

Enhancement of Wireless Networks Performance by Selecting the Optimal Standard

Aisha Gomoa*

(Received 7 / 5 / 2019. Accepted 9 / 6 / 2019)

□ ABSTRACT □

WLAN networks have attracted the attention of many researchers in the field of communications and information technology because of the advantages of this type of network and its wide spread in various scientific and applied fields. The researchers proposed many Improvments to the work of these networks in order to develop them and overcome the difficulties Which suffer from it, which earns them greater durability and reliability.

These networks are capable of data transfer according to several standards developed by the IEEE. These standards differ from one another according to several factors including data transfer rate, authentication methods and other features that have been developed and improved the performance of these networks as a whole .

In this study we simulated the WLAN operating according to the IEEE 802.11b and IEEE 802.11 g standards by proposing a set of scenarios involving different numbers of nodes in each scenario and then comparing the performance of these two parameters according to a set of basic parameters that evaluate network performance Such as throughput, load and time delay, in order to assess both the performance of the two standards and to identify the best scenarios for their work respectively.

Key Words: Wireless Networks, Throughput, Load.

* Work Supervisor- Communication and electronic engineering department –Tishreen university- Lattakia- Syria

تحسين أداء الشبكات اللاسلكية عن طريق اختيار المعيار الأمثل لعملها

عائشة جمعة*

(تاريخ الإيداع 7 / 5 / 2019. قُبِلَ للنشر في 9 / 6 / 2019)

□ ملخص □

تحتوي شبكات الـ WLAN باهتمام العديد من الباحثين في مجالات الاتصالات وتكنولوجيا المعلومات، نظراً للميزات التي تتمتع بها مثل هذا النوع من الشبكات، وانتشارها الواسع في مختلف المجالات العلمية والتطبيقية، حيث عمد الباحثون إلى اقتراح العديد من التعديلات على عمل هذه الشبكات بهدف تطويرها والتغلب على الصعوبات التي تعاني منها، مما يكسبها متانة وموثوقية أعلى.

تتميز هذه الشبكات بقدرتها على نقل البيانات وفق عدة معايير تم تطويرها من قبل المعهد الدولي للهندسة الكهربائية والالكترونية IEEE، وتختلف هذه المعايير عن بعضها البعض وفقاً لعدة عوامل منها معدل نقل البيانات، وطرق المصادقة وغيرها من الميزات التي تم العمل على تطويرها وتحسينها أداء هذه الشبكات ككل.

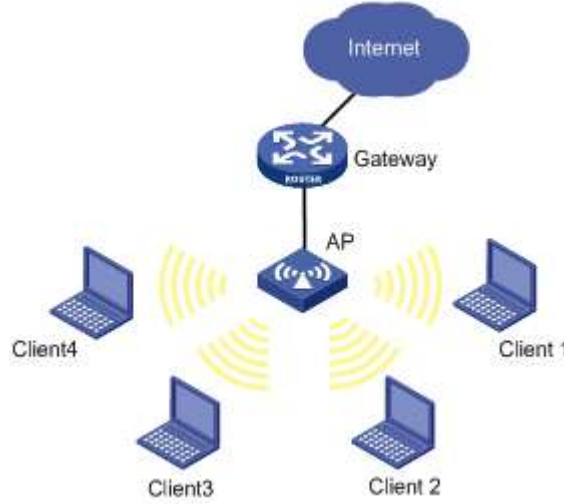
تم في هذا البحث محاكاة شبكة الـ WLAN التي تعمل وفقاً لمعيارين IEEE 802.11 b و المعيار IEEE 802.11 g من خلال اقتراح مجموعة من السيناريوهات المتضمنة على أعداد مختلفة من العقد في كل سيناريو ومن ثم مقارنة أداء هذين المعيارين بحسب مجموعة من البارامترات الأساسية التي تقيم أداء الشبكة مثل المردود والحمل والتأخير الزمني، وذلك بهدف الوصول إلى تقييم أداء كل من المعيارين ومعرفة السيناريوهات الأفضل لعمل كل منهما.

الكلمات المفتاحية: الشبكات اللاسلكية، المردود، الحمل.

* مشرف على الأعمال - قسم هندسة الاتصالات والالكترونيات - كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية - جامعة تشرين - اللاذقية - سورية

مقدمة:

شبكات الـ WLAN (Wireless Local Area Network) هي تقنية اتصالات تهدف لتوفير بيانات لاسلكية عبر المسافات القصيرة وهي مبنية على معيار IEEE 802.11، الذي يسمى أيضاً WiFi يسمح للمستخدم على سبيل المثال أن يتصفح الشبكة (الانترنت) على حاسوب شخصي بدون توصيل الحاسوب مادياً إلى موجه "router أو switch" من خلال منفذ إنترنت. يبين الشكل (1) شبكات الـ WLAN.



الشكل (1) شبكات الـ WLAN

أهمية البحث وأهدافه:

يهدف هذا البحث إلى دراسة أداء شبكات الـ WLAN عند استخدامها لنقل الملفات، حيث يتناول البحث إجراء المحاكاة وفق عدة سيناريوهات تتضمن عدد مختلف من العقد ومعدل نقل بيانات مختلف في كل سيناريو. وتتم مقارنة أداء هذه الشبكات وفق عدة بارامترات مثل الإنتاجية Throughput والحمل Load والتأخير الزمني Delay.

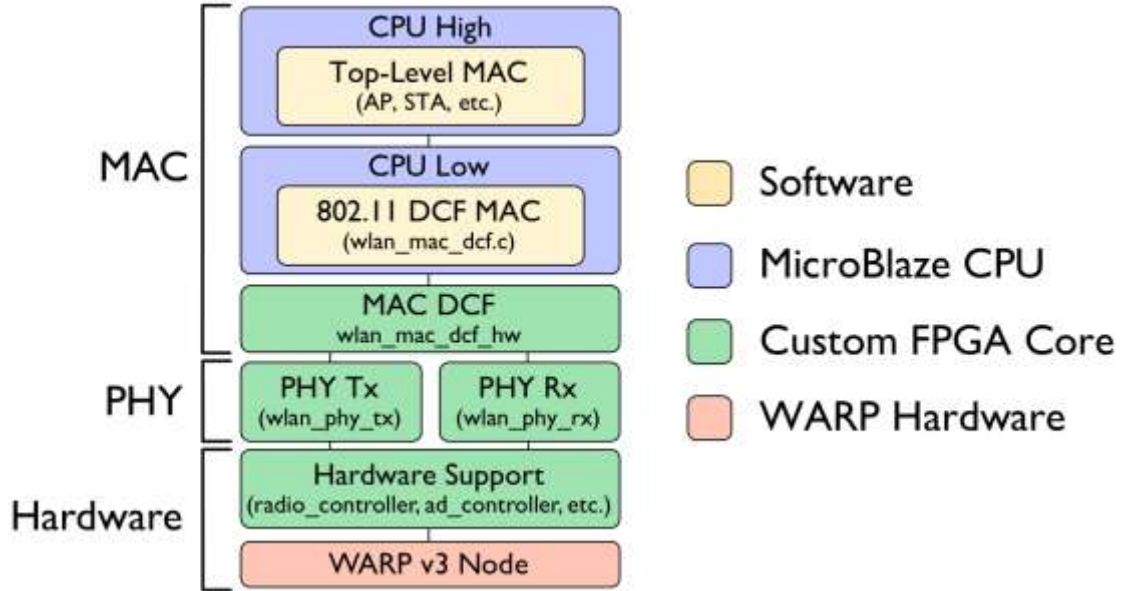
طرائق البحث ومواده:

نستعرض في هذا البحث شبكات الـ WLAN والتي تعمل وفق المعيار IEEE 802.11 وهي من المواضيع الهامة لدى الباحثين في مجالات الاتصالات وتقانة المعلومات نظراً لإمكانياتها وميزاتها وصفاتها التي تتميز بالسرعة والوثوقية، بالإضافة لكونها مستخدمة على نطاق واسع في حياتنا اليومية وفي العديد من المنازل والمكاتب والمصانع حيث تستخدم في إيصال خدمة الانترنت إلى أكبر عدد من المستخدمين بأقل التكاليف الممكنة وأقل الأعطال نظراً لكونها لا تتطلب استخدام الكابلات في التوصيل مما يمنحها سهولة في التركيب والتشغيل.

1 الجوانب التقنية لمعيار IEEE 802.11:

يتضمن معيار 802.11 مجموعة من التعديلات المرتبطة بالشبكات اللاسلكية. تختلف هذه التعديلات فيما بينها بشكل رئيسي في تقنيات الترميز، نطاق الترددات وجودة الخدمة (QoS Quality of Servers).

يغطي معيار IEEE 802.11 - كما هو الحال في جميع معايير IEEE 802 - الطبقتين الأولى والثانية من نموذج OSI المعياري (Open Systems Interconnection) وهي الطبقة الفيزيائية (Physical Layer) (L1) وطبقة وصلة البيانات (Data Link Layer) (L2). ويبين الشكل (2) البنية الأساسية للمعيار IEEE 802.11.



الشكل (2) البنية الأساسية للمعيار IEEE 802.11

وفيما يلي نستعرض كلاً من الطبقتين.

1-1 الطبقة الأولى (PHY 802.11):

تقوم الطبقة الفيزيائية بمهمة نقل الإشارات المتعلقة بالأصفار والواحدات للبيانات التي يرغب المرسل بإرسالها إلى المستقبل بشكل صحيح.

تتعامل الطبقة الفيزيائية بشكل رئيسي مع ترميز البيانات. حيث يعتبر اختيار تقنية الترميز من العوامل الهامة التي تؤثر بشكل كبير على نقل البيانات ضمن معيار محدد. فكلما كانت البيانات مرمزة بفاعلية أكثر كلما ازدادت سرعة نقل البيانات التي يمكن تحقيقها. من جهة أخرى فإن استخدام تقنية ترميز فعالة يتطلب تجهيزات متطورة قادرة على ترميز وفك ترميز البيانات.

تعتمد تقنيات الترميز المختلفة المستخدمة في معيار IEEE 802.11 على فكرة بسيطة تهدف إلى استخدام أكبر عرض للحزمة يلزم نظرياً لإرسال بت واحد من البيانات للتغلب على التشويش. ينتج عن الأساليب المختلفة لنشر البيانات ضمن الحزمة الراديوية تقنيات ترميز مختلفة. سنبين فيما يلي أكثر هذه التقنيات شيوعاً.

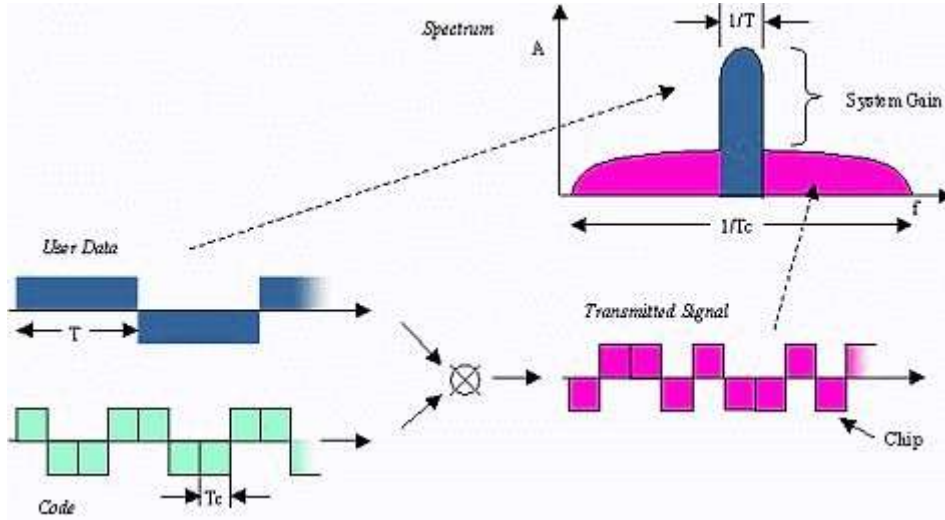
1. الطيف الموزع عبر تغيير التردد (FHSS (Frequency Hopping Spread Spectrum):

تعتمد تقنية FHSS على مبدأ إرسال ضمن تردد واحد لمدة معينة، ومن ثم الانتقال بشكل عشوائي إلى تردد آخر، أي أن التردد الحامل للإشارة (الحامل) سيتغير مع الزمن أو أن المرسل سيقوم بتغيير التردد دورياً تبعاً لتسلسل محدد بشكل مسبق. يحقق المرسل التزامن مع المستقبل بفضل مرشحات تحتوي تسلسل الإنتقالات وزمنها. تقسم حزمة الترددات المحددة في معيار IEEE 802.11 (ISM) والتي تمتد من 2.400 وحتى 2.4835 غيغاهرتز إلى 79

قناة عرض كلٍ منها 1 ميغاهرتز ويتم التنقل بين الترددات كل 300 إلى 400 ميلي ثانية. يتم التنقل بقفزات حول تردد مركزي لإحدى القنوات الـ 14 المحددة مسبقاً. لم يعد هذا الترميز مستخدماً في المنتجات الحالية.

2. الطيف الموزع عبر التتابع المباشر (DSSS (Direct Sequence Spread Spectrum):

تتطلب تقنية DSSS إرسال سلسلة من البتات bits (والتي تدعى أحياناً بالضجيج ذي العشوائية الزائفة pseudo-random noise ويرمز لها اختصاراً بـ PN) في مقابل كل بت من البيانات. يتم استبدال كل بت بحمل القيمة 1 بسلسلة محددة من البتات في حين يستبدل كل بت بحمل القيمة 0 بسلسلة متممة. تحدد مواصفات الطبقة الفيزيائية لمعايير 802.11 سلسلة من 11 بتاً (10110111000) لتمثيل الرقم 1 والسلسلة المتممة (01001000111) لتمثيل الرقم 0. يقوم ترميز DSSS عوضاً عن تقسيم إشارة البيانات إلى أجزاء يتم إرسالها عبر ترددات مختلفة بترميز كل بت من البيانات ضمن رتل أطول من البتات يدعى "رقاقة". انتشر استخدام هذه التقنية على نطاق واسع بين الأعوام 1999 إلى 2005. ويبين الشكل (3) تقنية DSSS.



الشكل (3) تقنية DSSS

3. ترميز تقسيم التردد المتعامد (OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing):

ويدعى أحياناً ترميز الطبقات المتعددة غير المترابط (Discrete Multi-Tone Modulation (DMT). وهي تقنية ترميز تعتمد على فكرة الترميز المبني على تقسيم التردد (Frequency Division Multiplexing (FDM). يعتمد ترميز FDM (والمستخدم في الراديو والتلفزيون) على مبدأ إرسال إشارات متعددة في نفس الوقت لكن عبر ترددات مختلفة. في ترميز OFDM يقوم مرسل واحد بالإرسال عبر عدة (عشرات وحتى آلاف) الترددات المتعامدة المختلفة. الترددات المتعامدة هي ترددات مستقلة من جهة روابط الطور النسبي بين هذه الترددات. يستخدم ترميز OFDM تقنيات ترميز متطورة في جميع مكوناته لإنتاج إشارات تتمتع بمناعة عالية ضد التشويش.

تتألف الإشارة الحاملة في ترميز OFDM من مجموع عدد من العوامل الجزئية المتعامدة والتي يتم ترميز كل منها بشكل مستقل باستخدام إحدى تقنيات QAM أو PSK. يعتبر هذا الترميز الأكثر استخداماً منذ العام 2005. أما بالنسبة للتردد تستخدم معايير 802.11b و 802.11g للشبكات اللاسلكية حزمة الترددات 2.4 جيجاهرتز المحددة من قبل إتحاد الإتصالات الدولي ITU والتي تدعى ISM (للإستخدامات الصناعية، العلمية والطبية). وتستخدم على وجه الخصوص الحزمة L ذات الترددات 2400 وحتى 2483.5 ميغاهرتز. [11]

يستخدم معيار IEEE 802.11a حزمة الترددات 5 جيجاهرتز التي تدعى البنية التحتية الوطنية غير المرخصة للمعلومات UNII والتي تغطي المجال من 5.15 - 5.35 جيجاهرتز و 5.725 - 5.825 جيجاهرتز. لقد أصبحت حزمة الترددات 2.4 جيجاهرتز غير المرخصة مؤخراً مزدحمة بشدة في المناطق الحضرية نتيجة ازدياد أعداد الشبكات اللاسلكية والتجهيزات الأخرى التي تستخدم نفس نطاق الترددات كأفران المايكروويف، الهواتف اللاسلكية والتجهيزات المزودة بتقنية Bluetooth. تتمتع حزمة الترددات 5 جيجاهرتز بنسب تشويش أقل إلا أنها تواجه مشاكل أخرى تتعلق بطبيعة هذه الحزمة. إن الأمواج الراديوية عالية التردد أكثر حساسيةً للامتصاص من الأمواج ذات الترددات المنخفضة. تعتبر الأمواج الراديوية ذات التردد 5 جيجاهرتز فائقة الحساسية للماء والأبنية المجاورة أو العوائق الأخرى نتيجة نسبة الامتصاص العالية في هذه الحزمة. هذا يعني بأن الشبكات التي تعمل وفق معيار 802.11a أكثر محدودية فيما يتعلق بخط النظر مما قد يستدعي استخدام عدد أكبر من نقاط الولوج لتغطية نفس المنطقة التي يمكن تغطيتها بشبكة لاسلكية تعمل وفق معيار 802.11b وذلك لأن الخلايا الناتجة عن استخدام نقاط ولوج تعمل وفق المعيار 802.11a- باعتبار نفس قدرة الخرج - ذات مساحة أصغر.

1-2 الطبقة الثانية (MAC 802.11):

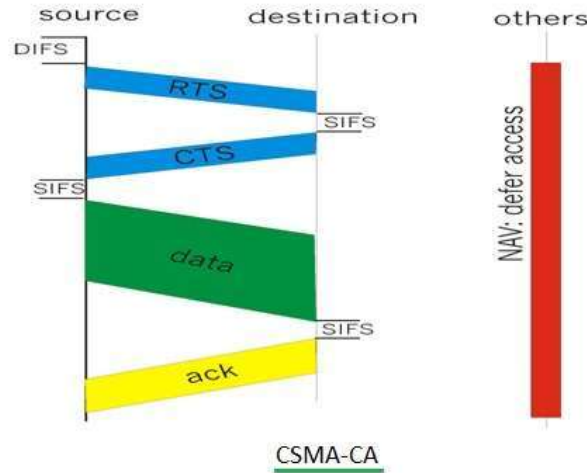
تتألف طبقة وصلة البيانات ضمن معايير 802.11 من جزئين:

- التحكم بالوصول إلى الناقل Media Access Layer – MAC
- التحكم المنطقي بالوصلة Logical Link Control – LLC

تتطابق الطبقة الفرعية LLC 802.11 مع مواصفات 802.2 لضمان التوافقية مع أية شبكة أخرى تنطوي ضمن معايير 802.11 في حين تمت إعادة تعريف طبقة التحكم بالوصول إلى الناقل MAC في معايير (L2) 802.11. تقوم طبقة MAC بتوصيف الوصول إلى الناقل بأسلوب موحد لجميع معايير 802.11، وهي تكافئ معيار 802.3 (CSMA/CD – Ethernet) في الشبكات السلكية مع الاختلاف في الوظائف الخاصة بإرسال الإشارات اللاسلكية (نسبة الخطأ أعلى من تلك الموجودة في النواقل النحاسية) والتي عادةً يتم الوثوق بالبروتوكولات ذات المستويات الأعلى، كالتجزئة، التحكم بالأخطاء CRC، إعادة إرسال الإطارات وتأكيد وصول البيانات. يستخدم معيار 802.11b بروتوكولاً معدلاً عن CSMA/CD يدعى CSMA/CA (تجنّب التصادم عوضاً عن كشف التصادم). يتمكّن بروتوكول CSMA/CA من تجنب التصادم عبر أسلوب مبسط للتصويت يدعى RTS/CTS يقوم فيه المرسل بإرسال طلب للإرسال (RTS (Reay To Send) في حين يقوم المستقبل بتأكيد وصول هذا الطلب عبر إرسال رسالة جاهزية للإرسال (CTS (Clear To Send) عندما تكون قناة الاتصال جاهزة للاستخدام. [16] تقوم المحطة المستقبلية أثناء إرسال البيانات بين محطتين بتفحص قيمة التحقق الدوري من الأخطاء CRC لكل إطار لترسل إلى المحطة المرسله تأكيداً بوصول هذا الإطار ACK. إذا لم تستقبل محطة الإرسال هذا التأكيد في الوقت المحدد فإنها ستفترض حدوث تصادم أدى إلى عدم توصيل الإطار بشكل صحيح وتقوم بالتالي بإعادة إرسال هذا الإطار بعد استلامها لرسالة جاهزية إرسال جديدة CTS.

يتم التحكم بالوصول إلى الناقل عبر استخدام نوع مختلف من المسافات بين الإطارات (Interframe Spaces – IFS) والتي ترتبط بالمدة الزمنية التي يجب أن تنتظرها المحطة قبل إرسال البيانات. تنتظر البيانات ذات الأولوية العالية (مثل رسائل تأكيد الوصول أو حزم RTS/CTS) مدة زمنية أقصر (SIFS) من تلك المكافئة للبيانات العادية.

مع أن بروتوكول CSMA/CA قادر على تجنب التصادم في قناة راديوية مشتركة إلا أن الآليات من نمط RTS/CTS تزيد من الحمل الزائد (إطارات الإشارة الضرورية لعمل الشبكة لكنها لا تحتوي أية معلومات للمستخدم) وبالتالي ستمنع أداء الشبكات اللاسلكية العاملة وفق معيار 802.11b من تحقيق أداء يوازي أداء تقنيات CSMA/CD (كشف التصادم) أو التقنيات المعتمدة على الولوج المتعدد عبر تقسيم الزمن TDMA (مثل شبكات الإيثرنت السلكية أو وصلات E1/T1 المتزامنة)، ويبين الشكل (4) بروتوكول CSMA/CA [8].



الشكل (4) بروتوكول CSMA/CA

1-3-3 تعديلات المعيار IEEE 802.11:

تعتبر التعديلات a, b, g أكثر التعديلات شيوعاً ضمن عائلة معايير 802.11. من التعديلات الأخرى ضمن نفس العائلة أيضاً [c-f]، [h-j] و n وهي عبارة عن تحسينات وتطويرات أو تصحيحات لمواصفات سابقة ضمن هذه العائلة. وفيما يلي سنستعرض التعديلين b و g.

- IEEE 802.11b

يتضمن معيار IEEE 802.11b تحسينات عن المعيار الأصلي 802.11 لدعم نقل البيانات بسرعات أكبر (5.5 و 11 ميغابت في الثانية). يستخدم هذا المعيار نفس أسلوب الوصول إلى الناقل المحدد في المعيار الأصلي 802.11. يستخدم معيار IEEE 802.11b تقنية الطيف الموزع عبر التتابع المباشر DSSS والمحددة أيضاً في المعيار الأصلي.

يمكن لأي بطاقة للشبكة اللاسلكية متوافقة مع معيار 802.11b نظرياً أن تنقل البيانات بسرعة 11 ميغابت في الثانية، إلا أنها ستقوم بخفض هذه السرعة (وفق مقياس الاختيار المتكيف لسرعة نقل البيانات) إلى 5.5 ثم 2 ومن ثم إلى 1 ميغابت في الثانية في حال حدوث أي ضياع في حزم البيانات. تعتبر السرعات الدنيا لنقل البيانات أقل حساسية للتشويش والتلاشي لأنها تستخدم أسلوباً أكثر وثوقية لترميز البيانات (أي أن العلاقة بين الإشارة والضجيج تصبح أفضل في السرعات الدنيا). [13]

- IEEE 802.11g

لقد تم اعتماد التعديل الثالث لمعيار 802.11 في حزيران من عام 2003 وأعطى الإسم IEEE 802.11g. يعمل هذا المعيار ضمن حزمة الترددات 2.4 غيغاهرتز.

يستخدم معيار 802.11g نفس تقنية الترميز المعتمدة في معيار 802.11a (OFDM) مما يمكنه من بلوغ سرعة قصوى لنقل البيانات تصل حتى 54 ميغابت في الثانية. لضمان التوافقية مع المنتجات العاملة وفق معيار 802.11b فإن هذا المعيار يعود إلى استخدام تقنيات الترميز CCK+DSSS (مثل تلك المستخدمة في 802.11b) عند سرعات نقل البيانات 11 و 5.5 ميغابت في الثانية في حين يستخدم ترميز DBPSK/DQPSK+DSSS عند سرعات 1 و 2 ميغابت في الثانية. [9][5]

يعود الفضل إلى القبول الواسع الذي حظي به معيار IEEE 802.11g بالدرجة الأولى إلى توافقيته مع التجهيزات العاملة وفق معيار 802.11b. يعاني هذا المعيار من نفس مشكلة سابقه 802.11b فيما يتعلق بالتشويش (المواقع المزدحمة) وذلك نتيجة استخدامه لنفس حزمة الترددات.

برنامج المحاكاة المستخدم في البحث:

تم في البحث استخدام برنامج المحاكاة OPNET 14.5 في هذا البحث ويعود سبب اختيار هذا المحاكى دون غيره من المحاكيات أنه يدعم عدد كبير من أنواع الشبكات المنتشرة بما فيها شبكات الـ WLAN مع المعايير التابعة لها والتي هي موضوع البحث، فضلاً عن كونه يقدم واجهة رسومية تفاعلية وإمكانية إحصاء عدد كبير من النتائج والبارامترات الناتجة عن القيم مثل قيم المردود والتأخير الزمني وغيرها من البارامترات التي تفيد الباحثين في هذا المجال.

النتائج والمناقشة:

تم في هذا البحث استعراض ثلاثة سيناريوهات تتضمن مقارنة بين المعيارين IEEE 802.11g و IEEE 802.11b من حيث مجموعة من البارامترات مثل المردود Throughput والحمل Load والتأخير الزمني Delay. تم اختيار (FTP (File Transfer Protocol في تعريف التطبيق Application Definition المستخدم في العقد مع اختيار القيمة High Load.

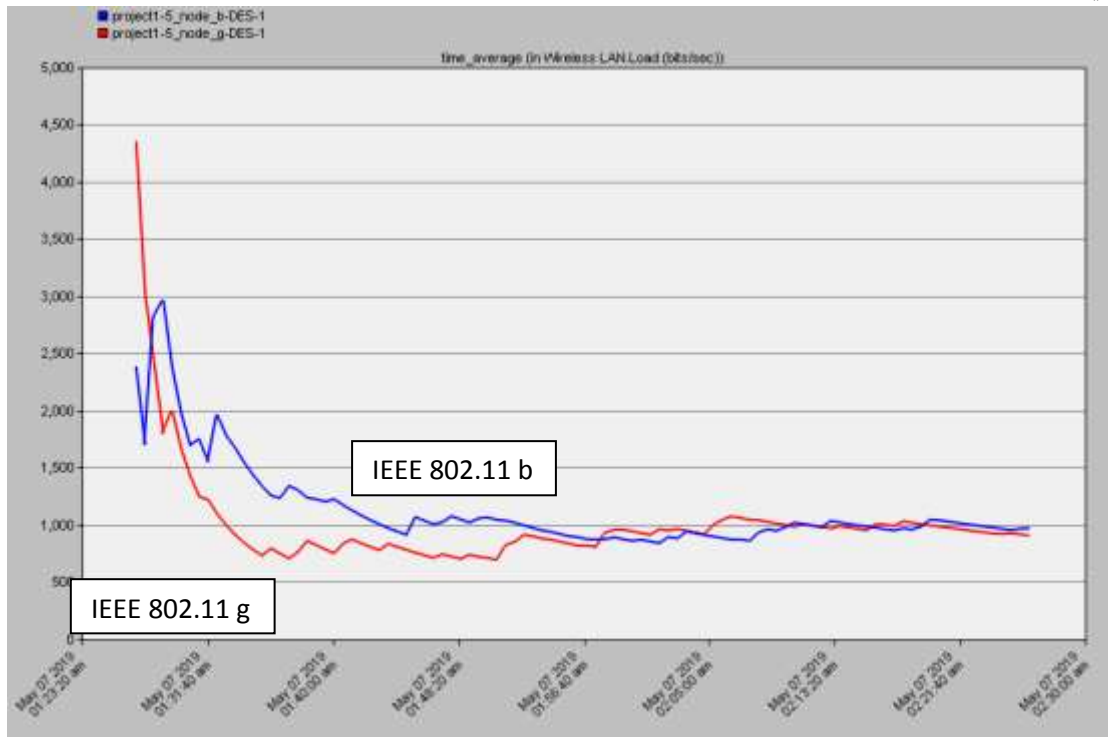
1 السيناريو الأول:

تم في هذا السيناريو تطبيق المحاكاة على خمس عقد متحركة، ويبين الجدول (1) القيم المستخدمة في المحاكاة وفقاً للسيناريو الأول.

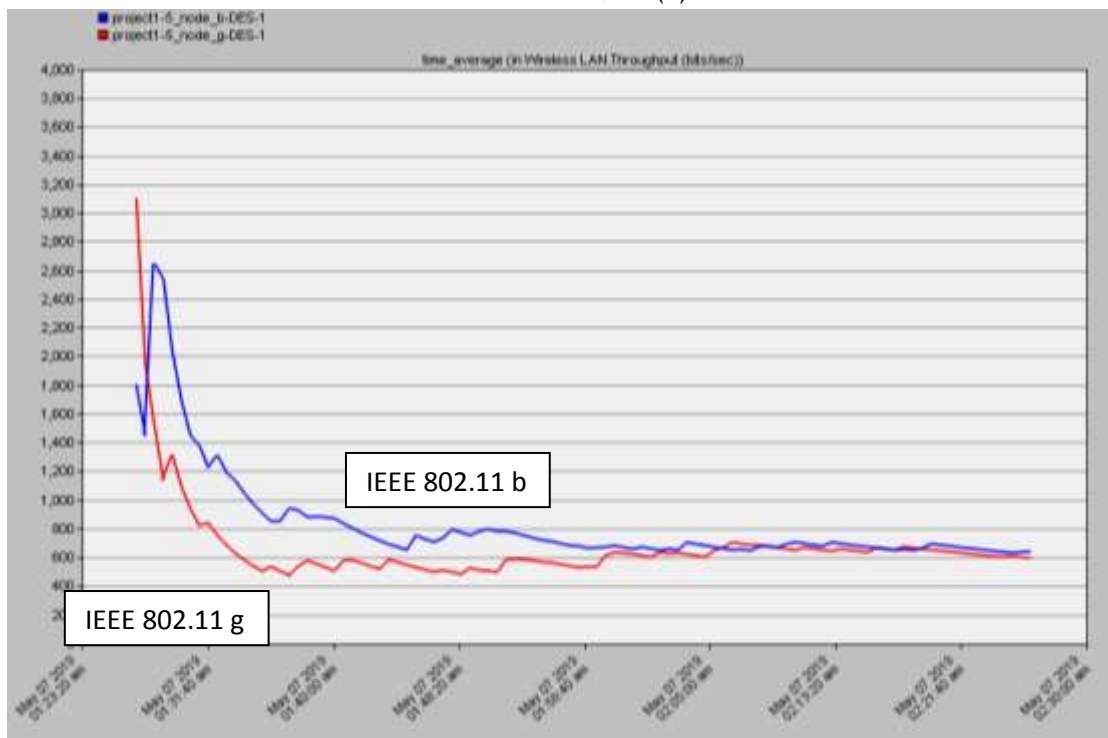
الجدول (1) القيم المستخدمة في المحاكاة وفق السيناريو الأول

البارامتر	القيمة
Simulation Area	600 * 1000
Number of nodes	5
Number of Base Station	1
Application Definition	FTP (High Load)
Trajectory	Wimax_example_amc_0
BS MAC Address	Distance Based

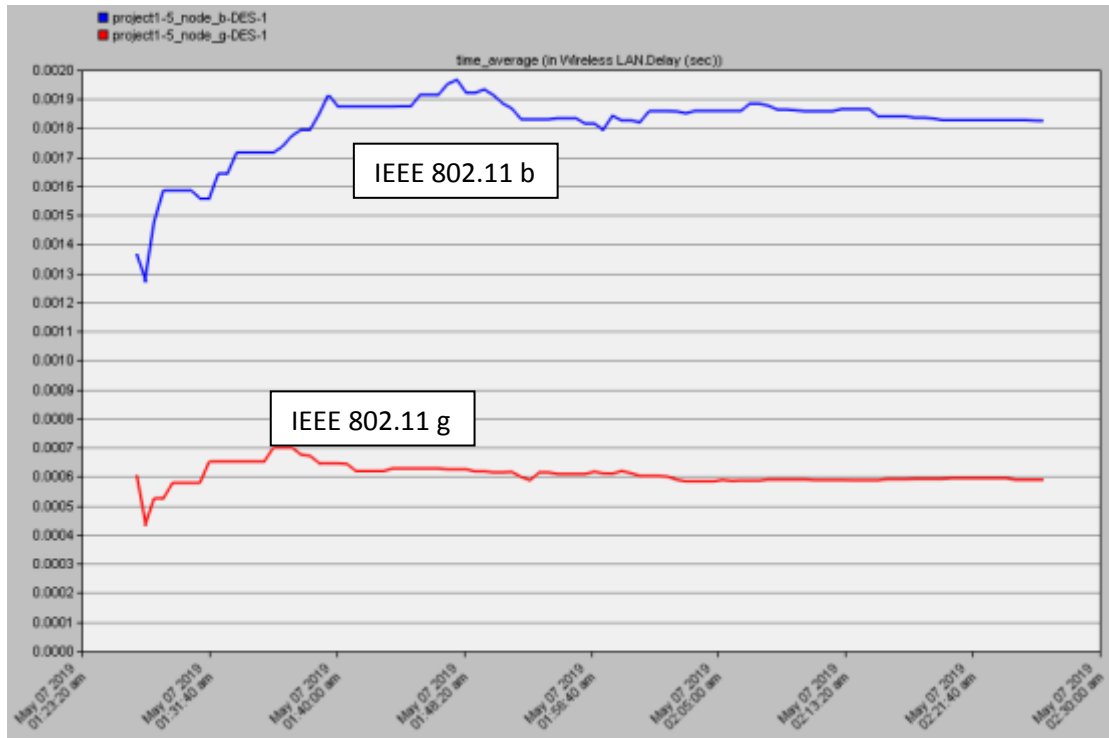
وتبين الأشكال (5)، (6)، (7) المقارنة بين السيناريوهين من حيث الحمل Load و المردود Throughput والتأخير الزمني Delay على الترتيب.



الشكل (5) المقارنة من حيث الحمل Load



الشكل (6) المقارنة من حيث المردود Throughput



الشكل (7) المقارنة من حيث التأخير الزمني Delay

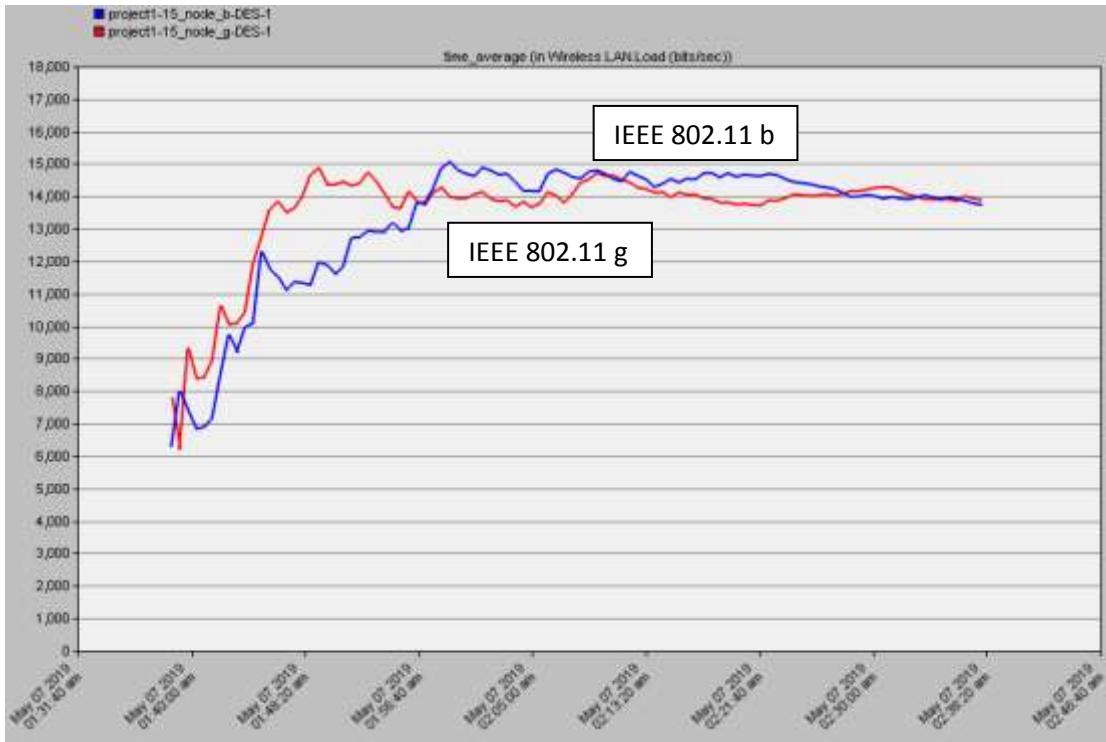
2 السيناريو الثاني:

تم في هذا السيناريو تطبيق المحاكاة على خمس عشرة عقدة متحركة، ويبين الجدول (2) القيم المستخدمة في المحاكاة وفقاً للسيناريو الثاني.

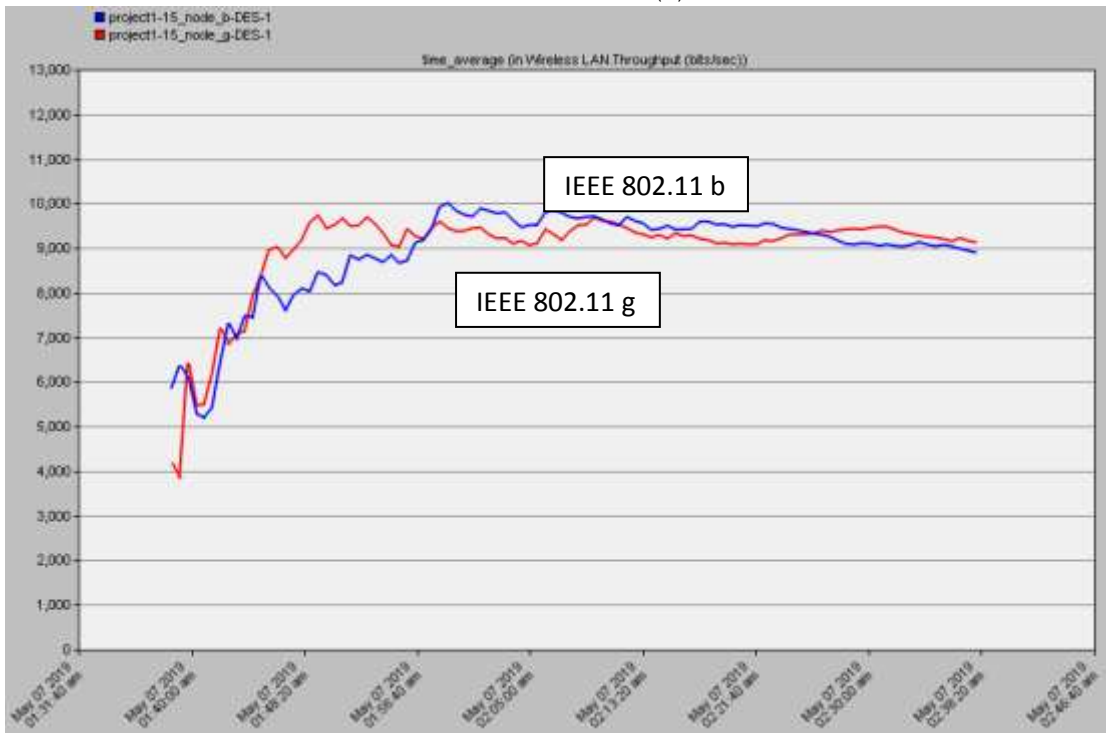
الجدول (2) القيم المستخدمة في المحاكاة وفق السيناريو الثاني

البارامتر	القيمة
Simulation Area	600 * 1000
Number of nodes	15
Number of Base Station	1
Application Definition	FTP (High Load)
Trajectory	Wimax_example_amc_0
BS MAC Address	Distance Based

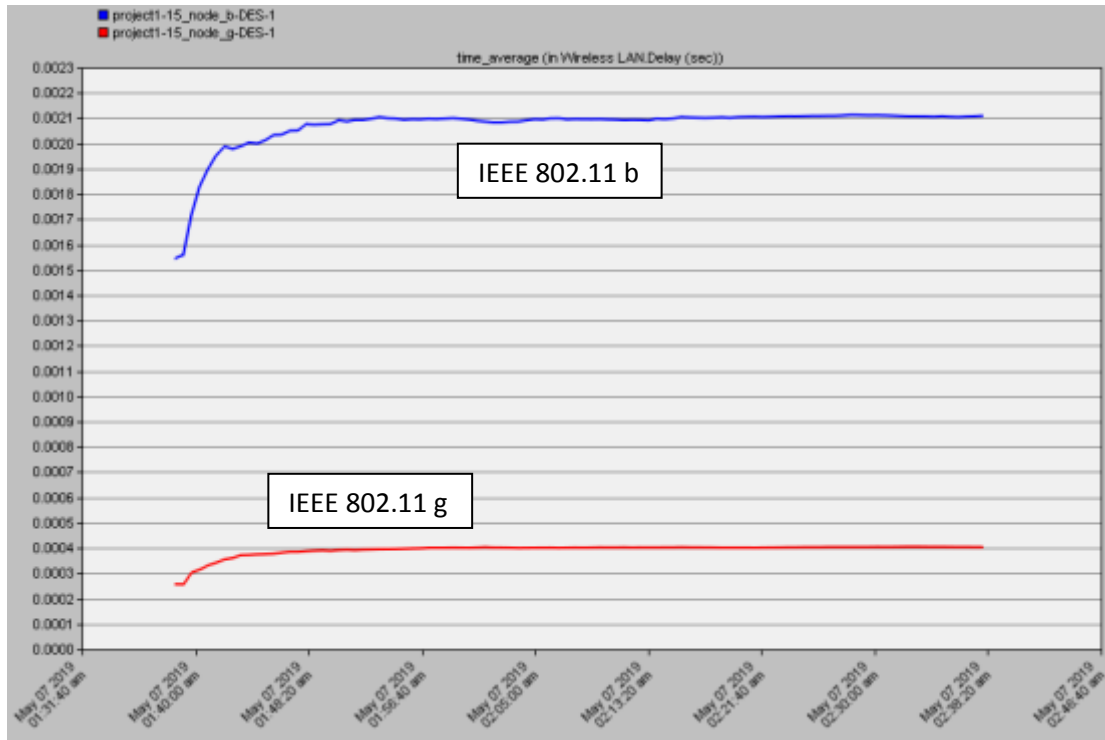
وتبين الأشكال (8)، (9)، (10) المقارنة بين السيناريوهين من حيث الحمل Load و المردود Throughput والتأخير الزمني Delay على الترتيب.



الشكل (8) المقارنة من حيث الحمل Load



الشكل (9) المقارنة من حيث المردود Throughput



الشكل (10) المقارنة من حيث التأخير الزمني Delay

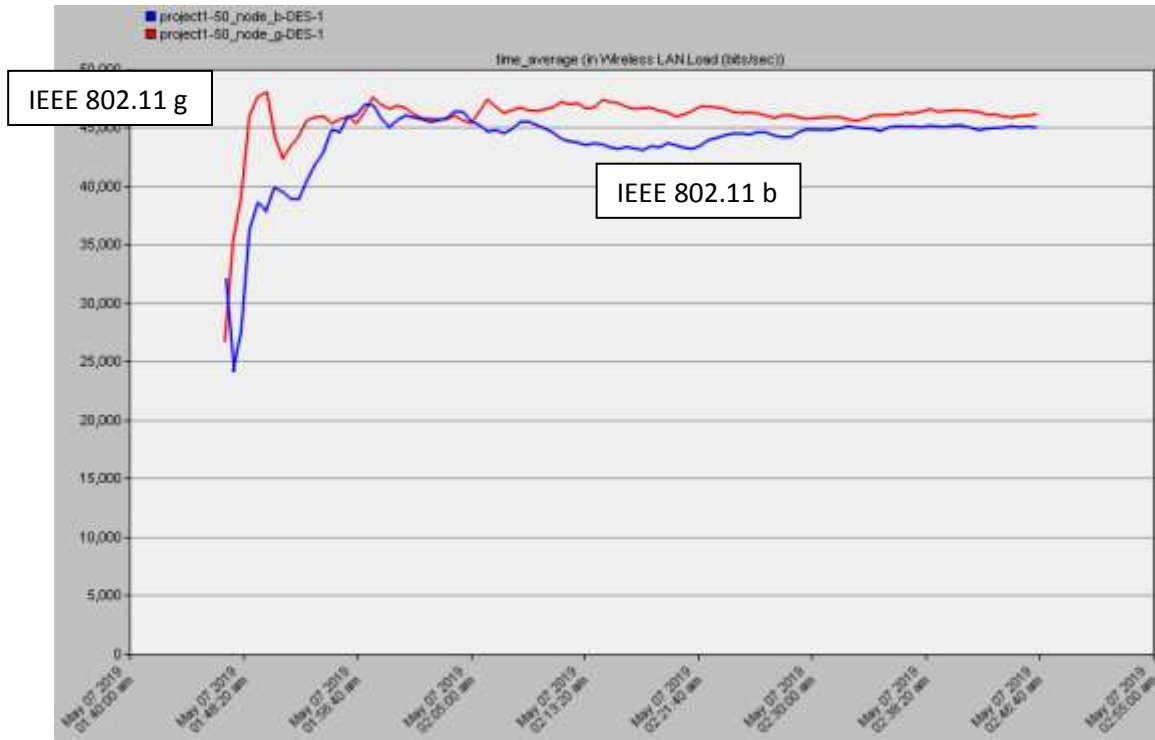
3 السيناريو الثالث:

تم في هذا السيناريو تطبيق المحاكاة على خمسين عقدة متحركة، ويبين الجدول (3) القيم المستخدمة في المحاكاة وفقاً للسيناريو الثالث.

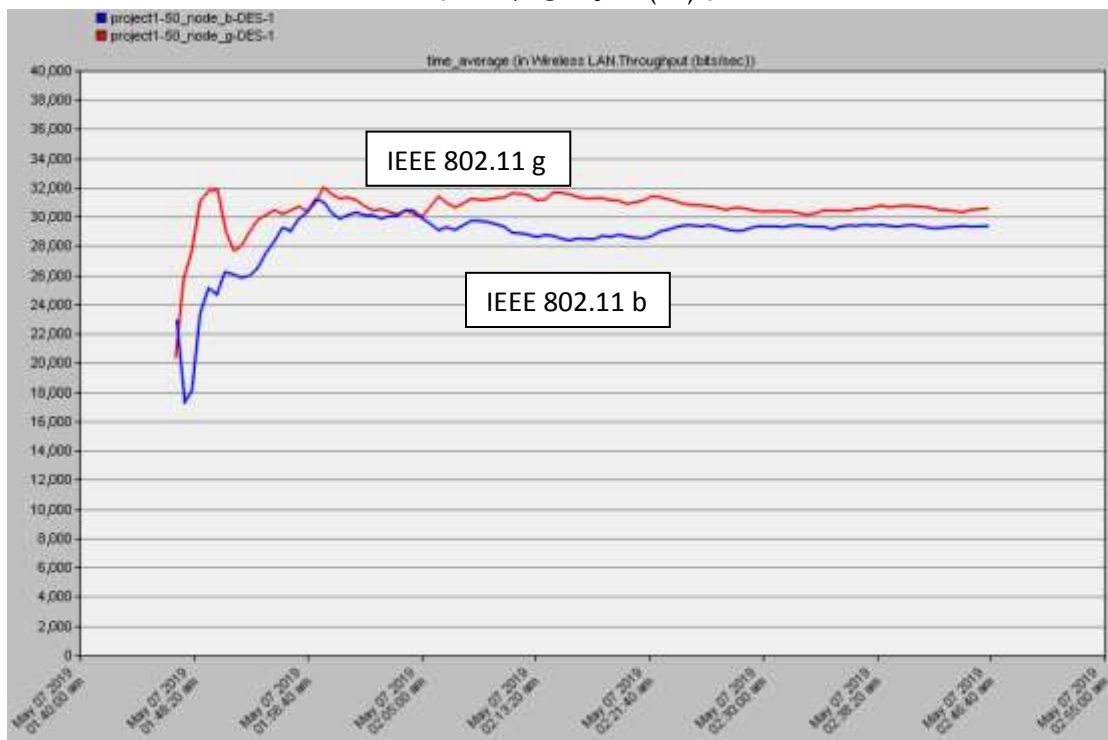
الجدول (3) القيم المستخدمة في المحاكاة وفق السيناريو الثالث

البارامتر	القيمة
Simulation Area	600 * 1000
Number of nodes	50
Number of Base Station	1
Application Definition	FTP (High Load)
Trajectory	Wimax_example_amc_0
BS MAC Address	Distance Based

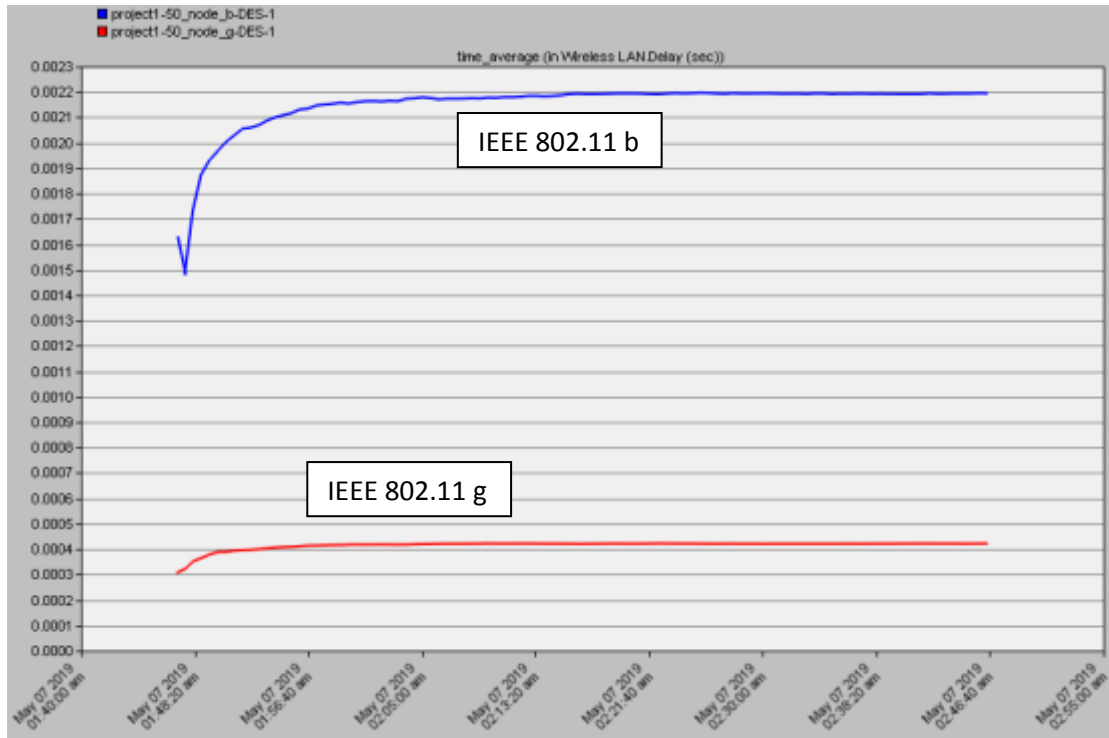
وتبين الأشكال (11)، (12)، (13) المقارنة بين السيناريوهين من حيث الحمل Load و المردود Throughput والتأخير الزمني Delay على الترتيب.



الشكل (11) المقارنة من حيث الحمل Load



الشكل (12) المقارنة من حيث المردود Throughput



الشكل (13) المقارنة من حيث التأخير الزمني Delay

الاستنتاجات والتوصيات الاستنتاجات:

يمكن من خلال ملاحظة النتائج الواردة في السيناريوهات السابقة تقديم مجموعة من الاستنتاجات والتي يمكن تلخيصها بالآتي:

1. تقل قيمة الحمل عند العمل وفق المعيار IEEE 802.11 g عن قيمته وفق المعيار IEEE 802.11 b كما تقل قيمة المردود Throughput، لكن بالمقابل فإن التأخير الزمني يقل بشكل كبير مما يعطينا سرعة في أداء الشبكة.
2. يكبر الفارق في التأخير الزمني لصالح المعيار IEEE 802.11 g عند العمل وفق السيناريو الثاني (15 عقدة) عن العمل وفق السيناريو الأول (5 عقد) لكن هذا الفارق يبقى كما هو تقريباً مع زيادة عدد العقد إلى (50 عقدة) كما هو في السيناريو الثالث.
3. تتحسن قيمة المردود Throughput بشكل ملحوظ عندما يكون عدد العقد كبيراً (50 عقدة) كما هو في السيناريو الثالث لصالح المعيار IEEE 802.11 g عن ما كان عليه وفقاً للسيناريوهين الأول (5 عقد) والثاني (15 عقدة).
4. يزداد الحمل بشكل طفيف عند العمل وفق السيناريو الثالث (50 عقدة) مع المعيار IEEE 802.11 g عن القيمة التي كان عليها وفق السيناريوهين الأول (5 عقد) والثاني (15 عقدة).

5. يمكن القول بأنه كلما زاد عدد العقد كلما تحسن أداء شبكات الـ WLAN وفق المعيار IEEE 802.11 g ويرجع ذلك إلى بشكل رئيسي إلى معدل نقل البيانات الكبير الذي يتفوق به هذا المعيار على المعيار IEEE 802.11 b.

التوصيات:

- بعد الاطلاع على النتائج التي تم التوصل إليها في هذا البحث يمكن التوصية بما يلي:
- تجريب سيناريوهات تشمل عدد أكبر من حيث عدد العقد وعدد نقاط الوصول Access Points لتحقيق نتائج إضافية تساهم في تحديد حالات العمل المناسبة للشبكة.
 - استخدام قيم مختلفة لبارامترات المحاكاة مثل حركية المسار Trajectory وعرض الحزمة Bandwidth و بيان مدى تأثير ذلك مع زيادة عدد العقد.
 - تجريب الشبكة على تطبيقات أخرى مثل المؤتمرات Video Conferencing وخدمات الـ VoIP.

المراجع:

1. Iyer, A.P. & Iyer, J. (2009) 'Handling Mobility across WiFi and WiMAX', Proceedings of the 2009 International Conference on Wireless Communications and Mobile Computing: Connecting the World Wirelessly. New York, NY, USA, pp.537-541.
2. Arlene. (2012) WiMax and WiFi was developed to replace or coexist with each other. Available at: Arlene. (2012) WiMax and WiFi was developed to replace or coexist with each other. Available at:
3. Cheng, Z. (2012) Said that in 2016 China WiFi home users will reach 110 million. Available at: <http://info.tele.hc360.com/2012/04/060957380441.shtml> (Accessed: 5 August 2014)
4. Niyato, D. & Hossain, E. (2007) 'Integration of IEEE 802.11 WLANs with IEEE 802.16-Based Multihop Infrastructure Mesh/Relay Networks: A Game-Theoretic Approach to Radio Resource Management', Network, IEEE, 21(3), pp.6-14. International Journal of Computer Networks & Communications (IJCNC) Vol.6, No.6, November 2014
5. Pareit, D., Lannoo, B., Moerman, I., & Demeester, P. (2012) 'The History of WiMAX: A Complete Survey of the Evolution in Certification and Standardization for IEEE 802.16 and WiMAX', Communications Surveys & Tutorials, IEEE 14(4), pp.1183-211.
6. Ehtisham, F., Panaousis, E. A., & Politis, C. (2011). Performance Evaluation of Secure Video Transmission over WiMAX, International Journal of Computer Networks & Communications (IJCNC), 3(6), pp.133-144.
7. Gumaidah, B. F., Soliman, H. H., & Obayya, M. (2012). Study the Effect of Base Frequency on the Performance of WiMAX Network Carrying Voice, International Journal of Computer Networks & Communications (IJCNC), 4(4), pp.77-88.
8. [http://www.openextra.co.uk/articles/network simulation](http://www.openextra.co.uk/articles/network%20simulation) (Accessed: 7 October 2014).
9. Kamali, B., Bennett, R.A., & Cox, D.C. (2012) 'Understanding WiMAX: An IEEE-802.16 Standard-
10. Based Wireless Technology', Potentials, IEEE, 31(5), pp. 23-27.
11. Long H. (2006) OPNET Modeler and Computer Network Simulation. Shan Xi: University of Electronic Science and Technology.

12. Patidar, M., Dubey, R., Jain, N.K., & Kulpariya, S. (2012) 'Performance Analysis of WiMAX 802.16e
13. Physical Layer Model', 2012 Ninth International Conference on Wireless and Optical Communications Networks (WOCN), pp.1-4.
14. Marzuki, A., & Baba, M.D. (2011) 'Downlink Performance Evaluation of Multi-Mode Devices in
15. WiMAX and WiFi Environment', Control and System Graduate Research Colloquium (ICSGRC),
16. IEEE, pp.150-158.
17. Thomas, N.J., Willis, M.J., & Craig, K.H., (2006) 'Analysis of Co-Existence between IEEE 802.11 and
18. IEEE 802.16 Systems', 3rd Sensor and Ad Hoc Communications and Networks, 2006. SECON '06, pp.615-620.
19. Ahmed, S. (2014) 'Performance Analysis of Mobile WiMAX Technology', 2014 International
20. Conference on Computing for Sustainable Global Development (INDIACom), pp.959-961.
21. Sina. (2011) Taipei free wireless network fully opened while using WiMax and WiFi. Available at:
<http://tech.sina.com.cn/t/2011-10-10/14346157133.shtml> (Accessed: 1 August 2018).
22. Sina Technology. (2011) Reported 2015 WiFi hotspots will booming increase 350%. Available at:
<http://tech.sina.com.cn/t/2011-11-10/09386301245.shtml> (Access: 10 August 2017)
23. Song G. (2010) OPNET Modeler Simulation Modeling Decryption. Beijing: Publishing House of Electronics Industry, China.
24. Sourangsu, B., and Rahul, S.C. (2013) 'WiFi & WiMAX: A Comparative Study'. Journal of Indian Journal of Engineering, 2(5), [Preprint]. <http://arxiv.org/ftp/arxiv/papers/1302/1302.2247.pdf> (Accessed: 8 July 2018)