دراسة وتحليل أداء تقنية WIMAX في شبكات الجيل الرابع

المهندس: محمد عمران

خريج ماجستير– كلية هندسة تكنولوجيا المعلومات والاتصالات – جامعة طرطوس

□ **الملخص** □

حققت خدمات النطاق العريض نجاحاً كبيراً في السنوات الأخيرة، وهو الأمر ذاته الذي حصل مع تقنيات الاتصالات اللاسلكية، وقد جاءت تقنية WiMAX كإحدى تقنيات الجيل الرابع للاتصالات لتجمع بين إيجابيات كل من النطاق العريض والاتصال اللاسلكي لتُشكل بذلك تقنية واعدة لحل الكثير من مشاكل محدودية نطاق التغطية، ومحدودية سرعة نقل البيانات والتكلفة الزائدة التي تعاني منها معظم التقنيات الحالية لتوفير مختلف خدمات النفاذ الى الانترنت.

تهدف هذه الدراسة الى التعريف بتقنية WiMAX، حيث تقدم شرحاً حول هذه التقنية وإيجابياتها واستخداماتها وتقارن بينها وبين تقنيات النطاق العريض المستخدم حالياً في العالم.

الكلمات المفتاحية :

المحطة القاعدية، الانتشار، الإنتاجية، الحمل، التأخير الزمني، OPNET، WIMAX

Studying and analyzing the performance of WIMAX technology in the fourth generation networks

Eng. Mohammad Omran

Master degree- Faculty of Information and Communication Technology Engineering- Tartous University .

□ Abstract □

Broadband services have achieved great success in recent years, which is the same thing that happened with wireless communication technologies , and WiMAX technology came as one of the fourth generation technologies for communication that combines the advantages of both broadband and wireless connectivity to form a promising technology to solve many problems of limited coverage. The limited speed of data transfer and the increased cost that most current technologies suffer from to provide various Internet access services .

This study aims to introduce WiMAX technology, as it provides an explanation about this technology, its advantages and uses, and compares it with the broadband technologies currently used in the world .

Key words : Base Station, Propagation, Throughput, Load, Time-delay, OPNET, WIMAX

1- مقدمة:

تزداد الحاجة يوماً بعد يوم بشكل كبير ومتسارع إلى الحصول على البيانات والمعلومات وتبادلها في جميع القطاعات وعلى كافة المستويات بأفضل سرعة وجودة متاحتين، مما أدى الى زيادة الطلب على شبكات اتصالات متطورة وقادرة على مواكبة تلك الاحتياجات المتزايدة وتقديم الخدمات بسرعات عالية في جميع المناطق وعلى نطاق واسع.

يوجد في يومنا هذا عدة طرق للاتصال بشبكة الانترنت والحصول على الخدمة وتبادل البيانات حيث أنه في حالة النفاذ عريض النطاق broadband access يمكن الحصول على الخدمة بأكثر من طريقة بالاعتماد على دارات Subscriber Line (DSL) Digital او على تقنية الاتصالات اللاسلكية Wi-Fi، وهناك طريقة الاتصال باستخدام شبكات الاتصال الخليوية بتقنية 3G أو ما يسمى الجيل الثالث.

تقدم طريقة الاتصال عن طريق خدمات الجيل الثالث 3G عبر شبكات (GSM) Global System for Mobil Communications جودة اتصال جيدة ولكنها مكلفة ولا توفر الخدمة في كافة المناطق، أما خدمة الاتصال المعتدة على استخدام الألياف الضوئية fiber-to-the-home (FTTH) فهي مكلفة جداً وتحتاج إلى بنية تحتية من الألياف الضوئية الواصلة حتى آخر نقطة ومن الصعوبة بمكان تقديم هذه الخدمة في المناطق البعيدة والصعبة جغرافياً.

لذلك في ضوء هذا القصور لبعض تلك التقنيات، فإن الحاجة باتت ماسة إلى وجود تقنية اتصال تجمع بين معظم إيجابيات الأنواع السابقة، بحيث تكون قادرة على توفير النفاذ عريض النطاق إلى الانترنت لاسلكياً بسرعات عالية ولمسافات بعيدة وبتكلفة مقبولة وهذا ما تعِد بتوفيره تقنية WiMAX كإحدى تقنيات الجيل الرابع للاتصالات 4G وتعني التوافقية حول العالم من أجل النفاذ بالموجات الميكروية World Wide Interoperability for Microwave Access التي تعتبر من أحدث تقنيات الاتصالات اللاسلكية التي تعمل وفق المعيار القياسي العالمي IEEE 802.16 لتوصيل خدمات النطاق العريض حتى الميل الأخير وبسرعات عالية تصل إلى أكثر من 75 Mbit\s،

وذلك لمساحات واسعة قد تبلغ دائرة نصف قطرها 50 Km للخلية الواحدة في ظروف ملائمة [7] .

- **الدراسات المرجعية :**

في العام 2013 قدم الباحثان Banerji S , Chowdhury R. وصفًا دقيقًا لاثنين من أبرز شبكات الوصول اللاسلكي النامية ومناقشة كيفية تعاون هذه التقنيات معًا لتشكيل بدائل لتنفيذ خدمات النطاق العريض اللاسلكية للميل الأخير، تم النظر في التحليل الفني المقارن والمفصل بين الشبكات اللاسلكية 802.11 (Wi-Fi) و 802.16 (WiMAX) التي توفر حلًا بديلاً لمشكلة الوصول إلى المعلومات في المناطق البعيدة التي يتعذر الوصول إليها حيث لا تكون الشبكات السلكية فعالة من حيث التكلفة، لقد أثبت هذا العمل أن الهدف المعياري لشبكة WiMAX ليس استبدال تقنية Wi-Fi في تطبيقاته بل إكمال عملها من أجل تكوين شبكة ويب لاسلكية [1] . وفي العام 2019 اقترح الباحثان Ismael F. , Babiker S. تعديل مهلة إعادة المحاولة في طلب(ARQ) Automatic repeat request ، يهدف المخطط المقترح إلى تقليل تأخير استرداد الخطأ الناتج عن مهلة إعادة المحاولة الطويلة وتجنب إعادة الإرسال غير الضرورية ، تتم محاكاة أداء المخططات المقترحة باستخدام حركة مرور يولدها بروتوكول Transmission Control Protocol (TCP)، أظهرت النتائج أن أداء طبقة الوصلة وبروتوكول التحكم في الإرسال (TCP) قد تحسن بشكل ملحوظ [2].

أما في العام 2015 طرح الباحثون Amirkhan F, Arafat O , Gregory M بنية الشبكة للتسليم الرأسي السلس بين التقييم طويل المدى Long-Term Evolution (LTE) وقابلية التشغيل البيني للجوال في جميع أنحاء العالم للوصول إلى الموجات الميكروية (WiMAX)، تم اختبار نموذج الشبكة المقترح لهذه البنية بواسطة مصمم OPNET، تم النظر في سيناريوهين للتسليم (WiMAX إلى LTE و LTE إلى WIMAX) في هذا البحث تم فحص أداء التسليم من حيث بارامترين هما فقدان الحزمة والإنتاجية، لوحظ انخفاض في الإنتاجية مقابل زيادة في وقت تأخير التسليم، كما تم

الحصول على نتيجة معاكسة بين خسارة الحزمة و زمن تأخير التسليم، وقدم أيضًا بارامتر جديد في عقدة البوابة بين الشبكات مما قلل من فقدان الحزمة أثناء التسليم [3] .

تناولت الدراسات السابقة اختبار شبكات Wimax من ناحية الإنتاجية والتأخير بغض النظر عن نوع التطبيق المستخدم باعتماد سيناريوهات غير واقعية [8] ، لذلك تم التركيز في هذا البحث على اختبار عدد أكبر من محددات الأداء وجودة الخدمة QOS باستخدام تطبيقي HTTP و VOIP في شبكات ال WIMAX متوسطة وكبيرة الحجم [9]، ثم إجراء عملية مقارنة لبعض محددات الأداء وجودة الخدمة في الشبكة مثل الإنتاجية throughput التأخير الزمني transmission delay، والحمل load باستخدام تطبيق HTTP ، وذلك وفقاً لاختلاف عدد المحطات القاعدية ومحطات المشتركين في كل سيناريو.

2- هدف البحث وأهميته :

يهدف البحث إلى التعريف بتقنية WiMAX واستخداماتها المتنوعة، بالإضافة للإيجابيات التي يمكن أن تتحقق من خلال هذه التقنية ومن خلال الانتقال الى الجيل الرابع للاتصالات بهدف تحسين خدمات الانترنت وتبادل البيانات وتوفيرها في كافة المناطق.

يضاف لذلك توطين تقنية WiMAX في سوريا بحيث تقدم خدمات النفاذ عريض النطاق إلى الانترنت وتبادل البيانات بسرعات عالية وتكلفة مقبولة لتصبح متاحة للاستخدام في مختلف المناطق بحيث تغطي كامل الأراضي السورية.

3- طرائق البحث ومواده :

أُنجز هذا البحث اعتماداً على دراسات و مراجع علمية حديثة وعديدة تختص في هذا المجال وقد أخذت نتائجها وتوصياتها بعين الاعتبار، وتم استخدام أحد الأدوات الهامة في مجال محاكاة الشبكات اللاسكية وهي برنامج OPNET Modeler v14.5

(Optimized Network Engineering Tool) الذي يعتبر من أقوى البرمجيات المستخدمة في نمذجة ومحاكاة السلوك العام الحقيقي للشبكات السلكية و اللاسلكية إضافة لوضع النّماذج الرّياضية وإجراء المحاكاة الحاسوبيّة واستخلاص النّتائج ومناقشتها.

3-1 تعريف تقنية WIMAX:

يعود تاريخ WIMAX إلى سنوات عدة مضت، عندما بدأ التفكير في إيجاد بديل لتقنيات النفاذ عريض النطاق السلكية التقليدية، بحيث تكون هذه التقنية المطلوبة قادرة على توفير النفاذ إلى الإنترنت لاسلكياً بسرعات عالية، بالإضافة إلى توفير العديد من خدمات وتطبيقات النطاق العريض، ويمكن إنشاؤها بسهولة في المناطق الريفية والمناطق البعيدة والصعبة جغرافياً، حيث يصعب تأمين البنى التحتية التي تتطلبها الشبكات السلكية التقليدية في تلك المناطق وقد تكون غير مجدية اقتصادياً في كثير من الأحيان.

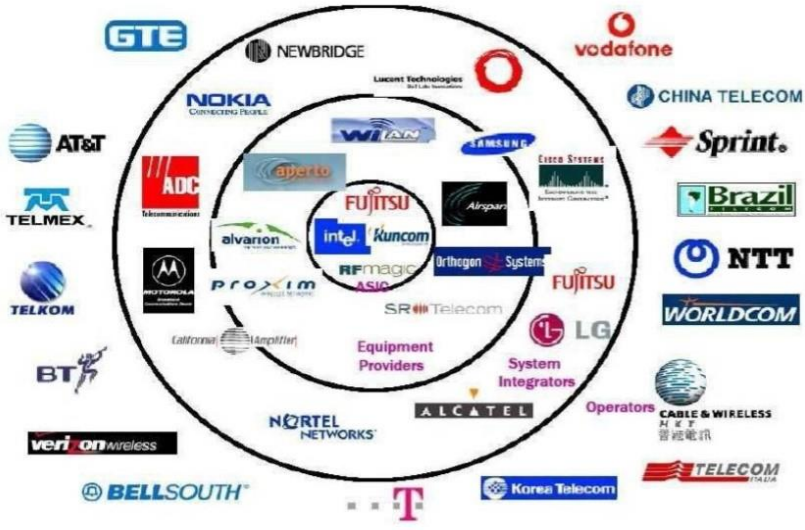
ومن هنا بدأ يظهر اسم جديد يطلق عليه WIMAX وهو الاسم التجاري للمعيار القياسي IEEE 802.16 الذي تم ابتكاره من قبل المنتدى WIMAX forum؛ حيث تم إنشاء هذا المنتدى في حزيران من عام 2001 كمنظمة غير ربحية تهدف إلى تعزيز التوافقية التشغيلية للمعيار القياسي IEEE 802.16، يضم هذا المنتدى مجموعة كبيرة من الشركات العالمية المصنعة والمطوّرة لمختلف تجهيزات وتقنيات الاتصالات، مثل شركة إنتل ، موتورولا، سامسونغ ، نوكيا ، هواوي ، وغيرها العديد من الشركات ومشغلي الشبكات الرائدة على مستوى العالم كما هو موضح بالشكل (1) .

ومصطلح WIMAX هو اختصار للتوافقية حول العالم من أجل النفاذ بالموجات الراديوية، حيث تستند هذه التقنيات إلى المعايير القياسية العالمية، وتحديدا إلى المعيار القياسي IEEE 802.16 ويمكنها العمل على نوعي نطاق الترددات المرخصة وغير المرخصة.

تحدد معايير WIMAX القياسية نطاقات التردد للوصلات اللاسلكية بين المحطات اعتماداً على نوع الانتشار، حيث يستخدم النوع الأول تردداً عاليا ضمن النطاق الترددي

10 – 66 GHz وهو يتأثر بالعقبات المعترضة، لذلك فهو يحتاج خط نظر مباشر بدون عقبات بين المحطات للحصول على أفضل أداء يدعى هذا النمط بالانتشار بخط النظر line-of-sight LOS وهو مستخدم بشكل أساسي في الوصلات الثابتة بين المحطات القاعدية .

أما النوع الثاني من الانتشار فيسمى الانتشار بدون خط نظر Non–line–of–sight (NLOS)، وهو يستخدم تقنية متقدمة للتعديل للتعويض عن الخفوت في الإشارة المستقبلة نتيجة العوائق التي تعترضها والتي تمنع الانتشار بخط النظر LOS، يمكن أن يستخدم الانتشار بدون خط نظر NLOS في روابط ال WIMAX الثابتة في مجالات التردد الأقل من 11 GHz، والروابط المتنقلة الأقل من 6 GHz؛ حيث يعتبر الاتصال دون خط نظر أكثر شيوعاً من الاتصال بوجود خط نظر وذلك بسبب تأثر النوع الأول بالعوائق التي يمكن أن تعترض الإشارة المرسلة بين المحطات.



الشكل (1): أعضاء منتدى WIMAX

يبين منتدى WIMAX من خلال إحدى الإحصائيات التي أجريت من قبل شركة Informa Telecoms & Media أن تقنية WIMAX حققت انتشاراً واسعاً حول العالم حيث طبقت في 150 بلد من خلال 583 مشغل ومزود خدمة، كما هو مبين في الشكل

رقم (2) أدناه.

الشكل (2): انتشار شبكات WIMAX حول العالم.

يمكن أن تعتبر تقنية WIMAX بديلاً جيداً لبعض تقنيات النطاق العريض السلكية التقليدية مثل DSL، وتهدف إلى توفير خدمات النفاذ وتبادل البيانات لاسلكياً عبر مسافات بعيدة بطرق متعددة ؛ حيث يمكن استقبال الإشارة من مسافات تصل إلى 50 Km اعتباراً من المحطة القاعدية في حالة خط نظر LOS ، ولمسافة 8 Km من المحطة القاعدية في حالة الإرسال بدون خط نظر، وهذا بالطبع يعتمد على عدة عوامل مثل ارتفاع البرج، ربح الهوائيات المستخدمة، وطاقة الإرسال [4].

كما تتمتع أيضاً هذه التقنية بعدد من المواصفات والميزات التقنية التي تجعلها منافس قوي لغيرها من تقنيات النفاذ عريض النطاق، ومن هذه الميزات:

- الهيكلية المرنة وسرعة إنشاء الشبكة:

تتطلب الشبكات السلكية التقليدية الكثير من الوقت والجهد كي يتم إنشاؤها بينما نجد شبكات WIMAX تحتاج إلى وقت أقل منها بكثير، وذلك لعدم الحاجة لتأسيس بنية تحتية معقدة من الكابلات وما تتطلبها من عمليات الحفر الطويلة و المجهدة، حيث بمجرد أن يتم تركيب المحطة والهوائيات وبعض التجهيزات وتشغيلها، تصبح WIMAX جاهزة للبدء بتوفير الخدمة كما تمتاز تقنية WIMAX بالبنية الشبكية المرنة ، حيث تدعم الربط بمبدأ نقطة إلى نقطة point to point (PtP) و بمبدأ نقطة إلى عدة نقاط point to multipoints (PMP) ، والربط المختلط mesh وفقا لمتطلبات كل منهما، كما تتلاقى مع البنى الشبكية الأخرى وذلك لكونها تدعم بروتوكول الإنترنت Internet Protocol (IP) .

- جودة الخدمة QoS:

تعتبر طبقة مراقبة النفاذ المتوسطة Media Access Control (MAC) في WIMAX هي المسؤولة عن جودة الخدمة، فهي تدعم العديد من التطبيقات بما فيها خدمات الصوت والوسائط المتعددة وتوفر معدل نقل بيانات ثابت ومتغير في الزمن الحقيقي وغير الحقيقي، وهي مصممة لدعم عدد كبير من المشتركين مع وصلات متعددة لكل محطة، مع توفير جودة الخدمة لكل من هذه الوصلات.

- التوافقية:

تم تطوير تقنية WIMAX وفقاً للمعايير القياسية العالمية، وهو الأمر الذي يوفر مرونة أكثر للمشتركين لاستخدام أجهزتهم في أماكن مختلفة أو مع مزود خدمة مختلف، كما أن التوافقية تضيف حماية أكبر لمشغلي الشبكات، حيث يمكنهم اختيار التجهيزات اللازمة لإنشاء الشبكة عن طريق أي من مزودي التجهيزات نظراً لإمكانية توافق جميع أنواع التجهيزات مع بعضها.

- المعدل العالي لنقل البيانات:

توفر تقنية WIMAX إمكانية النفاذ عريض النطاق إلى شبكة الإنترنت وتبادل البيانات وبسرعات عالية، حيث يمكن أن يصل معدل نقل البيانات وفقاً للمعايير القياسية الأولى لهذه التقنية إلى 75 Mbps، ويمكن أن تحقق معدل نقل بيانات أعلى من ذلك وفقاً للمعايير القياسية الأحدث ضمن عائلة المعيار IEEE 802.16.

- أمن البيانات:

يمكن أن توفر تقنية WIMAX مستوى عالٍ من أمن و وثوقية البيانات، من خلال إمكانية تشفير الروابط بين المحطة القاعدية ومحطات المشتركين، حيث تستعمل معيار التشفير المتقدم Advanced Encryption Standard (AES) ومعيار تشفير البيانات الثلاثي 3DES لتوفير وثوقية البيانات وتكاملها وتبادلها باستخدام آلية المصادقة، كما تدعم تقنية الشبكات الافتراضية التي تؤمن حماية بيانات مختلف المشتركين التي يتم إرسالها عن طريق ذات المحطة القاعدية.

3-2 آلية عمل تقنية WIMAX:

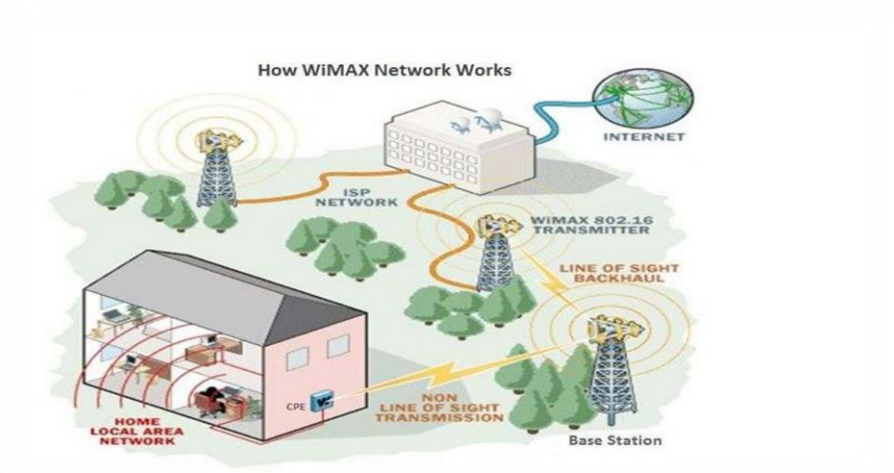
تعمل تقنية WIMAX على مبدأ بث البيانات لاسلكياً باستخدام عدد من أساليب الإرسال، حيث يتم الربط في شبكة WIMAX من خلال قسمين أساسيين، القسم الأول هو المحطة القاعدية Base Station (BS) والقسم الثاني هو محطة المشترك (SS) Subscriber Station أو ما يصطلح على تسميته بمعدات مبنى المشترك (CPE) customer-premises equipment وترتبط كل محطة قاعدية مركزية مع عدد من محطات المشتركين.

تشبه WIMAX إلى حد كبير شبكة الهواتف الخليوية، حيث تقوم محطات المشتركين بإرسال البيانات لاسلكياً إلى المحطة القاعدية من خلال قناة اتصال upstream، وتقوم المحطة القاعدية ببث البيانات لاسلكياً downstream بمبدأ نقطة إلى عدة نقاط PMP.

يمكن تثبيت مستقبل WIMAX على شكل صندوق خارج المنزل أو المبنى، أو يمكن أن يكون مدمج في جهاز الكومبيوتر، أو يمكن تصنيعها لتكون ضمن بنية أجهزة الكومبيوتر

المحمولة كما هو الحال في بطاقة Wi–Fi الموجودة ضمن مكونات الحواسب المحمولة الراهنة.

يوضح الشكل رقم (3) أدناه العناصر الأساسية وطريقة عمل شبكة WIMAX الثابتة، حيث يرسل المشترك طلب من خلال الهوائي المثبت على البناء أو من خلال تجهيزة CPE إلى المحطة القاعدية، يمكن أن تكون المحطة القاعدية مرتبطة مباشرة إلى مركز تشغيل الشبكة بواسطة دارات مؤجرة بسعات عالية عن طريق شبكات الألياف الضوئية وتحدد هذه السعات وفقاً لحجم البيانات المتبادلة مع شبكة الإنترنيت من خلال هذه المحطة القاعدية، أو يمكن أن تكون مرتبطة مع محطة قاعدية أخرى بواسطة وصلة راديوية بخط نظر LOS ويشار إلى هذه الوصلة بين برجي WIMAX باسم backhaul.



الشكل (3) : العناصر الأساسية لشبكة WIMAX وطريقة عملها

تستقبل المحطة القاعدية الإشارات المرسلة من مواقع متعددة وترسل الحركة المستقبلة كاملة إلى مركز تشغيل الشبكة، والذي يقوم بدوره بإرسال الحركة إلى مزود خدمة الإنترنيت ISP أو المقسم PSTN من خلال دارات عبر شبكة الألياف الضوئية ليتم الحصول على الخدمات المطلوبة، تقوم الأجهزة في شبكة WIMAX المتنقلة مثل أجهزة

الحواسب المحمولة أو الأجهزة اللوحية أو هواتف WIMAX من خلال رقائق WIMAX المدمجة فيها باستقبال الإشارة مباشرة من أقرب برج WIMAX.

3-3 WiMAX وتقنية اتصالات الجيل الثالث 3G:

تتشابه تقنيتي WiMAX و 3G تقريباً في المبدأ العام الذي تقوم عليه من حيث اعتماد تقنية الإرسال بالموجات الراديوية ولكن باستعمال ترددات مختلفة، حيث تعمل تقنية WiMAX على مجال ترددات أعلى من مجال الترددات التي تعمل عليها 3G، كما أنه هناك بعض التشابه في البنية العامة لكل من شبكتي WiMAX و 3G من حيث اعتمادها على المحطات القاعدية ومحطات المشتركين، ولكن في شبكة WiMAX يكون عدد المحطات القاعدية أقل مما تتطلبه شبكة 3G، والمسافات بين هذه المحطات تكون أكبر وبالتالي تتطلب شبكة WiMAX عدد وصلات backhaul أقل، وهذا يعني تكلفة أقل من حيث تكلفة شراء المحطات القاعدية نفسها ومن حيث تكلفة استئجار وصلات backhaul في حال تم الاعتماد على الشبكات السلكية لتأمينها.

إن الوظيفة الأساسية لتقنية 3G هي تقديم خدمات الهاتف المحمول ويمكن أيضاً أن تؤمن خدمات نقل البيانات، بينما في تقنية WiMAX فإن الوظيفة الأساسية هي توفير النفاذ عريض النطاق إلى الانترنت بجودة عالية وبمعدل نقل بيانات عال ولمسافات بعيدة.

تعتمد الإنتاجية في تقنية WiMAX على عرض القناة التي يتم اختيارها، بناءً على عرض النطاق المستخدم والذي يتراوح بين 1.25 MHZ الى 20 MHZ، وهو ما يتيح توظيف أفضل للترددات المتوفرة لدعم عدد أكبر من المشتركين بينما في تقنية 3G يكون عرض القناة ثابتاً، كما تدعم تقنية WiMAX تطبيقات الوسائط المتعددة أفضل من تقنية 3G حيث تدعم طبقة مراقبة النفاذ المتوسطة MAC عدة أنواع من حركة البيانات، كما تدعم تقنية WiMAX بروتوكول الانترنت IP حيث يسهل هذا الأمر إدارة الشبكة من حيث وجود هيكلية واحدة داعمة لبروتوكول الانترنت، مما يتطلب وجود مركز واحد لإدارة

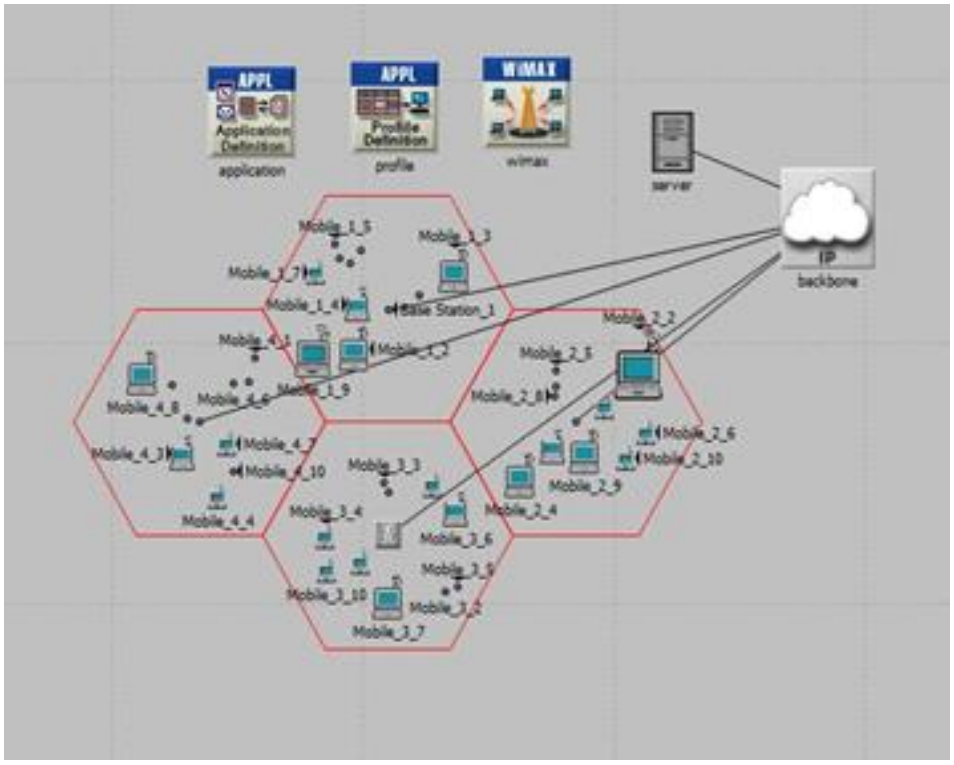
الشبكة، بينما تعتمد تقنية 3G على مركز إدارة مختلف لكل من الصوت والبيانات مما يزيد من النفقات [6].

تستعمل تقنية WiMAX مبدأ orthogonal frequency-division multiplexin (OFDM) بينما في تقنية 3G يتم استعمال مبدأ تحسس الناقل متعدد الوصول Carrier-sense multiple access (CSMA) حيث من الصعب تحقيق معدلات نقل بيانات عالية جداً، كما أن كفاءة الطيف الترددي أو معدل الإرسال في عرض القناة المختارة في تقنية WiMAX أعلى بمرتين تقريباً مما هو عليه في تقنية 3G [5].

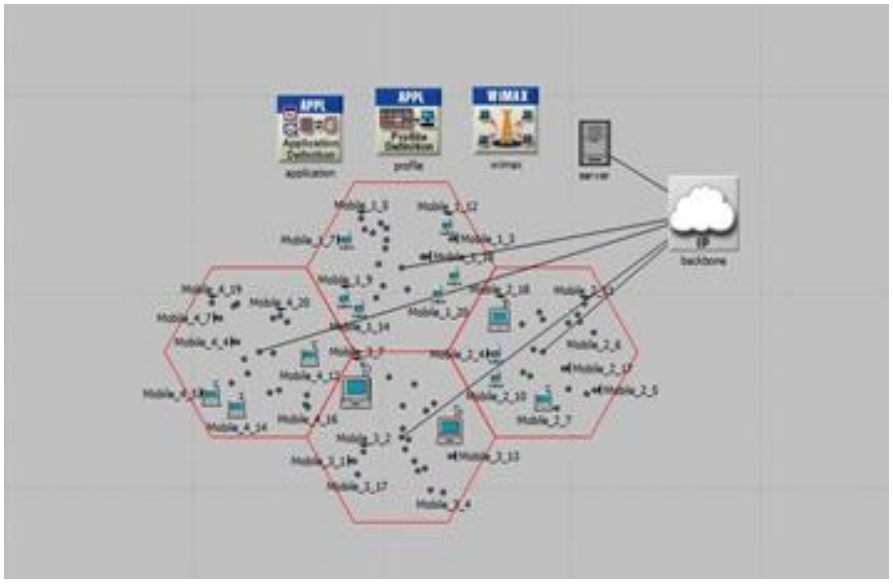
3-4 تصميم النظام وتحليل أدائه :

أجريت في هذه الدراسة عملية محاكاة لشبكة WIMAX واختبار عدد من محددات الأداء وجودة الخدمة QOS ، حيث أجريت المحاكاة لأربعة سيناريوهات لتطبيقي Hype rtext Transfer Protocol (HTTP) و Voice Over Internet Protocol (VOIP) في شبكات ال WIMAX متوسطة وكبيرة ، بهدف اختبار مقارنة بعض محددات الأداء وجودة الخدمة في الشبكة مثل الإنتاجية throughput التأخير الزمني transmission delay والحمل load .

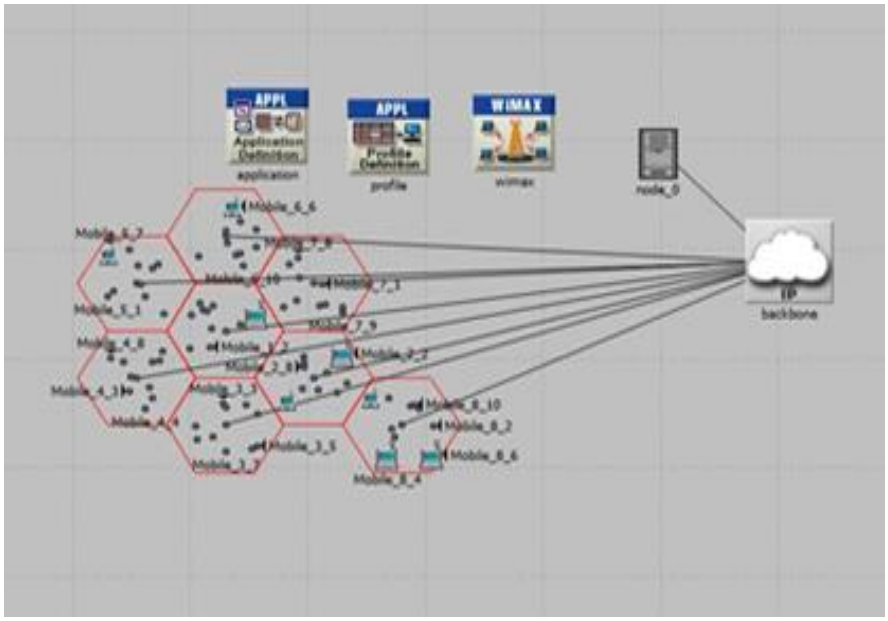
يضم السيناريو الأول 4 محطات قاعدية يرتبط بكل منها 10 محطات مشتركين كما يبين الشكل (4)، بينما في السيناريو الثاني تم مضاعفة عدد محطات المشتركين المرتبطين بكل محطة قاعدية ليصبح لدينا 4 محطات قاعدية يرتبط بكل منها 20 محطة مشترك كما يبين الشكل (5)، في السيناريو الثالث تم مضاعفة عدد المحطات القاعدية لتصبح 8 محطات قاعدية يرتبط بكل منها 10 محطات مشتركين وهذا مبين بالشكل (6) كما جرى في السيناريو الرابع زيادة عدد محطات المشتركين مرة أخرى ليصبح لدينا 8 محطات قاعدية يرتبط بكل منها 30 محطة مشتركين كما يبين الشكل (7).



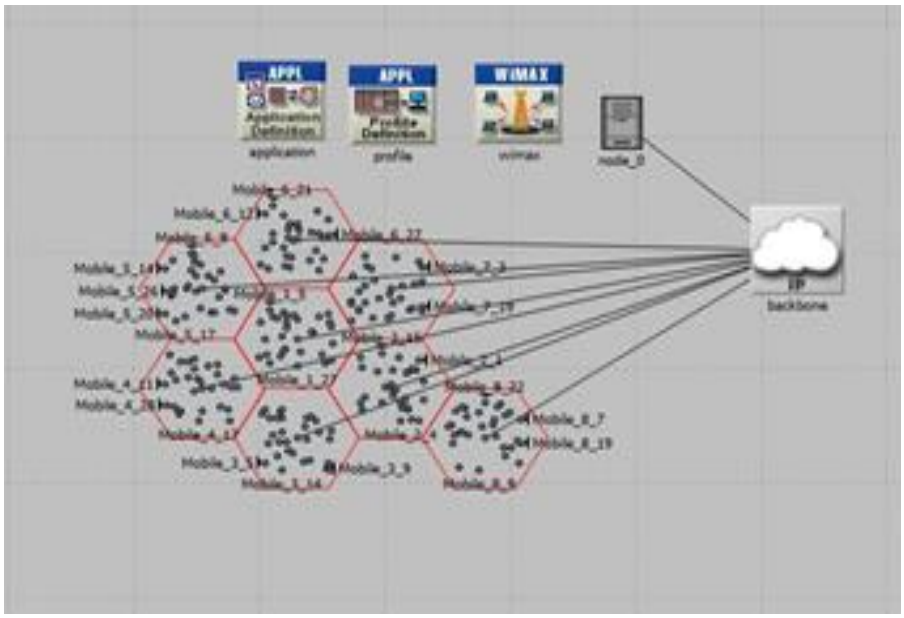
الشكل (4) : السيناريو الأول Scenario-4BS-40SS



الشكل (5) : السيناريو الثاني Scenario-4BS-80SS



الشكل (6) : السيناريو الثالث Scenario-8BS-80SS

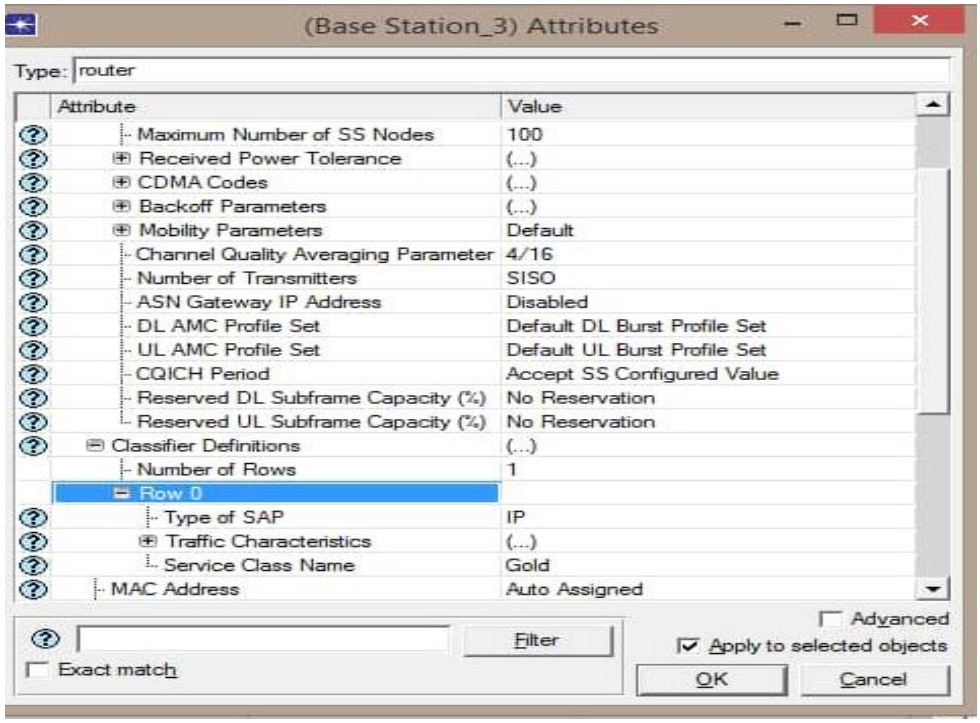


الشكل (7) : السيناريو الرابع Scenario-8BS-240SS

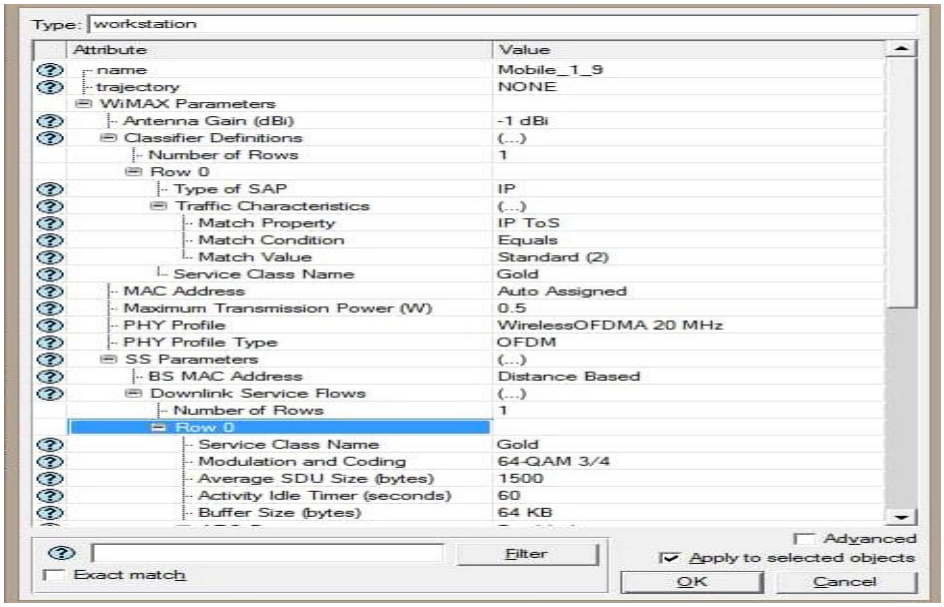
❖ **اختبار ومقارنة المحددات مع تطبيق HTTP :**

تم إجراء عملية اختبار لكل من المحددات الثلاثة (Delay _ Throughput _ Load) في الشبكة من خلال أربعة سيناريوهات مختلفة، يتألف كل سيناريو من عدد من المحطات القاعدية BS و محطات المشتركين SS ومخدم يعمل وفق تطبيق HTTP ومجموعة من الروابط بين محطات المشتركين والمحطات القاعدية وبين المحطات القاعدية والمخدم، بالإضافة إلى ملفات الإعدادات اللازمة لإدارة وتنظيم عمل الشبكة وهي: (WiMAX Config _ Pofile Definition _ Application Definition)

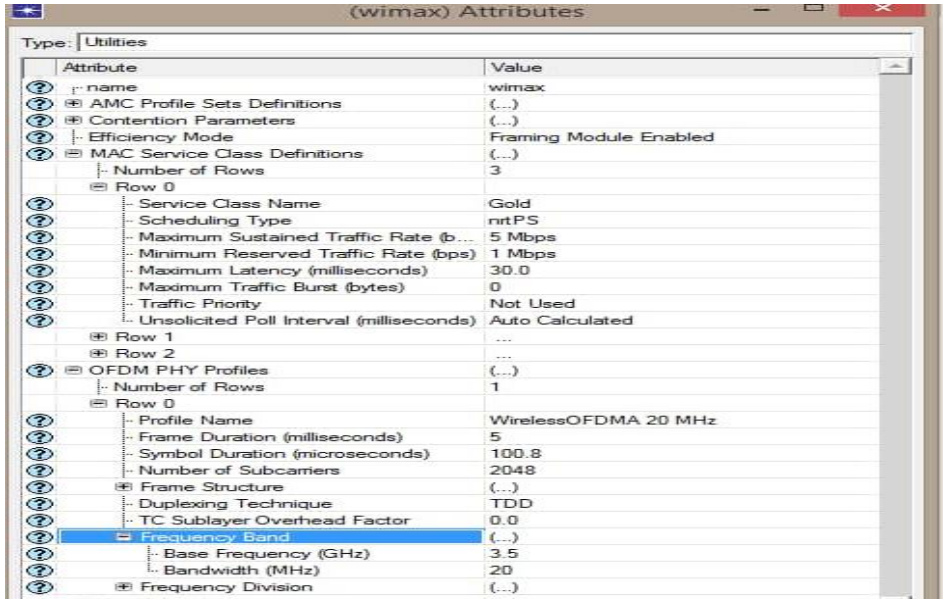
يبين الشكل (8) الإعدادات التي جرى تحديدها للمحطات القاعدية في السيناريوهات الأربعة، كما يبين الشكل (9) الإعدادات التي جرى إعدادها لمحطات المشتركين حيث تم اعتماد آلية ارتباط Distance Based بحيث ترتبط محطة المشترك مع أقرب محطة قاعدية وتم اعتماد تقنية التعديل 64-QAM، ويظهر الشكل (10) إعدادات ملف ال WiMAX Config الذي ينظم آلية عمل الشبكة في كل سيناريو، حيث تم اختيار نمط framing module كون الهدف من البحث هو اختبار بارامترات متعلقة بجودة الخدمة للشبكة وتم اختيار نوع الجدولة nrtPS كون تطبيق http من النوع non real time traffic وعلى مستوى الطبقة الفيزيائية تم اعتماد تقنية التجميع بتقسيم الزمن time division duplexing (TDD) .



الشكل (8) : إعدادات المحطات القاعدية مع تطبيق HTTP



الشكل (9): إعدادات محطات المشتركين مع تطبيق HTTP



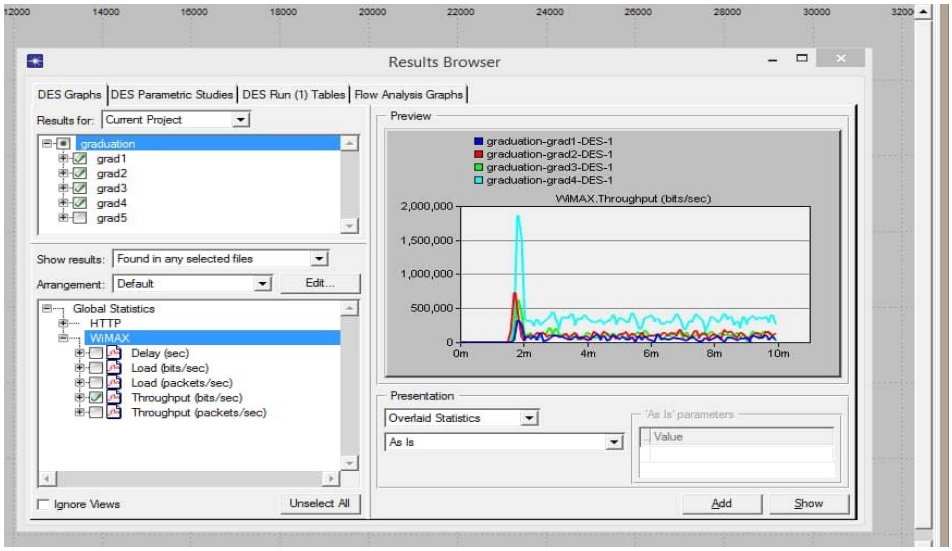
الشكل (10): إعدادات ملف WiMAX Config مع تطبيق HTTP

4- النتائج ومناقشتها :

باعتماد مدة تشغيل المحاكاة في كل سيناريو تبلغ عشر دقائق تم الحصول على النتائج التالية :

الإنتاجية Throughput :

يبين الشكل (11) التالي نتيجة اختبار ومقارنة محدد الإنتاجية في كل من السيناريوهات الأربعة.

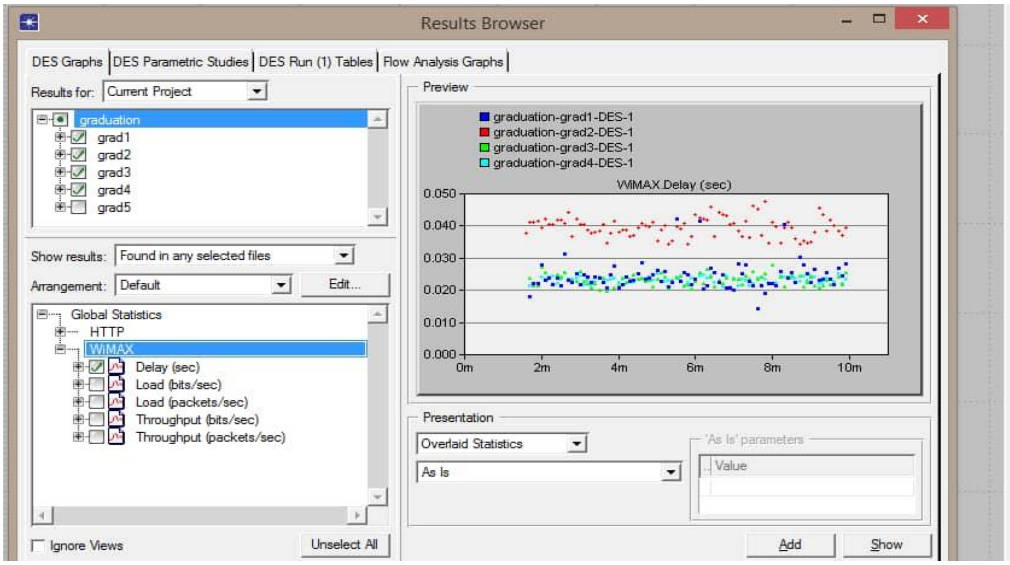


الشكل (11): نتيجة اختبار ومقارنة محدد الإنتاجية في السيناريوهات الأربعة في حالة تطبيق HTTP

كما هو مبين في الشكل (11) فإنه من أجل تطبيق HTTP في السيناريو الأول بلغت قيمة الإنتاجية حوالي 300 kbps ، وفي السيناريو الثاني بعد زيادة عدد محطات المشتركين بمقدار الضعف لتصبح 80 محطة بدلاً من 40 محطة والإبقاء على 4 محطات قاعدية لوحظ زيادة الإنتاجية بمقدار الضعف تقريباً عن السيناريو الأول؛ وعندما تم زيادة عدد المحطات القاعدية في السيناريو الثالث بمقدار الضعف لتصبح 8 محطات قاعدية بدلاً من 4 محطات قاعدية و 80 محطة مشترك ، لوحظ أن الإنتاجية لم تختلف كثيراً عن السيناريو الثاني الذي استخدمنا فيه 4 محطات قاعدية، وعند زيادة عدد محطات المشتركين لتصبح 240 محطة ترتبط مع 8 محطات قاعدية فقد زادت الإنتاجية بشكل ملحوظ بمقدار ضعفين ونصف تقريباً عن السيناريو الثالث.

التأخير الزمني Delay :

يبين الشكل (12) نتيجة اختبار ومقارنة التأخير الزمني في كل من السيناريوهات الأربعة

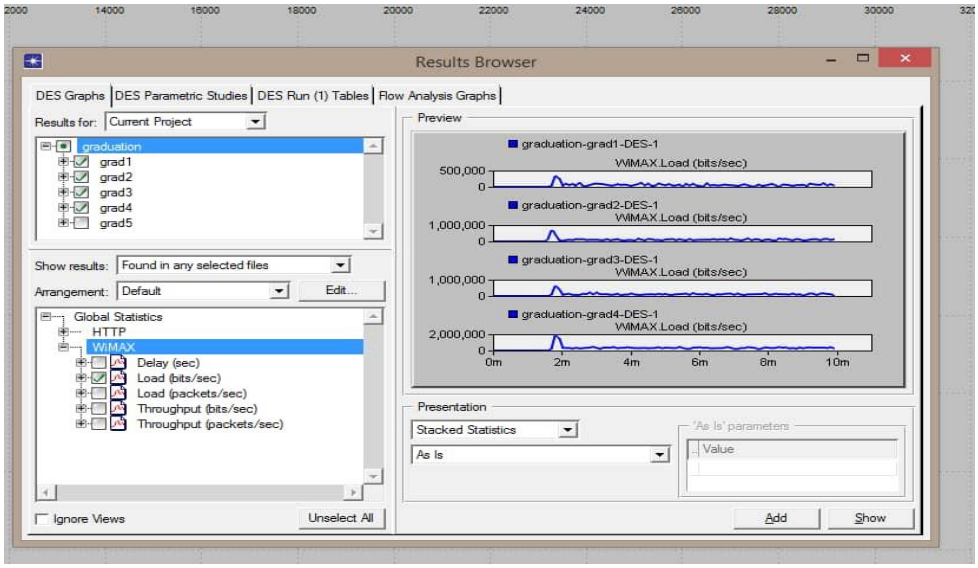


الشكل(12) نتيجة اختبار ومقارنة محدد التأخير الزمني في السيناريوهات الأربعة في حالة تطبيق HTTP

يوضّح الشكل (12) السابق تحقيق تأخير زمني في السيناريو الثاني أكبر من السيناريو الأول عند زيادة عدد محطات المشتركين إلى 80 محطة والحفاظ على 4 محطات قاعدية بينما حقق السيناريو الثالث تأخير زمني أقل من السيناريو الأول والثاني عندما زاد عدد المحطات القاعدية إلى 8 محطات مع 80 محطة مشترك، وتَحقق أكبر تأخير زمني في السيناريو الرابع بوجود 8 محطات قاعدية و 240 محطة مشترك.

الحمل Load :

يبين الشكل (13) نتيجة اختبار ومقارنة الحمل في كل من السيناريوهات الأربعة:



الشكل (13) نتيجة اختبار ومقارنة محدد الحمل في السيناريوهات الأربعة في حال تطبيق HTTP

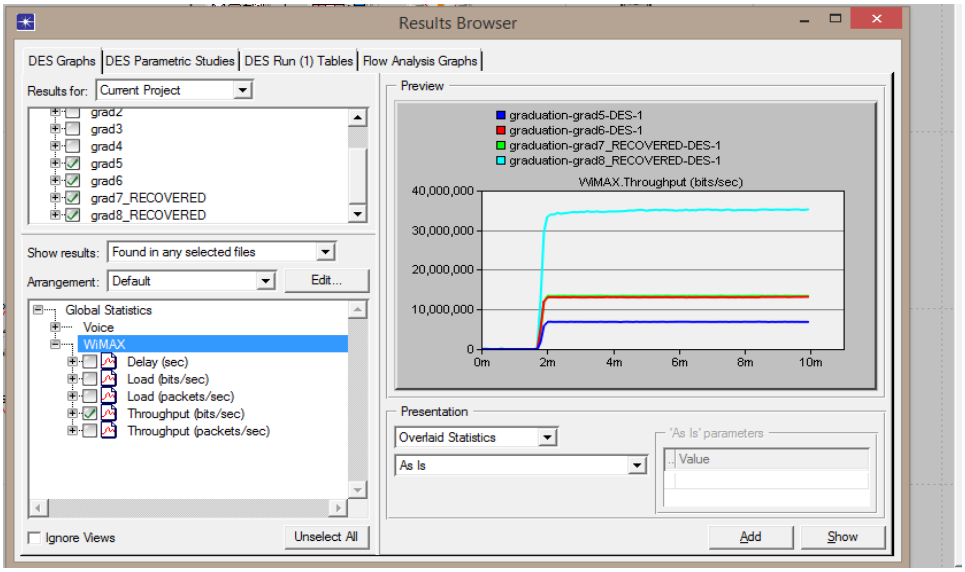
كما هو موضح بالشكل (13) فقد زاد الحمل في السيناريو الثاني بمقدار الضعف تقريباً عن السيناريو الأول عند زيادة عدد محطات المشتركين إلى 80 محطة بدلاً من 40 محطة والإبقاء على 4 محطات قاعدية، وعند زيادة عدد المحطات القاعدية في السيناريو الثالث بمقدار الضعف لتصبح 8 محطات قاعدية و80 محطة مشترك فإن الحمل لم يختلف كثيراً عن السيناريو الثاني، كما زاد الحمل بشكل كبير في السيناريو الرابع عندما زاد عدد محطات المشتركين لتصبح 240 محطة ترتبط مع 8 محطات قاعدية.

❖ **اختبار ومقارنة المحددات مع تطبيق VOIP :**

بإجراء عملية اختبار ومقارنة كل من المحددات الثلاثة (Delay –Throughput – Load) في الشبكة مرة أخرى من خلال السيناريوهات الأربعة السابقة ولكن مع تطبيق VOIP وبتشغيل المحاكاة لمدة عشر دقائق جرى الحصول على النتائج التالية :

<u>الإنتاجية Throughput:</u>

يوضح الشكل (14) التالي نتيجة اختبار ومقارنة الإنتاجية في كل من السيناريوهات الأربعة :

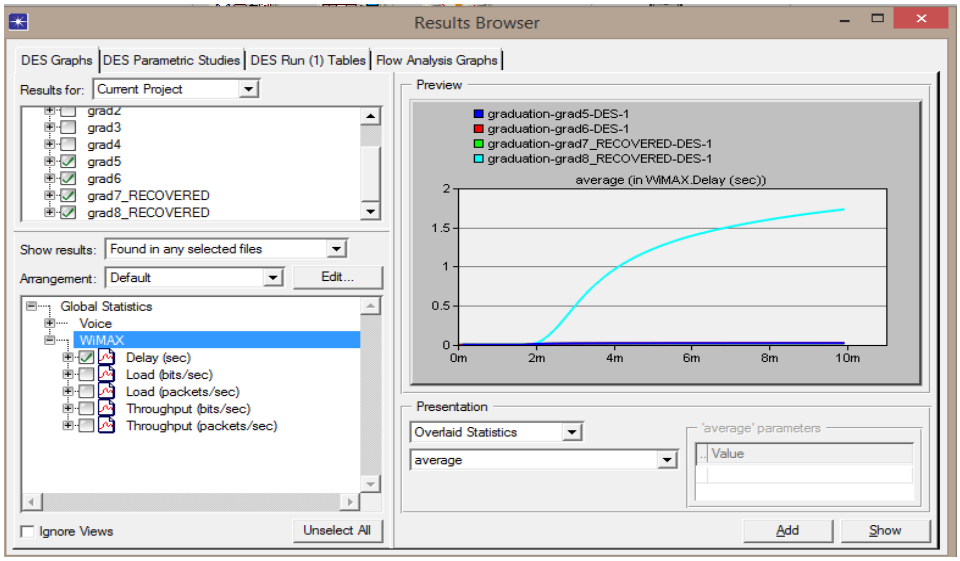


الشكل (14) نتيجة اختبار ومقارنة محدد الإنتاجية في السيناريوهات الأربعة في حالة تطبيق VOIP

بينت نتيجة المحاكاة في الشكل (14) على محدد الإنتاجية في حالة تطبيق VoIP أن الإنتاجية في السيناريو الأول بلغت 6 Mbps في حالة أربع محطات قاعدية و 40 محطة مشترك ؛ وتم في السيناريو الثاني زيادة عدد محطات المشتركين بمقدار الضعف لتصبح 80 محطة بدلاً من 40 والإبقاء على 4 محطات قاعدية فزادت الإنتاجية لتصبح بمقدار الضعف تقريباً عن السيناريو الأول ، و عند مضاعفة عدد المحطات القاعدية في السيناريو الثالث لتصبح 8 بدلاً من 4 محطات و 80 محطة مشترك ، فإن الإنتاجية لم تختلف كثيراً عن السيناريو الثاني الذي استخدمنا فيه 4 محطات قاعدية وعند زيادة عدد محطات المشتركين لتصبح 240 محطة ترتبط مع 8 محطات قاعدية فقد زادت الإنتاجية بشكل ملحوظ بمقدار ضعفين ونصف تقريباً عن السيناريو الثالث وبلغت حوالي 35 Mbps.

التأخير الزمني Delay :

يبين الشكل (15) نتيجة اختبار ومقارنة التأخير الزمني في كل من السيناريوهات الأربعة

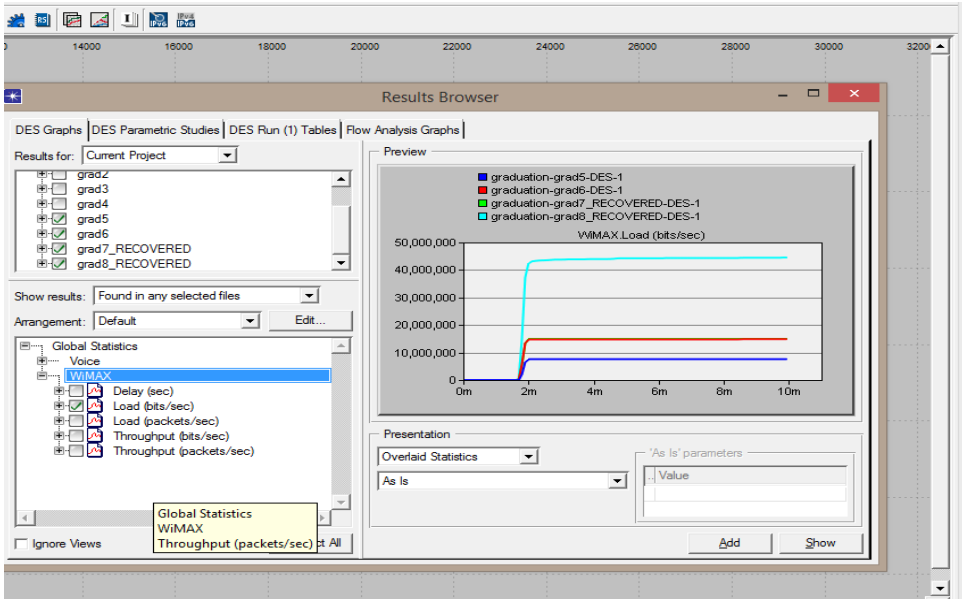


الشكل (15) : نتيجة اختبار ومقارنة محدد التأخير في السيناريوهات الأربعة في حالة تطبيق VOIP

كما يوضح الشكل (15) فإن السيناريو الأول والثاني والثالث حققوا تقريباً معدل تأخير زمني متقارب جداً في معظم مراحل المحاكاة ، بينما حقق السيناريو الرابع تأخير زمني أكبر من السيناريوهات الثلاثة السابقة عندما أصبح عدد المحطات القاعدية 8 ويرتبط بكل محطة 30 محطة مشترك.

الحمل Load:

يبين الشكل (16) أدناه نتيجة اختبار ومقارنة الحمل في كل من السيناريوهات الأربعة:



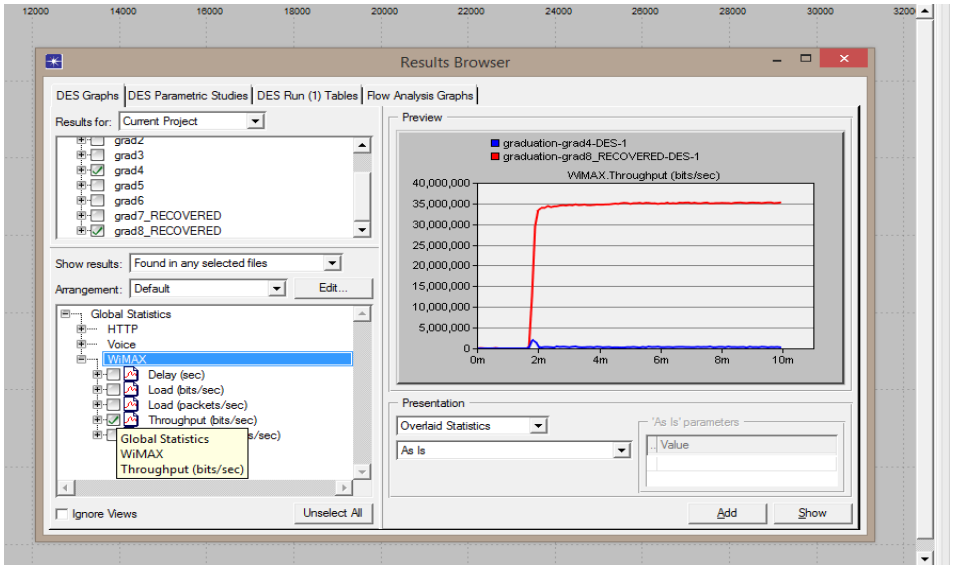
الشكل (16): نتيجة اختبار ومقارنة محدد الحمل في السيناريوهات الأربعة

كما يظهر الشكل (16) فقد زاد الحمل في السيناريو الثاني بمقدار الضعف تقريباً عن السيناريو الأول عند زيادة عدد محطات المشتركين إلى 80 محطة بدلاً من 40 محطة والإبقاء على 4 محطات قاعدية ، وعند زيادة عدد المحطات القاعدية في السيناريو الثالث بمقدار الضعف لتصبح 8 محطات قاعدية و 80 محطة مشترك ، فإن الحمل لم يختلف كثيراً عن السيناريو الثاني الذي استُخدمت فيه 4 محطات قاعدية ، كما زاد الحمل بشكل كبير في السيناريو الرابع عندما أصبح عدد محطات المشتركين 240 محطة ترتبط مع 8 محطات قاعدية.

لتحليل أداء الشبكة بشكل عام أُجريت عملية مقارنة لنتائج محاكاة كل محدد من المحددات الثلاثة في السيناريو الرابع من كل من تطبيقي HTTP و VoIP ، حيث يحوي هذا السيناريو على 8 محطات قاعدية و 240 محطة مشترك حيث يرتبط 30 محطة مشترك بكل محطة قاعدية.

الإنتاجية :

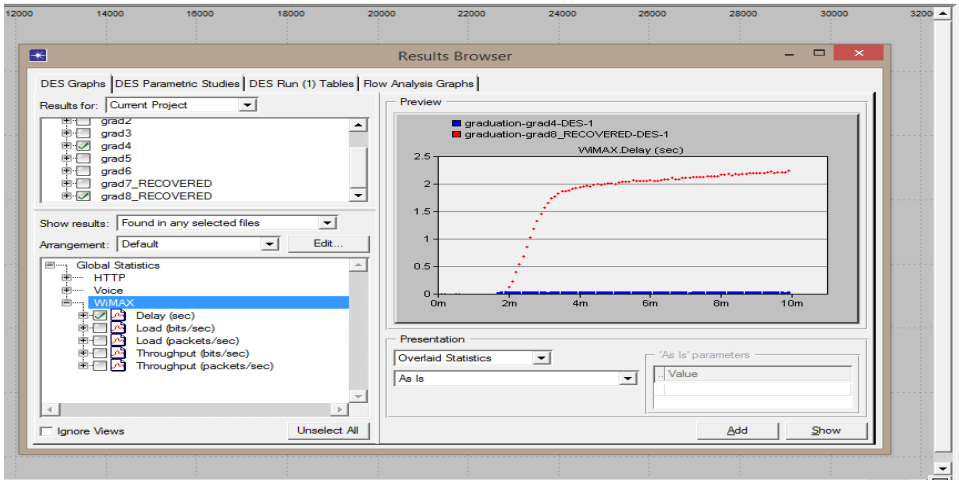
بينت نتائج المحاكاة على محدد الإنتاجية في السيناريو الرابع بالنسبة للتطبيقين بنفس الشروط والمواصفات للمحطات القاعدية ومحطات المشتركين، أن الإنتاجية في حالة تطبيق HTTP بلغت حوالي 2.5 Mbps، بينما زادت عن ذلك كثيراً مع تطبيق VoIP حيث بلغت أكثر من 35 Mbps كما يبين الشكل (17) أدناه :



الشكل (17): نتيجة اختبار ومقارنة محدد الإنتاجية في السيناريو الرابع مع كل من التطبيقين

التأخير الزمني :

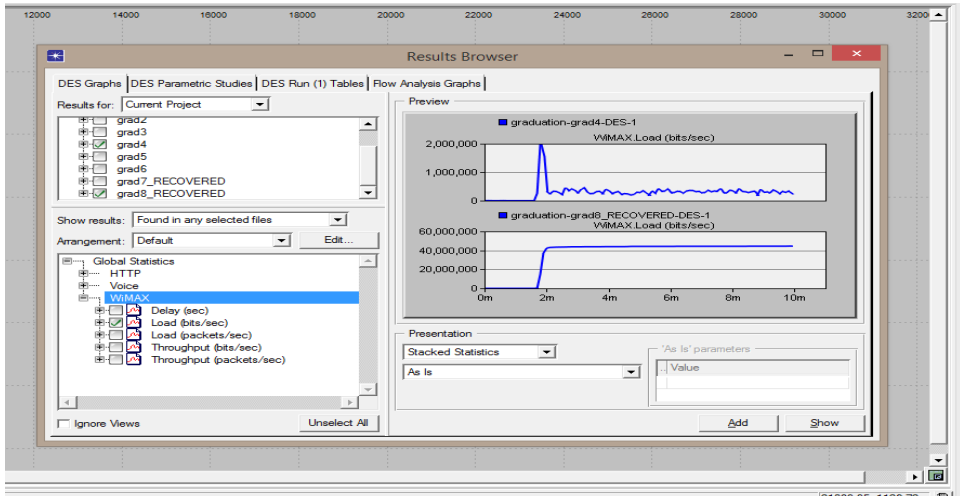
أظهرت نتيجة المحاكاة على محدد التأخير الزمني في السيناريو الرابع بالنسبة للتطبيقين أن التأخير الزمني في حالة تطبيق HTTP أقل منه في حالة تطبيق VoIP وفق نفس الشروط والمواصفات للمحطات القاعدية و محطات المشتركين كما هو مبين في الشكل (18) التالي :



الشكل (18): نتيجة اختبار ومقارنة محدد التأخير الزمني في السيناريو الرابع في كل من التطبيقين.

الحمل:

أظهرت نتيجة المحاكاة على محدد الحمل في السيناريو الرابع بالنسبة للتطبيقين أن الحمل في تطبيق ال HTTP كان أيضاً أقل منه في حالة تطبيق VoIP وفق نفس الشروط والمواصفات للمحطات القاعدية ومحطات المشتركين كما يوضح الشكل (19) :



الشكل (19): نتيجة اختبار ومقارنة محدد الحمل في السيناريو الرابع من كل من التطبيقين

4- الاستنتاجات :

- بينت النتائج أنه من أجل تطبيق HTTP سجلت أعظم قيمة للتأخير الزمني من أجل السيناريو الثاني والتي تعادل 50 ms لتنخفض في السيناريو الثاني إلى ما دون 20ms مما يحسن أداء النظام ، كما زاد الحمل على الشبكة في السيناريو الرابع ليسجل حوالي 2000 kbits/sec نظراً لكثافة المحطات في السيناريو الأخير .
- أظهرت النتائج أنه من أجل تطبيق VOIP ومع زيادة عدد المحطات القاعدية وعدد محطات المشتركين تزداد الإنتاجية اثني عشر ضعفاً عنها في تطبيق HTTP لتسجل قيمة تبلغ حوالي 35 Mbps .
- ينخفض أداء النظام مع زيادة عدد المشتركين (الشبكات المزدحمة) ويزداد التأخير بشكل أسي ليسجل حوالي حوالي 2 sec وذلك من أجل تطبيق VoIP .
- بينت النتائج أن النظام يحقق أفضل أداء من ناحية التأخير والحمل عند استخدام تطبيق HTTP وتم الحصول على نظام أكثر استقراراً عند استخدام تطبيق VoIP وذلك بالنظر إلى محددي الإنتاجية والحمل .
- تضاعفت قيمة الإنتاجية في السيناريو الرابع في حالة تطبيق HTTP حيث بلغت حوالي 25Mbps بينما ازدادت كثيراً مع تطبيق VOIP حيث بلغت أكثر من 90 Mbps .

5- المراجع:

[1]Banerji S , Chowdhury R, (2013,May). Wi-Fi & WiMAX: A Comparative Study. Indian Journal of Engineering ,Vol.2, Issue. 5, pp. 51-54, India.

[2] Ismael F , Babiker S, (2019 , May) , Enhanced Retransmission Scheme Multihop WiMAX Networks, 2nd International Conference on Computer Applications & Information Security (ICCAIS) , Riyadh, Saudi Arabia, Saudi Arabia .

[3]Amirkhan F , Arafat O , A Gregory M , (2015 July) , Reduced packet loss vertical handover between LTE and mobile WiMAX , 2nd International Conference on Electrical, Electronics and System Engineering (ICEESE) , Kuala Lumpur, Malaysia .

[4]Bau Castillo, J. M. , (2012, April). WiMAX: Technology and Market. Master thesis, Beijing University, China.

[5]Choubey N , Kharat M , (2008).Overview of 3G and WIMAX Technology. The Pacific Journal of Science and Technology, Vol. 9 ,Issue 1, pp.59-65, India

[6]Ghonge M , Gupta S. G , (2013, August). COMPARATIVE STUDY OF WLAN, WPAN, WIMAX TECHNOLOGIES. International Journal of Research in Advent Technology (IJRAT). Vo1. 1, No. 1, pp. 10-18, India.

[7]Gyan P, Sadhana P , (2011). WiMAX Technology and Its Application , International Journal of Engineering Research and Applications. Vo1. 1, Issue 2, pp.327-336, India.

[8]Latkoski P and Popovski B , (2009), Delay and throughput analysis of IEEE 802.16 ARQ mechanism, Wireless and Optical Communications Networks 2009. WOCN '09. IFIP International Conference on, pp. 1-5 , Egypt .

[9]Martikainen H , (2009) , ARQ parameters for VoIP in IEEE 802.16 networks, Wireless Telecommunications Symposium , pp. 1-6 , Czech Republic .