونات الشبكة للتعامل مع IPv6 و الاتصال مع العالم الخارجي.وتتضمن عملية الانتقال عدة مراحل كما هو موضح في الشكل(4)

DOI: 10.20428/JST.20.1.8



شكل(4): إطار عمل للانتقال إلى IPv6

1. المرحلة الأولى: تحليل الوضع الحالي للمؤسسة: في هذه المرحلة يتم عمل تحليل للمؤسسة المراد تطبيق عملية الانتقال إلى IPv6فيها ومعرفة طبيعة عملها وحجم هذه المؤسسة وإذا كان يوجد لها فروع أم لا وطبيعة الاتصال مع هذه الفروع وهل من المناسب أن تتم عملية الانتقال للمركز الرئيسي للمؤسسة وكذلك كافة الفروع في نفس الفترة أم لا وعليه فإن هذه المرحلة يجب أن تبني تصور واضحاً عن:

- طبيعة عمل المؤسسة (تجارية، تعليمية،...).
- حجم المؤسسة وفروعها وطريقة الاتصال بين الفروع والمركز الرئيسي.
- مستوى التطور التكنولوجي لهذه المؤسسة.
- أهم الخدمات التي تقدمها المؤسسة.

2. المرحلة الثانية: المسح شامل لمكونات الشبكة في المؤسسة: تتطلب هذه المرحلة فهم تام لبنية الشبكة في المؤسسة وعمل مسح شامل للشبكة لمعرفة وتقييم مدى جاهزية مكونات الشبكة لعملية الانتقال وتتضمن عملية المسح الشامل للشبكة النقاط التالية:

- مكونات الشبكة المادية (العتاد): مثل أجهزة التوجيه (Routers) والمبدلات (Switches) والجدران النارية (Firewalls) والخوادم المركزية (Servers) وغيرها.
- نظم التشغيل والبرمجيات.
- التطبيقات المستخدمة في الشبكة.
- الخدمات التي تقدمها المؤسسة.

DOI: 10.20428/JST.20.1.8

- المشاكل التي تواجه عمل الشبكة.

3. المرحلة الثالثة: التأكد من دعم IPv6 من قبل مزود خدمة الإنترنت (ISP): يتم في هذه المرحلة التواصل مع مزود خدمة الانترنت لمعرفة إذا ما كان يقدم الدعم اللازم لبرتوكول الانترنت IPv6ومساحة العناوين الممكن تخصيصها للمؤسسة.

4. المرحلة الرابعة: وضع خطة الانتقال إلى IPv6: من خلال عملية المسح الشامل لمكونات الشبكة والمعلومات التي تم جمعها في المراحل السابقة يتم وضع خطة الانتقال إلى IPv6على أن تتضمن الخطة النقاط التالية:

- وضع خطة لتحديث أو استبدال مكونات الشبكة المادية **(Hardware)** أو البرمجية **(Software)** بما يتوافق مع **IPv6**ويوفر الدعم الكامل له.
- وضع خطة خاصة بعناوين IPv6التي سيتم استخدامها ومساحة العناوين المخصصة للمؤسسة وتخصيص عناوين للخوادم المركزية (Servers) والخدمات والتطبيقات وكذلك عناوين المستخدمين على الشبكة، هذه الخطوة تتطلب حجز عدد من عناوين IPv6بما يتناسب مع حجم المؤسسة وعدد المستخدمين والخدمات التي تقدمها الجامعة مع الأخذ بالاعتبار التطور المستقبلي للمؤسسة ومشاريعها المستقبلية حيث تتميز عناوين IPv6بوفرتها، ويمكن حجز العناوين إما من مزود خدمة الانترنت في اليمن أو يتم حجزها مباشرة من:

(Internet Corporation for Assigned Names and Numbers (ICANN)) وهي منظمة غير ربحية متخصصة في توزيع و إدارة عناوين (IP) وأسماء المجالات و المواقع وتخصيص عناوين للخوادم المركزية و مواقع الانترنت التابعة للجامعة وكذلك للتطبيقات و الخدمات على شبكة الانترنت.

- اختيار طريقة الانتقال المناسبة بما يتوافق مع مكونات الشبكة ويضمن استمرارية الاتصال سواءاً داخل الشبكة أو مع العالم الخارجي كما يمكن استخدام أكثر من طريقة عند عملية الانتقال
- وضع خطة لتدريب فريق قسم تكنولوجيا المعلومات على IPv6.
- **وضع خطة للتعامل مع التطبيقات والخدمات التي لا يمكن تحديثها أو لا يدعمها IPv6ووضع الحلول المناسبة لها.**
- تحديد الفترة الزمنية اللازمة لإيقاف تشغيل IPv4والانتقال كليا إلى IPv6في الشبكة.

5. المرحلة الخامسة: تقدير تكاليف الانتقال إلى IPv6في المؤسسة: وتتضمن هذه المرحلة التكلفة التقديرية لعملية الانتقال في جميع مراحلها والتكلفة المتوقعة للعملية وتشمل تكاليف الانتقال البنود التالية:

- تكلفة تحديث وتطوير معدات الشبكة المختلفة.
- تكلفة استبدال مكونات الشبكة التي لا تتعامل مع **IPv6**.
- تكلفة حجز مساحة العناوين الخاصة بالمؤسسة.
- تكلفة التدريب.
- تكلفة التنفيذ.

DOI: 10.20428/JST.20.1.8

6. المرحلة السادسة: تطبيق عملية الانتقال إلى IPv6في كافة مكونات الشبكة: تعتبر هذه المرحلة من أهم المراحل حيث يتم البدء بتطبيق عناوين IPv6على كافة مكونات الشبكة و في كافة مستوياتها، ويفضل إجراء اختبار لجزء من الشبكة قبل تطبيق الانتقال على كامل الشبكة لمعرفة المشاكل وحلها، حيث يتم تطبيق عناوين IPv6 على :

- أجهزة التوجيه (**Routers**) و الجدار الناري (**Firewall**)
- الخوادم المركزية (**Servers**)
- الخدمات والتطبيقات.
- المحطات الطرفية (**Workstation**)

7. المرحلة السابعة: المراقبة و التقييم و التوثيق: تتزامن و تتداخل هذه المرحلة مع جميع المراحل السابقة من ناحية مراقبة تأثير الانتقال إلى IPv6 على أداء الشبكة و تقييم الأداء و حل الإشكالات أولاً بأول إضافة إلى عملية التوثيق لكل مراحل الانتقال.

5. دراسة حالة: جامعة العلوم والتكنولوجيا

سيتم في هذا الجزء تطبيق إطار العمل المقترح للانتقال إلى IPv6 على شبكة جامعة العلوم والتكنولوجيا كدراسة حاله واقعية وقد تمت الدراسة بالتعاون من إدارة تكنولوجيا المعلومات بالجامعة.

- **المرحلة الأولى: تحليل الوضع الحالي لشبكة جامعة العلوم و التكنولوجيا:** تمتلك جامعة العلوم و التكنولوجيا شبكة متوسطة (MAN Network) حيث تتكون شبكة جامعة العلوم و التكنولوجيا من مجموعة من المواقع (المكاتب و الكليات) ضمن الحرم الجامعي، ويتكون كل موقع من شبكة محلية (LAN Network) ويوضح الجدول (2) البيانات الخاصة بشبكة الجامعة. كما تقدم إدارة تكنولوجيا المعلومات بجامعة العلوم والتكنولوجيا العديد من الخدمات للمستخدمين مثل:

أ- خدمة تصفح الانترنت (Internet Browsing).
ب- خدمة البريد الالكتروني (Email Service).
ج- خدمة نقل الملفات (FTP Service).
د- تطبيقات عبر الانترنت (Web Application Service).
هـ- قواعد البيانات (Database).

DOI: 10.20428/JST.20.1.8

جدول(1): تحليل عن طبيعة شبكة جامعة العلوم والتكنولوجيا

.1	طبيعة عمل المؤسسة	تعليمية	
.2	عدد المستخدمين والمستفيدين	10000	كادر أكاديمي + إداري + طلاب
.3	عدد المواقع	5 مواقع	كليات منفصلة عن مركز البيانات (Data
.4	وسائط الربط بين المباني ومركز	ألياف ضوئية	1 Gbps
.5	وسائط الربط بين أجهزة الشبكة في	أسلاك نحاسية	Cat 6

المرحلة الثانية: المسح الشامل لمكونات الشبكة: تم إجراء مسح شامل لكافة مكونات شبكة جامعة العلوم والتكنولوجيا سواءاً كانت معدات (Hardware) أو نظم تشغيل وبرمجيات (Software) والتعرف إذا ما كانت المكونات تقدم الدعم لبرتوكول الانترنت IPv6أم لا. وتم تقسيم عملية المسح مكونات الشبكة إلى جزأين:

أ- أجهزة ربط مكونات الشبكة.

ب-الخوادم ومحطات العمل (Servers & Workstations)

أولا: أجهزة ربط مكونات الشبكة: يوضح جدول (2) مواصفات أجهزة الربط لشبكة جامعة العلوم والتكنولوجيا.

جدول(2): مواصفات أجهزة ربط الشبكة

NO.	Device Name	Version	Support IPv6 Yes / No
1.	Router	Cisco 3925/K9	Yes
2.	Switches	Catalyst 4500 E-Series Catalyst 3560X	Yes
3.	Firewall	Fortiget 300t Juniper SRX3400	Yes
4.	Load Balancer	BB link	Yes
5.	ADSL Modem	Billion	Yes

ثانيا: الخوادم ومحطات العمل (Servers & Workstations): تمتلك شبكة جامعة العلوم و التكنولوجيا ما يزيد عن 25 خادم (Server) يقدم خدمات مختلفة لكافة أجهزة المستخدمين المتصل بها مثل قواعد البيانات و نقل الملفات و إدارة المجال و توزيع العناوين و غيرها ، كما أن عدد أجهزة المستخدمين الثابتة سواء كانت خاصة بمعامل تدريب الطلاب أو خاصة بالكادر الوظيفي للجامعة عن 1500 جهاز جدول (4-5) يوضح

DOI: 10.20428/JST.20.1.8

مواصفات الخوادم ومحطات العمل ونظم التشغيل التي تعمل في شبكة جامعة العلوم والتكنولوجيا **جدول (3)**

مواصفات أجهزة الربط لشبكة جامعة العلوم والتكنولوجيا مواصفات الخوادم ومحطات العمل

NO.	Operating system	Support IPv6 (**Yes / No**)
1.	Windows 2003 Server	Yes
2.	Windows 2012 Server	Yes
3.	Linux	Yes
4.	Windows (XP SP3 & 7 & 8)	Yes
5.	Android	Yes
6.	IOS (iPhone، iPad, iPod)	Yes

- **المرحلة الثالثة :التأكد من دعم IPv6 من قبل مزود خدمة الإنترنت (ISP)** : بدأ مزود خدمة الانترنت في اليمن (يمن نت) بوضع المشروع الوطني للانتقال إلى IPv6 وقد بدأ بخطوات التطوير للبرمجيات و الأجهزة حسب موقع يمن نت و قد تم إنشاء صفحة ويب خاصة للتعريف بهذا المشروع [20].
- **المرحلة الرابعة: وضع خطة الانتقال:** تعتبر هذه المرحلة من أهم مراحل الانتقال إلى IPv6 حيث يتم في هذه المرحلة وضع الخطط العملية للانتقال إلى IPv6والخطط المطلوبة هي:

أولاَ : خطة تحديث أجهزة ومكونات الشبكة : بالرجوع إلى المسح الشامل لمكونات شبكة جامعة العلوم و التكنولوجيا يتبين لنا أن كافة مكونات الشبكة سواءاَ كانت أجهزة ربط الشبكات أو الخوادم و أجهزة مستخدمين و نظم التشغيل تقدم الدعم لبرتوكول الانترنت IPv6 وهذا يعتبر ميزة لشبكة الجامعة وسيسهل عملية الانتقال إلى IPv6 و تطبيقه على مكونات الشبكة كما أنه هذه الميزة ستساهم في تقليل تكلفة الانتقال إلى IPv6، وستحتاج إدارة تكنولوجيا المعلومات لتطوير وتحديث بروتوكولات التوجيه على أجهزة التوجيه (Routers) فقط لإتمام عملية الاتصال.

ثانياَ : وضع خطة العناوين باستخدام IPv6: هذه الخطوة تتطلب حجز عدد من عناوين IPv6 بما يتناسب مع حجم الجامعة وعدد المستخدمين و الخدمات التي تقدمها الجامعة مع الأخذ بالاعتبار التطور المستقبلي للجامعة ومشاريعها المستقبلية حيث تتميز عناوين IPv6 بوفرتها، ويمكن حجز العناوين إما من مزود خدمة الانترنت في اليمن أو يتم حجزها مباشرة من: (Internet Corporation for Assigned Names and Numbers (ICANN)) وهي منظمة غير ربحية متخصصة في توزيع و إدارة عناوين (IP) وأسماء المجالات و المواقع [21] عناوين للخوادم المركزية و مواقع الانترنت التابعة للجامعة وكذلك للتطبيقات و الخدمات على شبكة الانترنت

ثالثاَ: اختيار طريقة الانتقال إلى IPv6: تعتبر هذه الخطوة من أهم خطوات عملية الانتقال إلى IPv6 حيث تتطلب هذه الخطوة اختيار الطريقة المناسبة لعملية الانتقال بما يتوافق مع مكونات الشبكة ويساعد في تقليل التكلفة

DOI: 10.20428/JST.20.1.8

ويضمن استقرار أداء الشبكة دون إضافة أعباء إضافية على مكونات الشبكة و بما يحقق الاتصال بين مكونات الشبكة الداخلية و كذلك استمرار الاتصال بالشبكة العالمية (Internet).

في شبكة جامعة العلوم والتكنولوجيا يفضل استخدام أكثر من طريقة للانتقال وتقسيم مراحل الانتقال إلى ثلاث مراحل.

1. **تطبيق طريقة المخزن المزدوج (Dual Stack)**:يفضل استخدام هذه الطريقة خلال المرحلة الأولى من الانتقال إلى IPv6للأسباب التالية:

أ- جميع مكونات شبكة الجامعة ونظم التشغيل فيها توفر الدعم لهذه الطريقة وبالتالي لا لن يكون هناك حاجة لعمل إعدادات إضافية باستثناء توزيع وتفعيل عناوين IPv6 & IPv4 على جميع بطاقات عناوين الشبكة (NIC) في أجهزة شبكة الجامعة.

ب- لن يكون هناك عبء إضافي على أجهزة الشبكة باستثناء جهاز التوجيه (Router) الذي سينشأ فيه جدولي توجيه لكل إصدار من إصدارات برتوكول الانترنت IP.

ج- ضمان الاتصال مع الشبكة العالمية و كافة المواقع الخارجية حيث أن معظم مواقع الانترنت و معظم المؤسسات لا تزال تعمل ضمن عناوين IPv4.

2. **تطبيق طريقة الأنفاق (Tunneling)** : في هذه المرحلة يتم تطبيق عناوين IPv6 فقط على كافة بطاقات عناوين الشبكة (NIC) باستثناء بعض أجهزة الخوادم المركزية (Server) و أجهزة التوجيه (Routers) يتم إنشاء الأنفاق (Tunnel) لضمان الاتصال مع المواقع و الشبكات الخارجية التي ما تزال تستخدم عناوين IPv4 ، في هذه الطريقة سيكون العبء الأكبر على جهاز التوجيه (Router) في إنشاء النفق و معالجة طلبات الاتصال و يتناسب تأثير هذه الطريقة على أداء وكفاءة جهاز التوجيه (Routers) تناسبا طردياً مع عدد طلبات الاتصال سواءاً الداخلة أو الخارجة من جهاز التوجيه (Router).

3. **الانتقال الكامل إلى IPv6لجميع** مكونات شبكة الجامعة و إيقاف التعامل مع IPv4.

رابعاً: خطة تدريب المختصين: لتنفيذ الخطوات السابقة يتطلب تدريب المختصين في إدارة تكنولوجيا المعلومات والمهندسين بإدارة الشبكات والدعم الفني والمبرمجين على IPv6وتدريبهم على المواضيع التالية:

أ-ميزات IPv6وأهمية الانتقال. ب-عناوين IPv6وأنواعها.

ج-الإعدادات الخاصة ب IPv6على أجهزة التوجيه (Routers) والأجهزة الأخرى.

د-طرق الانتقال وإعداداتها وكيفية تفعيلها. وغيرها من المواضيع التي تحتاجها إدارة تكنولوجيا المعلومات لإتمام عملية الانتقال بنجاح.

- **المرحلة الخامسة: التكلفة التقديرية لعملية الانتقال: بمراجعة المسح الشامل لمكونات شبكة جامعة العلوم والتكنولوجيا فإن التكلفة التقديرية لعملية الانتقال إلى IPv6ستكون منخفضة ويمكن تقدير تكاليف الانتقال بالنقاط التالي:**

أ- تكلفة حجز عناوين IPv6.

ب- تكلفة تدريب المختصين والمهندسين.

ج- تكلفة ترقية بعض البرمجيات وتحديث بروتوكولات التوجيه.

DOI: 10.20428/JST.20.1.8

- **المرحلة السادسة :تطبيق عناوين IPv6 على الشبكة:** بعد الانتهاء من المراحل السابقة تبدأ مرحلة التنفيذ وتطبيق عناوين IPv6 على أجهزة شبكة جامعة العلوم والتكنولوجيا و يفضل تجزئة هذه المرحلة و لا يتم تنفيذها على كافة مواقع الجامعة أو على مكونات شبكة الجامعة دفعة واحده بل يتم تقسيمها إلى عدة خطوات لضمان الانتقال السلس و الآمن و لتسهيل عملية المراقبة وتفعيل الخدمات الأساسية مثل برتوكول توزيع العناوين (DHCP, DHCPv6) و برتوكول (DNS , NSv6) و التأكد من فاعليتها،حيث يتم البدء بتطبيق عناوين IPv6 في الشبكة على النحو التالي :

أ- التطبيق الجزئي لعناوين IPv6على أجهزة المستخدمين و في أجزاء من الشبكة الداخلية و كذلك أجهزة التوجيه (Routers) والجدران النارية (Firewalls) وعمل إعدادات الحماية اللازمة.

ب-التطبيق الكامل لعناوين IPv6على الخوادم المركزية (Servers) المتواجدة في فما يعرف ب (DMZ) و كافة مكونات الشبكة والتأكد من إعدادات الأمان .

6. دراسة تأثير الانتقال إلى IPv6 على أداء الشبكة

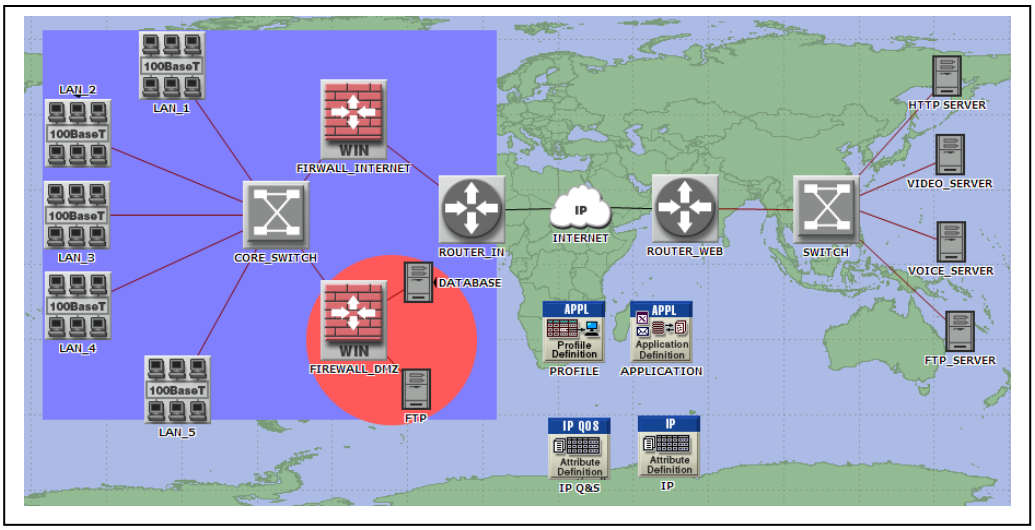
لمعرفة تأثير تطبيق عناوين IPv6 على أداء الشبكة و دراسة الفرق بين تطبيق عناوين IPv4 و عناوين IPv6 في الشبكة و ذلك عند استخدام تطبيقات مختلفة مثل (الصوت و الفيديو و تصفح المواقع على شبكة الانترنت ونقل الملفات عبر الشبكة و البريد الإلكتروني) سيتم تصميم عدة سيناريوهات لمحاكاة الشبكة باستخدام برنامج OPNET: (Optimized Network Engineering Tools) الذي يتميز بقدرته على محاكاة نماذج الشبكات المختلفة وتحليل الأداء [21] وعرض النتائج بطرق متنوعة.

1.6 سيناريوهات الشبكة المستخدمة في المحاكاة

سيتم تصميم ثلاثة سيناريوهات مختلفة في عدد أجهزة الكمبيوتر (workstations) حيث ستطبق عناوين IPv4 وعناوين IPv6 على كل سيناريو لمعرفة الفرق بينهما ودراسة تأثير ذلك على أداء الشبكة و على التطبيقات المختلفة و هذه السيناريوهات هي :

- السيناريو الأول: يتكون من جهاز كمبيوتر.
- السيناريو الثاني: شبكة محلية مكونة من 10 أجهزة.
- السيناريو الثالث: مكون من خمس شبكات محلية. كما هو موضح في الشكل (**5**).

DOI: 10.20428/JST.20.1.8



شكل(5): النموذج الثالث شبكة متوسطة

2.6 التطبيقات المستخدمة في الدراسة : لدراسة تأثير عناوين IPv4 وعناوين IPv6 على أداء الشبكة سيتم إجراء الدراسة باستخدام التطبيقات الأكثر شيوعاً واختبار كل تطبيق على حده وخلال مده زمنية هي (3600 ثانية) ساعة واحدة واعتماد معايير خاصة بكل تطبيق للمقارنة بين عناوين IPv4او IPv6 كما هي موضحه في الجدول (5).

جدول(3): المعايير الخاصة بالدراسة

م	التطبيق	المعيار	التفاصيل
1	تصفح الانترنت (HTTP)	Page Response Time (sec)	الزمن المستغرق لاكتمال تحميل صفحة HTML
2	نقل الملفات عبر الشبكة (FTP)	Download Response Time (sec)	الزمن المستغرق لتحميل ملف من الخادم من بداية إرسال الطلب حتى اكتمال تنزيل
		Upload Response Time (sec)	الزمن المستغرق لرفع ملف إلى الخادم من بداية إرسال الطلب حتى اكتمال رفع
3	البريد الالكتروني (Email).	Download Response Time (sec)	الزمن المستغرق لتنزيل رسائل البريد الإلكتروني من الخادم.
		Upload Response Tim (sec)	الزمن المستغرق لرفع رسائل البريد الإلكتروني إلى الخادم.

DOI: 10.20428/JST.20.1.8

4	الصوت عبر الانترنت (VoIP)	Packet End-to-End Delay (sec)	الزمن المستغرق لوصول الحزم الصوتية من المرسل إلى المستقبل
5	الاتصال باستخدام الصوت والصورة عبر	Packet End-to-End Delay (sec)	الزمن المستغرق لوصول الحزم الفيديو من المرسل إلى المستقبل

3.6 عرض وتحليل النتائج :يستعرض الجدول (6) النتائج التي تم الحصول عليها من عملية المحاكاة في السيناريوهات الثلاثة وقد أظهرت النتائج ما يلي:

- في السيناريو الأول: يلاحظ وجود تقارب في الزمن المستغرق لاكتمال تنفيذ كافة التطبيقات مع أفضلية ل IPv4
- في السيناريو الثاني: مع زيادة عدد الأجهزة في الشبكة يلاحظ تلاشي أفضلية IPv4الصالح IPv6في كل التطبيقات حيث يكون الزمن المستغرق لاكتمال تحميل التطبيقات المختلفة متطابق.
- في السيناريو الثالث: أصبحت الأفضلية ل IPv6 في كل التطبيقات باستثناء الفيديو حيث أن الزمن المستغرق لوصول حزم البيانات من المرسل إلى المستقبل أكبر من .IPv4.

جدول رقم (6): نتائج المحاكاة للنماذج الثلاثة

النماذج		النموذج الأول		النموذج الثاني		النموذج الثالث	
التطبيقات	المعايير	IPv4	IPv6	IPv4	IPv6	IPv4	IPv6
تصفح الانترنت (HTTP)	Page Response Time (sec)	1.53	1.54	1.5	1.5	1.5	1.31
نقل الملفات عبر الشبكة (FTP)	Download Response Time (sec)	4.2	4.02	4.12	4.17	4.05	3.6
	Upload Response Time (sec)	4.15	4.1	4.16	4.14	4.14	3.6
البريد الالكتروني (Email).	Download Response Time (sec)	1.57	1.63	1.56	1.57	1.57	1.38
	Upload Response Time (sec)	1.57	1.62	1.57	1.57	1.57	1.39
الصوت عبر الانترنت(VoIP)	Packet End-to-End Delay (sec)	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.23
الاتصال باستخدام الصوت والصورة عبر	Packet End-to-End Delay (sec)	0.19	0.19	0.19	0.19	0.19	0.41

DOI: 10.20428/JST.20.1.8

ويمكن تفسير النتائج السابقة على النحو التالي:

- يرجع سبب أفضلية IPv4في النموذج الأول هو أن طول رأس الحزم في IPv6(IPv6 Packet Header) أكبر من رأس الحزم في IPv4.
- يظهر تأثير برتوكول ترجمة العناوين (NAT) مع زيادة عدد الأجهزة في الشبكة ومن الملاحظ تحسن أداء الشبكة في النموذج الثاني وظهر التحسن بشكل واضح في النموذج الثالث حيث أنه عند تطبيق عناوين IPv6 يتم الاستغناء عن برتوكول ترجمة العناوين (NAT)
- التأخير في وصول حزم البيانات من المرسل إلى المستقبل في النموذج الثالث باستخدام تطبيق الفيديو عند تطبيق عناوين IPv6 راجع لجودة الخدمة المضافة في رأس الحزم ل IPv6 حيث تمنح نقل الصوت والصورة (الفيديو) أولوية في حركة مرور البيانات بحيث لا يكون هناك أي اختلاف في ترتيب حزم البيانات حيث تم إضافة حقل جديد في رأس الحزمة يسمى تسمية التدفق (Flow Label) لتحديد وترتيب حزم البيانات، حيث تستطيع أجهزة التوجيه
(Routers) و المبدلات (Switches) قراءة هذه التسمية و اتخاذ الإجراءات المناسبة بناءاً على التسمية وترتيب حزم البيانات .
- كلما زاد عدد الأجهزة الطرفية في الشبكة التي تمتلك عناوين IPv4 فإن ذلك يؤثر على أداء سلباً الشبكة على عكس ما هو عند تطبيق عناوين IPv6.

7. الاستنتاجات والأعمال المستقبلية

قدمت هذه الورقة دراسة عن ميزات وطرق الانتقال إلى IPv6كما قدمت خطة عن مراحل الانتقال إلى IPv6 ودراسة عملية عن تأثير تطبيق IPv6على المؤسسات الكبيرة حيث أصبح الانتقال إلى IPv6أمر ضروري خاصة في الجمهورية اليمنية ومن الأسباب الرئيسية في ذلك هو قلة العناوين الممنوحة لليمن حيث لا يزيد عدد العناوين العالمية عن 64000 عنوان بينما عدد مستخدمي شبكة الانترنت العالمية يزيد عن خمسة مليون مستخدم.

إن عملية الانتقال إلى IPv6 هي عملية طويلة و تحتاج للتدرج في الانتقال لضمان استمرارية اتصال و استقرار الشبكة, حيث أن عملية الانتقال إلى IPv6 في المؤسسات الكبيرة لابد أن تمر بعدة مراحل بما يضمن نجاح عملية الانتقال مع المحافظة على اتصال الشبكة مع الشبكات و المواقع الأخرى, و هذه المراحل هي (تحليل الوضع الحالي للمؤسسة , المسح الشامل لمكونات الشبكة , التأكد من دعم IPv6 من قبل مزود خدمة الإنترنت (ISP) , وضع خطة الانتقال إلى IPv6 , حساب تكاليف الانتقال إلى IPv6 في المؤسسة , تطبيق عملية الانتقال إلى IPv6 في كافة مكونات الشبكة , المراقبة و التقييم و التوثيق).

التأخير الحاصل في IPv6ناتج عن طول رأس حزم البيانات فيه ولكن هذا التأخير يقابله ميزات عديده تم إضافتها إلى IPv6 بما يضمن رفع مستوى الأمنية لنقل البيانات وتحسن جودة الخدمة والمرونة في التطبيق والكفاءة عند

DOI: 10.20428/JST.20.1.8

الاستخدام. كما أن والتأخير في استخدام تطبيقات الاتصال بالصوت والصورة (Video) ناتج عن جودة الخدمة وأولويات تسليم حزم البيانات المضافة إلى رأس IPv6.

إن الانتقال إلى IPv6في المؤسسات الكبيرة سيحسن من أداء الشبكة باستخدام التطبيقات المختلفة على الشبكة باستخدام التطبيقات المختلفة على الشبكة حيث أن إداء الشبكة عند تطبيق عناوين IPv6لا يتأثر بزيادة عدد الأجهزة. فكلما زاد عدد الأجهزة في الشبكة المطبق فيها عناوين IPv4 فإنه سوف يظهر تأثير استخدام بروتوكول NAT وطول جدول التوجيه وبالتالي فإن التأخير يظهر جلياً في أداء الشبكة وزمن الاستجابة عند استخدام التطبيقات المختلفة وضعف جودة الخدمة.

و يمكن إجراء العديد من الدراسات وتوسيع الدراسة الحالية لتشمل العديد من المجالات والاتجاهات المختلفة بحيث يمكن تطبيق إطار العمل للانتقال إلى IPv6 على مؤسسات أخرى كما يمكن استخدام تطبيقات أخرى و معايير أداء إضافية و إجراء مقارنة عملية تفصيلية لتأثير استخدام عناوين IPv6 كما يمكن إجراء دراسة حقيقية لتأثير تطبيق عناوين IPv6 على أداء الشبكة، ومن المواضيع التي يمكن عمل دراسات عليها مرتبطة بعناوين IPv6 دراسة و تحسين معيار الأمنية IPsec و الخوارزميات المستخدمة في IPv6، كذلك التجوال في IPv6 وخوارزميات التسليم في شبكات IP، و دراسة تأثير استخدام برتوكولات التوجيه المختلفة في IPv6 على أداء الشبكة

8. المراجع

[1] M. Blanchet, Migrating to IPv6: A Practical guide to implementing IPv6 in mobile and fixed networks, First ed., John Wiley and Sons, 2009.

[2] D. G. Chandra, M. Kathing, and D. P. Kumar, "A Comparative study on IPv4 and IPv6," in IEEE International Conference on Communication Systems and Network Technologies (CSNT), Gwalior, pp. 286-289, 2013.

[3] J. Batalla, A. Binczewski, W. Burakowski, K. Chudzik, B. Gajda, M. Gajewski, et al., "Why is IPv6 deployment important for the internet evolution?," Journal of Telecommunications and Information Technology, pp. 5-15, 2011.

[4] B. Stockebrand, IPv6 in practice, Springer, 2007.

[5] J. Davies, Understanding IPv6: Your essential guide to IPv6 on windows networks, 3rd ed., O'Reilly Media, Inc., 2012.

[6] J. J. Amoss and D. Minoli, Handbook of IPv4 to IPv6 transition: Methodologies for institutional and corporate networks, First ed., CRC Press, 2007.

[7] M. Dunmore, "6net: An IPv6 Deployment Guide," 2005.

DOI: 10.20428/JST.20.1.8

[8] A. Albkerat and B. Issac, "Analysis of IPv6 transition technologies,"International Journal of Computer Networks & Communications (IJCNC), vol. 6, no.5, pp. 19-38, 2014.

[9] M. Nguyen, N. Phu, N. Quynh Anh, T. Rantapuska, J. Utriainen, and M. Matilainen, "Transition from IPv4 to IPv6: The Method for large enterprise networks," in The First International Conference on Communications Computation Networks and Technologies INNOV, pp. 5-14, 2012.

[10]P. F. M. de Castro, "Process for IPv6 Migration in Large Organizations," 2013.

[11]G. Y. A. Y. Al-Gadi, A. Amin Babiker, N. Mustafa, and A. Y. A. Y. Al-Gadi, "Comparison between IPv4 and IPv6 using OPNET simulator," IOSR Journal of Engineering (IOSRJEN), vol. 4, no. 8, pp. 44-50, 2014.

[12]O. Omae, "IPV4 to IPV6-Transition and Benefits," Sustainable Research and Innovation Proceedings, vol. 3, 2011.

[13]P. Wu, Y. Cui, J. Wu, J. Liu, and C. Metz, "Transition from IPv4 to IPv6: A state-of-the-art survey," Communications Surveys & Tutorials, IEEE, vol. 15, no. 3, pp. 1407-1424, 2013.

[14]H. Fahmy and S. A. Ghoneim" ,Performance comparison of wireless networks over IPv6 and IPv4 under several operating systems," in IEEE 20th International Conference on Electronics Circuits and Systems (ICECS), Abu Dhabi, pp. 670-673, 2013.

[15]N. Chuangchunsong, S. Kamolphiwong, T .Kamolphiwong, R. Elz, and P. Pongpaibool, "Performance evaluation of IPv4/IPv6 transition mechanisms: IPv4-in-IPv6 tunneling techniques," in IEEE International Conference on Information Networking (ICOIN), Phuket, pp. 238-243, 2014.

[16]H. Hou, Q. Zhao, and Y. Ma, "Design and Implementation of a Solution to Smooth IPv6 Transition," in IET Conference on Advanced Intelligence and Awarenss Internet (AIAI) Beijing, China, pp. 157-161, 2010.

[17]Y. Wu and X. Zhou, "Research on the IPv6 performance analysis based on dual-protocol stack and tunnel transition," in IEEE 6th International Conference on Computer Science & Education (ICCSE), Singapore, pp. 1091-1093, 2011.

[18]L. XiaoHong, "The Research of network transitional technology from IPv4 to IPv6 ", in IEEE 4th International Conference on Digital Manufacturing and Automation (ICDMA) Nanjing, pp. 1507-1509, 2013.

DOI: 10.20428/JST.20.1.8

[19]P.-K. Chen, C.-W. Lu, and Q. Wu, "IPv6 rapid deployment in Taiwan academic network (TANet)," in IEEE International Conference on Advanced Communication Technology (ICACT), PyeongChang, pp. 694-697, 2012.

[20]T. Podermanski, M. Grégr, and M. Švéda, "Deploying IPv6-practical problems from the campus perspective," 2013.

[21]A. S. Sethi and V. Y. Hnatyshin, The Practical OPNET user guide for computer network simulation, First ed., CRC Press, 2012.

[22] http://www.ipv6.ye

[23] https://www.icann.org

DOI: 10.20428/JST.20.1.8