مجلة جامعة تشرين للبحوث والدراسات العلمية _ سلسلة العلوم الهندسية المجلد (36) العدد (3) 2014
Tishreen University Journal for Research and Scientific Studies - Engineering Sciences Series Vol. (36) No. (3) 2014

مراقبة جودة الخدمة في الشبكات اللاسلكية غير المتجانسة باعتماد مفاهيم الجدولة بالزمن الحقيقي

الدكتور محمد حجازية*

سامي اسبر**

(تاريخ الإيداع 12 / 1 / 2014. قُبِل للنشر في 15/ 6 / 2014)

□ ملخّص □

ازداد انتشار تطبيقات الوسائط العديدة في السنوات القليلة الماضية وأصبحت أمرا واقعا ومهماً نحتاجه في كثير من مناحي الحياة، ويعد تطبيق VOIP من أكثر هذه التطبيقات انتشاراً وبما أن الشبكات اللاسلكية أصبحت عصب الحياة في العالم المتطور، وبسبب وجود عدة معايير لبناء الشبكات اللاسلكية تختلف فيما بينها من حيث التردد وآلية إرسال واستقبال الحزم فقد تم القيام بهذه البحث للعمل على ربط شبكتين لاسلكيتين غير متجانستين؛ أي كل واحدة منها مبنية باستخدام معيار يختلف عن المعيار المستخدم في الشبكة الثانية ، ودراسة تأثير هذا الربط على جودة الخدمة وهو الأمر الذي يهم المستخدم ويهم الشركة المقدمة للخدمة على السواء حيث على الشركة المقدمة للخدمة العمل على تحسين جودة الخدمات المقدمة للمستخدم محافظة على سوية مالية معينة. في حين أن اهتمام المستخدم ينصب على حصوله على خدمات متعددة وبتكاليف مقبولة وهذا البحث يناقش بعض المعايير المهمة المتعلقة بجودة الخدمة بالنسبة لشبكتين لاسلكيتين مختلفتين .

الكلمات المفتاحية: جودة الخدمة– شبكات غير متجانسة– 802.11 – 802.16 – التسليم– الجدولة– المردود – التأخير الزمني .

* **مدرس – كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية – قسم هندسة الحاسبات والتحكم الآلي – جامعة تشرين – اللاذقية – سورية.**

** **طالب دراسات عليا(ماجستير) – كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية – قسم هندسة الحاسبات والتحكم الآلي – جامعة تشرين – اللاذقية – سورية.**

مجلة جامعة تشرين للبحوث والدراسات العلمية _ سلسلة العلوم الهندسية المجلد (36) العدد (3) 2014
Tishreen University Journal for Research and Scientific Studies - Engineering Sciences Series Vol. (36) No. (3) 2014

Monitoring Quality of Service in Heterogeneous Wireless Infrastructure Networks by Using Concepts of Real time Schedulers

Dr. Mohammad Hejaziah*
Sami Esper**

(Received 12 / 1 / 2014. Accepted 15 / 6 / 2014)

□ ABSTRACT □

In the last few years the spread of multimedia applications in our daily life has been increased and become a reality we need in many majors of life, the Voice Over IP application is the most Prevalent one . While wireless networks have become the backbone of life in the developed world and because of several criteria which build wireless networks differ from each other in terms of the frequency and mechanism to send and receive packets , so we did this research to connect two heterogeneous wireless networks. We will study the impact of linkage on the quality of service which matters the user and the company as this company works on improving the quality of services provided for users to maintain the level of certain financial while the user's attention focused on obtaining multiple services and acceptable costs . This paper discusses some of important criteria which are related to the quality of service

Key words: Quality of service - heterogeneous – 802.11– 802.16- handover- scheduling – delay - throughput

* **Assistant Professor , Department of Computer And Automatic Control Engineering ,Mechanical and Electrical Engineering Faculty , Tishreen University , lattakia , Syria.**
****Postgraduate Student , Department of Computer And Automatic Control Engineering ,Mechanical and Electrical Engineering Faculty , Tishreen University , lattakia , Syria.**

مقدمة :

تبذل منذ فترة جهود كثيرة من أجل تقديم خدمات ذات جودة عالية في الشبكات اللاسلكية بحيث تكون مرضية للشريحة الأكبر من الزبائن ومحققة لمتطلباتهم من هذه الخدمة أو تلك وذلك لضمان استمرار اشتراك الزبائن بالخدمات ولضمان استمرار العمل بالنسبة للمؤسسات المزودة لخدمات الاتصالات .

من اجل المنتجات الملموسة من السهل الحكم على نوعية الخدمة أما التطبيقات التي تحتاج إلى الإنترنت مثل تطبيقات VOIP فهي اقل سهولة في الحكم وذلك بسبب نوعية الخدمة

هناك عدد من المتحولات التي تلعب دور كبير بتقديم نوعية جيدة من الخدمة بالنسبة لهذا النوع من التطبيقات التي يمكن أن تنتشر على مساحة جغرافية واسعة ، بأعمال مختلفة ، وتقنيات مختلفة

أهمية البحث وأهدافه:

الهدف الرئيس من بحثنا هو مراقبة تغيرات بعض القيم المحددة لجودة الخدمة و الأداء في الشبكات اللاسلكية المتباينة وتزويد الشبكات بأساليب تساعد في تحسين التحكم بتدفق المعلومات باستخدام مفاهيم الزمن الحقيقي وربطها بتطبيقات الوسائط المتعددة عن طريق استخدام إعدادات خاصة تساهم في تحسين معايير جودة الخدمة في الشبكات اللاسلكية .

طرائق البحث ومواده :

تم في هذا البحث اعتماد ثلاثة سيناريوهات كل سيناريو يحتوي شبكتين بحيث تكون الشبكة الأولى مبنية باستخدام المعيار 802.11e والشبكة الثانية مبنية باستخدام 802.16 e وتم اعتماد آلية البحث على الشكل التالي :

1. دراسة ماهية جودة الخدمة وعناصرها الأساسية
2. دراسة مفهوم الشبكات غير المتجانسة و دراسة بنية المعيارين 802.11 و 802.16
3. الانتقال إلى معرفة سبب اختيار المعيارين 802.11e و 802.16 e
4. دراسة مفاهيم الجدولة في الزمن الحقيقي والتعرف على عدد من المجدولات التي تعمل بأنظمة الزمن الحقيقي
5. دراسة عملية التسليم في الشبكات والتعرف على مراحل التسليم
6. الانتقال إلى الناحية العملية و بناء السيناريوهات
7. القيام بتحليل المخططات للانتقال إلى النتائج

علما أن المحاكي المستخدم هو ***OPNET14.5*** والذي يعدُّ من أهم البرامج المستخدمة في بناء شبكات الحاسب وشبكات الاتصالات .

جودة الخدمة :

قبل البدء بمناقشة مشكلة البحث التي لدينا لا بد من تعريف جودة الخدمة من وجهة نظر الشبكات و هي قدرة عناصر الشبكة (مثل تطبيق.. المضيف أو جهاز التوجيه) للإبقاء على مستوى معين من الضمانات بما يتوافق مع متطلبات الخدمة وبما يكون مرضياً ولتبسيط تقييم الجودة من الانترنت– الخدمات القائمة، يمكن فحص ثلاثة جوانب مختلفة من الجودة :

- نوعية الخدمة Quality of Service:

يتعلق بجوانب قياس الأداء من الخدمة ، مثل حجم إطار الفيديو ، ومعدل البت ، ومعدل الخطأ ، وزمن الاستجابة والتأخير هذه هي جوانب الخدمة التي يمكن قياسها والسيطرة عليها

- نوعية الأعمال Quality of Business:

يتعلق بالجانب المالي لهذه الخدمة. وتستخدم القياسات مثل تكلفة الخدمة

- نوعية الخبرة Quality of Experience:

يتعلق بتجربة الخدمة من وجهة نظر العملاء [1]

وبما أن بحثنا عن نوعية جودة الخدمة فكان لا بد من دراسة مستويا ت جودة الخدمة و هنا تم تقسيم الأنظمة التي تعتمد جودة الخدمة إلى ثلاث مستويات رئيسية هي :

- خدمة أفضل جهد Best-effort service:

نظام يقدم أفضل جهد في محاولة لتلبية الاحتياجات ؛ ومع ذلك ،لا يتم إجراء أي ضمانات .

- جودة الخدمة الناعمة Soft QOS :

هذا المستوى يعامل أنواع مختلفة من حركة تدفق البيانات في المسارات المختلفة ، ويعطي حركة تدفقات معينة أولوية أعلى من تدفقات أخرى . ومع ذلك ، تماماً كما هو الحال مع الإجراء السابق لا يتم إجراء أي ضمانات

- جودة الخدمة القاسية Hard QOS:

جودة الخدمة هنا تضمن المتطلبات أي الضمانات مقدمة [2]

دراسة الشبكات غير المتجانسة:

تعريف " الشبكة غير المتجانسة " قد تتخذ جوانب مختلفة

- أجزاء الشبكة Network portions: قد تدار من قبل مقدمي خدمات مختلفة ، وقد تستخدم مختلف وسائل نقل مثل الكابل والأقمار الصناعية والإذاعة ويمكن تنفيذ بروتوكولات مختلفة مثل ATM، IP ، و تقنية MPLS.
- من وجهة نظر المستخدمين point of view of users: تمكن اللذين يحتاجون إلى خدمات مختلفة من أن توفر لديهم طرق مختلفة لدفع ثمنها . [3]

المعياران 802.11 و 802.16:

يستخدم المعيار 802.11 لتشبيك أجهزة الكومبيوتر بطريقة لاسلكية وفق النطاق الترددي GHZ (2.4 , 3.6 , 5) وقد تم إجراء تحسينات على الإصدار الأساسي مثل (b, d, e, g, h, j) التي قدمت الأساسيات لمنتجات الشبكات اللاسلكية تحت الاسم التجاري (WIFI) [3] .في حين أن المعيار 802.16 صمم بشكل رئيسي لتحقيق اتصال الشبكات اللاسلكية واسعة الحزمة "last mile" من أجل المستخدمين الغير متمركزين يتألف من محطة مركزية رئيسية مع مستخدمين متصلين بالمحطة باستخدام هوائيات مثبتة على أعلى المباني [4] الجدول التالي يوضح مقارنة صغيرة بين بنية 802.11 وبنية 802.16 [5]

الجدول (1) الفرق بين المعيارين 802.11 و 802.16

Characteristics المواصفات	WiMAX 802.16	WiFi 802.11
Half/Full duplex نمط الإرسال	Full duplex إرسال واستقبال بنفس الوقت	Half duplex إرسال أو استقبال
Channel bandwidth عرض القناة	1.25 MHz to 20 MHz	20 MHz
Radio technology تقنية الراديو المتبعة	Orthogonal Frequency Division Multiple Access OFDM (256-Channels)	Orthogonal Frequency Division Multiple Access OFDM (64-Channels)
Frequency spectrum الطيف الترددي	2.3, 2.5 and 3.5 GHz bands	2.4 and 5 GHz bands

ميزات المعيار 802.11e :

صمم هذا المعيار ليحقق متطلبات Qos في حالات ازدحام الشبكة وفي هذا المعيار تمت إضافة عمل جديد إلى طبقة (MAC) مقدما الدالة الهجينة Hybrid Coordination Function (HCF) والتي تسمح بمزيد من التحكم بالحزمة المتوفرة عن طريق كل محطة و ذلك لتحقيق فرص نقلTransmission Opportunity من أجل نقل البيانات تستخدم هذه الدالة قناتين في وضع الوصول:

- Enhanced Distributed Channel Access (EDCA) تستخدم أربع سلاسل وصول كل منها متصل برتل وله خصائص وصول خاصة هذه الخصائص تتردد لاسلكيا للسماح لكل الشبكة باستخدام الخاصة نفسها بشكل عادل من أجل TXOPs
- Hybrid coordinate Channel Access (HCCA) قناة الوصول تعتمد على السحب وتعمل بطريقة مشابهة تماما لعمل نقطة التنسيق في المعيار 802.11 كل محطة يسمح لها بأربع سلاسل نقل مختلفة تسحب البيانات Traffic Streams (TS) خلال فترات حرة مختلفة .Contention Free Periods (CFP). [5]

ميزات المعيار802.16e :

صمم هذا المعيار ليحقق بالإضافة إلى التنقل دعم المستخدمين ذو السرعة العالية والتحسين على عمل OFDMA في الطبقة الفيزيائية حيث إن هذا المعيار يستخدم scalable Orthogonal Frequency Division Multiple Access (sOFDMA) . إمكانية التسلق تزود عن طريق ضبط تحويل فوريي السريع مع تثبيت الفارق في تردد الحامل الفرعي ويدعم عرض حزمة يتراوح بين 1.25-20MHz ويدعم محولات التعديل و الترميز باستخدام معدل بيانات عالي عندما تكون الإشارة جيدة بينما تستخدم معدل بيانات منخفض مع ترميز قوي عندما تكون جودة الإشارة ضعيفة [4]

وبما أن الشبكة تحتاج إلى عملية إدارة ودراسة كيفية تخصيص المصادر وتوزيع الأحمال فكان لا بد من دراسة عملية الجدولة

الجدولة scheduling

الهدف الرئيس من عملية الجدولة هو توزيع الأحمال على المصادر المتوفرة لضمان سير العملية بالطريقة المثلى وفي الجدولة العادلة حيث الإنصاف هو من أهم أهداف عملية الجدولة وفي الحالات التي تتطلب مشاركة وسط الاتصال يتم استخدام طرق بسيطة للجدولة . أما الجدولة بالزمن الحقيقي فيجب إجراء العملية لإكمال مجموعة من المهام قبل الموعد النهائي المحدد توقيت الانتهاء من العمل هو العامل في الإنجاز الصحيح وتظهر أنظمة الجدولة الفورية في العديد من التطبيقات من أهمها الأنظمة التفاعلية وأنظمة الأمان مثل بروتوكول VoIP ومن أهم المجدولات التي تعمل في أنظمة الزمن الحقيقي هي

1. المجدول أحادي الاتجاه Rate Monotonic Scheduler :

يمنح الأولوية لتدفق البيانات بحسب مجال التوليد الذي يملكه مصدر هذا التدفق ويتم منح الأولوية لأقل التدفقات مدة زمنية، وهو مجدول استاتيكي يقوم بتحديد الأولويات قبل أن تبدأ الجدولة الفعلية يتمخض عنه اضطرابات مثل ظاهرة حرمان التدفق

2. المجدول المعتمد على الزمن الحدي Earliest Deadline First :

هو مجدول ديناميكي يعتمد في حسابه للأولويات لكل حزمة أو مهمة على مدة الزمن الحدي المخصص لكل منها، وكما يشير الاسم فإن الأولوية القصوى تعطى لمن زمنه الحدي هو الأقصر بين المهام، إحدى سيئات هذا المنهج هو أن مدة تنفيذ المهام لا تؤخذ بعين الاعتبار بل فقط الزمن الحدي المفروض لكل مهمة.

3. المجدول المعتمد على أقل مدة خمول slack، ويسمى Least Laxity First Scheduling

أي الجدولة المعتمدة على أقل زمن خمول حيث تم تلافي المشكلة السابقة عبر تنفيذ الجدولة بناء على زمن الخمول في كل مهمة. وزمن الخمول هو حاصل طرح ما تبقى من زمن التنفيذ من المهلة القصوى المفروضة على تنفيذ هذه المهمة. على أن ما يعيب هذه الطريقة أن زمن التنفيذ لا يكون معروفاً دائماً قبل التنفيذ الفعلي للمهمة مما يعني أنه يجب تقديره، سوء التقدير قد يؤدي إلى جدولة ضعيفة .[6]

وفي النهاية كان لا بد من إجراء دراسة لمعرفة آلية انتقال العقدة من شبكة إلى أخرى وكيف يتم اتخاذ مثل هذه القرارات فتمت دراسة التسليم في الشبكات حيث أن هذه العملية لا بد من أن تمر بالمراحل الآتية :

1. تشخيص الاحتياج إلى القيام بعملية التسليم
2. جمع المعلومات من الشبكات المجاورة
3. اختيار الشبكة الهدف
4. القيام بالخطوات الأولى الأساسية لعملية التسليم
5. إتمام عملية التسليم

الخوارزمية المعتمدة للقيام بعملية التسليم تعتمد على نسبة الإشارة إلى الضجيج (signal to noise ratio) حيث :

1. SNR1: النسبة في الشبكة الأولى
2. :SNR2: النسبة في الشبكة الثانية
3. T1: العتبة المسموح بالوصول إليها في الشبكة الأولى
4. T2: العتبة المسموح بالوصول إليها في الشبكة الثانية

عندما تنخفض SNR1 في الشبكة الأولى عن القيمة T1 تقوم بالبحث عن شبكة مجاورة مبنية باستخدام المعيار نفسه فإذا وجدت تقوم بتحديد المستوى المطلوب للخدمات و تناقل البيانات و من ثم تحدد الشبكة الأفضل أخذة بعين الاعتبار متطلبات جودة الخدمة و الكلفة المادية للخدمة وبعد ذلك تقوم بعملية مراقبة النسبة SNR وفق إحدى السيناريوهات الآتية :

1. قيمة (SNR1) اصغر من (T1) وقيمة (SNR2) اكبر من (T1) فتبدأ عملية التسليم
2. قيمة (SNR1) اصغر من (T2) وقيمة (SNR2) اكبر من (T2) فتبدأ عملية التسليم
3. قيمة (SNR1) اصغر من (T1) وقيمة (SNR2) اصغر من (T1) عند ذلك تستمر مراقبة القيمة (SNR2)
4. قيمة (SNR1) اصغر من (T2) وقيمة (SNR2) اصغر من (T2) عند ذلك يقطع الاتصال عندما تصبح الإشارة غير متوفرة

وفي حال لم يتوفر شبكة مبنية من المعيار نفسه تقوم بالبحث عن شبكة غير متجانسة و تعيد الخطوات السابقة بالترتيب وفي حال عدم وجود أي شبكة تستمر بالعمل حتى انخفاض النسبة SNR إلى حد كبير و غير مقبول فتقطع الاتصال .[7]

النتائج والمناقشة :

يقوم الجانب العملي على بناء ثلاثة سيناريوهات كل سيناريو مكون من شبكتين الشبكة الأولى مبنية باستخدام WIFI في حين أن الشبكة الثانية مبنية باستخدام WIMAX وقد تم استخدام المحاكي OPNET 14.5 وكان الربط بين الشبكتين باستخدام (IP backbone logical subnet) وذلك لعدم توفر نسخة مجانية من OPNET تحتوي على موجه WIFI_WIMAX . وبما أن التطبيق المدروس هو VOIP فقد تم إعطاء أولوية لهذه التدفقات عن طريق وضعها من النمط Gold في الإعدادات الخاصة بالشبكة .

ولقد كان الفرق بين السيناريوهات الثلاثة هو عدد الأجهزة الموجودة في كل شبكة ومن وجهة نظر ثانية الفرق بين السيناريوهات هو عدد المستخدمين للتطبيق في كل سيناريو و بالتالي الجانب العملي كان يهدف إلى العمل على خدمة أكبر عدد ممكن من المستخدمين بحيث تبقى الشبكة محافظة على جودة الخدمة للمستخدمين والجدول التالي يوضح مكونات السيناريوهات الثلاثة

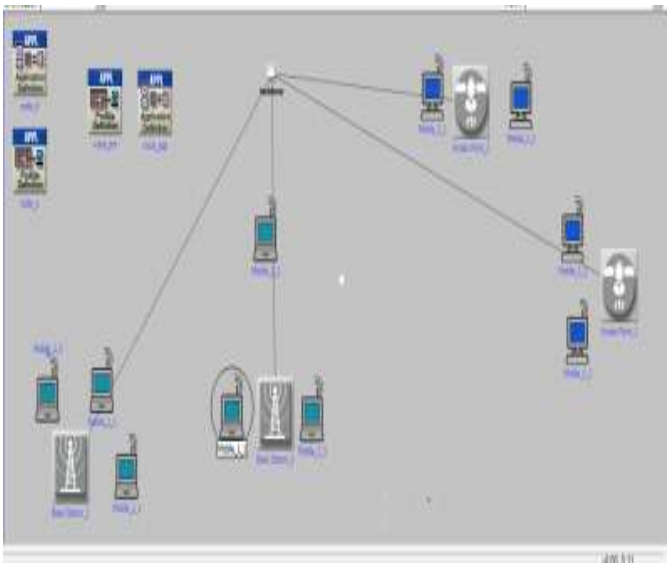
الجدول (2) يبين الفرق في بنية السيناريوهات المدروسة

اسم العنصر المستخدم	العدد في السيناريو الأول	العدد في السيناريو الثاني	العدد في السيناريو الثالث
Access point	2	2	2
Base station	2	2	2
Mobile node for WIFI	4	17	31
Mobile node for WIMAX	6	68	150

وقد تم تمثيل السيناريوهات بحسب الأشكال التالية وتم وضع مجموعة من المواصفات الخاصة لكل الأجهزة الداخلة في تركيب السيناريوهات؛ سنذكر منها على سبيل المثال لا الحصر:

الجدول [3] مواصفاتBS

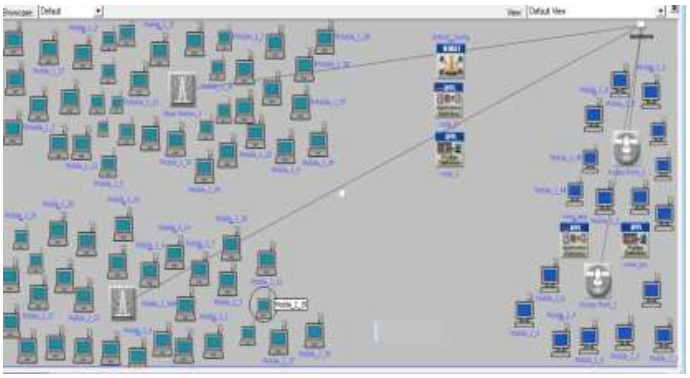
Base station_1	
Antenna gain	15 dbi
Maximum numbers of SS	100
Number of rows	1
Service class name	Gold
Maximum transmit ion power	0.5 W



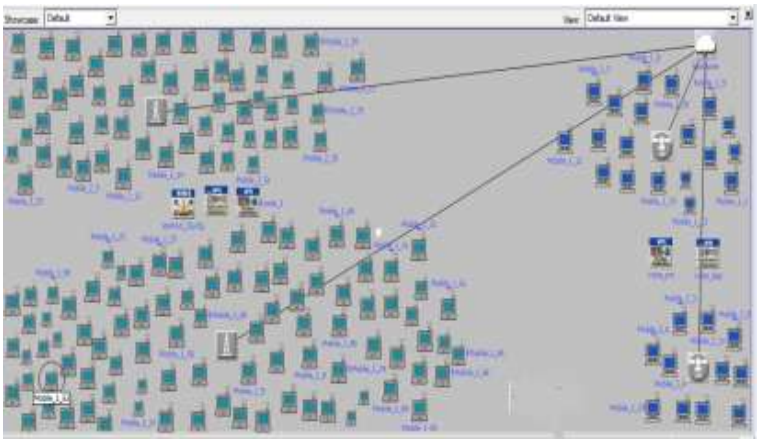
الشكل (1) يبين السيناريو الأول

الجدول [4] مواصفات AP

Access point _1	
Start time	Custom 5
Stop time	never
Traffic types of service	Interactive voice
Wireless LAN MAC address	Auto assign
Data rate	11 Mbps
BSS identifier	1



الشكل (2) يبين السيناريو الثاني



الشكل (3) يبين السيناريو الثالث

الجدول [5] يبين مواصفات WIMAX_NODE

WIMAX Mobile_1_1	
Number of rows	1
Wireless LAN	Auto assign
MAC address	
Service class name	Gold
Data rate	24
Transmit power	2w
Channel setting	Auto assign
Buffer size	256000
Modulation and coding	QPSK ½
Packet reception power threshold	-95 dbi
Buffer size	64 KB
BSS identifier	1
Average SDU size	1500 bytes
Activity idle timer	60 sec
Profile name	v_pro
Application supported service	All

الجدول [6] يبين مواصفات WIFI_NODE

WIFI Mobile_1_1	
Antenna gain	1 dbi
Down link → number of rows	1
up link → number of rows	1

تم إجراء عملية المحاكاة لمدة ساعتين لجميع السيناريوهات السابقة ضمن الشروط المطبقة و يمكن تلخيص عملية المحاكاة بالجدول التالي

الجدول [7] نتائج المحاكاة من حيث عدد الاتصالات

اسم السيناريو	مدة المحاكاة	الوقت الحقيقي المستغرق	عدد محاولات الاتصال	عدد الاتصالات
1	ساعتان	25 دقيقة	16	19
2	ساعتان	4 ساعات و 10 دقائق	16	132
3	ساعتان	6 ساعات و 21 دقيقة	16	146

وقد تمت دراسة معيارين أساسين هما التأخير الزمني DELAY TIME بالإضافة إلى المردود THROUGHPUT

والتأخير الزمني بالتعريف هو زمن الضائع لإرسال الرزمة من المصدر إلى الهدف ويمكن أن يقاس في نقاط متعددة من الشبكة وهناك عدة عوامل تؤثر على التأخير الزمني أهمها

1. الوقت المستغرق لجلب المعلومات وضغطها و تهيئتها في الرزمة
2. الوقت المستغرق لنقل البيانات و التطبيقات خلال وسط النقل .
3. التأخيرات المحتملة خلال الإرسال والتي تتضمن :
   a. الوقت الضائع في صفوف الانتظار
   b. زمن الجدولة

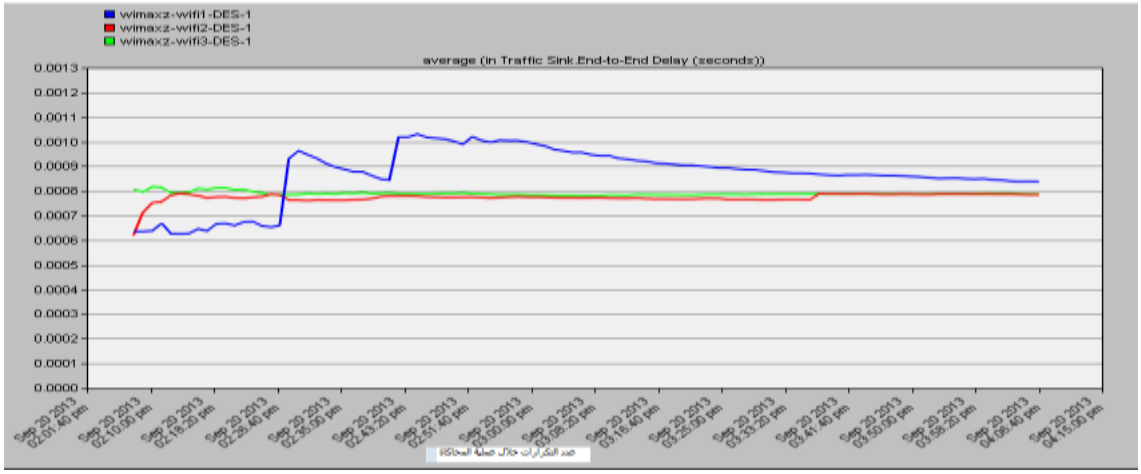
أما المردود فهو كمية العمل المنجز خلال واحدة الزمن أو هو معدل سرعة نقل البيانات المطلوبة ومن وجهة نظر أخرى يمكن التحدث عن خسارة الرزم والتي تحدث عندما يكون حمل الشبكة كبيراً أو عندما تكون إشارة الشبكة اللاسلكية سيئة أو غير مستقرة

بالنسبة END TO END DELAY وهو خاص بالتطبيق في الشبكة الهجينة فقد كانت القيم عند كل تكرار على الشكل الآتي علما أن القيمة (seconds) :

الجدول [8] يبين قيمة END TO END DELAY عند كل تكرار

رقم التكرار	القيمة عند السيناريو (1)	القيمة عند السيناريو (2)	القيمة عند السيناريو (3)
1	0.00063	0.00075	0.00082
2	0.00067	0.000775	0.00081
3	0.00067	0.00078	0.00078
4	0.00088	0.00076	0.00079
5	0.00112	0.00077	0.00079
6	0.0010	0.00076	0.00078
7	0.00099	0.00075	0.00078
8	0.00095	0.00076	0.00078
9	0.00091	0.000706	0.00078
10	0.00090	0.000755	0.00078
11	0.00088	0.000755	0.00078
12	0.00087	0.00077	0.00078
13	0.00086	0.00077	0.00078
14	0.00085	0.00077	0.00078
15	لا يوجد	لا يوجد	لا يوجد
16	لا يوجد	لا يوجد	لا يوجد

والشكل التالي يوضح مخطط END TO END DELAY للسيناريوهات الثلاثة بشكل مجمع :



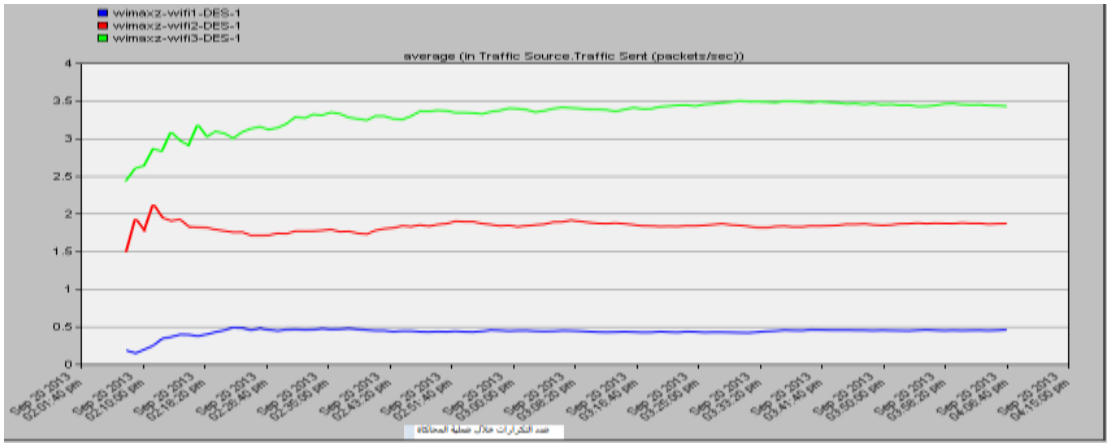
الشكل [4] يبين نتائج المعيار المدروس في السيناريوهات الثلاثة

أما بالنسبة لـ TRAFFIC SOURCE TRAFFIC SENT وهو خاص بالتطبيق فقد كانت القيم عند كل تكرار على الشكل الآتي علما أن القيم (packets / second) :

الجدول [9] يبين قيمة TRAFFIC SOURCE TRAFFIC SENT عند كل تكرار

رقم التكرار	السيناريو (1)	السيناريو (2)	السيناريو (3)
1	0.19	1.8	2.6
2	0.40	1.82	3.050
3	0.45	1.7	3.15
4	0.47	1.75	3.35
5	0.43	1.85	3.25
6	0.43	1.9	3.35
7	0.44	1.82	3.37
8	0.445	1.90	3.37
9	0.42	1.85	3.37
10	0.42	1.85	3.50
11	0.44	1.81	3.50
12	0.45	1.83	3.49
13	0.45	1.9	3.38
14	0.45	1.9	3.4
15	لا يوجد	لا يوجد	لا يوجد
16	لا يوجد	لا يوجد	لا يوجد

والشكل التالي يوضح مخطط TRAFFIC SOURCE TRAFFIC SENT للسيناريوهات الثلاثة بشكل مجمع



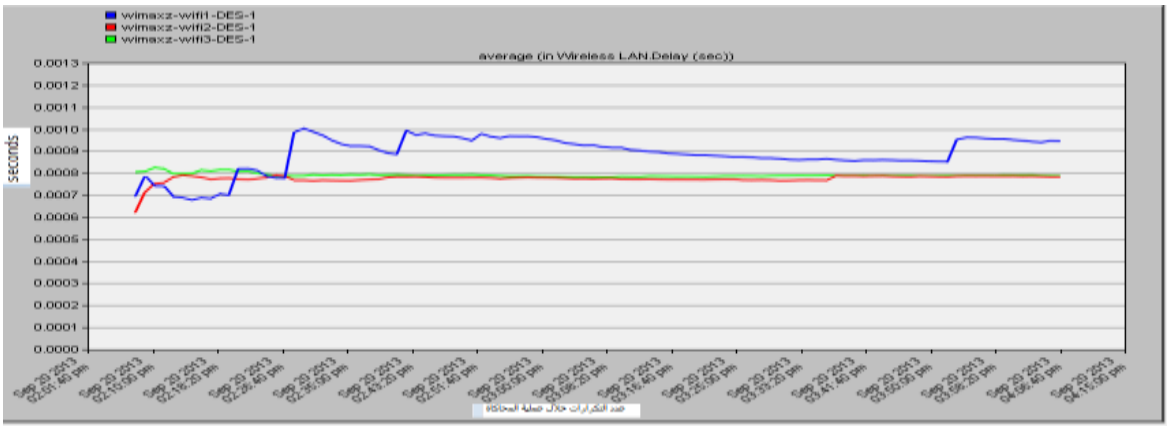
الشكل [5] يبين نتائج المعيار المدروس في السيناريوهات الثلاثة

أما في شبكة WIFI فتمت دراسة معيار ال DELAY TIME وكانت القيم عند كل تكرار (seconds)على الشكل الآتي :

الجدول [10] يبين قيمة DELAY في شبكة WIFI عند كل تكرار

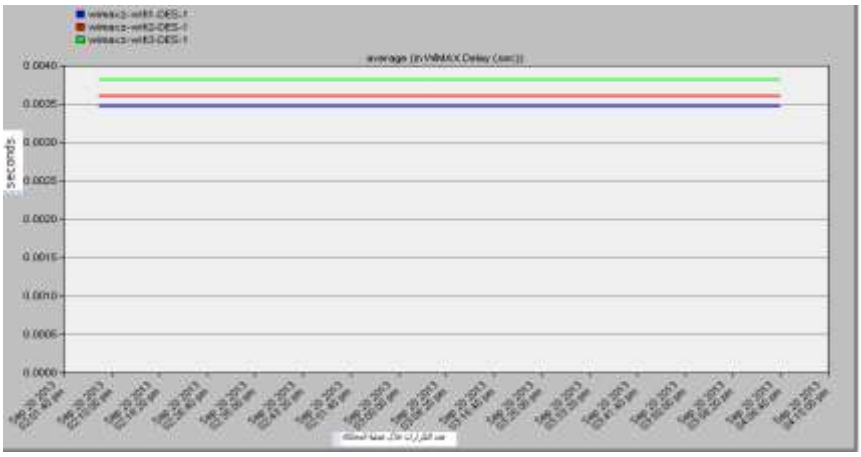
رقم التكرار	السيناريو (1)	السيناريو (2)	السيناريو (3)
1	0.00074	0.00076	0.00083
2	0.00070	0.00078	0.00081
3	0.00080	0.00077	0.00078
4	0.00093	0.000775	0.00080
5	0.00097	0.00078	0.00078
6	0.00097	0.00078	0.00078
7	0.00095	0.00078	0.00077
8	0.00092	0.00078	0.00078
9	0.00088	0.00077	0.000775
10	0.00086	0.00077	0.00078
11	0.00085	0.00077	0.00079
12	0.00085	0.00078	0.00079
13	0.00085	0.00078	0.00079
14	0.00094	0.00078	0.00079
15	لا يوجد	لا يوجد	لا يوجد
16	لا يوجد	لا يوجد	لا يوجد

والشكل التالي يوضح المعيار المدروس في السيناريوهات الثلاثة بطريقة مجمعة



الشكل [6] يبين نتائج المعيار المدروس في السيناريوهات الثلاثة

أما بالنسبة للشبكة المبنية على أساس المعيار WIMAX فكان DELAY TIME على الشكل التالي بالنسبة للسيناريوهات الثلاثة



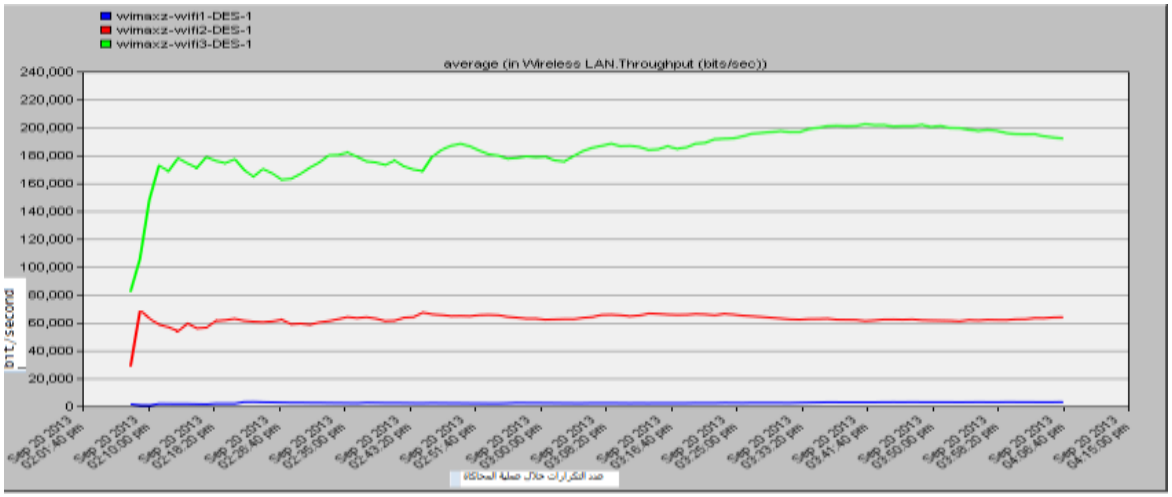
الشكل [7] يبين نتائج المعيار المدروس في السيناريوهات الثلاثة

وقد تمت دراسة المعيار THROUGHPUT ففي شبكة WIFI كانت القيم عند كل تكرار (bits/sec) كالآتي:

الجدول [11] يبين قيمة THROUGHPUT عند كل تكرار في شبكة WIFI

رقم التكرار	السيناريو (1)	السيناريو (2)	السيناريو (3)
1	750	68000	140000
2	1900	61500	178000
3	2650	59500	162000
4	2250	64000	180000
5	2250	65000	165000
6	2100	65100	181000
7	2350	62500	180000
8	2250	65100	188000
9	2250	65500	185000
10	2450	65000	170000
11	2750	62500	200000
12	2900	62000	200000
13	2850	62000	200000
14	3000	63000	198000
15+16	لا يوجد	لا يوجد	لا يوجد

والشكل التالي يوضح المعيار المدروس في السيناريوهات الثلاثة بطريقة مجمعة :



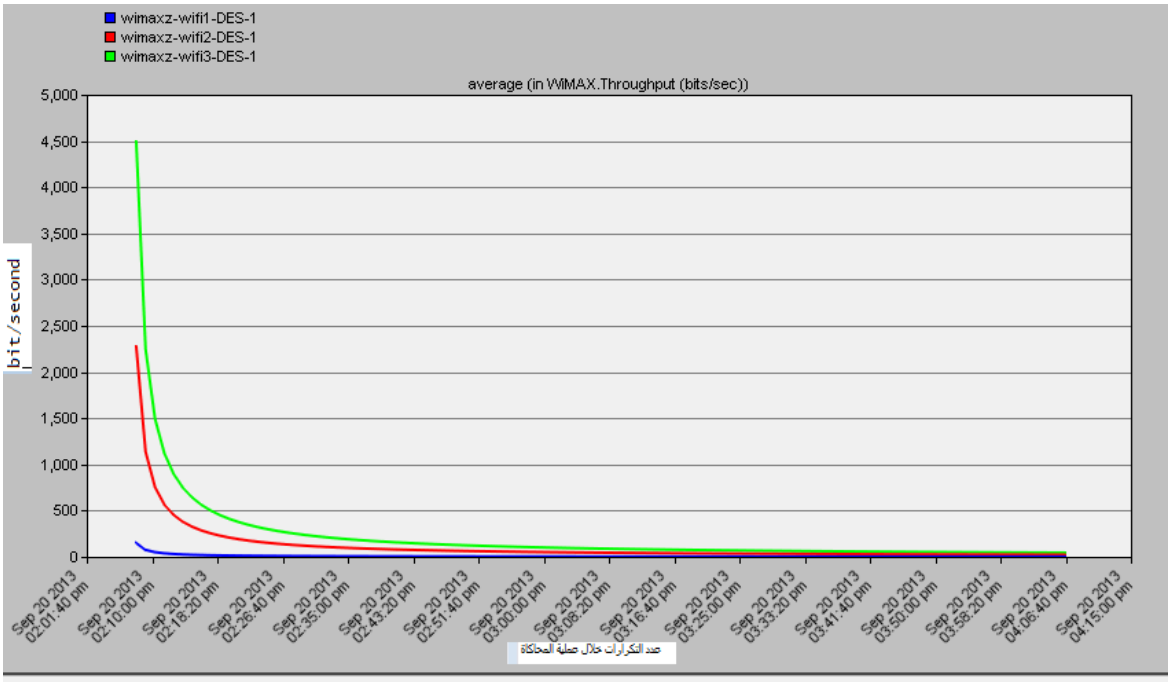
الشكل [8] يبين نتائج المعيار المدروس في السيناريوهات الثلاثة

أما بالنسبة لشبكة WIMAX كانت قيم THROUGHPUT عند كل تكرار bits/sec على النحو التالي:

الجدول [12] يبين قيمة THROUGHPUT عند كل تكرار في شبكة WIMAX

رقم التكرار	السيناريو (1)	السيناريو (2)	السيناريو (3)
1	60	1100	1500
2	18	220	500
3	10	160	250
4	9.4	150	238
5	8.8	148	224
6	8	136	212
7	7.2	124	198
8	6.4	112	184
9	5.8	100	170
10	5	88	156
11	4.2	76	142
12	3.4	64	128
13	2.8	52	114
14	2	40	100
15+16	لا يوجد	لا يوجد	لا يوجد

والشكل التالي يوضح المعيار المدروس في السيناريوهات الثلاثة بطريقة مجمعة :



الشكل [9] يبين نتائج المعيار المدروس في السيناريوهات الثلاثة

الاستنتاجات والتوصيات :

نبدأ بالاستنتاجات التي تم التوصل اليها من المخططات والجداول التي تمكنا من الحصول عليها فنلخصها في الآتي :

1. ساعدت تقنية (IP backbone logical subnet) المستخدمة في ربط شبكتين غير متجانستين واحدة من النوع WIFI والثانية من النوع WIMAX
2. إعطاء أولوية للتطبيق عند وضعه من النمط GOLD ساهمت في تحسين أداء الشبكة الهجينة
3. في شبكة WIMAX نلاحظ انخفاضاً نسبياً في قيمة throughput في السيناريوهات الثلاثة مقارنة مع load المطبق على هذه السيناريوهات و ذلك بسبب وجود فارق زمني كبير ناتج عن تحويل الرزم من شكل رزمة خاص بالبروتوكول 802.11 الى شكل رزمة ملائم للبروتوكول 802.16 وبالعكس
4. تمكن الاستفادة من المخططات في جودة الخدمة في عدد المستخدمين وارتباط ذلك بزمن التأخير في اختيار السيناريو الأفضل وفق متطلب الزبون من جهة و مزود الخدمة من حيث عدد المستخدمين و التجهيزات المطلوبة للخدمة من جهة أخرى.

التوصيات:

1. العمل على إعادة توزيع الأجهزة مع المحافظة على العدد وإعادة الدراسة وذلك لمعرفة ما إذا كانت ستتغير قيم هذه المعايير أو لا
2. وضع أكثر من جهاز عند المناطق الحدية بين جهازين Access point ودراسة وجود تأخير زمني لاختيار الشبكة الفضلى، والقيام بالعملية نفسها بالنسبة base station

3. العمل على زيادة عدد الأجهزة و ذلك للوصول إلى العدد الأكبر الذي يمكن أن تتعامل معه كل من Access point و Base station و دراسة ما سيحدث للتطبيق والمعايير المدروسة الأخرى في هذه الشبكات و زيادة الأجهزة المركزية أي زيادة عدد كل من Base station و Access point

4. استخدام نسخة OPNET 15 وما فوق وذلك لأنها :

a. تدعم البروتوكول 802.21 وهو معيار مصمم لربط شبكات غير متجانسة وخدمة تطبيقات الوسائط المتعددة وهنا يكمن حل مشكلة THROUGHPUT في شبكات WIMAX

b. تحتوي WIFI_WIMAX router وبذلك يمكن الاستعاضة عن استخدام cloud IP

المراجع :

[1] Mario. Marchese , QoS OVER HETEROGENEOUSNETWORKS, (January, ,2007) , 330.

[2] K. Gakhar, A. Gravey, and A. Leroy, IROISE., a new QoS architecture for IEEE 802.16 and IEEE 802.11e interworking," Broadband Networks, 2005. Broad Nets 2005. 2nd International Conference on Oct. 2005 ,281.

[3] [ITU-T-Y.1540] ITU-T Recommendation. IP Packet Transfer and Availability Performance Parameters.ITU-T Recommendation Y.1540, November 2002.

[4] Ron Olexa **,** Implementing 802.11, 802.16,and 802.20 Wireless Networks , may 2010,475.

[5] WiMAX versus WiFi tutorial [Online]. 2013 , 10 , 4 Available: http://searchmobilecomputing.techtarget.com/downloads/ Finneran.pdf

[6] A. Gambier, \Real-time control systems: A tutorial," 5th Asian Control Conference, vol. 2, , Jul 2004 , pp. 1024{1031}

[7] A. Teh and A. Jayasuriya, QoS aware handover between 802.11e and 802.16e networks," 8th International Symposium on DSP and Communications Systems, DSPCS 2005 and 4th Workshop on the Internet, Telecommunications and Signal Processing, WITSP 2005, pp. 1{6, Dec 2005.}