Syrian Arab Republic
Ministry of Higher Education
Syrian Virtual University

الجمهورية العربية السورية
وزارة التعليـم العالـــــي
الجامعة الافتراضية السورية

تقييم أداء الشبكات اللاسلكية الموسعة WiMAX الثابتة والمتحركة

Performance Evaluation of fixed and mobile WiMAX networks

بحث مقدم لنيل درجة الماجستير في تقانات الويب

إعداد:
Mohammad_50377 محمد هلال عيسى

إشراف:
الدكتور معتصم شفا عمري

دمشق في: 2018/11/15

Syrian Arab Republic
Ministry of Higher Education
Syrian Virtual University

الجمهورية العربية السورية
وزارة التعليم العالي
الجامعة الافتراضية السورية

تقييم أداء الشبكات اللاسلكية الموسعة WiMAX

الثابتة والمتحركة

Performance Evaluation of fixed and mobile WiMAX networks

بحث مقدم لنيل درجة الماجستير في تقانات الويب

إعداد:

Mohammad_50377 محمد هلال عيسى

إشراف:

الدكتور معتصم شفا عمري

دمشق في: 2018/11/15

ا – قرار لجنة الحكم على الرسالة:

الجامعة الافتراضية

ماجستير تقانات الويب

اسم الباحث: **محمد هلال عيسى**

عنوان الرسالة: " تقييم أداء الشبكات اللاسلكية الموسعة WiMAX الثابتة والمتحركة "

"قدمت هذه الرسالة لنيل درجة الماجستير في تقانات الويب من الجامعة الافتراضية "

لجنة المناقشة والحكم على الرسالة:

1- **د. معتصم شفا عمري** **رئيسا ومشرفا**

الجامعة الدولية الخاصة للعلوم والتكنولوجيا – اختصاص هندسة الشبكات

2- **د. غسان سابا** **عضواً**

المعهد العالي للعلوم التطبيقية والتكنولوجيا – اختصاص هندسة الشبكات

3- **د. سيرا أستور** **عضواً**

جامعة دمشق – اختصاص هندسة الشبكات

تاريخ المناقشة: 2018/11/15

الدراسات العليا	
ختم الإجازة	**أجيزت الرسالة بتاريخ**
/ / 2018	/ / 2018
موافقة مجلس الكلية	**موافقة مجلس الجامعة**
/ / 2018	/ / 2018

تقييم أداء الشبكات اللاسلكية الموسعة WiMAX

الثابتة والمتحركة

الإهداء

إلى نبع الحنان والعطف والأمل الذي لا ينضب..... ..... إلى روح أمي الغالية

إلى من زرع في نفسي النقاء والمحبة..... ... . إليك أبي العزيز

إلى من يحملون في عيونهم ذكريات طفولتي وشبابي..... . ..... إليكم أخوتي

إلى من ضاقت السطور من ذكرهم فوسعهم قلبي..... ..... أصدقائي

إلى أستاذي الفاضل..... .... د. معتصم شفا عمري

إلى من احتضنتني هذا الكم من السنين..... ... ...سوريا الحبيبة

إلى الهيئة التدريسية والإدارية في الجامعة الافتراضية السورية

إلى زملائي وزميلاتي في الجامعة

إلى كل من ساهم في إنجاح هذا العمل

إلى كل محبي العلم والمعرفة

أهدي ثمرة عملي المتواضع هذه.

شكر وتقدير

الشكر لله أولا على فضله وتوفيقه لي لإتمام هذه الرسالة.

كما أتقدم بوافر الشكر وعظيم الامتنان والتقدير إلى:

- الأستاذ الدكتور **معتصم شفا عمري** الأستاذ في الجامعة الدولية الخاصة للعلوم والتكنولوجيا في دمشق، لتفضله بالإشراف على هذه الرسالة ولما بذله من وقت وجهد في توجيه ومتابعة وحرصه الدائم على تقديم الدعم والعون لي طوال فترة إشرافه في مرحلة الماجستير، فلسيادته كل الشكر والامتنان وجزاه الله تعالى خير جزاء ومتعه بوافر الصحة والعافية.

- الأستاذ الدكتور **غسان سابا** المعهد العالي للعلوم التطبيقية والتكنولوجيا، لقبوله المشاركة والحكم على هذه الرسالة. فلسيادته كل الشكر والامتنان وجزاه الله تعالى خير جزاء ومتعه بوافر الصحة والعافية.

- والسيدة الدكتورة **سيرا أستور** جامعة دمشق، لتفضلها بالمشاركة في لجنة المناقشة والحكم على هذه الرسالة. فلها كل الشكر والامتنان وجزاها الله خيراً وأمدّها بوافر الصحة والعافية.

كما أدين بجزيل الشكر والعرفان لروح الأستاذ الدكتور **غسان فلوح** الأستاذ في قسم الحواسيب والأتمتة في كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية في جامعة دمشق، لروحه ولذكراه أطيب تحية، رحمه الله وأحسن مثواه.

وأتقدم بالشكر إلى الجامعة الافتراضية وجميع أساتذتي وزملائي لتوجيهاتهم الكريمة وتشجيعهم المستمر.

وأخيرا أتقدم بعظيم الوفاء والحب والامتنان لبلدي الحبيب سوريا..... .

محمد هلال عيسى

الباحث :محمد هلال عيسى[1]

تقييم أداء الشبكات اللاسلكية الموسعة WiMAX الثابتة والمتحركة

الجامعة الافتراضية السورية 2018

المشرف: الدكتور معتصم شفا عمري[2]

الملخص:

تعتبر تقنية WiMAX من التقنيات اللاسلكية الواعدة، نظراً لعرض الحزمة الكبير الذي تؤمنه ومدى تغطيتها الواسع، وتحتل هذه الشبكات مكانة هامّة ضمن شبكات الجيل الرابع، ومن الممكن أن تنافس هذه التقنية بقوة تقنية WiFi مستقبلاً نظراً لتزايد عدد الأجهزة المزودة بتقنية WiMAX كالحواسيب المحمولة والهواتف الذكية.

قمنا في هذا البحث باختبار نقل دفق الفيديو عالي الجودة عبر شبكة WiMAX وذلك باستخدام المحاكي Opnet Modeler لقياس عدد من بارامترات جودة الخدمة كزمن تأخير الحزم الفيديوية packet delay وزمن تأرجح الحزم Packet Delay Variation ومعدل خسارة الحزم Packet Lose Ratio PLR، وقد بينت النتائج ضمن بيئة الاختبار قدرة شبكة WiMAXعلى تأمين جودة الخدمة المطلوبة لنقل دفق الفيديو عالي الدقة إلى عدد كبير من المستخدمين الثابتين والمتحركين.

الكلمات المفتاحية Key Words

شبكات WiMAX، شبكات WiFi، نقل الفيديو عبر بروتوكول الانترنيت، جودة الخدمة QOS Quality of service

[1] محمد هلال عيسى, طالب ماجستير التأهيل والتخصص – اختصاص تقانات الويب – الجامعة الافتراضية السورية–حائز على الإجازة في الهندسة البحرية – جامعة تشرين 2011.

[2] د. معتصم شفا عمري – الأستاذ في قسم الشبكات في الجامعة الدولية الخاصة للعلوم والتكنولوجيا في دمشق.

هدف البحث:

يهدف البحث إلى تبيان أهمية الشبكات الموسعة، وتقييم أداءها في تقديم جودة الخدمة المناسبة لعمل التطبيقات، وخصوصا تطبيقات نقل الفيديو عبر بروتوكول الانترنيت للأجهزة الثابتة والمتحركة.

مشكلة البحث:

نظرا لصعوبة تزويد المستخدمين البعيدين جغرافيا بخدمات الشبكة العامة "الانترنت" أو تخديم الأقسام البعيدة ضمن شركة ما بخدمات الشبكة الداخلية "الإنترانت" والذي قد يتطلب الاستعانة بالكابلات الهاتفية "DSLAM DSL Routers" بسبب محدودية مدى اتصال الأجهزة المزودة بكروت الشبكة المحلية WiFi، لذا فإن استخدام شبكات WiMAX من الممكن أن يشكل حلاً لهذه المشكلة، بسب عرض الحزمة الكبير الذي تؤمنه هذه الشبكات، والذي يفتح المجال لتشغيل التطبيقات الفيديوية ذات الجودة العالية كتطبيقات نقل الفيديو عبر بروتوكول الانترنيت، بالإضافة إلى دعمها لجودة الخدمة، والى مدى تغطيتها الكبير، وقدرتها على تخديم المستخدمين المتحركين أيضاً.

محددات البحث:

- صعوبة الإحاطة بتقنية الشبكات الموسعة وتطبيقها باستخدام المحاكي Opnet ضمن فترة المشروع.
- صعوبة تطبيق الإرسال المتعدد نتيجة العدد الكبير من البارامترات التي يتوجب ضبطها ضمن بيئة المحاكي.
- استخدام دفق بيانات مخصص بدل تطبيقات الفيديو المعيارية من أجل عمل الشبكة المتنقلة.

الفهرس

الملخص: VII

هدف البحث: VIII

مشكلة البحث: VIII

محددات البحث: VIII

جدول المصطلحات XI

مقدمة 1

1.1. استخدامات الشبكات اللاسلكية 1

2.1. معهد مهندسي الكهرباء والإلكترونيات: 1

3.1. الشبكات اللاسلكية: 3

1.3.1. مزايا الشبكات اللاسلكية: 5

2.3.1. مخاوف صحية من الشبكات اللاسلكية 6

4.1. أنواع الشبكات اللاسلكية: 6

1.4.1. الشبكات اللاسلكية الشخصية: 6

2.4.1. الشبكات اللاسلكية المحلية WLAN 9

1.2.4.1. معايير الشبكات اللاسلكية 9

2.2.4.1. مزايا الشبكات اللاسلكية المحلية: 10

3.4.1. الشبكات الموسعة WiMAX: 13

4.4.1. الشبكات الخلوية: 13

الشبكات الموسعة WiMAX 16

1.2. ما هي الشبكات الموسعة WiMAX: 16

2.2. ما هو 802.16a: 18

3.2. سرعة ومجال الشبكات الموسعة: 19

4.2. لماذا WiMAX: 20

5.2. أهداف الشبكات الموسعة WiMAX: 21

6.2. مفاهيم WiMAX الأساسية: 22

7.2. هيكيلة شبكة WiMAX 23

8.2. جودة الخدمة في شبكات WiMAX 24

2. 9 الـ WiMAX في العالم العربي 28

1.3. تلفزيون الانترنت IPTV 30

2.3. تحديات الـ Iptv 30

3.3. هيكلية البث التلفزيوني عبر الإنترنت IPTV اللاسلكية عبر WiMAX:.....31
4.3. نظرة عامة على محتوى الفيديو:.....36
5.3. مقدمة عن الصوت والفيديو عبر بروتوكول الانترنت V2oIP: 40
6.3. برنامج ترميز الصوت:.....41
7.3. برنامج ترميز الفيديو: 44
8.3. آثار برامج الترميز Implications of Codecs: 45
9.3. جودة الخدمة في تطبيقات الصوت والفيديو:.....45
10.3 الإرسال المتعدد Multicasting.....48
بروتوكولات IPTV.....48
12.03 عنونة الإرسال المتعدد: 51
1.4. مفهوم محاكاة شبكات الحاسوب 53
2.4. المحاكي Optimized Network Engineering Tool (OPNET): 53
3.4. ميزات المحاكيOPNET : 55
القسم العملي.....58
1.5. السيناريو الأول: 58
1.1.5 مكونات الشبكة:.....59
2.1.5 إعداد التطبيقات 60
3.1.5 متطلبات جودة الخدمة لعمل الفيديو عبر الانترنيت.....63
4.1.5 خطوات إعداد بارامترات WiMAX:.....65
5.1.5 تعريف فئات الخدمة:.....65
6.1.5 النتائج:.....67
2.5 السيناريو الثاني: 77
3.5 اختبار الشبكات المتنقلة:.....77
3.5 النتائج والتوصيات:.....86

جدول المصطلحات

ADC	Analog-to-Digital Converter	محول تناظري رقمي
AFH	Adaptive Frequency Hopping	القفز التردد المتكيف
AMPS	Advanced Mobile Phone System	نظام الهاتف المحمول المتقدم
ASN-GW	Access Service Network Gateway	بوابة شبكة النفاذ
ATM	Automatic Transfer Machine	نظام النقل التلقائي
BE	Best Effort Service	خدمة أفضل جهد
BS	Base Station	المحطة الرئيسية
CDMA	Code Division Multiple Access	الوصول المتعدد بتقسيم الترميز
CGMP	Cisco Group Management Protocol	بروتوكول إدارة المجموعة من سيسكو
CSN	Connectivity Service Network	شبكة خدمة الاتصال
DAC	Digital-to-Analog Converter	محول رقمي تناظري
DLC	Data Link Control	التحكم في ارتباط البيانات
DM	Dense Mode	وضع الكثافة
DSL	Digital Subscriber Line	خط المشترك الرقمي
DSLAM	Digital Subscriber Line Access Multiplexer	خط مشترك رقمي متعدد المنافذ
DSSS	Direct-Sequence Spread Spectrum	طيف الانتشار عبر التابع المباشر
FHSS	Frequency Hopping Spread Spectrum	طيف انتشار القفز الترددي
FTP	File Transfer Protocol	بروتوكول نقل الملفات
GSM	Global System for Mobile communications	النظام العالمي للاتصالات المتنقلة
IANA	Internet Assigned Numbers Authority	هيئة أرقام الانترنت المخصصة
IEEE	Institute of Electrical and Electronics Engineers	معهد مهندسي الكهرباء والإلكترونيات
IGMP	Internet Group Management Protocol	بروتوكول إدارة مجموعة الانترنت
Ilbc	Internet Low Bit rate Codec	لانترنت منخفض معدل الترميز
IP	Internet Protocol	بروتوكول الإنترنت
IPTV	Internet Protocol Television	البث التلفزيوني عبر الانترنت
ISM Band	The industrial, Scientific and Medical Bands	حزمة التطبيقات الصناعية والعلمية والطبية
LAN	Local Area Network	الشبكة المحلية أو شبكة المنطقة المحلية
MAC	Media Access Control	التحكم بالنفاذ للوسط

MAN	Metropolitan Area Network	شبكة المنقطة الحضرية
MOS	Mean Opinion Score	متوسط نقاط الرأي
MS	Mobile Station	محطة متنقلة
NAP	Network Access Provider	مزود الوصول إلى الشبكة
OFDM	Orthogonal Frequency Division Multiplexing	مخطط تشفير تعدد الإرسال بتقسيم تعامدي للتردد
PIM	Protocol Independent Multicast	بروتوكول الإرسال المتعدد المستقل
PLR	Packet Lose Ratio	معدل فقد الحزم
QOS	Quality of Service	جودة الخدمة
RR	Round Robin	جدولة روبين
RRM	Radio Resource Management	إدارة الموارد الراديوية
RS	Relay Station	محطة إعادة الإرسال أو التقوية
RTP	Real-time Transport Protocol	بروتوكول النقل في الوقت الحقيقي
rtPS	Real Time Polling Service	خدمة الانتخاب في الوقت الحقيقي
ertPS	Extended Real Time Polling Service	خدمة الانتخاب في الوقت الحقيقي الموسعة
nrtPS	Non Real Time Polling Service	خدمة الانتخاب في الوقت غير الحقيقي
SM	Sparse Mode	الوضع المتقطع
SNR	Signal-to-noise Ratio	نسبة الإشارة إلى الضجيج
SS	Subscriber Station	محطة المشترك
TCP	Transmission Control Protocol	بروتوكول التحكم بالنقل
UDP	User Datagram Protocol	برتوكول حزم بيانات المستخدم
UGS	Unsolicited Grant Service	خدمة المنح غير المطلوب
V2oIP	Voice and Video Over IP	الصوت والفيديو عبر بروتوكول الانترنت
VCEG	Video Coding Experts Group	فريق خبراء ترميز الفيديو
VoD	Video on Demand	الفيديو عند الطلب
VoIP	Voice over IP	الصوت عبر بروتوكول الانترنت
WAP	Wireless Application Protocol	بروتوكول التطبيقات اللاسلكية
WFQ	Weighted Fair Queuing	أرتال الانتظار العادلة ذات الأوزان
WIFI	Wireless Fidelity	الاتصال اللاسلكي
WiMAX	Worldwide Interoperability for Microwave Access	البنية التشغيلية العالمية للولوج بالأمواج الميكروية (الشبكة الموسعة)
WPA	Wi-Fi Protected Access	شبكات الوصول المحمي اللاسلكية

الفصل الأول

الشبكات اللاسلكية

مقدمة:

تعتبر الشبكة اللاسلكيّة أحد أنواع الشبكات الحاسوبيّة التي تتيح الفرصة لنقل البيانات بين الأجهزة المختلفة دون الحاجة إلى استخدام الأسلاك والتوصيلات، ويمكن تنفيذ هذا النوع عن طريق التحكم عن بعد من خلال أنظمة نقل المعلومات باستخدام أمواج الراديو الكهرومغناطيسيّة كحامل لإشارة لهذه المعلومات، وتنفيذها في الطبقة الفيزيائيّة من الشبكة.

1.1. استخدامات الشبكات اللاسلكية

- من أهم استخدامات هذه الشبكات هو استخدامها كوسيلة رخيصة وسريعة للاتصال بالإنترنت في المناطق التي لا توجد فيها بنية تحتية تسمح بتوفير هذا الاتصال بشكل جيد كما هو الحال في معظم الدول النامية.
- تشكل هذه الشبكات أنظمة شبكات ضخمة حول العالم يزداد الإقبال عليها يوماً بعد يوم لاستخدامها في التواصل والاتصال بين الأشخاص في مختلف مناطق العالم.
- توفير اتصال سريع بين الأفراد والشركات سواء كان على مسافات قريبة أو بعيدة.
- إرسال معلومات كبيرة الحجم لمسافات شاسعة من خلال الشبكات اللاسلكية ومن خلال استخدام الأقمار الصناعية للتواصل.
- سهولة إجراء الاتصالات العاجلة؛ كالاتصال الخاص بأفراد الشرطة مع بعضهم البعض.

2.1. معهد مهندسي الكهرباء والإلكترونيات:

يرمز له IEEE اختصارا لـ Institute of Electrical and Electronics Engineers وهو جمعيّة مهنيّة مقرّهُا في بيسكاتاواي في نيوجيرسي في الولايات المتحدة، تشكّلت في العام 1963م، من خلال دمج المعهد الأمريكي لمهندسي الكهرباء مع معهد مهندسي الراديو(IRE) . وهو اليوم أكبر جمعيّة

مهنيّة على مستوى العالم، مع أكثر من (420) ألف عضو في (160) بلداً حول العالم. هدفه تحقيق التقدم التعليميّ والتقنيّ في مجال الهندسة الكهربائية والإلكترونيّة والحاسبات وما في حكمها.

تكونت المنظمة نتيجة لدمج جمعيتين:

- جمعية مهندسي الأمواج الراديوية: تأسست عام 1912 وتتعلق بالراديو.
- جمعية مهندسي الكهرباء الأمريكان: تأسست عام 1884 تهتم بدراسات أنظمة الطاقة.

ينص دستور جمعية IEEE على أن الهدف منها علمي وتعليمي موجه لتطور الأبحاث والدراسات المتعلقة بمجالات الاتصالات والإلكترونيات وعلوم الحاسوب. كما تعتبر هذه الجمعية من أشهر واضعي المعايير الصناعية عالمياً حيث تشمل مجالات عديدة كالطاقة الكهربائية والأجهزة الطبية والإلكترونيات والاتصالات وتكنولوجيا المعلومات ويقوم فرع متخصص من الجمعية يدعى IEEE Standards Association بعملية تحديد وتطوير المعايير الصناعية في المجالات المذكورة ومن أشهر المعايير المتخذة مجوعة المعايير IEEE 802 LAN/MAN [13].

تجدر الإشارة إلى أن **المعيار** هو "مجموعة محددة مسبقاً من القواعد، أو الشروط أو المتطلبات المتعلقة بتعريف المصطلحات، أو تصنيف المكونات، أو تحديد المواد، أو الأداء أو الإجراءات، أو تخطيط العمليات، أو القياسات الكمية أو النوعية لتوصيف المواد، أو المنتجات، أو الأنظمة، أو الخدمات أو الممارسة" وفقا للجنة الاستشارية لسياسة المعايير الوطنية US-NSPAC.

الجدول (1) معايير IEEE

المعيار	وصفه
IEEE 802.3	معيار الايثرنت
IEEE 802.11	معيار الشبكات اللاسلكية
IEEE 802.15	معيار الشبكات الشخصية
IEEE 802.16	معيار الشبكات الموسعة
IEEE 802.20	معيار شبكات النطاق الواسع المتنقلة

3.1. الشبكات اللاسلكية:

تختلف تقنيات الشبكات اللاسلكية بحسب عدة عوامل أهمها عرض الحزمة المطلوب أن تقدمه والمسافة الواجب تغطيتها والمجال الترددي الذي يمكنها استخدامه وفيما إذا كان هذا المجال بحاجة إلى ترخيص أو ليس بحاجة لذلك. وكذلك كمية الطاقة الكهربائية المتاحة للعمل.

تم تطوير العديد من التقنيات اللاسلكية ومن أهمها:

- الشبكات اللاسلكية الشخصية WPAN ومن أشهرها البلوتوث المعتمد على المعيار 802.15.1.
- الشبكات اللاسلكية المحلية WiFi المعتمدة على المعيار 802. 11.
- شبكات النطاق العريض WiMAX المعتمدة على المعيار 802. 16.
- الشبكات الخلوية 3G،4G، LTE ، 5G.

بدايةً عملت الشبكات اللاسلكية بأشكال تشبه الشبكات السلكية من حيث وجود محطة مركزية ووجود عدة محطات فرعية تتصل مع بعضها من خلال المحطة المركزية. وبالتالي تفترض الأشكال السابقة وجود ثلاثة أنماط من المحطات اللاسلكية الفرعية بحسب حركتها:

- المحطات الثابتة: وفيها يجب أن يكون المستقبل في موقع محدد كي يستقبل الإرسال الموجه من المحطة المركزية.
- المحطات المتحركة ضمن نطاق تغطية المحطة المركزية: كما في البلوتوث.
- المحطات المتحركة ضمن نطاق عدة محطات لاسلكية مركزية تدعى نقاط وصول، كما في الشبكات اللاسلكية المحلية.

وهنالك أشكال أخرى بدأت تلقى اهتماماً متزايداً في الآونة الأخيرة وهي الشبكات غير المجهزة والشبكات المعشقة AdHoc.

في هذه الأشكال لا توجد محطة مركزية حيث تمتلك جميع المحطات اللاسلكية الامتيازات نفسها لتعمل كمخدم أو زبون أو نقطة تحويل، وبالتالي يمكن توصيل الرسائل بين المحطات اللاسلكية المتباعدة وخارج نطاق تغطية بعضها البعض باستخدام عدة محطات لاسلكية وسيطية، وبذلك يمكننا توسيع الشبكة بشكل مستمر، كما ويمكن للمحطات اللاسلكية الاستمرار بالعمل حتى بعد تعطل أو انتهاء بطارية عدد من المحطات اللاسلكية في الشبكة وذلك بسبب وجود عدة مسارات لإيصال البيانات [8].

1.3.1. مزايا الشبكات اللاسلكية:

- مرونة الحركة.
- إمكانية بناء شبكات دون أي تجهيز مسبق.
- سهولة الاستخدام: الشبكات اللاسلكية سهلة الإعداد والاستعمال.
- تأمين اتصالات مؤقتة لشبكات سلكية في حال فشل هذه الأسلاك بتوفير الاتصال المطلوب لأي سبب كان.
- بناء شبكات في الأمكنة المعزولة التي يصعب توصيلها بأسلاك.
- قلة التكلفة.

على الرغم من هذه الفوائد، فإن الشبكات اللاسلكية لا تخلو من بعض المشاكل ولعل أهمها:

- مشاكل التوافق: فالأجهزة المصنوعة من قبل شركات مختلفة قد لا تتمكن من الاتصال مع بعضها أو قد تحتاج إلى جهد إضافي للتغلب على هذه المشاكل.
- إن الشبكات اللاسلكية تكون غالباً أبطأ من الشبكات الموصولة مباشرةً باستخدام تقنيات الإيثرنت Ethernet.
- الشبكات اللاسلكية أضعف من حيث حماية الخصوصية لأن أي شخص ضمن مجال تغطية شبكة لاسلكية يمكنه محاولة اختراق هذه الشبكة. ومن أجل حل هذه المشكلة، هناك عدة برامج تؤمن حماية للشبكات اللاسلكية مثل الخصوصية المكافئة للشبكات السلكية(Wired Equivalent Private (WAP التي لم تؤمن الحماية الكافية للشبكات اللاسلكية والـ Wi-Fi Protected Access (WPA) التي أظهرت نجاحاً أكبر في منع الاختراقات من سابقتها [13].

2.3.1. مخاوف صحية من الشبكات اللاسلكية

في الآونة الأخيرة، ازدادت المخاوف من مخاطر الشبكات اللاسلكية والحقول الكهرومغناطيسية التي تولّدها على الرغم من عدم وجود أدلة قاطعة تثبت صحة هذه الادعاءات فعلى سبيل المثال، رفض رئيس جامعة Lakehead في كندا إنشاء شبكة لاسلكية ضمن حرم الجامعة بسبب دراسة تقول أن تأثير التعرض للحقول الكهرومغناطيسية الناتجة عن الشبكات اللاسلكية على الإصابة بسرطانات وأورام يجب أن يُدرس بشكل أكبر قبل تحديد مدى هذا التأثير [13].

4.1. أنواع الشبكات اللاسلكية:

1.4.1. الشبكات اللاسلكية الشخصية:

تستخدم لربط الأجهزة، مثل التليفون والحاسب وملحقاته والأجهزة الشخصية الرقمية في حيز صغير حوالي 10 أمتار في مكان العمل أو بالمنزل أو أثناء تنقل الفرد باستخدام الحاسبات المحمولة. وأهم هذه الشبكات: Bluetooth, ZigBee.

- **شبكات البلوتوث Bluetooth (IEEE802. 15. 1):**

البلوتوث هي تقنية اتصال للمسافات القصيرة باستخدام الترددات الراديوية صممت في البداية خصيصاً للأجهزة الشخصية المحمولة للاستعاضة عن كبل نقل البيانات وقام المعهد IEEE بتطوير التقنية لتصبح معيار للشبكات اللاسلكية الشخصية في العام 2002.

يحقق البلوتوث تقنية اتصال للمدى القصير منخفضة التكلفة وموفرة للطاقة ولها القدرة على النفاذ خلال الجدران وكثير من العوائق الأخرى. يعمل البلوتوث ضمن المجال 2.4 GHz ويستخدم تقنية

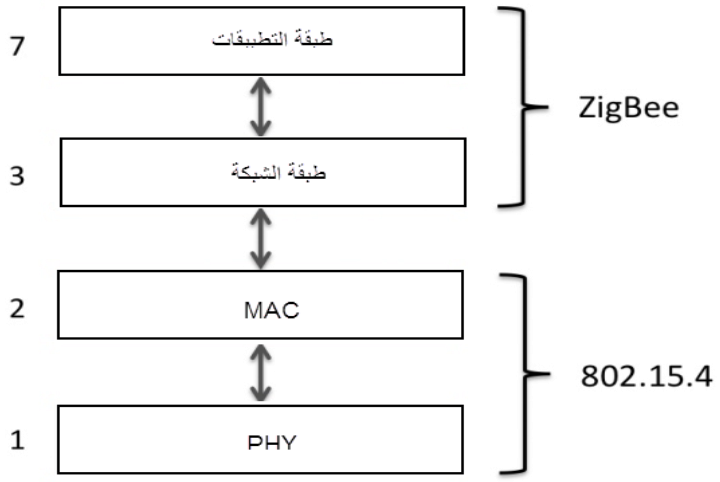
القفز الترددي ضمن طبولوجيا الشبكة النجمية، والتي تدعم ما يصل إلى سبع نقاط تتواصل مع محطة مركزية واحدة وتدعى Piconet ويمكن للمحطة المركزية أن تتصل مع محطة مركزية أخرى أو أكثر وعندها نحصل على ما يدعى Scatternet.

حديثاً تم الاعتماد على تقنية محدثة للقفز الترددي هي القفز الترددي المتكيف Adaptive Frequency Hopping AFH الذي يستخدم /79/ تردداً للعمل لتحقيق المناعة من التداخل مع أجهزة البلوتوث الأخرى وكذلك مع الأجهزة اللاسلكية المحلية المحيطة [8].

تم تحديث تقنية البلوتوث وأصدر الإصدار بلوتوث (2) ثم الإصدار بلوتوث (2.1) والذي أمّن معدل نقل بيانات عالي يصل حوالي (2 Mbps) ضمن مدى مقداره (10m) مع إمكانية زيادة هذا المدى عند استخدام مكرر الإشارة بالإضافة إلى تحسين الترميز والتوثيق، ويمكن للأجهزة التي تعمل وفق الإصدارات الحديثة من تقنية البلوتوث العمل مع الإصدارات القديمة بشكل جيد. كما تم إصدار خاص من معيار البلوتوث 802.15.4 والذي يهتم بشكل أساسي بتوفير الطاقة. وتسعى مجموعة Bluetooth SIG إلى الاهتمام بجودة الخدمة والسريّة وصرف الطاقة وزيادة المدى. وتعمل المجموعة أيضا على تطوير تقنية Ultra-wideband (UWB) مع الإبقاء على التوافق مع تقنية البلوتوث وذلك لتحقيق معدل نقل يصل إلى حوالي 100 Mbps ضمن المدى القصير 10 m. وأخيراً تم إصدار البلوتوث (5) في عام 2016.

- **شبكات ZigBee 802.15.4:**

صممت خصيصاً لتوفير أكبر قدر من الطاقة عبر استخدام تقنيات توفر في استهلاك الطاقة، وتستخدم حالياً في شبكات الحساسات اللاسلكية ومن ميزاتها أيضا التكلفة القليلة ومرونة الشبكة. قامت مجموعة المهام الرابعة للمعيار 802.15 بتطوير المعيار 802.15.4 وهو معيار للاتصالات قصيرة المدى منخفض جداً في استهلاك الطاقة وقليل التكلفة والتعقيد يعمل ضمن المجال الترددي ISM (2.4 GHz) وقد قام هذا المعيار بتوصيف الطبقة الفيزيائية وطبقة وصلة البيانات. ثم قامت Zigbee بتطوير هذا المعيار ليشمل الطبقات الأعلى [8].

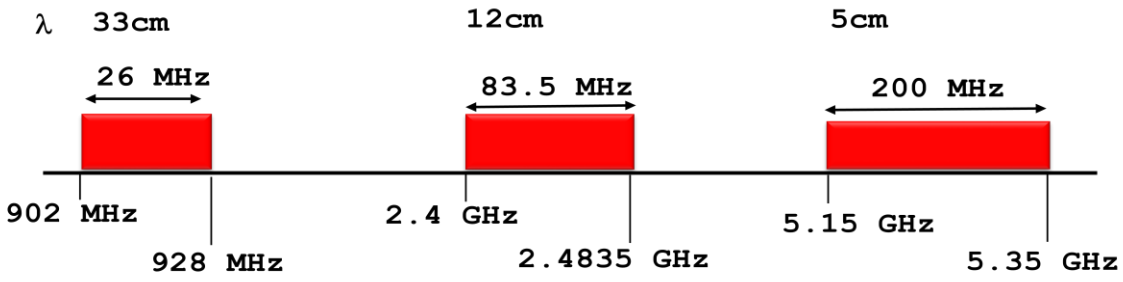


الشكل (1) عمل شبكات ZIGBEE

ويعد هذا المعيار مناسباً جداً للعمل في بيئة الحساسات اللاسلكية والتي تتغذى على البطاريات ويعتمد زمن حياتها على مقدار توفير هذه الطاقة.

2.4.1. الشبكات اللاسلكية المحلية WLAN

تعمل الشبكات اللاسلكية المحلية وفق المعيار IEEE 802.11 ضمن المجالات الترددية التي تركت مفتوحة للاستخدامات العامة دون الحاجة إلى الحصول على ترخيص، وهي تدعى حزمة التطبيقات الصناعية والعلمية والطبية ISM. حيث تقوم الحكومات عادة بتطبيق قوانين صارمة على غالبية الأجزاء المتبقية من الطيف الكهرطيسي والتي قد يكلف الحصول على ترخيص للعمل ضمنها مبالغ طائلة، لاسيما تلك المستخدمة لأغراض البث (الإذاعي والتلفزيوني) إضافة إلى الاتصالات الصوتية واتصالات نقل البيانات. على الرغم من ذلك فإن غالبية الدول تتيح استخدام حزم التطبيقات الصناعية والعلمية والطبية ISM دون الحاجة إلى ترخيص.



الشكل (2) ISM Band

1.2.4.1. معايير الشبكات اللاسلكية

يشير المعيار 802.11 إلى مجموعة من المواصفات التي تم تطويرها بواسطة IEEE لتقنية LAN اللاسلكية التي تغطي الطبقات الفيزيائية وطبقات ربط البيانات.

يحدد معيار 802.11 الواجهة عبر الهواء بين عميل لاسلكي ومحطة أساسية أو بين عميلين لاسلكيين. كما تعتبر مجموعة معايير IEEE 802.11 واحدة من التقنيات النشطة للشبكات اللاسلكية

التي تستخدم بروتوكول الإيثرنت وطريقة تحسس الحامل متعدد الوصول (Carrier Sense Multiple Accesses) مع بروتوكول تجنب الاصطدام (Collision Avoidance Protocol).

2.2.4.1. مزايا الشبكات اللاسلكية المحلية:

1. سهولة الاستخدام مع مختلف الأجهزة المتنقلة والمتطورة.
2. توفير مختلف الشبكات اللاسلكية المتنقلة العامة.
3. إنتاجية أفضل مع توافر الشبكات المتنقلة العامة.
4. النشر السريع أثناء الإعداد الأولي للبنية التحتية اللاسلكية.
5. قابلية التوسع عن طريق استيعاب الزيادة المفاجئة لعدد العملاء باستخدام المعدات الموجودة
6. التكلفة المقبولة.

كما أن الشبكات المحلية اللاسلكية محدودة من حيث:

1. الأمان نظراً لأن نقاط ضعف أساليب الترميز الأكثر استخدامًا مع شبكات WiFi معروفة.
2. المجال النموذجي لهذه التكنولوجيا مقيد.
3. الموثوقية لأن الإشارات الراديوية تخضع لمجموعة واسعة من التداخلات.
4. سرعة الشبكات اللاسلكية أقل بكثير من الشبكات السلكية.

هناك العديد من المواصفات في مجموعة معايير 802.11:

- **802.11**

يطبّق المعيار 802.11 على الشبكات المحلية اللاسلكية ويوفر إرسال 1 أو 2 Mbps في نطاق 2.4 GHz باستخدام إما طيف انتشار القفز الترددي Frequency Hopping Spread Spectrum (FHSS) أو طيف الانتشار عبر التتابع المباشر Direct-Sequence Spread Spectrum(DSSS) . تعد تقنية FHSS تقنية متينة جدًا لا تتأثر إلا قليلاً بالضوضاء أو الانعكاسات أو المحطات الإذاعية الأخرى أو غيرها من العوامل البيئية. علاوة على ذلك، فإن عدد الأنظمة النشطة في نفس الوقت في المنطقة الجغرافية نفسها أعلى بكثير من العدد نفسه لأنظمة DSSS.

ومع ذلك، DSSS هي تقنية حساسة للغاية لأنها تتأثر بالعديد من العوامل البيئية مثل الانعكاس. كما توفر DSSS قدرات أعلى من FHSS.

- **معايير 802.11a**

وهو امتداد لـ 802.11 ينطبق على الشبكات المحلية اللاسلكية ويوفر ما يصل إلى 54 Mbps في النطاق 5 GHz. يستخدم 802.11a مخطط ترميز تعدد الإرسال بتقسيم تعامدي للتردد Orthogonal Frequency Division Multiplexing (OFDM) بدلاً من FHSS أو DSSS. تنطبق مواصفات 802.11a على أنظمة النقل التلقائي Automatic Transfer Machine(ATM) اللاسلكية، ويتم استخدامها في محاور الوصول Access Hubs. يستخدم أسلوب OFDM لنقل المعلومات عدداً كبيراً من الموجات الحاملة الفرعية المتوازية النطاق بدلاً من موجة مفردة حاملة واسعة النطاق. هذه الميزة

تجعل OFDM سهلة وفعالة في التعامل مع تعدد المسارات وقوية ضد تداخل النطاق الضيق، مما يجعل OFDM الاختيار المناسب لنقل سرعة البيانات عالية السرعة.

- **معيار 802.11b**

يشار إليه أيضًا باسم 802.11 ذو المعدل العالي أو Wi-Fi. وهو امتداد لـ 802.11 ينطبق على الشبكات المحلية اللاسلكية ويوفر إرسال 11 Mbps (مع التراجع إلى 5.5 أو 2 أو 1 Mbps) في نطاق 2.4 GHz. يستخدم 802.11b DSSS فقط. ومع ذلك، فإن معيار 802.11b هو تعديل لمعيار 802.11 الأصلي، مما يسمح بوظائف لاسلكية مماثلة للإيثرنت.

- **معيار 802.11g**

يوفر هذا النوع الإرسال اللاسلكي عبر مسافات قصيرة نسبيًا بسرعة تتراوح بين 20 و54 Mbps في نطاق 2.4 GHz. يستخدم 802.11g أيضًا نظام ترميز (OFDM) Orthogonal Frequency Division Multiplexing. ومع ذلك، دائمًا ما يتم استخدام 802.11g لما يسمى حل الميل الأخير نظرًا لسرعته وقدرته على إدارة التداخل وإمكانية التشغيل المتداخل مع الأجهزة المستندة إلى 802.11b.

- **معيار 802.11n**

هذا النوع هو تحسين للمعايير 802.11 السابقة عن طريق إضافة هوائيات متعددة المدخلات ومتعددة المخرجات (MIMO). يستخدم 802.11n نظام ترميز OFD ويعمل بمعدل بيانات أقصى

من 54 Mbps إلى 600 Mbps في نطاق 2.4 GHz و5 GHz. ومع ذلك، فقد حسّن 802.11n من سرعة نقل الشبكة عبر 802.11a/g .

وهنالك أيضا تطورات هامة ومعايير حديثة بعضها قيد التطوير تهدف إلى تحسين الشبكات اللاسلكية المحلية لتلاءم المتطلبات الجديدة للمستخدمين ومنها:

- 80211-2012
- 80211ac
- 80211af
- 80211-2016
- 80211ah
- 80211aj
- 80211aq
- 80211ax
- 80211ay

3.4.1. الشبكات الموسعة WiMAX:

سنتحدث عنها موسعاً في الفصل القادم.

4.4.1. الشبكات الخلوية:

هنالك أربعة أجيال من الشبكات الخلوية قيد التشغيل والجيل الخامس في طريقة إلى الإصدار. الجيل الأول (Advanced Mobile Phone System (AMPS أصدر عام 1979 للاتصالات الصوتية التماثلية باستخدام تعديل FM, وفي عام 1982 أصدر الجيل الثاني(Group Special Mobile

GSM) يعتمد الاتصالات الرقمية ويعمل ضمن المجال الترددي 900 MHz وقد لقي انتشاراً واسعاً. ثم تم إصدار الجيل الثالث كتطوير للجيل الثاني لدعم خدمة الوسائط المتعددة. والأجيال اللاحقة تقوم على تشكيل هيكلية طبقات مجمعة ومتعاونة من مختلف معايير الاتصالات WPAN , 2G 3G ,WiMAX, WLAN [8].

الجدول (2) مقارنة بين تقنيات الاتصال اللاسلكي

	البلوتوث	**الشبكات اللاسلكية المحلية Wi-Fi**	**WiMAX**	**الشبكات الخلوية الجيل الثالث**
المدى	10 م	100 م	10 كم	عشرات الكيلومترات
عرض الحزمة	1 .2 ميغابت/ثا	54 ميغابت/ثا	70 ميغابت/ثا	أكثر من 348 كيلوبت/ثا لكل اتصال
الاستخدام النموذجي	وصل الأجهزة الذكية مع الحواسب ومع بعضها	وصل الحواسب المحمولة مع الشبكات السلكية	وصل لأجهزة اللاسلكية في المدن مع الأبراج السلكية	وصل الهواتف المحمولة مع الأبراج السلكية
التقنية اللاسلكية المستبدلة	USB	الايثرنيت 802. 3	الكابلات المحورية	DSL

الفصل الثاني

الشبكات الموسعة

الشبكات الموسعة WiMAX

1.2. ما هي الشبكات الموسعة WiMAX:

الشبكات الموسعة هي تقنية لاسلكية ذات نطاق عريض وسرعات عالية يمكن لها أن تخدم الاتصال الثابت والمتحرك. كما أننا سنتطرق إلى تعريف نوعين من تقنيات الشبكات الموسعة.

- النوع الأول: مبني على المعيار IEEE80216. – (معيار معهد مهندسي الكهرباء والإلكترونيات). وهذا النوع مصمم للاتصالات الثابتة ويعتمد على التوجيه المباشر على خط مستقيم أو بما يعرف بخط الرؤية Line of Sight .
- النوع الثاني: صمم لمساندة حركة التنقل والتجوال ولا يعتمد على التوجيه المباشر وهو مبني على المعيار IEEE802.16a.

الشبكات الموسعة لها عدد كثير من المواصفات ومنها على سبيل المثال IEEE802.16b، IEEE802.16c. IEEE802.16d، ولكن المعيارين السابق ذكرهما من أهم المواصفات المتبناة لهذه التقنية.

كما أن الشبكات الموسعة هي واحدة من أهم التقنيات اللاسلكية ذات النطاق العريض في الوقت الحالي. ومن المتوقع أن تؤمن أنظمة الشبكات الموسعة خدمات الوصول إلى النطاق العريض للعملاء المنزليين والتجاريين بطريقة اقتصادية [14].

ويمكن القول أن الشبكات الموسعة هي نسخة لاسلكية موحدة من الايثرنت تهدف بشكل رئيسي لأن تكون بديلا لتقنيات الأسلاك (مثل: المودمات التي تعتمد على الكابلات،DSL ووصلات T1/E1) لتوفير وصول النطاق العريض إلى أماكن العملاء.

وبشكل أوسع، الشبكات الموسعة هي منظمة تجارة صناعية تشكلت من قبل شركات الاتصالات، وشركات التجهيزات لتعزيز واعتماد التوافقية والتشغيل البيني لمعدات النفاذ اللاسلكي عريض النطاق الذي يتوافق مع معايير IEEE 802.16 و(ETSI HIPERMAN) High Performance Radio Metropolitan Area Network.

طورت مجموعة عمل ضمن IEEE المعيار 802.16 لنظام اتصال لاسلكي عريض النطاق من نقطة لعدة نقاط في المجال المرخص من 10 إلى 66 GHz من أجل الاتصال لمسافات بعيدة تصل حتى 10 Km إذا لم يكن هنالك خط نظر بين المرسل والمستقبل وتصل حتى 50 Km في حال وجود خط نظر. التطوير جرى على الطبقتين الفيزيائية وطبقة مشاركة وسط النقل ويطلق تجاريا اسم (WiMAX) على هذا المعيار 802.16. ويشمل المعيار أدنى طبقتين للشبكة – الطبقة الفيزيائية PHY وطبقة التحكم في وصلة المعطيات (DLC). تهتم بروتوكولات التحكم بالوصول إلى وسط النقل في WiMAX بتوفير البيانات عبر مسافات بعيدة بطرق مختلفة. من هذه الطرق، الوصل بين نقطتين، والاتصال بالأجهزة اللاسلكية المتنقلة. وهي مبنية على المعيار IEEE 802. 16-2004 الخاص بالشبكات المتوسطة Wireless MAN للربط غير المتنقل، والمعيار IEEE 802. 16-2005 للربط المتنقل. والهدف من هذه التقنية هو إتاحة إنشاء شبكات لاسلكية ذات نطاق عريض لتوصيل المستخدمين بالإنترنت وتصفح الويب بدون استخدام وصلات سلكية. كما أنها مشابهة للشبكات

اللاسلكية WiFi ولكن بسرعات أعلى وعلى مسافات أكبر ولعدد أكبر من المستخدمين. حيث تتمتع WiMAX بالقدرة على توفير الخدمة في المناطق التي يصعب الوصول إليها والقدرة على التغلب على الحدود الفيزيائية للبنية التحتية السلكية التقليدية. وهي توفر أيضاً حلاً بديلاً لخدمات الأقمار الاصطناعية.

فالشبكات الموسعة WiMAX هي:

- اختصار للبنية التشغيلية العالمية للولوج بالأمواج الميكروية.
- تعتمد على تقنية MAN اللاسلكية Wireless Metropolitan Area.
- التقنية اللاسلكية محسنة لتقديم خدمات IP مركزية عبر مساحة واسعة.
- منصة لاسلكية قابلة للتطوير لبناء شبكات النطاق العريض البديلة والمتكاملة.
- شهادة تدل على توافقية المعدات المبنية وفق المعيار IEEE 802.16.

تعمل مجموعة عمل IEEE 802.16 على تطوير المعايير التي تُعنون نوعين من نماذج الاستخدام:

- نموذج استخدام ثابت (IEEE 802.16-2004).
- نموذج استخدام نقّال (IEEE 802.16e).

2.2. ما هو 802.16a:

WiMAX هو مصطلح سهل يميل الناس إلى استخدامه لمعايير 802.16. على الرغم من أنها تطبق بشكل صارم فقط على الأنظمة التي تلاءم معايير التوافق المحددة التي وضعت من قبل منتدى WiMAX.

إن المعيار 802.16a من اجل 2–11 GHz هو تقنية شبكة منطقة حضرية لاسلكية MAN تؤمن الاتصال اللاسلكي عريض النطاق للأجهزة الثابتة والمحمولة والمتنقلة.

يمكن استخدامه لربط نقاط 802.11 الفعالة إلى شبكة الانترنت، وتوفير توصيلات وتوفير بديل لاسلكي للكابلات وDSL للوصول إلى الميل الأخير من النطاق العريض [13].

3.2. سرعة ومجال الشبكات الموسعة:

من الممكن أن تقدم WiMAX في البداية حوالي 40 Mbps لكل قناة لاسلكية لكلا التطبيقات الثابتة والمحمولة، اعتماداً على التكوين الفني الدقيق المختار. وهو ما يكفي لدعم المئات من الأعمال مع سرعة اتصال T-1 وآلاف من المساكن المزودة بسرعة اتصال DSL. WiMAX بإمكانها دعم الصوت والفيديو كما هو الحال بالنسبة لبيانات الانترنت.

تم تطوير WiMAX لتأمين الوصول اللاسلكي عريض النطاق إلى المباني، إما بشكل منافس للشبكات السلكية الموجودة أو بشكل منفرد في المناطق الريفية غير المخدّمة حاليا أو المناطق ذات الكثافة السكانية العالية. يمكن استخدامها أيضا لربط النقاط الفعالة الخاصة بشبكات WLAN إلى الانترنت. وتهدف أيضا لتأمين اتصال عريض النطاق للأجهزة المحمولة. هذا لن يكون بنفس السرعة كما في هذه التطبيقات الثابتة ولكن توقعات السعة تبلغ حوالي 15 Mbps في مساحة تغطية خليه تبلغ 3 Km.

مع تقنية WiMAX يمكن للمستخدمين أن يتخلصوا من ترتيبات الوصول إلى الانترنت الموجودة اليوم وسيكونون قادرين على الاتصال بالإنترنت بسرعات النطاق العريض في أي مكان يريدون داخل المنطقة الحضرية Metro Zone.

يمكن نشر WiMAX في مجموعة متنوعة من نطاقات الطيف: 2.3 GHz ، 2.5 GHz ، 3.5 GHz و5.8 GHz.

4.2. لماذا WiMAX:

- يمكن لـ WiMAX أن تلبي مجموعة متنوعة من احتياجات الوصول. وتشمل التطبيقات المحتملة: توسيع قدرات النطاق العريض لتقريبها من المشتركين، وسد الثغرات في الكابلات، وخدمات DSL، T1 وWiFi، والنقل الخلوي ، وتأمين الوصول إلى أخر 100 متر من الألياف الضوئية كما أن تقديم هذه الخدمة يؤمن خياراً آخراً مؤثراً على التكلفة لدعم خدمات النطاق العريض.
- يمكن للشبكات الموسعة أن تدعم الحلول ذات عرض النطاق الترددي العالي حيث توجد عمليات نشر الطيف الكبيرة (مثلا: أكبر من 10 MHz) والمرغوبة باستخدام البنية التحتية المتاحة والحفاظ على التكاليف منخفضة عندما يتم توصيل النطاق الترددي اللازم لدعم مجال كامل من خدمات الوسائط المتعددة عالية القيمة.
- يمكن للشبكات الموسعة أن تساعد مزودي الخدمة في مواجهة العديد من التحديات بسبب زيادة طلبات الزبائن دون تجاهل استثمارات البنية التحتية الموجودة لديهم، لأن لديها القدرة على التعامل بسلاسة عبر مختلف أنواع الشبكات.
- يمكن للشبكات الموسعة أن تؤمن تغطيه منطقة واسعة وجودة في إمكانيات الخدمة للتطبيقات التي تتراوح من الصوت عبر بروتوكول الانترنت في الوقت الحقيقي الحساس للتأخير (VoIP) حتى الفيديو المتدفق في الوقت الحقيقي Real-Time Streaming Video

والتحميلات في الوقت غير الحقيقي، وضمان حصول المشتركين على الأداء الذي يتوقعونه لجميع أنواع الاتصالات.

- WiMAX هي عبارة عن تقنية لاسلكية عريضة النطاق قائمة على بروتوكول الانترنت يمكن أن يتم دمجها على نطاق واسع في كلا شبكات الجيل الثالث المتنقلة (3G) والشبكات اللاسلكية والشبكات السلكية، مما يسمح لها لأن تصبح جزءا من حل الوصول عريض النطاق في أي وقت وفي أي مكان.

في النهاية، تهدف الشبكات الموسعة لأن تكون بمثابة الخطوة التالية لتطور الهواتف النقالة، من خلال الدمج المحتمل لمعايير الشبكات الموسعة WiMAX والوصول المتعدد بتقسيم الترميز Code Division Multiple Access (CDMA) [13].

5.2. أهداف الشبكات الموسعة WiMAX:

تقدمت WiMAX إلى الأمام للمساعدة في حل العوائق لاتخاذ القرار مثل التشغيل البيني وتكلفة البث. وستساعد الشبكات الموسعة تنشيط صناعة شبكات MAN اللاسلكية من خلال تحديد وإجراء اختبارات قابلية التشغيل البيني ووسم أنظمة الموردين التي تحمل علامة "WiMAX Certified™" بمجرد اجتياز الاختبار بنجاح.

6.2. مفاهيم WiMAX الأساسية:

تحتوي أنظمة WiMAXعلى خمسة أقسام تصميمية مهمة [4]:

1- **المحطة الأساسية** (BS): وهي المركز الذي يربط بشكل منظم أجهزة المشتركين اللاسلكية بأنظمة الإدارة. حيث يحافظ المدراء المسئولون عن الوصول إلى أنظمة الإدارة و المحطة الرئيسية على التواصل الدائم مع أجهزة المشتركين.

تتكون المحطة الرئيسية من المكونات الأساسية المهمة للسماح بإجراء الاتصالات اللاسلكية مثل الهواتف والأسلاك, والأمواج الراديوية وغيرها من الموجات الكهرومغناطيسية. وتوجد المحطات الأساسية بشكل عام على المحاور أو في المركز، ويمكن أن تكون المحطة الرئيسية موصولة إلى مركبة لتأمين الاتصال إلى أجهزة WiMAX القريبة.

2- **محطة المشترك** (SS):

وهي محطة راديوية ثابتة متخصصة بالشبكات الموسعة تؤمن الاتصالات مع المحطة أساسية.

3- **شبكة المشغل:**

يغطي نظام المسؤول وظائف شبكة البنية التحتية التي تؤمن إدارات شبكة IP والوصول الراديوي إلى الشبكات الموسعة الموثقة.

4- محطات إعادة الإرسال أو التقوية (Relay Station (RS:

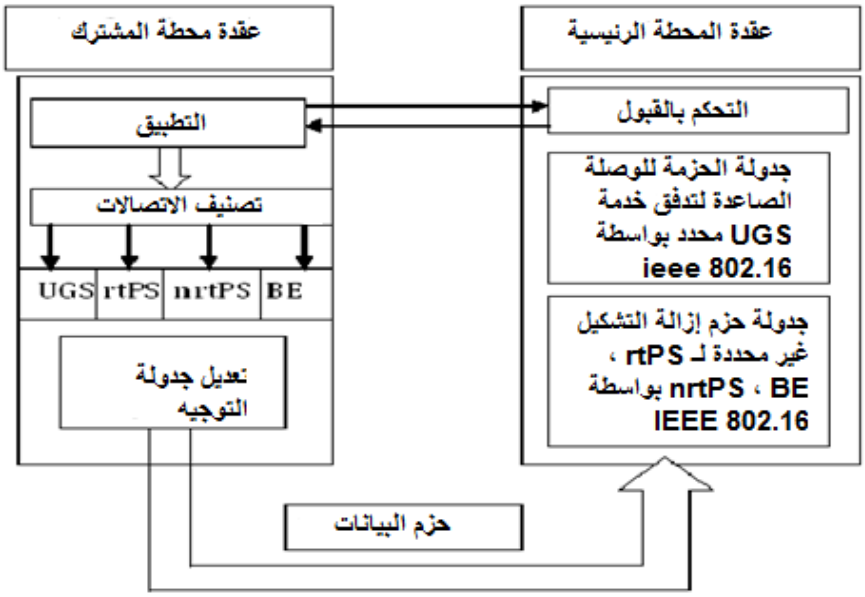
وهي عبارة عن محطات مشتركين (SS) مصممة لإعادة توجيه الحركة إلى مناطق أخرى أو إلى محطات RS أخرى. قد تكون محطات إعادة الإرسال ثابتة (على سبيل المثال متصلة بمبنى) أو محمولة (على سبيل المثال مركبة في سيارة).

5- محطة متنقلة (MS):

وهي محطة مشترك (SS) تم تصميمها كمكوّن متحرك للاستخدام أثناء حركة المركبة. على النقيض من محطات المشتركين، تعمل المحطات المتنقلة بشكل عام بالاعتماد على البطاريات. كما تحوي المحطات المتنقلة على أجهزة راديو خاصة بالشبكات الموسعة WiMAX radios.

7.2. هيكيلة شبكة WiMAX

شبكة WiMAX هي مزيج من محطة المشترك (SS) والمحطة الأساسية (BS). وهنا يتم نقل الحزم من عقدة المصدر إلى عقدة الوجهة بعد إتباع جدولة متنوعة، وتقنية التعديل modulation وتقنية التوجيه [10].



الشكل (3)هيكلية شبكة WiMAX

8.2. جودة الخدمة في شبكات WiMAX

دائمًا ما توصف كلمة "الجودة" الدرجة التي تلبي بها مجموعة من الخصائص المتأصلة مطلبًا معينًا. يشير مصطلح جودة الخدمة إلى احتمالية تلبية شبكة الاتصالات لعقد مرور مُعطى.

في مجال الربط الشبكي، يمكن أن يطلق عليه احتمالية مرور الحزمة بين نقطتين بنجاح في الشبكة. إن جودة الخدمة (QoS) هي في الواقع قدرة عنصر الشبكة (مثل تطبيق أو مضيف أو موجه) على الحصول على مستوى معين من التأكيد على أن متطلبات حركة المرور والخدمة ستكون كافية. كما يوحي الاسم أنه مقياس لمدى وثوقية وانسجام الشبكة، فهناك عدد من البارامترات التي يمكن استخدامها لقياس مستوى أدائها في شبكة معينة مثل WiMAX.

وتشمل هذه العوامل تأخر الإرسال أو تأخير الرزمة، وتأرجح التأخير delay jitter، والنسبة المئوية للحزم المفقودة و.. الخ. الهدف الأساسي من جودة الخدمة الجيدة هو توفير الأولوية بما في ذلك

تحسين الإنتاجية والتحكم في التشويش وزمن الانتقال (المطلوبة من قبل بعض حركات المرور في الوقت الحقيقي والتفاعلية)، وتحسين خصائص الخسارة.

كما أن الصوت عبر بروتوكول الإنترنت VoIP هو تطبيق في الوقت الحقيقي حساس لفقد الحزمة، ولزمن التأرجح، والتأخير. لذلك، فإن تصميم (VoIP) مهم لضمان تسليم الحزم بشكل فعال في الوقت الحقيقي. لكن سيكون أداء VoIP في شبكات WiMax عرضة للتلف لأن هذه الشبكات تستخدم تقنية النطاق العريض.

لضمان جودة الخدمة في أي نموذج WiMAX يتم اقتراح خمسة أنواع من فئات الخدمة وهي [1]:

- خدمة المنح غير المطلوب (UGS) Unsolicited Grant Service
- خدمة الانتخاب في الوقت الحقيقي (rtPS) Real Time Polling Service
- خدمة الانتخاب في الوقت الحقيقي الموسعة (ertPS) Extended Real Time Polling Service
- خدمة الانتخاب في الوقت غير الحقيقي (nrtPS) Non Real Time Polling Service
- خدمة أفضل جهد (BE)Best Effort Service

فئات الخدمة لها تصنيفين رئيسيتين. يتضمن التصنيف الأول nrtPS وBE، بينما يتضمن الثاني UGS وrtPS و ertPS. في التصنيف الأول يمكن تطبيق أرتال الانتظار العادلة ذات الأوزان Weighted Fair Queuing (WFQ) : وتغيير جدولة Round Robin (RR) ذات الحصص الزمنية المتساوية كنظام مشترك، لا يتأثر فيه التأخير وزمن التأرجح. وفي التصنيف الثاني، تضع الخدمات في الوقت الحقيقي قيوداً كثيرة على البارامترات، مما يجعل الجدولة صعبة في تحديد حدود التأخير وتحمل التأخير وزمن التأرجح مع أقصى قدر من الإنتاجية.

- **Unsolicited Grant Service (UGS)**

يتم توفير تقسيم عرض النطاق الترددي الثابت على القاعدة الدورية بواسطة فئة الخدمة هذه. المطلوب فقط هو اتصال واحد. يهدف استخدام UGS إلى تطوير تدفقات البيانات في الوقت

الحقيقي التي تحتوي على حزم بيانات ذات أحجام ثابتة على فترات دورية، مثل VoIP دون قمع فترات الصمت. لا يتم إجراء أي طلب تنازع في UGS، ولا يتم طلب نطاق ترددي واضح بواسطة محطة المشترك (SS). توفر المحطة الأساسية BS فتحات وصول ذات حجم ثابت على فترات دورية لتدفقات UGS. ومع ذلك، يتم إهدار النطاق الترددي UGS أثناء المكالمات الصوتية غير النشطة.

- **Real Time Polling Service (rtPS)**

يتم استخدام فئة الخدمة هذه لتطوير تدفقات البيانات في الوقت الحقيقي، بما في ذلك حزم البيانات ذات الأحجام المتغيرة التي تعمل على فترات دورية، مثل مقاطع فيديو MPEG. تكمن ميزة rtPS في تقليل معدلات حركة المرور المحجوزة. يتم انتخاب تدفقات rtPS بواسطة المحطة الأساسية BS عن طريق انتخاب طلب الإرسال الأحادي Unicast Request Voting، والذي يكون متكررا بشكل كافٍ لتلبية متطلبات تأخير تدفقات الخدمة.

- **Extended Real Time Polling Service (ertPS)**

يدعم نوع جودة الخدمة هذا نقل الصوت عبر بروتوكول الإنترنت (VoIP) على طول فترة قمع الصمت. لن يحدث أي انتقال لحركة المرور خلال فترة الصمت. بارامترات QoS هي نفسها كتلك التي لنوع خدمة UGS.يبين الجدول التالي تطبيق ertPS. إن فئة الخدمة هذه مشابهة لـ UGS في أن المحطة الأساسية BS تقوم بتعيين الحد الأقصى للحركة المستدامة MST أثناء الوضع النشط ولا يتم تخصيص عرض حزمة أثناء فترة الصمت. قد تحتاج BS إلى استشارة المشتركين في الجوال لتحديد ما إذا كانت الفترة الصامتة قد انتهت.

- **Non Real Time Polling Service (nrtPS)**

يتم استخدام هذا النوع من فئة الخدمة لمرور معدل بت متغير في الوقت غير الحقيقي. وهو لا يدعم أي ضمان للتأخير، ويتم ضمان الحد الأدنى للمعدل. ويقوم هذا الصنف من الخدمات بتطوير تدفقات بيانات في الوقت الحقيقي المتسامحة مع التأخير لحزم البيانات المطلوبة ذات الحجم المتغير

مع معدل البت الأدنى. بالإضافة إلى ذلك، تعمل تدفقات nrtPS على شكل تدفقات rtPS ويتم انتخابها عبر التصويت على طلب النقل. لذلك، يمكن أن تتلقى تدفقات rtPS أيضًا بعض فرص الانتخاب للطلب أثناء اكتظاظ الشبكة. علاوة على ذلك، يسمح باستخدام طلبات التزاحم.

- **Best Effort Service (BE)**

صُممت فئة الخدمة هذه لدعم تدفقات البيانات التي لا تتطلب حد أدنى من الخدمة. يسمح لتدفقات BE باستخدام فرص طلب التزاحم. تستخدم فئة الخدمة BE أي عرض نطاق متبقٍ بعد تخصيص عروض النطاق المطلوبة لجميع الفئات الأخرى. يتم استخدام هذه الخدمة في العديد من التطبيقات، مثل الرسائل الإلكترونية وبروتوكول نقل الملفات (FTP). هذه التطبيقات لا تتطلب فترة انتظار صارمة. يتم تلخيص فئات QoS في الجدول التالي:

الجدول (3) فئات QoS

فئة الخدمة	الوصف	التطبيق
UGS	الحد الأقصى المستمر لفترة ممتدة أو بدون معدل انقطاع. الحد الأقصى من التسامح لفترة الانتظار تسامح التأرجح	Video VoIP Conference
rtPS	الحد الأقصى للمعدل المحجوز الحد الأقصى المستمر لفترة ممتدة أو بدون معدل انقطاع الحد الأقصى من التسامح لفترة الانتظار أولوية المرور معدل التأرجح	بث الصوت والفيديو (Streaming Audio and video)
ertPS	الحد الأقصى للمعدل المحجوز الحد الأقصى المستمر لفترة ممتدة أو بدون معدل انقطاع الحد الأقصى من التسامح لفترة الانتظار أولوية المرور	VoIP مع قمع فترات الصمت
nrtPS	الحد الأقصى للمعدل المحجوز الحد الأقصى المستمر لفترة ممتدة أو بدون معدل انقطاع الحد الأقصى من التسامح لفترة الانتظار أولوية المرور	FTP
BE	الحد الأقصى المستمر لفترة ممتدة أو بدون معدل انقطاع أولوية المرور	HTTP تصفح الويب

2. 9 الـ WiMAX في العالم العربي

تعتبر الجزائر أول من أطلق خدمة WiMAX في العالم العربي في العام 2007 بالإضافة إلى بلدان أخرى مثل الأردن، البحرين، العراق، الأردن، الكويت، لبنان، ليبيا، المغرب، السعودية، تونس والإمارات العربية المتحدة، واليمن وعمان. فقد بدأت شركة "سمارات لينك للاتصالات/ أس. أل. سي" بتقديم خدمات الانترنت عالي السرعة اللاسلكي في الجزائر باستخدام أجهزة "واي ماكس" في عام 2007

وأظهر تقرير لتقييم خدمة الـ WiMAX في العالم العربي شمل سبعة بلدان عربية (الأردن، لبنان، ليبيا، عمان، المملكة العربية السعودية، اليمن، والإمارات العربية المتحدة). بأن ليبيا لديها أدنى تقييم، في حين أن الإمارات لديها التقييم الأعلى. وكشف تقرير بحثي لمجموعة المرشدين العرب عام 2015 عن عروض WiMAX الإقليمية أن التكلفة الشهرية الإجمالية الفعلية لشبكة WiMAX (بمعدل سرعة 2 ميجابت في الثانية) في المنطقة العربية تبلغ في المتوسط 51 دولارًا أمريكيًا في الشهر .

كما ابتكرت المجموعة الاستشارية العربية مقياس WiMAX للقدرة على تحمل التكاليف (WAM) عند إدراج الناتج المحلي الإجمالي للفرد والناتج المحلي الإجمالي لكل أسرة في التحليل. في الأساس يتم حساب إجمالي التكلفة السنوية للنطاق العريض لخدمة WiMAX في بلد ما كنسبة مئوية من الناتج المحلي الإجمالي للفرد في ذلك البلد والناتج المحلي الإجمالي لكل أسرة، فكلما كانت النتيجة أعلى كانت الخدمة أقل تكلفة في ذلك البلد. كذلك تحتل الإمارات المرتبة الأولى في مقياس WiMAX للقدرة على تحمل التكاليف من حيث سرعة السرعة البالغة 2 ميجابت في الثانية.

الفصل الثالث

الصوت والفيديو عبر الانترنت

1.3. تلفزيون الانترنت IPTV

تقدم أنظمة IPTV خدمات التلفزيون الرقمي عبر الشبكات المتصلة باستخدام بروتوكول الانترنت IP للمستخدمين بتكلفة معقولة وجودة خدمة QoS مقبولة. وتتكون هذه الخدمات من الفيديو عند الطلب VOD، البث التلفزيوني المتعدد، وVoIP، والوصول إلى الويب / البريد الإلكتروني، وما وراء خدمات التلفزيون الكبلي التقليدية.

2.3. تحديات الـ Iptv

تعاني تكنولوجيا IPTV من العديد من التحديات لأنها تتطلب الإرسال في الوقت الحقيقي وتستعمل عناوين IP ذات الحساسية العالية لفقدان الرزم:

- إذا كان اتصال IPTV بطيئًا، فإن الفيديو لن يكون واضحًا أو سيتم فقدان عدد من حزم البيانات المتدفقة، لذا تكون هذه المشكلة أكثر حساسية عند بث IPTV الذي يتم الوصول إليه من خلال واجهة الارتباط اللاسلكي. ولحل مشكلات فقدان البيانات، يجب تحسين معدات الشبكة في التكنولوجيا اللاسلكية.
- تتطلب تكنولوجيا IPTV وجود قدرة اتصال عالية جداً للشبكة الأساسية خاصة لتقديم خدمات VoD (unicast).
- يجب أن يكون للخوادم سعة عالية وجودة عالية مما يعني حل باهظ الثمن. وبالإضافة إلى ذلك، يمكن تلخيص المشاكل الحرجة الأخرى لتكنولوجيا IPTV على النحو التالي:

- خسائر الرزم.
- زمن الانتقال.
- الكلفة.

ينظر إلي تقنية WiMAX كتهديد لمزودي خدمات الاتصالات الأخرى مثل (ADSL،Celluler) لكنها تعد حلاً يبعث على التفاؤل للوصول إلى خدمات IPTV في أي وقت في أي مكان نظرًا لوجود نطاق واسع من مناطق تغطية الشبكة، خاصة للمناطق البعيدة. مع الأخذ بالاعتبار الميزات البارزة لشبكات WiMAX، فإنه يمكن الوصول إلى IPTV بجودة الخدمة العالية لتدفق البيانات الصوتية والمرئية.

3.3. هيكلية البث التلفزيوني عبر الإنترنت IPTV اللاسلكية عبر WiMAX:

يهدف نقل البث التلفزيوني عبر الإنترنت (IPTV) عبر شبكات WiMAX المتنقلة إلى دعم خدمات IPTV لجميع المشتركين في أي مكان وفي أي وقت تبعاً لمناطق التغطية الواسعة وزيادة عدد اتصالات IPTV. كما تعتمد جودة الخدمة (QoS) لدعم خدمة IPTV المتنقلة على أداء الشبكة ومدى عرض النطاق الترددي. كما تتكون بنية IPTV من خمسة مكونات شبكة رئيسية [12]:

1- الطرف الرئيسي Head-end:

وهو المكان الذي يتم فيه استقبال أو تخزين المحتوى مثل القنوات التليفزيونية أو أفلام الفيديو عند الطلب وإعدادها للإرسال عبر البث المتعدد عبر مشغل شبكة IP الخاصة. وللوصول إلى هذه الشبكة، يجب أن يكون لدينا عرض نطاق ترددي كافٍ لدعم المزيد من قنوات IPTV لكل مستخدم بينما يسمح أيضاً بخدمات البيانات الأخرى.

2- خادم الوصول عن بعد واسع النطاق (BRAS) Broadband Remote Access Server:

وهو نقطة تجميع حركة المشتركين. كما يقوم أيضًا بتوثيق بيانات المشترك ، والتحقق من صحة سياسات وصول المستخدمين ، والتحكم في جودة الخدمة ، وتعيين عناوين IP وقنوات التوجيه والاستعلامات إلى الوجهات المعنية.

3- مجمّع وصول خط المشترك الرقمي (DSLAM) Digital subscriber line access multiplexer:

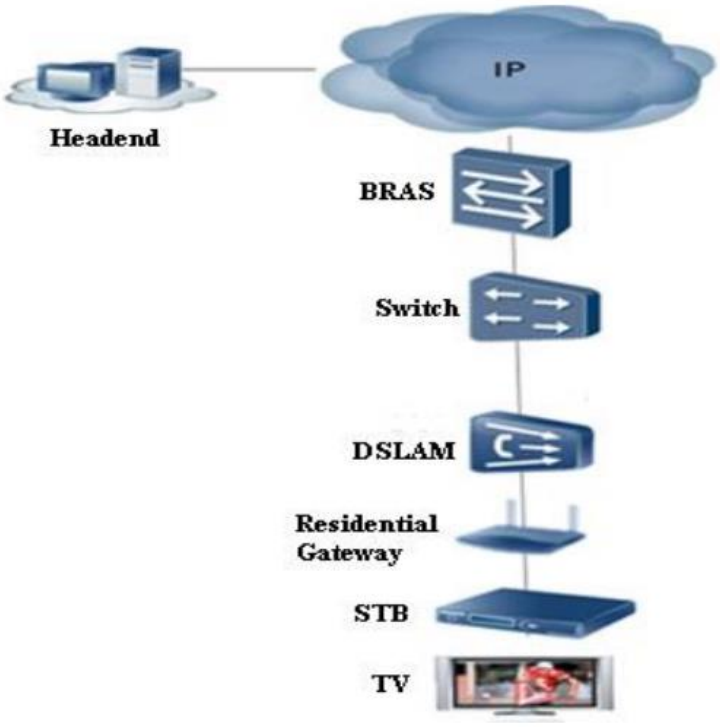
يعد DSLAM أول نقطة تجميع في الشبكة حيث يلتقي المشتركين في منطقة معينة. ويقوم بتجمع حركة المرور من المشتركين المتعددين. يمكن توصيل BRAS و DSLAMs مباشرة من خلال شبكة نقل الألياف البصرية القائمة على تراتبية رقمية شبه متزامنة (SDH) Plesiochronous Digital Hierachy أو على تراتبية رقمية متزامنة (PDH) Synchronous Digital Hierachy عبر مفتاح تجميع ، بينما يتم توصيل المشتركين بـ DSLAM من خلال كابلات نحاسية.

4- جهاز الاستقبال (STB) Set Top Box:

هو المضيف النهائي المستخدم الذي يستقبل فيديو IPTV. تتمثل الوظيفة الرئيسية لجهاز الاستقبال في تلقي تدفقات الوسائط المتعددة من شبكة IP ، وفك الشفرة ، ونقلها إلى أجهزة التلفزيون ، وجعل المستخدمين قادرين على الاستمتاع بخدمة IPTV.

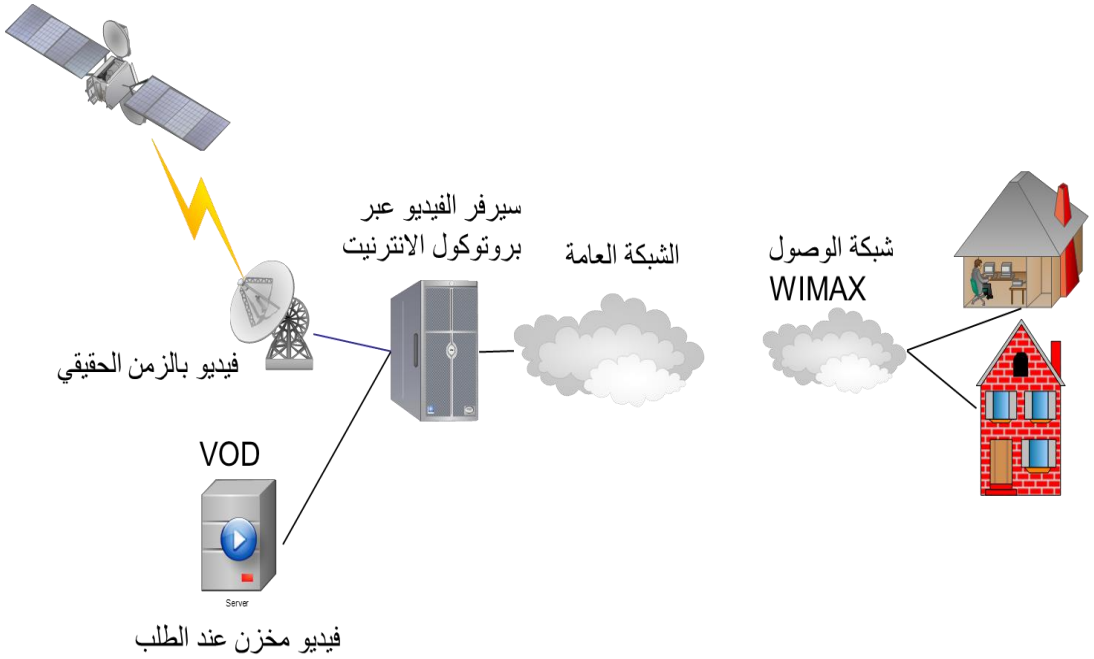
5- نقطة الالتقاء (RP) Rendezvous point:

هو جهاز توجيه تم إعداده ليتم استخدامه كجذر لشجرة التوزيع غير الخاصة بالمصدر non-source-specific distribution tree لمجموعة الإرسال المتعدد. يتم إرسال رسائل الانضمام من أجهزة الاستقبال باتجاه نقطة الالتقاء RP ، حيث يتم إرسال البيانات من المرسلين إلى نقطة الالتقاء بحيث يمكن للمستقبلين اكتشاف من هم المرسلين والبدء في تلقي البيانات.



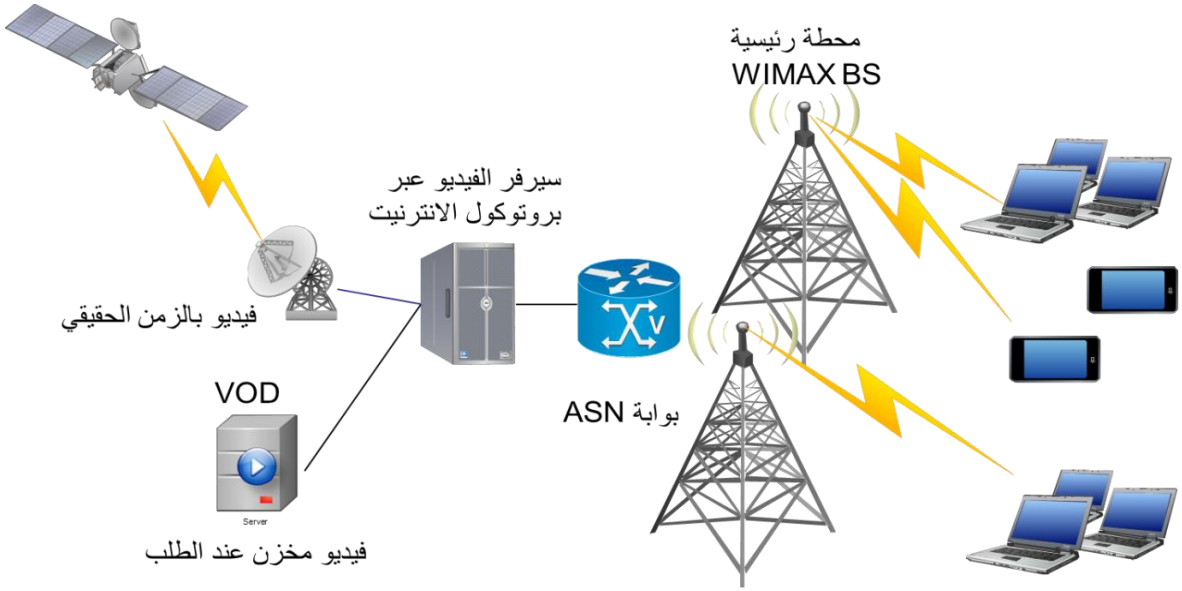
الشكل (4) بنية IPTV

بنية الشبكة العامة الخاصة بتطبيق IPTV عبر WiMAX مبينة في الشكل (5).



الشكل (5) تلفزيون الانترنيت عبر شبكة موسعة ثابتة

كما يبن الشكل (6) بنية IPTV المتنقلة عبر WiMAX



الشكل (6) بنية IPTV المتنقلة عبر WiMAX

حيث إن بوابة شبكة النفاذ (ASN-GW) Access Service Network تابعة لمزود الوصول إلى الشبكة (NAP) Network Access Provider وتتألف من محطة رئيسية واحدة أو أكثر وواحدة أو أكثر من بوابات ASN التي تشكل شبكة النفاذ الراديوي.

تقوم بوابة شبكة النفاذ ASN بتنفيذ الوظائف التالية:

- اتصال الطبقة الثانية (Data Link Layer) القائم على IEEE 802.16e مع المحطة المتنقلة (MS).
- اكتشاف الشبكة.
- اختيار شبكة خدمة الاتصال ومزود خدمة الوصولCSN / NSP (Network Access Connectivity Service Network/ Provider) المفضل للمشترك.
- وكيل Authentication, authorization and accounting (AAA): التحقق من الهوية والسماح بالنفاذ وإدارة الحسابات.
- تأسيس اتصال IP بين شبكة الخدمة MS وشبكة خدمة الاتصال (CSN).
- إدارة الموارد الراديوية (RRM) وتخصيصها استناداً إلى سياسة جودة الخدمة و/ أو طلب من مزود خدمة الوصول NSP أو مزود خدمة التطبيقات (ASP).
- وظائف التنقل ذات الصلة، مثل التسليم، والعمر في الموقع، والاستدعاء مع ASN، بما في ذلك المنفذ sup للملكية الفكرية مع وظيفة الوكيل الأجنبي.

4.3. نظرة عامة على محتوى الفيديو:

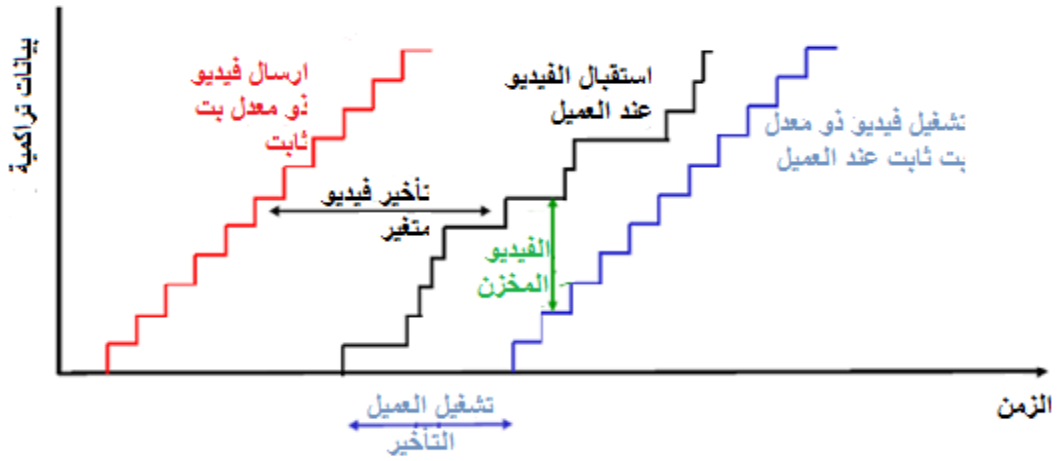
في هذا القسم، نلقي نظرة عامة موجزة عن محتوى الفيديو وخصائصه. حيث يشير محتوى الفيديو إلى معلومات الفيديو المتوفرة من مزودي خدمات الفيديو؛ وتشمل الأمثلة مجموعة واسعة من المسلسلات، ونشرات الأخبار، والأحداث الرياضية والأفلام في الوقت الحقيقي وتنسيقات الفيديو عند الطلب (VoD). يتم تنظيم المحتوى كتسلسل من إطارات الفيديو أو الصور التي يتم إرسالها أو "تتدفق" إلى المشترك وتعرض بمعدل إطار ثابت.

تدفق الفيديو هو بطبيعته متسامح مع الفقد ولكنه حساس للتأخير، مما يعني أن تشغيل الفيديو على أجهزة المشترك قد يتحمل درجة ما من فقد الإطار. ومع ذلك، يؤدي التأخير أو الاختلافات في استقبال دخل الإطار إلى انخفاض سريع في تشغيل الفيديو بشكل عام. في حين أن تدفق الفيديو في الوقت الحقيقي وVoD يمتلكان متطلبات نقل وتصفية مختلفة من الشبكة ومن مشغل فيديو العميل، يمكن تمييز محتوى الفيديو بعدة بارامترات بما في ذلك تنسيق الفيديو وعمق ألوان البكسل ومخطط الترميز ومعدل تداخل الإطار[6].

قد تتراوح تنسيقات الفيديو من 128 × 120 بكسل (اتجاه أفقي × رأسي) إلى ما بعد 1920 × 1080 بكسل مع أعماق ألوان مختلفة. تستخدم تنسيقات الفيديو الشائعة على الإنترنت (YouTube) غالباً دقة تبلغ 320 × 240 بكسل بينما في أمريكا الشمالية يستخدم قرص الفيديو الرقمي (DVD) 720 × 480 وتمتد معايير الدقة العالية HD إلى 1920 × 1080 بكسل. كلما زاد مستوى دقة إطار الفيديو و/ أو عمق ألوان البكسل، زاد حجم محتوى الفيديو الخام raw video.

إن مقاطع الفيديو هي سلسلة من الصور المعروضة بمعدل ثابت ويحتوي كل إطار على حيّز مكاني (ضمن) أو زماني (بين الصور) متكرر. وبالتالي، فقد تطورت العديد من أنظمة ترميز الفيديو لتخفيض حجم محتوى الفيديو الخام من خلال استغلال هذا التكرار مع موازنة الجودة. وتشمل هذه الأنظمة الترميز ITU H.26x وISO MPEG-x. تتراوح معدلات وصول الإنترنت بين إطارات الفيديو من 10 إطارات إلى 60 إطاراً في الثانية.

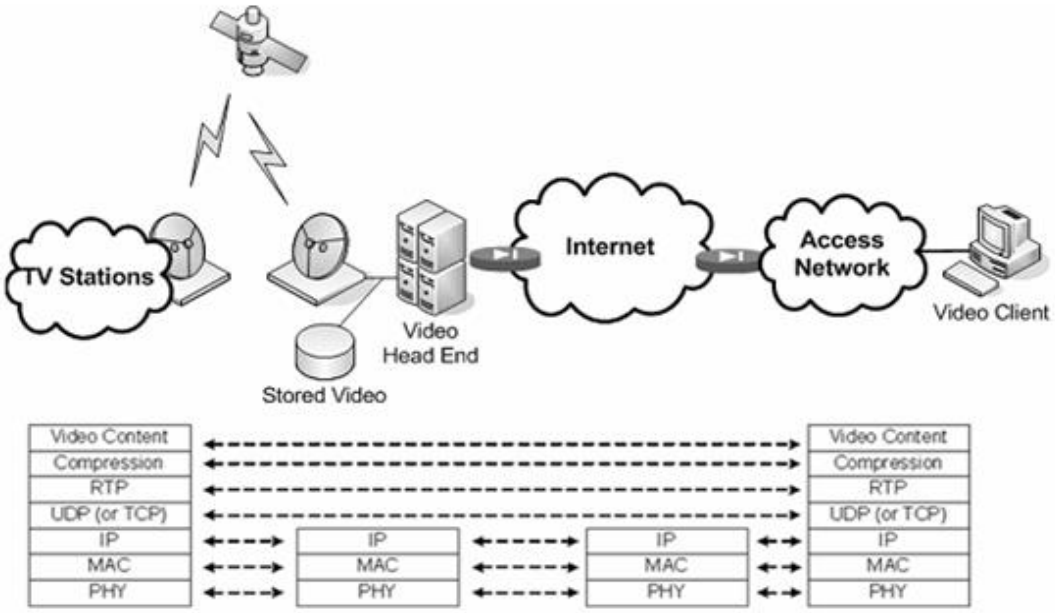
ويعتبر هذا البارامتر حرجاً بشكل خاص إذا كان من الممكن أن تؤثر ظروف الشبكة على معدلات الوصول بين الإطارات، والتي إذا ما تُركت بدون تعويض، فإنها تقلل من جودة تشغيل الفيديو إلى حد كبير. ويبين الشكل (7) ضرورة تشغيل الإطارات بمعدل ثابت لنظام الفيديو الخاص بالعميل وسط التأخيرات المتغيرة في وصول رُزَم إطار الفيديو. وتتعرض رزم إطار الفيديو بالأصل للتأخير من طرف إلى طرف بين المرسل والمستقبل. ويشمل هذا التأخير تأخير الانتشار وأي تأخيرات في المعالجة والانتظار في أجهزة التوجيه المتداخلة. نظرًا لأن التأخير في الطوابير يتغير ديناميكيًا وقد لا تعبر رزم الفيديو بالضرورة المسار نفسه بين خادم VoD ومحطة العميل، فإن التأخر من طرف إلى طرف (المشار إليه على أنه تأرجح) سيختلف [6].



الشكل (7) التخزين المؤقت المطلوب لدى عميل الفيديو

تخزن خدمات VoD محتوى الفيديو في الموقع المصدر بدلاً من توليده في الوقت الحقيقي. وبالتالي، يمكن استخدام وظيفة VCR لتسهيل وظائف مثل التوقف المؤقت والإرجاع والتقديم السريع مع تأخر بسيط في تنفيذ الأمر. يمكن إدارة أو عدم إدارة خدمات VoD.

كما هو مبين في الشكل (8)، فإن حزمة بروتوكولات خدمات تدفق الفيديو تتضمن عادة بروتوكول الوقت الحقيقي (RTP) الذي يخصص بنية الرزمة لبيانات الفيديو والصوت فوق بروتوكول طبقة النقل. يحدد RTP بعنوان ثماني البايت مع حقول البروتوكول لوصف نوع المحتوى المنقول (MPEG-2 , MPEG-4) وتسلسل الحزمة و الطابع الزمني Time stamping. بما أن RTP يقع فوق بروتوكول النقل، يتم نشره في الأنظمة النهائية end-systems وليس في قلب الشبكة. لا يوفر RTP آليات لضمان عرض النطاق أو تأخير الحزمة.



الشكل (8) طوبولوجيا بث الفيديو العام

تستخدم خدمات البث النموذجية أيضًا بروتوكول حزمة بيانات المستخدم (UDP) الذي يوفر أفضل خدمة جهد بدون تأخير أو ضياع أو ضمانات عرض النطاق الترددي. بخلاف بروتوكول التحكم في الإرسال (TCP)، يكون UDP بدون اتصال وغير موثوق به ولا يوفر التحكم في التدفق أو التحكم في الازدحام. إن الافتقار إلى الموثوقية وآليات التحكم في الازدحام هي خصائص مرغوبة في تسليم الوسائط لأن خوادم الفيديو يمكنها دفق محتواها بمعدل الترميز الأصلي لمحتوى الفيديو, دون أن تكون مقيدة بالتحكم في الازدحام عندما يحدث فقدان في الرزمة. بالمثل فأنه من غير المرغوب أن يعطي مخطط إعادة الإرسال TCP (بروتوكول التحكم في الإرسال) طبيعة حساسة للتأخير لتطبيقات الفيديو. يتم لاحقًا تغليف قطاعات UDP في وحدات بيانات IP أحادية البث للعنونة الصحيحة والتوجيه المناسبين إلى عملاء الفيديو. يمكن فقدان حزم بيانات IP بسبب تجاوز سعة المخزن

المؤقت لجهاز التوجيه أو تأخيرها بسبب ازدحام جهاز التوجيه، مما يؤثر على معدل تشغيل زبائن الفيديو. وبالتالي، يقوم زبائن الفيديو بتطبيق مخطط تخزين مؤقت للحفاظ على معدل التشغيل والتعويض عن تأرجح الشبكة. الهدف الأساسي هو الحفاظ على معدل تشغيل ثابت يتوافق مع معدل الترميز الأصلي. تمر حزم بيانات IPعبر طبقات MAC وPHY المناسبة ثم تنتشر عبر الإنترنت وشبكة الوصول إلى المشترك. محطات الفيديو تحفظ بشكل مؤقت، وتفك الضغط، وتشغل الإطارات بمعدل ثابت.

5.3. مقدمة عن الصوت والفيديو عبر بروتوكول الانترنت V2oIP:

في الوقت الحاضر غيرت تطبيقات الصوت والفيديو عبر بروتوكول الانترنت (V2oIP) مثل Google Talk،Yahoo Messenger،Skype من الطريقة التي نتواصل بها. حيث أن شبكات الاتصال الهاتفية المنقولة العامة التقليدية (PSTNs) غالية الثمن. كما يقدم V2oIP خيارا لتكنولوجيا بديلة تشمل بعض الأسباب:

أ- انخفاض تكاليف المعدات.

ب- انخفاض تكاليف التشغيل.

ت- التكامل مع تطبيقات الصوت والفيديو والبيانات.

ث- احتمالية تخفيض متطلبات النطاق الترددي.

ج- إمكانية الانتشار على نطاق واسع لبروتوكول الانترنت IP.

تحدد بارامترات (V2oIP) جودة الخدمة وتعتمد على تبديل العديد من برامج الترميز التي تستخدم لضغط وفك ضغط عيّنات الصوت والفيديو.

تعتبر شبكات Wi-Fi وWiMAX بمثابة حلول الوصول الواعدة إلى النطاق العريض لشبكات MAN اللاسلكية وشبكات LAN على التوالي. كما توفر هذه الشبكات المرونة لدعم تطبيقات الزمن الحقيقي مثل VoIP والفيديو عند الطلب VoD. تبين المقارنات أن شبكة Wi-Fi (IEEE 802.11) مناسبة أكثر لإمكانية الوصول إلى الانترنت اللاسلكي غير المكلفة، في حين أن WiMAX (IEEE 802.16) مناسبة بشكل كبير لتأمين مساحة تغطية كبيرة (حوالي 50 Km) ومعدلات بيانات عالية (تصل إلى 75 Mbps) باستخدام الوصلات الراديوية.

6.3. برنامج ترميز الصوت:

في البرمجيات، برنامج ترميز الصوت هو برنامج حاسوب يقوم بتطبيق الخوارزمية التي تضغط وتفك ضغط البيانات الصوتية الرقمية وفقا لتنسيق ملف صوتي معين أو تنسيق تدفقات وسائط الصوت. الهدف من الخوارزمية هو تمثيل إشارة الصوت عالية الدقة مع الحد الأدنى من عدد وحدات البت مع الاحتفاظ بجودة الصوت. ويمكن لهذا أن يقلل بشكل فعال من مساحة التخزين وعرض النطاق الترددي اللازم لنقل الملف الصوتي المخزن. يتم تنفيذ معظم برامج الترميز كمكتبات تتعامل مع واحد أو أكثر من مشغلات الوسائط المتعددة [7].

في الأجهزة، يشير برنامج ترميز الصوت إلى جهاز واحد يقوم بترميز الصوت التماثلي كإشارات رقمية ويفك ترميز الإشارات الرقمية إلى إصدارها التماثلي. بمعنى آخر، يحتوي على محوّل تناظري رقمي (ADC) ومحول رقمي تناظري (DAC) يعملان بشكل متزامن. يستخدم هذا في بطاقات الصوت التي تدعم كل من إدخال وإخراج الصوت. على سبيل المثال سنعرض المزيد من برامج ترميز الصوت الشائعة التي يمكن للأشخاص إيجادها خلال الانترنت.

كل برامج الترميز هي أجهزة أو برامج حاسوب قادرة على الترميز أو فك دفق البيانات الرقمية أو الإشارة. يطبق كل برنامج ترميز خوارزمية مختلفة عن الأخرى. برامج الترميز الأكثر شعبية هي المدرجة في الجدول التالي [7]:

الجدول (4) برامج ترميز الصوت

Codec	Data rate (kbps)	MOS score
G.711	64	4.3
G.723	5.3	3.6
G.726	32	4.0
G.728	16	3.9
G.729	8	4.0
GSM	13	3.7

فيما يلي بعض من برامج الترميز الصوتية [2]:

1- G.711: هو برنامج ترميز النطاق العام public domain codec يستخدم على نطاق واسع في تطبيقات V2oIP ويعتبر أعلى معدل بت بين برامج الترميز، إلى جانب أنه يقدم جودة صوت جيدة للغاية وقيم متوسط نقاط الرأي Mean Opinion Score (MOS) هي 4.3 [2].

2- G. 723 هو برنامج ترميز معتمد. وهي مصمم للمكالمات عبر وصلات المودم بمعدل 28.8 و33 كيلوبت في الثانية. وبالتالي، لديه نسختين مع معدلات بت متميزة: 5.3 و6.4 كيلوبت في الثانية.

3- G.722: هو معيار الاتحاد الدولي للاتصالات ITU-T لترميز الصوت عريض النطاق 7 kHz يعمل على 48 و56 و64 كيلوبت في الثانية. وهذا مفيد لتطبيقات الصوت عبر بروتوكول الانترنت VoIP مثل التي على شبكة محلية LAN حيث يكون عرض النطاق الترددي متوفراً بسهولة، ويقدم تحسينا ملحوظا في جودة الكلام عبر مرمزات نطاق التردد الضيق.

4- G.729: هو أيضًا برنامج ترميز مُصمم لتوفير جودة اتصال جيدة دون استهلاك نطاق ترددي كبير. وهي مبنية على أساس الخوارزمية الخطية للتنبؤ الخطي (CS-ACELP) ، مع معدل بتات 8 كيلوبت في الثانية وقيمة MOS هي 4.0 [3].

5- Speex: وهو عبارة عن تنسيق ضغط صوت خال من براءة الاختراع patent-free صمم للمحادثة. وهو أيضا برنامج ترميز خطاب حر يمكن أن يستخدم في تطبيقات VoIP والحلقات الصوتية podcasts. وهو يعمل بمجال واسع من معدلات البت من 2 إلى 44 كيلوبت في الثانية.

6- النظام العالمي للاتصالات المتنقلة GSM (Global System for Mobile communications): استخدمت مجموعة متنوعة من برامج ترميز الصوت لضغط الصوت بقوة 3.1 KHz إلى ما بين 6.5 و13 كيلوبت في الثانية. بالإضافة إلى كونها فعالة مع معدلات البت، جعلت هذه الرموز من السهل التعرف على الأجزاء الأكثر أهمية من الصوت، مما يسمح لطبقة الواجهة الهوائية air interface layer أن تعطي الأولوية لهذه الأجزاء من الإشارة وتحسن حمايتها.

7- Ilbc (Internet Low Bitrate Codec): وهو برنامج ترميز خطاب حر ضيق النطاق وخال من حقوق الملكية، تم تطويره بواسطة Global IP Solutions (GIPS) يعمل بمعدل بت ثابت 15.2 كيلوبت في الثانية لكل 20 إطار مايكروسوفت ms frames، 13.33 كيلوبت في الثانية لكل 30 إطار مايكروسوفت.

7.3. برنامج ترميز الفيديو:

برنامج ترميز الفيديو هو جهاز أو برمجية يمكّن من ضغط أو فك ضغط الفيديو الرقمي. للضغط عادة يستخدم ضغط البيانات "مع الفقد". هناك توازن معقد بين جودة الفيديو، وكمية البيانات اللازمة لتمثيله (المعروف أيضا باسم معدل البت)، وتعقيد خوارزميات الترميز وفك الترميز، والصلابة تجاه فقد البيانات والأخطاء، وسهولة التحرير، والوصول العشوائي، وخوارزمية الضغط، والتأخير من النهاية إلى النهاية، وعدد من العوامل الأخرى.

في هذه البحث، سنتحدث عن H.263 وH.264، وكلاهما معايير تم تطويرهما من قبل فريق خبراء ترميز الفيديو للاتحاد الدولي للاتصالات (VCEG):

1- H.263: هو معيار لضغط الفيديو مصمم أساساً كتنسيق ضغط بمعدل بت منخفض للاتصالات المرئية. وهو يدعم مجموعة محدودة من أحجام الصور مثل 96x128 و176 x144 و352 x288 و704 x576 و1408 x1152.

2- H.264: هو برنامج ترميز قياسي لضغط الفيديو، وهو حاليًا أحد أكثر التنسيقات استخدامًا للتسجيل والضغط وتوزيع مقاطع الفيديو عالية الدقة. يمكن أن تدعم دقة (4 K) 40966 ×2160 و3840 × 2160 بمعدل 60 إطارًا في الثانية.

8.3. آثار برامج الترميز Implications of Codecs:

معظم برامج الترميز الشائعة تقلل من جودة مقاطع الفيديو بمقدار معين من أجل تحقيق الضغط. إن الفقد نتيجة الضغط لا يمكن تمييزه تقريبًا عن الأصوات أو الصور الأصلية غير المضغوطة، اعتمادًا على برنامج الترميز والإعدادات المستخدمة. يتم استخدام الترميز من دون فقد لأرشفة البيانات في شكل مضغوط والاحتفاظ بكل المعلومات الموجودة في الدفق الأصلي. إذا كان الحفاظ على الجودة الأصلية للدفق أكثر أهمية من التخلص من أحجام البيانات التماثلية الأكبر، يفضل استخدام الترميز بدون فقد.

يتيح الترميز ذو معدل البت المنخفض استخدامات أكثر، ولكن لديه أيضًا تشوها أكبر. إلى جانب الزيادة الأولية في التشوه، ينجز الترميز ذو معدل البت المنخفض أيضاً، باستخدام خوارزميات أكثر تعقيداً والتي تعطي افتراضات معينة، مثل تلك المتعلقة الوسائط ومعدل فقد الرزمة. قد لا تعطي برامج الترميز الأخرى نفس تلك الافتراضات. عندما يتحدث مستخدم مع برنامج ترميز ذو معدل البت منخفض لمستخدم مع برنامج ترميز مختلف، سيكون هناك تشوه إضافي يتم إدخاله بواسطة كل تحويل.

9.3. جودة الخدمة في تطبيقات الصوت والفيديو:

تشير جودة الخدمة (QoS) إلى مجموعة واسعة من تكنولوجيات وتقنيات الشبكات. يتمثل الهدف من جودة الخدمة في توفير ضمانات حول قدرة الشبكة على تحقيق النتائج المتوقعة. تتضمن جودة

الخدمة (QoS) ترتيب أولويات حركة مرور الشبكة، وتثبت أهميتها للجيل الجديد من تطبيقات الإنترنت مثل VoIP وVoD ومؤتمرات الفيديو وغيرها من خدمات المستهلك.

تتضمن مقاييس جودة الخدمة (QoS) المستخدمة في تقييم برامج ترميز الفيديو الصوتية لتطبيقات الفيديو الصوتي عبر Wi-Fi/WiMAX:

1- التأخير Delay: فترة زمنية من انبعاث البت الأول من الرزمة عند المصدر إلى استقبال البت الأخير من الرزمة ذاتها في الوجهة؛

2- زمن التأرجح Jitter: التأرجح هو الاختلاف في وقت التأخير للحزم المتسلسلة. يؤثر التأرجح بشكل كبير في تطبيقات الوقت الحقيقي والتطبيقات الحساسة للتأخير، مثل الصوت والفيديو. قد يكون مقدار قليل من التأرجح مقبولاً، ولكن إذا زاد مقداره فسوف تتأثر التطبيقات الحساسة للتأخير سلبًا وسوف تصبح عديمة الفائدة. يتم قياس التأرجح عن طريق حساب الفرق في تأخير الحزم على مدى فترة معينة.

3- معدل فقد الرزم Packet Loss Rate: عدد الرزم المنقولة بشكل غير صحيح في إرسال معين.

4- متوسط نقاط الرأي Mean Opinion Score (MOS): مؤشر عددي للجودة المتوقعة للوسائط المستلمة بعد الضغط أو الإرسال. قيمة أسوأ جودة هي 1 وأفضل جودة هي 5.

كما هو موضح في الجدول التالي [1]:

الجدول (5) متوسط نقاط الرأي (MOS)

(MOS)Quality Scale	Score	Listening Effort Scale
EXCELLENT	5	No effort required
Good	4	No appreciable effort required
Fair	3	Moderate effort required
Poor	2	Considerable effort required
Bad	1	No meaning understood with effort

وفي الجدول التالي ترد المبادئ التوجيهية لقياس جودة الصوت لكل من التأخير والتأرجح من طرف إلى طرف. ويتم توفير هذه التدابير من قبل قطاع تقييس الاتصالات بالاتحاد الدولي للاتصالات. لإنتاج مكالمة صوتية بجودة عالية، يجب أن يكون نطاق التأخير من 0 إلى 150 مللي ثانية، مع تأرجح بين 0 و20 مللي ثانية. تعتبر جودة الصوت ضعيفة عندما يكون التأخير أطول من 300 مللي ثانية أو تأرجح أعلى من 50 مللي ثانية، كما هو موضح في الجدول. ويمكن قبول جودة الصوت إذا كان التأخير يتراوح بين 200 و300 مللي ثانية أو تأرجح بين 20 و50 مللي ثانية [1] .

الجدول (6) المبادئ التوجيهية لقياس جودة الصوت

Network parameter	Good	Acceptable	Poor
Delay (ms)	0-150	150-300	**>300**
Jitter (ms)	0-20	20-50	**>50**

10.3 الإرسال المتعدد Multicasting

إن موارد الشبكة الموجودة على الإنترنت الموجودة محدودة وعدد الطلبات التي تستخدم خدمات البث المتعدد IP تتزايد كل يوم. لذلك فإن البث المتعدد لبروتوكول الإنترنت IP هو وسيلة فعالة لتوزيع المعلومات من مصدر واحد إلى وجهات متعددة. إن غالبية التطبيقات تتطلب جودة خدمة موثوقة (QoS) على حساب موارد الشبكة المحدودة المتاحة. كما أن الارتفاع المستمر في التطبيقات التي تتطلب نموذج اتصال من واحد إلى عِدّة One to Many، يتطلب المزيد من البحث عن تصاميم جديدة وتنفيذ عمليات الإرسال المتعدد لبروتوكول الإنترنت IP. ويمكن تحقيق مثل هذا العمل البحثي باستخدام محاكيات متعددة من أجل تقديرات مستقبلية أسهل لنمو الشبكة والتحكم في مواردها المحدودة. ومن بين هذه الموارد المحدودة نذكر:

1- النطاقً المحدود لعنوان IP.

2- عرض النطاق الترددي المحدود للشبكة.

3- والعدد المحدود من أجهزة التوجيه القادرة على الإرسال المتعدد في قطاع الشبكة.

تشكل كل قناة بث تلفزيوني في شبكة IPTV مجموعة IP متعدد الإرسال IP Multicast. حيث يقوم المشترك بتغيير القناة عن طريق ترك مجموعة واحدة والانضمام إلى مجموعة مختلفة باستخدام بروتوكول إدارة مجموعة الإنترنت (IGMP) Internet Group Management Protocol [12].

بروتوكولات IPTV

يقوم نظام IP المتعدد الإرسال (IP Multicast system) بتوصيل البيانات إلى مجموعة من الزبائن المقصودين في نفس الوقت عبر إرسال واحد فقط من المصدر. ويتسع نطاقه إلى عدد أكبر من المستقبلين من خلال عدم طلب معرفة مسبقة عن هوية المستقبِلين أو عددهم. وللإرسال المتعدد فوائد كبيرة مقارنة بالإرسال الأحادي في تطبيقات واحد إلى عدة وتطبيقات عدة إلى عدة. كما يقلل

من عرض النطاق الترددي الذي يتطلبه التطبيق ويقلل الحمل على الخادم المرسل. كما أنه يستخدم على نطاق واسع في إرسال IPTV [12].

- **بروتوكول PIM**

بروتوكول الإرسال المتعدد المستقل (PIM) Protocol Independent Multicast. يستخدم على نطاق واسع في توجيه البث المتعدد. وله دور رئيسي في بناء شجرة التوزيع لتوجيه حزم الإرسال المتعدد. إن النهج الأساسي في معظم بروتوكولات الإرسال المتعدد لبناء أشجار التوزيع هي الوضع المتقطع Sparse Mode (SM) ووضع الكثافة Dense Mode (DM) .

PIM-SM: هو بروتوكول توجيه متعدد البث يمكنه استخدام قاعدة معلومات التوجيه الأحادي الرئيسية أو قاعدة معلومات توجيه متعدد منفصلة. يقوم ببناء أشجار مشتركة أحادية الاتجاه متجذّرة في نقطة الالتقاء (RP) لكل مجموعة، وتقوم بشكل اختياري بإنشاء أقصر مسار شجري لكل مصدر.

PIM-DM: عبارة عن بروتوكول توجيه متعدد البث يستخدم قاعدة معلومات التوجيه الأحادي الرئيسية لتدفق كتل البيانات متعددة الإرسال إلى جميع أجهزة التوجيه متعددة الإرسال. يتم استخدام رسائل التقليم Prune messages لمنع الرسائل المستقبلية من التزاحم على أجهزة التوجيه دون معلومات حول أعضاء المجموعة.

- **بروتوكول IGMP**

Internet Group Management Protocol (IGMP) هي آلية التحكم المستخدمة للتحكم في تسليم حركة مرور الإرسال المتعدد للمستخدمين المهتمين والمصرح لهم. تتضمن عملية IGMP الأساسية جهازين:

- مضيف IGMP الذي يصدر رسائل للانضمام أو ترك مجموعة الإرسال المتعدد.

- جهاز توجيه IGMP والذي يستجيب للارتباط وترحيل الرسائل لتحديد ما إذا كان يجب إعادة توجيه مجموعات الإرسال المتعدد عبر أحد الواجهات.

يوفر IGMP ثلاث وظائف أساسية لشبكات البث المتعدد لـ IP:

الانضمام JOIN: يشير مضيف IGMP إلى أنه يريد تلقي معلومات من ("أن يصبح عضوا في") مجموعة بث متعدد.

المغادرة LEAVE: يشير مضيف IGMP أنه لم يعد يرغب في تلقي المعلومات من مجموعة الإرسال المتعدد.

الاستعلام QUERY: يمكن لجهاز توجيه IGMP أن يستعلم من المضيفين عن المجموعات التي ينتمون إليها. يتم ذلك للتحقق من طلب JOIN / LEAVE أو للبحث عن شروط الخطأ.

- **IGMP Snooping**

هي آلية للتحكم في البث المتعدد تعمل في الطبقة الثانية من النموذج الشبكي Layer2. تحدد إمكانات الطبقة الثالثة Layer 3 القدرة على التبديل، يقوم المبدل switch باستخدام هذه الميزة لتحليل كل حركة مرور IGMP بين المضيفين وجهاز التوجيه المتعدد الإرسال ويقوم بتنفيذ عمليات مختلفة تبعاً لنوع حركة المرور. إذا كانت الرسالة "تقرير عضوية المضيف إلى جهاز توجيه الإرسال المتعدد"، سيضيف المبدل إلى قائمته رقم منفذ الإرسال المتعدد للمضيف. لذلك، سيتم إرسال حركة مرور الإرسال المتعدد إلى هذا المضيف فقط وليس لجميع المضيفين المرتبطين بالمبدل. وهذا يسمح بتوفير النطاق الترددي في شبكات مجموعات الإرسال المتعدد المجهزة.

يمكن أن يتوقف snooping agent عن إرسال حركة مرور الإرسال المتعدد عند استلام طلب المغادرة. يجب أيضًا على snooping agent الاحتفاظ ببعض الحالات المتعلقة بالموقّتات "زمن الاستجابة القصوى لاستعلام البحث" في حالة عدم إصدار رسالة مغادرة من عميل IGMP.

- **بروتوكول CGMP**

بروتوكول إدارة المجموعة من سيسكو (CGMP) Cisco Group Management Protocol هو بروتوكول مطور من قبل سيسكو الذي يقيّد إعادة إرسال حزم إرسال IP المتعدد إلى المنافذ المقترنة بعملاء بث IP المتعدد فقط.

يعمل CGMP بالاقتران مع رسائل IGMP لإعداد منافذ تبديل وسيط سيسكو Cisco Catalyst ديناميكيًا بحيث يتم توجيه حركة مرور البث المتعدد لبروتوكول الإنترنت IP فقط إلى هذه المنافذ المرتبطة بمضيفي البث المتعدد وبالتالي، فإنه يحفظ النطاق الترددي للشبكة على مقاطع المستخدمين من خلال عدم إرسال حركة مرور بث IP المتعدد غير الضرورية.

12.03 عنونة الإرسال المتعدد:

وفقًا لهيئة أرقام الإنترنت المخصصة (IANA)، يتم تحديد تخصيص عنوان IP متعدد الإرسال في ضمن الصنف D.

نطاق عناوين الصنف D لـ IP Multicast هو من 224.0.0.0 – 239.255.255.255. يجب أن تكون جميع عناوين الإرسال المتعدد ضمن الحدود المحددة لهذا الصنف. ويكون نطاق العناوين هذا مخصص لعنوان المجموعة أو عنوان الوجهة لحركة الإرسال المتعدد لبروتوكول الإنترنت IP فقط.

الفصل الرابع

محاكاة شبكات الحاسوب

1.4. مفهوم محاكاة شبكات الحاسوب

يقوم مفهوم محاكاة شبكات الحاسوب على أساس، نمذجة شبكات الحاسوب الحقيقية على شاشة حاسوب باستخدام برنامج حاسوب مخصص لهذا الغرض. ويقصد بشبكات الحاسوب الحقيقية، الشبكات المنفذة مسبقاً على أرض الواقع، أو الشبكات التي يخطط لتنفيذها في المستقبل. عملية النمذجة هذه أو المحاكاة هي عملية قليلة التكلفة إذا ما قيست بتكاليف تنفيذ الشبكة على أرض الواقع دون الدراسة المسبقة، آخذين بعين الاعتبار، كل التجارب التي قد تتم، والقطع والمعدات التي قد يتم تغيرها وربما لأكثر من مرة لحين الوصول إلى الهدف [8].

وهنالك هدفان أساسيان من استخدام برامج المحاكاة هما:

- أولاً: البحث العلمي، فعلى سبيل المثال، دراسة المعايير العالمية IEEE Standards لشبكات الحاسوب اللاسلكية وسبل تطويرها وكل ما يتعلق بها.
- ثانياً: الأغراض التجارية، حيث أن التغيرات التي نرغب بإجرائها على شبكتنا الحقيقية هي تغيرات مكلفة، والأخطاء البسيطة قد تؤدي إلى تكاليف باهظة، وأنه بالإمكان دراسة تنفيذ الشبكة حتى قبل أن يتم تنفيذها على أرض الواقع.

2.4. المحاكي Optimized Network Engineering Tool (OPNET):

OPNET هو برنامج خاص بمحاكاة شبكات الحاسوب وشبكات الاتصالات من شركة OPNET Inc. كانت بداية المحاكي في سنة 1986 كمشروع تخرج للطالب Alain Cohen وتم تحويله لاحقا إلى مشروع

تجاري وتم إصدار أول نسخه منه عام 1986. والآن تحوي الشركة حوالي600 موظف في عدة دول وأصبحت من أهم الشركات في العالم.

يستخدم OPNET من أجل دراسة شبكات الاتصال وأجهزة الاتصال. كما يستخدم من قبل الطلاب والباحثين والشركات المصنعة للتجهيزات الشبكية من أجل دراسة وتطوير نظم شبكات الاتصال وأجهزة الاتصال والبروتوكولات والتطبيقات. ويمتلك العديد من المميزات التي تجعل منه من أهم برامج المحاكاة على الإطلاق، حيث يمكننا من خلال بيئة عرض مرئية سلسة من محاكاة مختلف أنواع الشبكات السلكية واللاسلكية بأنواعها الشخصية والمحلية والمتوسطة وحتى الموسعة.

كما يتيح لغير المختصين بناء الشبكات ومحاكاتها بسهوله وإجراء الاختبارات والتعديل على البارامترات في نفس الوقت الذي يتيح فيه للمستخدمين المختصين بناء شبكات معقده مع إمكانية تعديل الشيفرة البرمجية أو إضافة شيفرات جديدة بحسب متطلبات الاختبار، ويتم بشكل مستمر تطوير وإضافة المعايير والبروتوكولات الجديدة في النسخ الحديثة. يمتلك OPNET ثلاثة وظائف أساسية هي النمذجة والمحاكاة والتحليل [9]:

- **النمذجة:**

يقدم OPNET مجموعة ضخمة من نماذج أجهزة الاتصال والتشبيك الجاهزة مع إمكانية إضافة أجهزة جديدة.

- **المحاكاة:**

يستخدم OPNET ثلاثة من أهم تكنولوجيا المحاكاة .

- **التحليل:**

بيانات ونتائج المحاكاة يمكن تحليلها بسهولة عن طريقOPNET .

- ويقدم OPNET نتائج المحاكاة عن طريق المخططات التي يمكن المستخدم تغيير نوعها بحسب متطلباته، وكذلك يؤمن OPNET إمكانية تصدي نتائج المحاكاة كبيانات نصية للاستفادة منها في برامج أخرى.

3.4. ميزات المحاكيOPNET :

- المحاكاة السريعة.
- العديد من المكونات والنماذج مع الكود البرمجي الموافق.
- واجهة محببة للمستخدم.
- سهل الاستخدام بالمقارنة مع البرامج الأخرى.
- متوافق مع معايير الشبكات السلكية واللاسلكية.
- تمثيل سهل للشبكات.
- القدرة على نمذجة الشبكات الموسعة WiMAX ودعم توسع الشبكات الموجودة.
- إمكانية إجراء التعديل على بارامترات الشبكة والنماذج والتطبيقات.
- القدرة على البرمجة ليست شرطًا عند استخدامه.
- مناسب جدا للطلاب والباحثين وللشركات المشغلة للشبكات.
- دعم نظم التشغيل 23 بت و 64 بت.
- إمكانية الاستفادة من مكونات ونماذج مكتبات برمجية خارجية

- درجة عالية في دقة نتائج المحاكاة.
- إمكانية الربط مع Excel لتحليل النتائج بحسب حاجات المستخدم

كما يقدم OPNET حلا موثوقًا ومجربًا من قبل العديد من المنظمات والشركات المصنعة للتطبيقات الشبكية وأجهزة الشبكات والاتصالات لتقييم أداء واختبار الشبكات والتطبيقات العاملة على الشبكة قبل تنفيذها عمليًا، لذلك قمنا باعتماده كمحاكي للشبكة الموسعة WiMAX [16].

الفصل الخامس

القسم العملي

القسم العملي

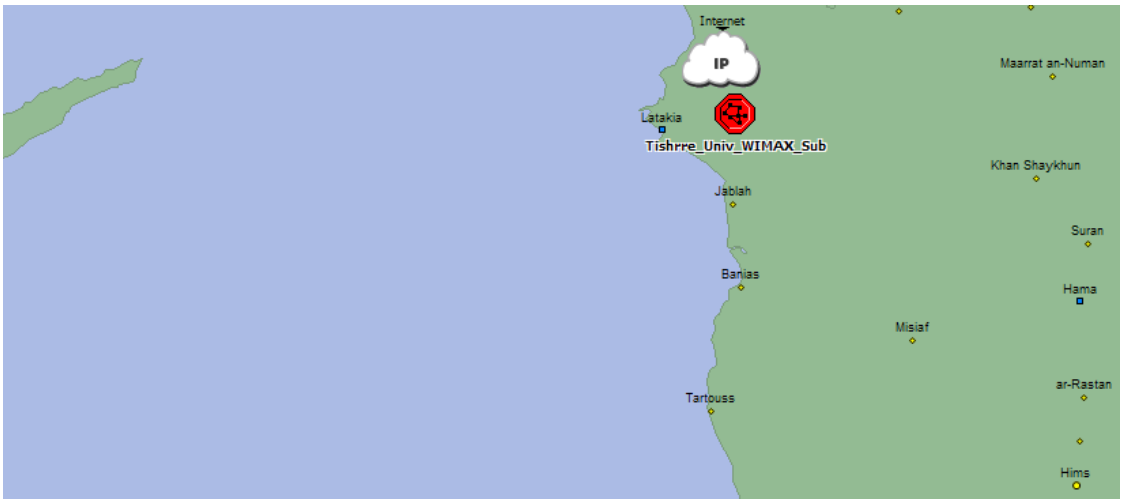
سنختبر شبكة WiMAX في سيناريوهين:

- السيناريو الأول: تغطية جامعة تشرين بشبكة WiMAX ثابتة.
- السيناريو الثاني: تغطية الطريق من جبلة إلى اللاذقية بشبكة WiMAX متنقلة.

1.5. السيناريو الأول:

فكرة المشروع هي تغطية جامعة تشرين بشبكة WiMAX بحيث:

- نؤمّن خدمة تقديم المحاضرات أو الفيديوهات التعليمية IPTV Service في مخدّمات الجامعة إلى الطلاب في أوقات محددة، وذلك عبر استخدام شاشات عرض موزعة في كليات الجامعة، وإمكانية بث هذه المحاضرات التعليمية أيضا عبر الإرسال المتعدد إلى كافة الطلاب الذين يحملون أجهزة متوافقة مع معايير الشبكات الموسعة. بالإضافة إلى إمكانية تقديم خدمات الإنترنت والبريد الالكتروني ونقل الملفات.
- بما أن غالبية الطلاب تمتلك حواسب محمولة أو أجهزة خلوية مزودة بكروت شبكه محلية لاسلكي، يمكن باستخدام نقطة وصول لاسلكية تشبيك هذه المعدات بشبكة WiMAX.
- لتغطية الجامعة والتي مساحتها تساوي 1 كم2 أي 1000 دونم، سنقوم بداية باستخدام محطة رئيسية واحدة WiMAX Base Station وسنرى عدد شاشات العرض التي يمكن لهذه المحطة تخديمها في نفس الوقت وباستخدام دفق فيديو عالي الدقة، بالإضافة إلى اختبار تشبيك أجهزة WiFi مع شبكة WiMAX عبر استخدام نقطة وصول، من أجل تمكين الوصول إلى الانترنت أو الانترانت الداخلي بدون الحاجة إلى توصيلات إضافية أو حجز بوابات DSL.
- يبين الشكل التالي موقع الشبكة المقترحة بشكلها المبدئي.



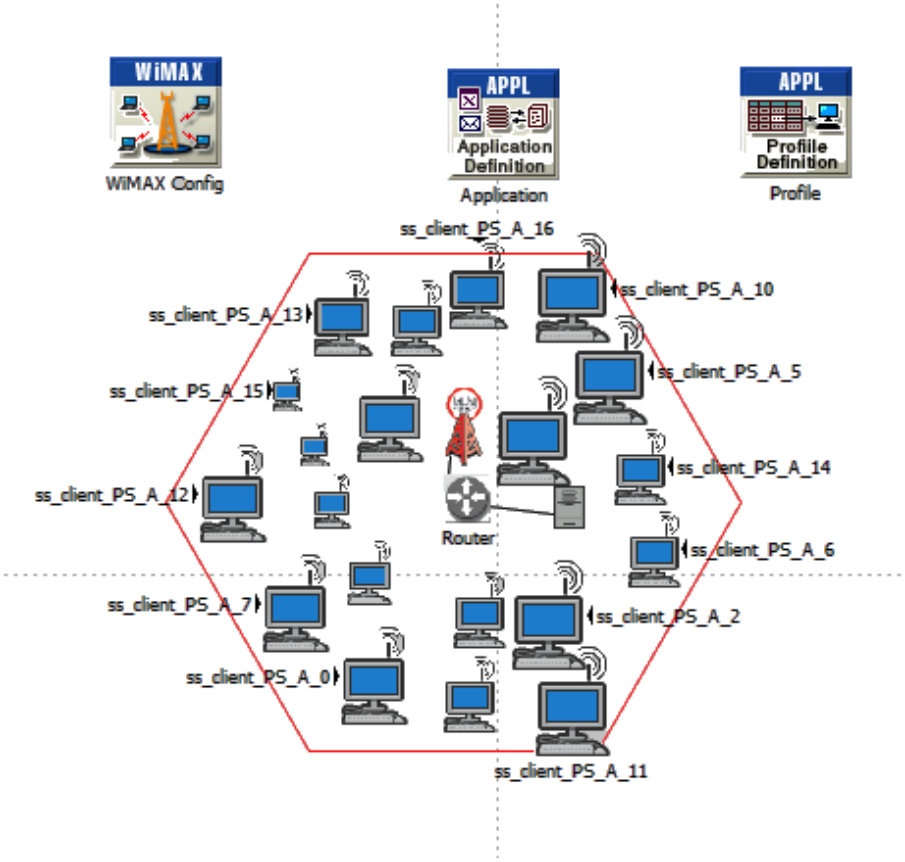
الشكل (9) موقع الشبكةعلى الخريطة

تحتاج الشبكة إلى كثير من الإعدادات لتامين دفق بيانات يحاكي بيانات فيدوية فعلية وتأمين عمل الشبكة بشكل صحيح. سنقوم في المرحلة التالية بتجهيز هذه الشبكة، واختبار أداءها ومن ثم الانتقال إلى الشبكة المتحركة.

1.1.5 مكونات الشبكة:

تتكون الشبكة من:

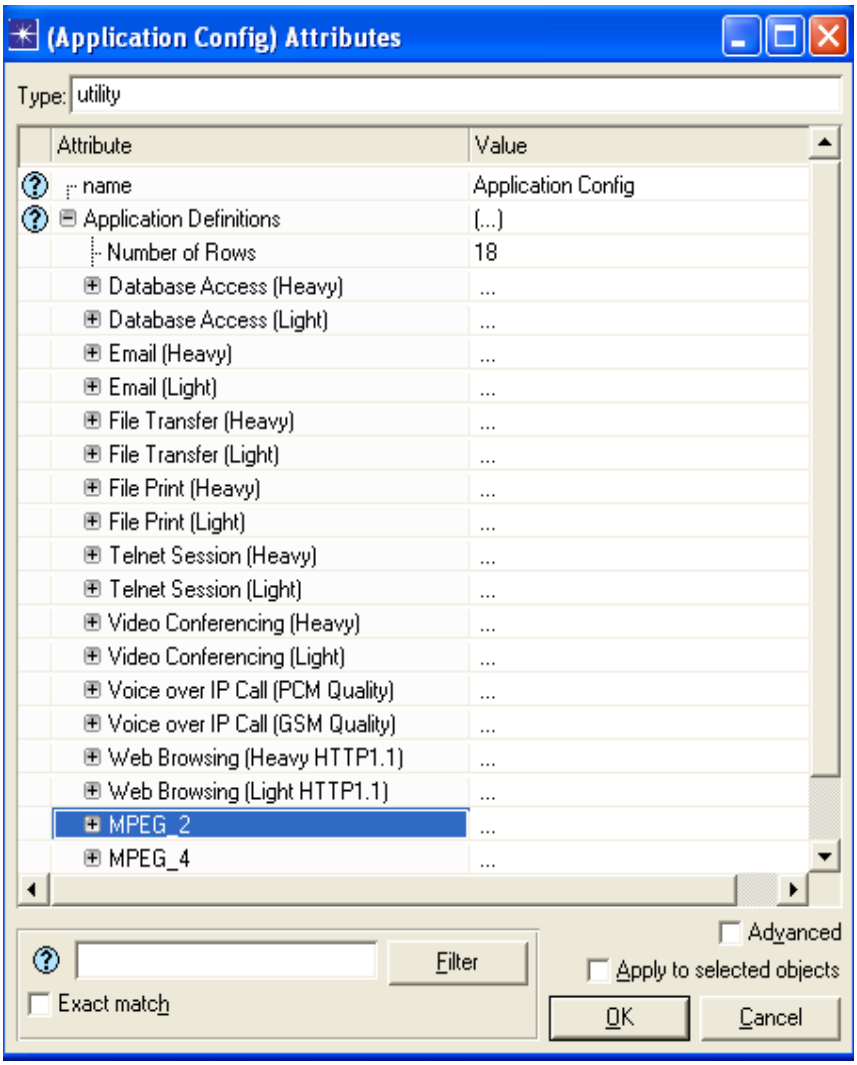
- المحطة الرئيسية "WiMAX_BS".
- بوابات عبور تصل بين شبكات WiFi وشبكات WiMAX،"SS_WiMAX_WLAN_AP_1".
- أجهزة مزودة بكروت WiFi (حواسب، هواتف خلوية، ...)، "WLAN_client".
- أجهزة مزودة بكروت WiMAX.
- موجّه Router.
- مخدّم رئيسي يحتوي على التطبيقات. يمكن أن يتوضع هذا المخدّم على شبكة الانترنيت أو أن يكون داخليا يخدم الشبكة الداخلية.



الشكل (10) مكونات الشبكة الموسعة

2.1.5 إعداد التطبيقات

سيتم إعداد المحاكي بمجموعه متنوعة من التطبيقات مثل تطبيقات الويب وتطبيقات نقل الملفات وخدمة نقل الصوت والفيديو عبر بروتوكول الانترنت بأحجام وجودة مختلفين بحيث يمكننا اختيار التطبيقات التي نحتاجها من هذه القائمة، والتحكم في حجم دفق البيانات لكل تطبيق.



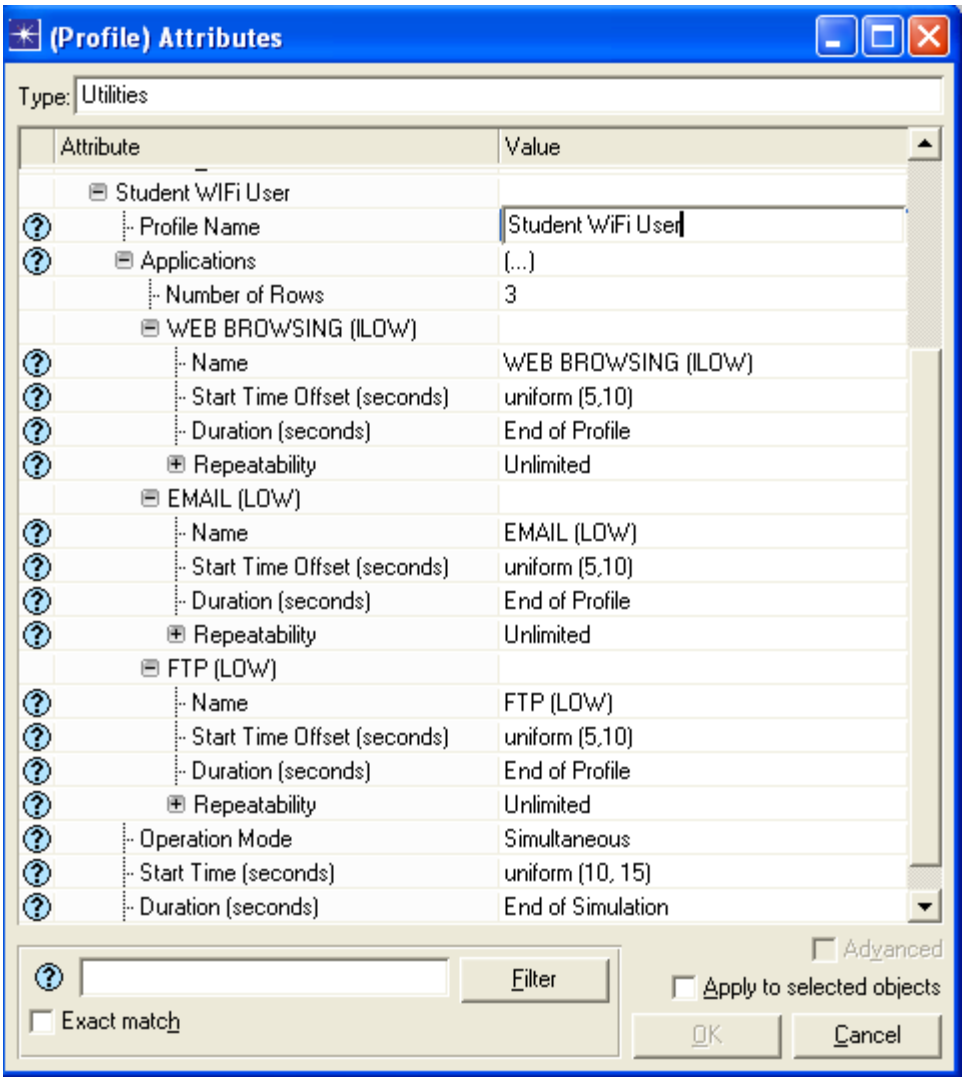
الشكل (11)إعداد التطبيقات

بالاعتماد على التطبيقات السابقة قمنا بإنشاء عدة ملفات profiles للتطبيقات:

- WiFi Users

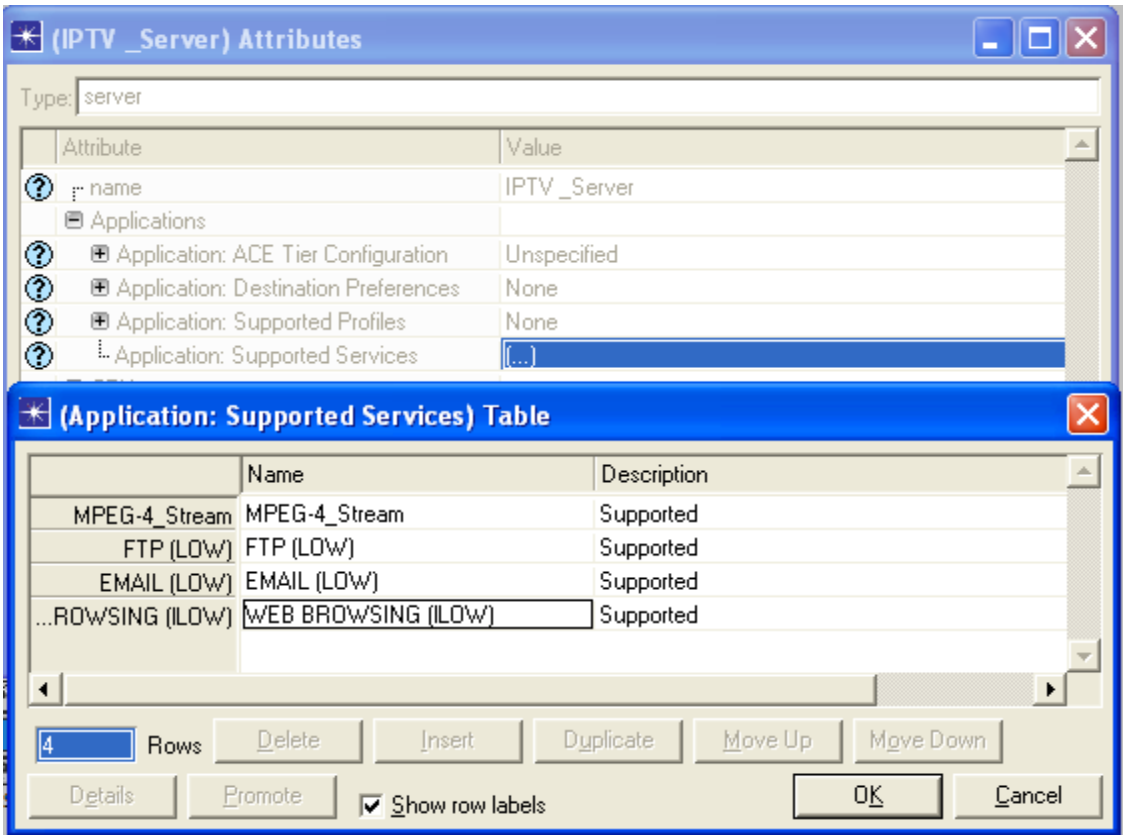
-IPTV MPEG4 USER -

بالنسبة لمستخدمي ملفات -WiFi Users . فيتم دعم تطبيقات تصفح الانترنيت والبريد الالكتروني ونقل الملفات بعرض حزمه محدود كي لا تؤثر على التطبيق الأساسي IPTV.



الشكل (12)إنشاء ملفات profiles

وسيتم إعداد المخدّم لتقديم الخدمة وإعداد الزبائن (الأجهزة المزودة بكروت WiFi أو WiMAX) للاستفادة والاشتراك بالخدمة.



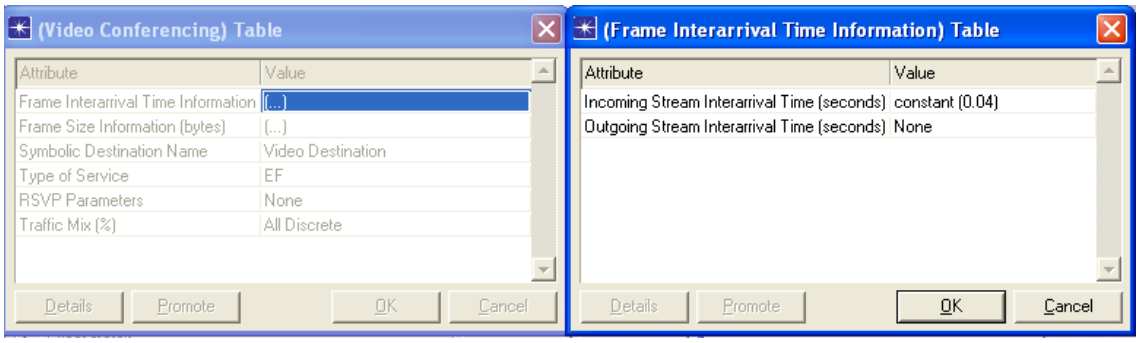
الشكل (13)إعداد المخدّم

3.1.5 متطلبات جودة الخدمة لعمل الفيديو عبر الانترنيت

الجدول (7) متطلبات جودة الخدمة

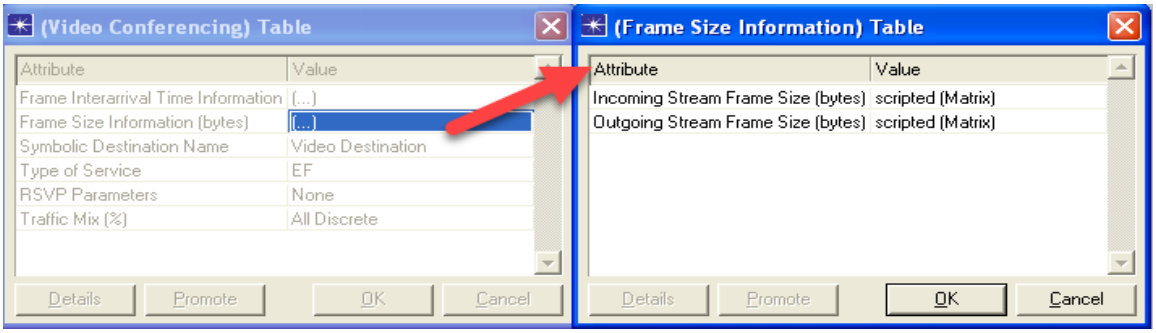
معامل الأداء	القيمة المقبولة
معدل النقل **Throughput**	[10Kpbs—5Mbps]
زمن التأخير **End to End Delay**	أقل من 200 ميلي ثانية
معدل فقد الحزم **Packet Lose Ratio**	أقل من 2.5%
زمن اختلاف تأخير الحزم (التأرجح) **Packet delay Variation (Jitter)**	أقل من 60 ميلي ثانيه

سنقوم باستخدام الفلم ماتريكس ذو الجودة العالية على سبيل المثال كعينة اختبار ويعبر دفق الفيديو في بحثنا هذا عن دفق بيانات MPEG4 الخاص بفيلم ماتريكس الجزء الثالث، وهو مستخدم في عدة مراجع للاختبار، ويتم تأمينه من خلال ملف Comma Separated Value CSV يحتوي على حجم الحزم المرسلة.



الشكل (14) الفواصل الزمنية بين الإطارات للفيديو MPEG4

في الشكل السابق قمنا بضبط الفاصل الزمني بين إطارات الفيديو إلى القيمة 0.04 أي أن عدد إطارات الفيديو المرسلة في الثانية $n = \frac{1}{0.04} = 25$ Frame Per Second (FPS)



الشكل (15) ضبط حجم الإطار لدفق الفيديوMPEG4

كما يبين الشكل السابق كيف تم ضبط حجم الإطار لدفق الفيديو بحيث يتم قراءة الحجم من ملف CSV.

4.1.5 خطوات إعداد بارامترات WiMAX:

الخطوات الأساسية اللازمة لتنفيذ وظيفة WiMAX في نموذج الشبكة:

1) تحديد فئات الخدمة.

2) إعداد وضع الكفاءة.

3) إعداد ملفات الطبقة الفيزيائية (PHY).

4) محطات المشتركين المترابطة مع محطات القاعدة.

5) تحديد تدفقات الخدمة.

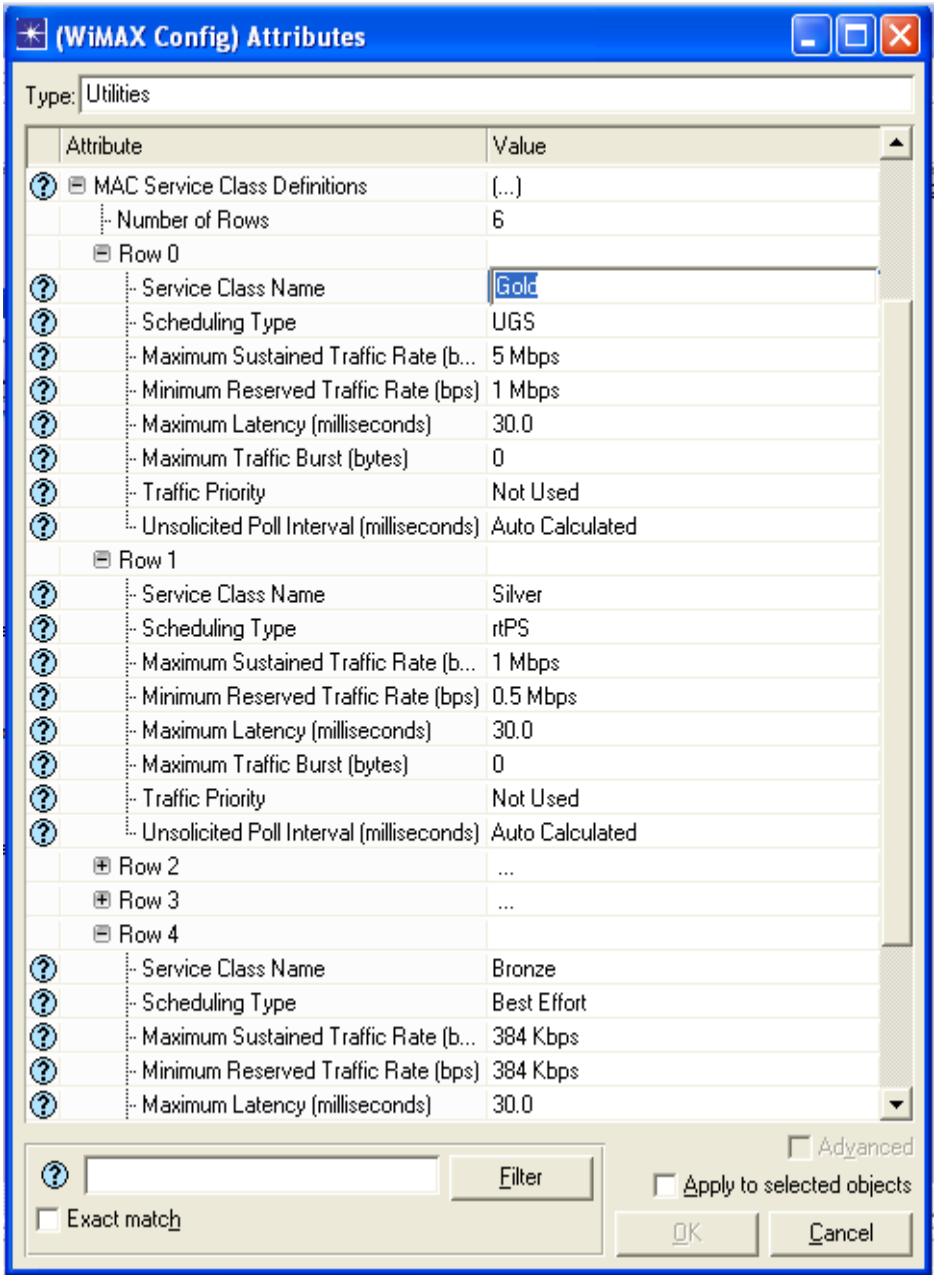
6) تعيين حركة المرور لفئات الخدمة.

7) إعداد محددات الطبقة الفيزيائية.

8) إعداد التنقل.

5.1.5 تعريف فئات الخدمة:

تقوم فئة الخدمة بتجميع متطلبات QoS لتدفقات الخدمة. يجب أن تحدد فئات الخدمة في خاصية تعاريف فئة خدمة MAC من كائن إعدادات WiMAX. يجب أن يحتوي كل سيناريو يتضمن WiMAX على كائن إعدادات WiMAX. ترتبط فئات الخدمة بتدفقات الخدمة عند عقد المشتركين subscriber nodes. ويحدد كائن الإعدادات بشكل افتراضي ثلاث فئات للخدمة: Gold وSilver وBronze. وخلال البحث تم استخدام الفئة الذهبية لتأمين دفق الفيديو عالي الجودة والفئة البرونزية لتأمين عرض الحزمة القليل لدفق الانترنيت والبريد الالكتروني ونقل الملفات، يمكننا تعديل محددات كل من فئات الخدمة هذه أو استبدال فئات الخدمة الافتراضية بفئاتنا الخاصة. كما يمكننا أيضا تكوين فئات خدمة متعددة لاستخدام نفس نوع الجدولة، ويجب أن يكون لكل فئة خدمة اسم فريد.



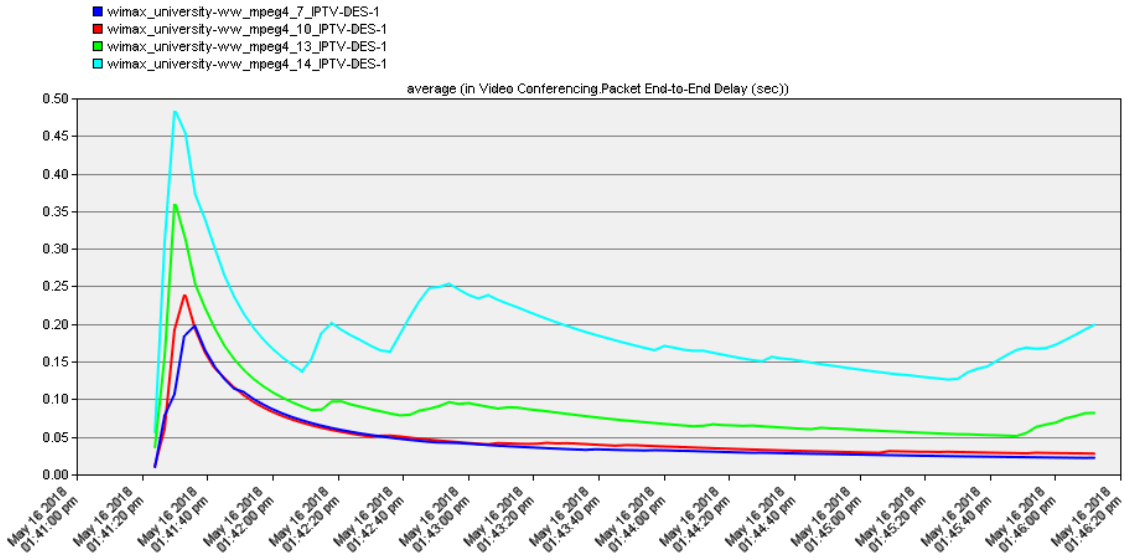
الشكل (16) إعدادات شبكة WiMAX

6.1.5 النتائج:

مقارنة عدد المستخدمين

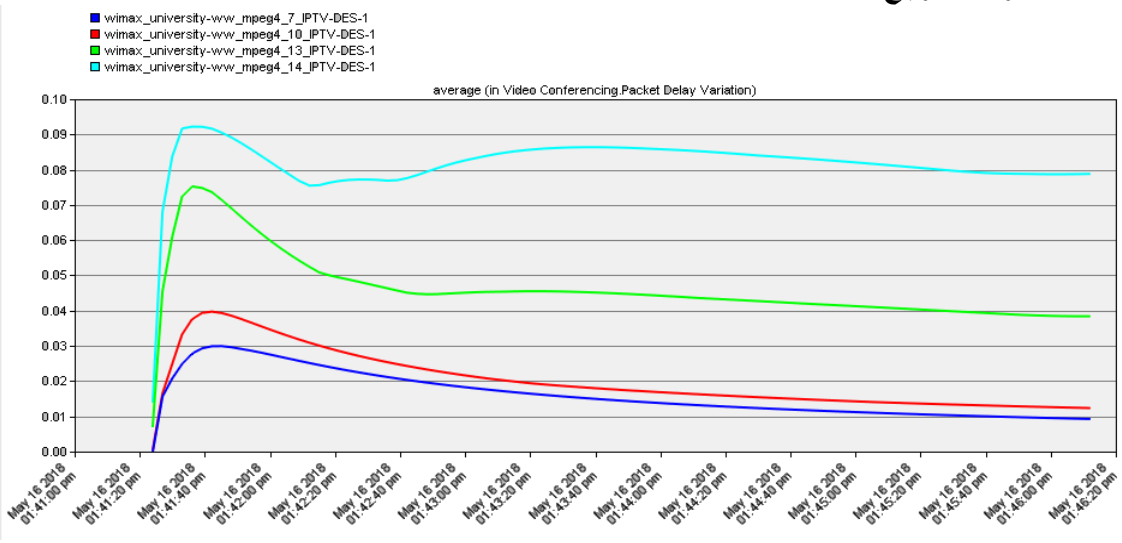
يتم تأمين دفق الفيديو المعبر عن فيلم ماتريكس حتى الزمن 300 ثانية، حيث قمنا بزيادة عدد المستخدمين، والذي نفترض أنها شاشات عرض موجودة ضمن كليات الجامعة، لمعرفة العدد الأعظمي من الفيديوهات التي يمكن بثها بنفس الوقت مع الحفاظ على جودة الخدمة المطلوبة. وسيتم التعبير عن عدد الفيديوهات لاحقا بعدد المستخدمين.

- **زمن التأخير**



الشكل (17) زمن التأخير

- **زمن التأرجح**



الشكل (18) زمن التأرجح

نلاحظ من الشكلين السابقين أن زمن التأخير والتأرجح في بداية المخطط يكون أعلى بسبب أن الإرسال إلى جميع المحطات يتم في نفس الوقت، وبعد فترة حوالي 20 ثانية تستقر الشبكة ويستقر زمن التأخير على قيمه أقل من 200 ملي ثانية ويستقر زمن التأرجح (أقل من 60 ميلي ثانية)، وضمن الحدود المقبولة حتى 13 مستخدم.

- **معدل فقد الحزم**

يتم حساب معدل فقد الحزم بالطريقة التالية:

$$\mathrm{PLR} = \frac{\mathrm{Lost_Packets}}{Lost_Packets + \mathrm{Recieved_Packets}}$$

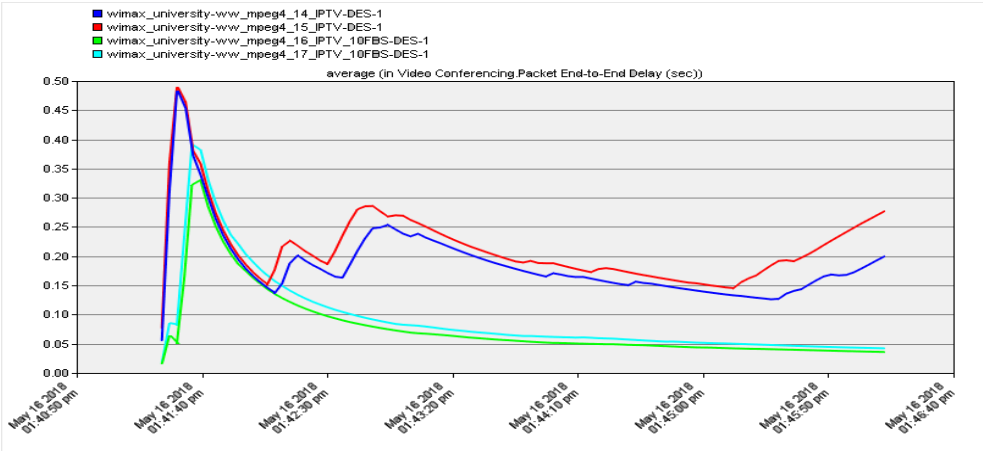
عند عدد مستخدمين مساو لـ 12 مستخدم تم إرسال 26591 واستقبال 26085 وبالتالي يكون معدل فقد الحزم PLR= 0.0198 وهو ضمن الحدود المقبولة.

نلاحظ أنه حتى 12 مستخدم أي 12 شاشة عرض موزعة في كليات الجامعة تعرض مواد تعليمية ومحاضرات مختلفة يمكن إرسال دفق الفيديو عالي الدقة بشكل مقبول، وبما أننا بحاجة للدقة العالية ولكننا لسنا بحاجة إلى معدل إرسال إطارات مرتفع، كالمعدل المستخدم بإرسال الفيلم وهو 25 إطار بالثانية، والذي يكون مناسب من أجل الحركات السريعة، أما من أجل المحاضرات التعليمية فيكفي

الحفاظ على الدقة, وغالبا لا توجد هناك حركة سريعة، لذلك سنقوم بإنقاص عدد الإطارات في الثانية لزيادة عدد الشاشات التي يمكن تركيبها بالجامعة لعرض محاضرات عالية الدقة، يبين الشكل التالي مقارنة إرسال الفيديو بعد إنقاص عدد الإطارات إلى 10 إطارات في الثانية.

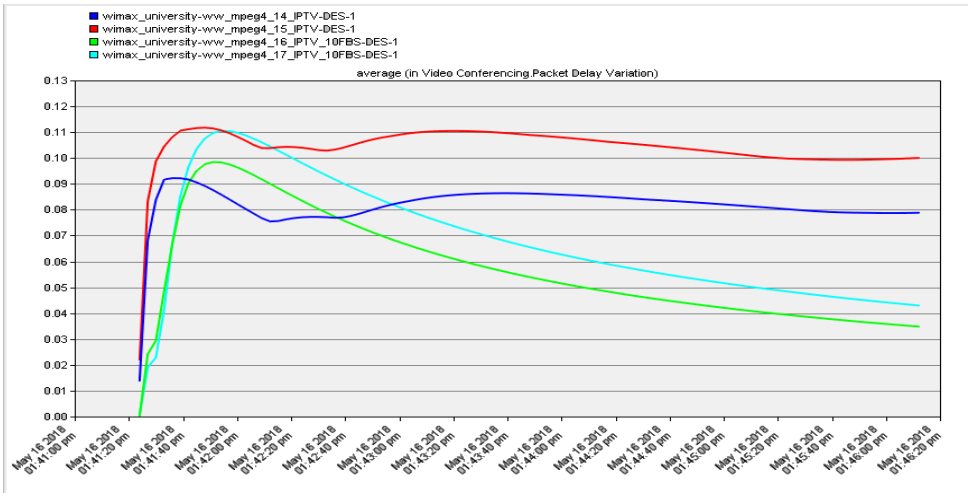
نتائج تخفيض دفق الفيديو إلى 10 إطارات بالثانية

- **زمن التأخير**



الشكل (19) مقارنة زمن التأخير عند تخفيض دفق الفيديو الى 10 إطارات في الثانية

- **زمن التأرجح**



الشكل (20) زمن التأخير في حالة 10 إطارات في الثانية

الشكلين السابقين يظهران مقارنة زمني التأخير والتأرجح عند إرسال الفيديو بالدفق الأساسي حيث عدد الإطارات (25 FPS) وبعد إنقاصها إلى (10 FPS)، حيث نلاحظ أن زمني التأخير والتأرجح كانا خارج الحدود المقبولة عندما كان عدد المستخدمين أكبر من 13 بالنسبة للدفق الأساسي (المخططين 17 و18)، وأنها يبقيان ضمن الحدود المقبولة حتى 17 مستخدم (المخططين 19 و 20)، ويتبقى بالتالي اختبار معدل فقد الحزم.

- **معدل فقد الحزم**

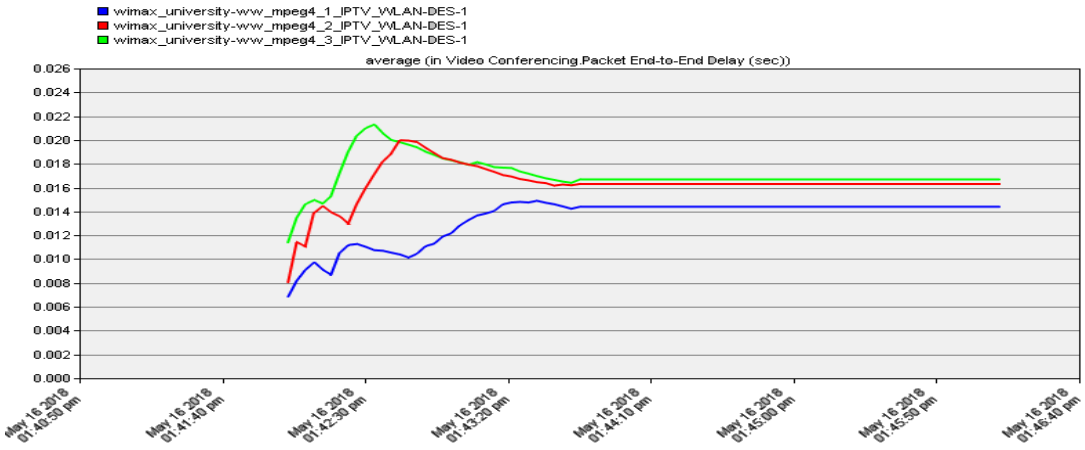
عند عدد مستخدمين مساوي إلى 17، تم إرسال 15477 حزمة وتم استقبال 15256 حزمة

وبالتالي PLR= 0.0142 وهو ضمن الحدود المقبولة.

إذاً نلاحظ أن تخفيض عدد الأطر المرسلة لدفق الفيديو إلى 10 إطارات في الثانية أدى إلى زيادة عدد المستخدمين إلى 17 مستخدم.

اختبار بوابة عبور WiFi-WiMAX

في حال قمنا باستخدام بوابات عبور WiFi – WiMAX من أجل تأمين الخدمة للمستخدمين الذين يمتلكون كرت اتصال شبكه محلية WiFi ولا يمتلكون كرت اتصال شبكة موسعة WIMAX فإنه يمكن لكل بوابة بث فيديوهين اثنين عاليي الدقة بمعدل 25 إطار في الثانية، وبعد هذا العدد يصبح معدل خسارة البيانات أعلى من القيمة المقبولة.



الشكل (21) زمن تأخير الحزم عند استخدام بوابة عبور WiFi

من الشكل السابق نجد أن زمن التأخير حتى ثلاثة محطات WI-FI يبقى ضمن الحدود المقبولة، لكن عند تواجد ثلاثة محطات فان معدل خسارة الحزم يصبح خارج الحدود المقبولة، ويبين الجدول التالي معدل خسارة الحزم بحسب عدد محطات WiFi المتصلة ببوابة العبور التي تصلها بشبكة WiMAX .

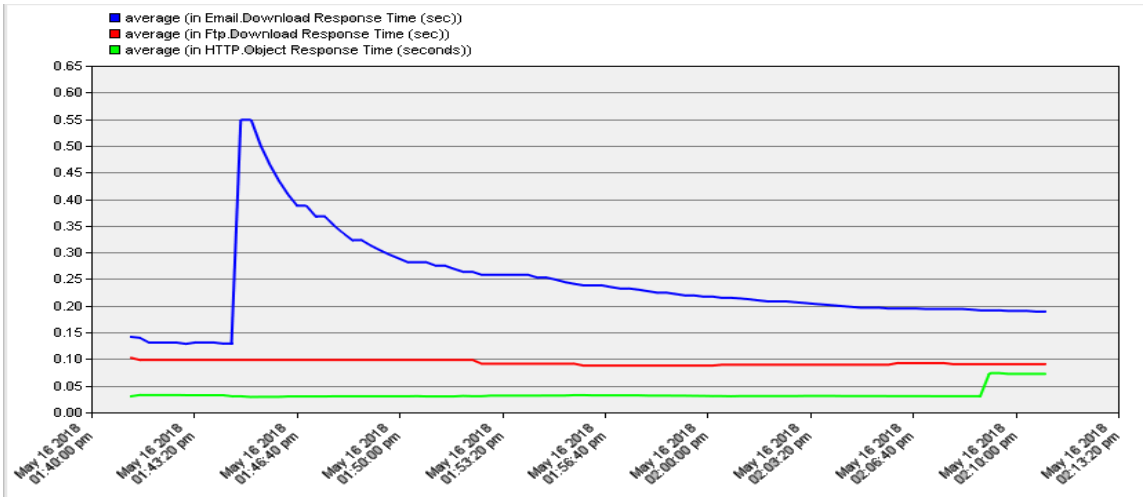
الجدول (8) معدل خسارة الحزم

عدد محطات WiFi	الحزم المرسلة	الحزم المستقبلة	معدل خسارة الحزم PLR
1	835	824	0.013173653
2	1670	1631	0.023353293
3	2504	2364	0.055910543

بيّن الشكل(21) أن قيمة التأخير الزمني ضمن الحدود المقبولة في كل الحالات، ولكن نلاحظ من الجدول السابق أنه عند وجود ثلاثة محطات Wi-Fi فان معدل خسارة الحزم يصبح خارج الحدود المقبولة (PLR = 0.055910543)، والسبب أن المحاكي Opnet يدعم نموذج الشبكات اللاسلكية المحلية المعتمدة على المعيار 802.11.b حيث معدل النقل الأعظمي 11 ميغابت في الثانية. وقد

ذكرنا سابقاً بأنه طرأت تحديثات عديدة لمعيار الشبكات اللاسلكية المحلية أصبح معدل النقل من رتبة الغيغا بت في الثانية مع استخدام مصفوفات الهوائيات MIMO Multiple Input Multiple Output، إلا أن المشكلة الأساسية للشبكات اللاسلكية المحلية تكمن في مدى تغطيتها المنخفض.

لذا نجد أنه من الأفضل استخدام هذه البوابات من أجل تأمين خدمة الانترنيت والبريد الالكتروني ونقل الملفات للطلاب، لأن هذه الخدمات لا تستهلك عرض حزمة كبير وتتحمل حصول تأخير في نقل الحزم. ويبين الشكل التالي كيف يمكن لمحطة WiFi واحدة متصلة مع محطة WiMAX الأساسية تزويد 20 مستخدم بخدمة الانترنت وخدمة البريد الالكتروني ونقل الملفات وضمن متوسط زمن تأخير قليل حوالي 200 ميلي ثانية للبريد الالكتروني وحوالي 100 ميلي ثانية لنقل الملفات و50 ميلي ثانية لتصفح الويب.



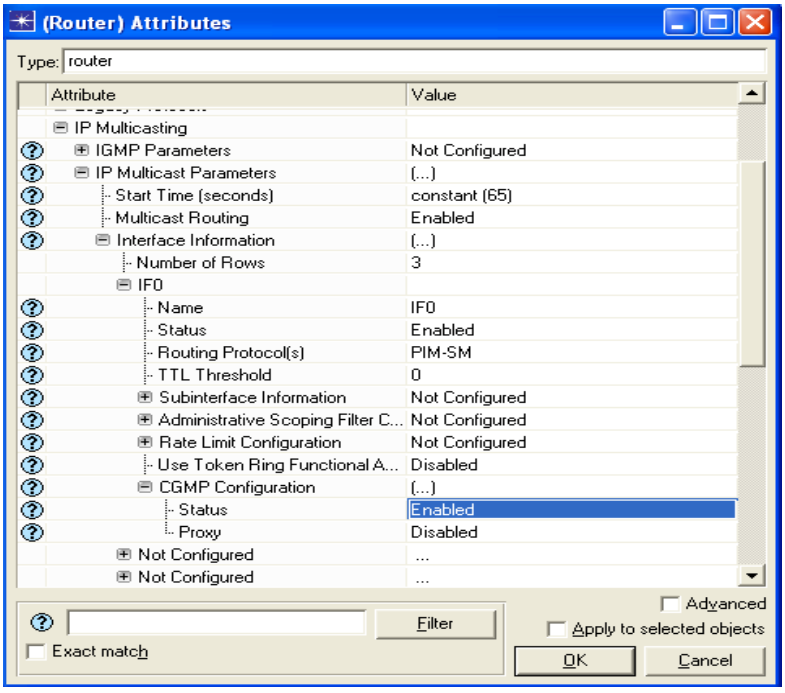
الشكل (22) زمن تأخير خدمة الانترنيت والبريد الالكتروني ونقل الملفات

التجربة السابقة تفترض دفق محدد UniCast من المخدّم لكل مستخدم، حيث يزداد عرض الحزمة المطلوب وعدد الحزم المرسلة من قبل المخدّم مع زيادة عدد المستخدمين.

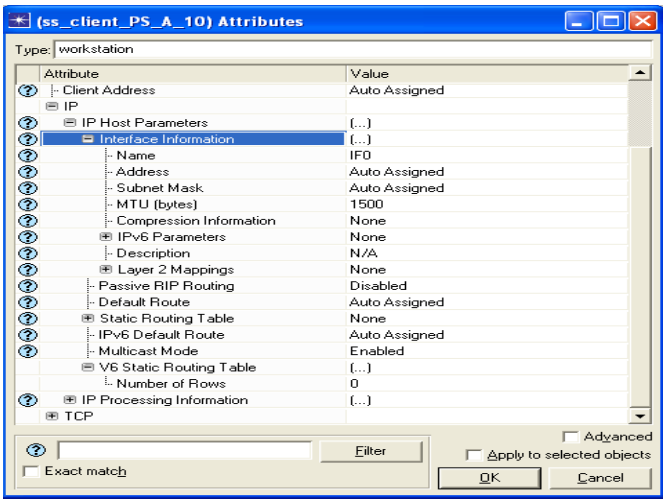
الاستنتاجات والمناقشة للسيناريو الأول:

من التجارب السابقة نستنتج أنه بالإمكان من خلال محطة أساسية واحدة إرسال 12 دفق فيديو مختلف عالي الدقة عبر بروتوكول الانترنيت بمعدل 25 إطار في الثانية، و17 دفق فيديو عالي الدقة بمعدل 10 إطارات في الثانية، وذلك باستخدام الإرسال الافتراضي العادي unicast.

وبالتالي يمكننا باستخدام الإرسال المتعدد Multicast، إرسال هذه الفيديوهات ليس فقط إلى الـ 17 شاشة عرض المتوضّعة ضمن كليات الجامعة، بل إرسالها أيضا بنفس الوقت إلى جميع الطلاب الذين يرغبون باستقبال الفيديو على أجهزتهم الشخصية المتوافقة مع الشبكات الموسعة، دون زيادة عرض الحزمة المطلوب أو زيادة الحمل على المخدّم. ودون أن تنخفض دقة العرض، كما ويمكنهم أيضا استعراض باقي المواد التعليمية المعروضة في الكليات الأخرى.



الشكل (23) إعداد الموجه لدعم الإرسال المتعدد



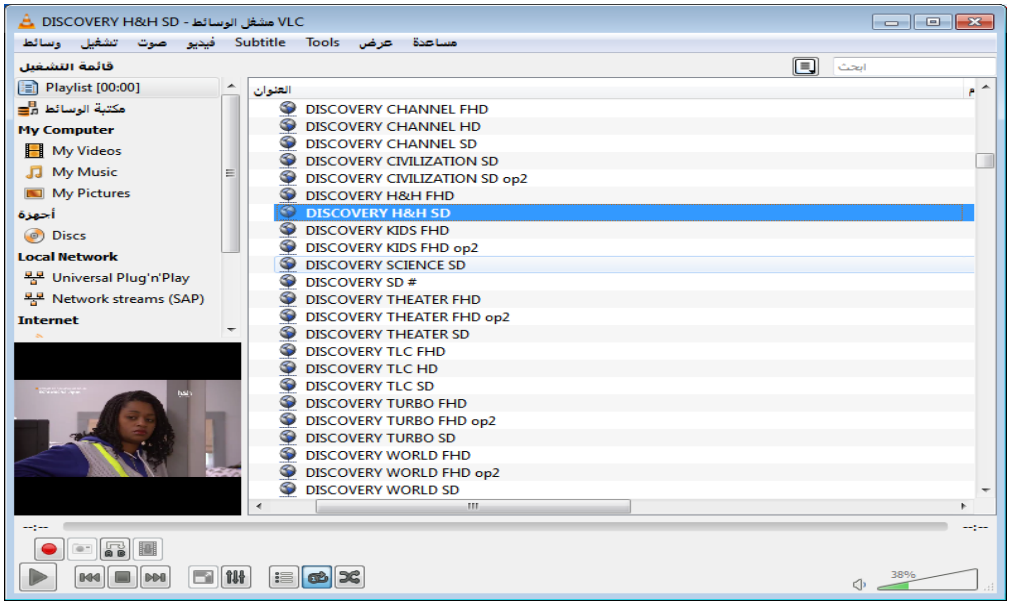
الشكل (24) تفعيل الارسال المتعدد لطرفيات WiMAX

تقوم شركة الاتصالات الخلوية في سوريا MTN حديثا بالاستفادة من تقنية الإرسال المتعدد في تقديم خدمة الفيديو والتلفزيون عبر بروتوكول الانترنيت IPTV، من ضمن حزمة خدمات الجيل الرابع LTE. حيث يوجد هنالك مجموعة أو باقة للقنوات الرياضية (أربع قنوات)، وباقة أفلام، وباقات أخرى، ويمكن لمستخدمي الشبكة الخلوية شراء ترخيص مشاهدة أي باقة من هذه الباقات، عن طريق تنصيب تطبيق على الموبايل، والاشتراك في استقبال القنوات عالية الدقة التابعة لهذه الباقات دون تكليف الشركة عرض حزمة إضافي (عرض حزمه قليل جدا لعملية الاشتراك والتحكم).

أيضا يمكن استقبال تلفزيون الانترنيت عبر خدمة ADSL وموجه WIFI، ولكن هنالك صعوبة في استقبال القنوات عالية الجودة (تأخير زمني مرتفع) مع اشتراك عرض حزمة 1 ميغابت في الثانية عند معظم المشتركين المسجلين، حيث يمكن لمستخدمين اثنين استقبال الفيديو منخفض الدقة، دون حصول تقطع أو تأخير كبيرين.

كما توجد بعض البرامج لاستقبال فيديو وتلفزيون الانترنيت IPTV تعمل على الحواسب الشخصية، ويمكن لأغلبها أن يعمل أيضا على الهواتف والأجهزة اللوحية العاملة بنظام أندرويد Android، من هذه البرامج DVB Dream, VLC, Prog DVB, KODI .

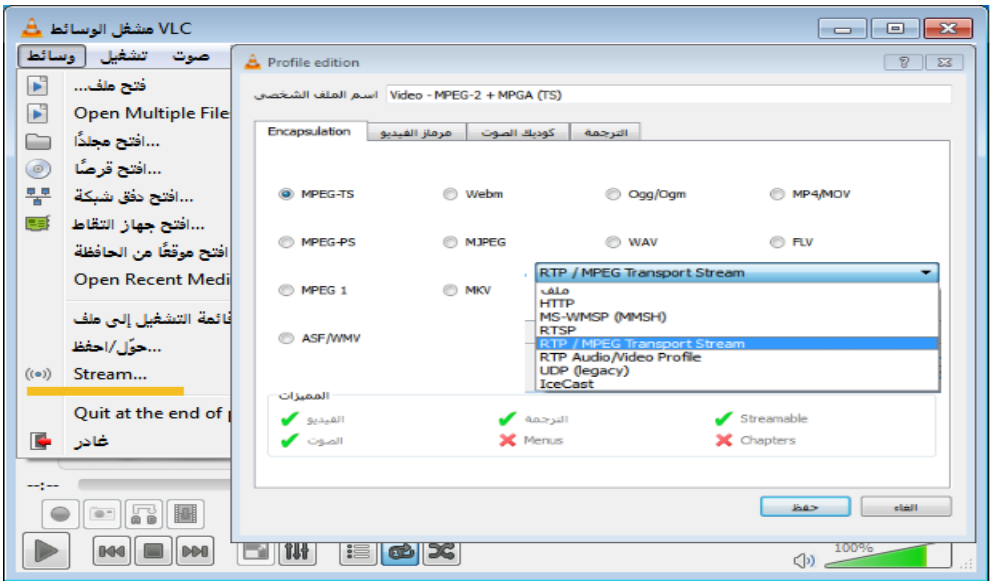
يبين الشكل التالي كيف يمكن استخدام برنامج VLC لاستقبال IPTV عبر حاسب شخصي.



الشكل (25) استخدام برنامج VLC لاستقبال دفق الفيديو المباشر IPTV والمخزن VODعبر بروتوكول الانترنيت

نلاحظ أن نفس القناة يتم بثها بمستويات جودة مختلفة لتلبية متطلبات المستخدمين الذين ليس لديهم عرض حزمة كاف.

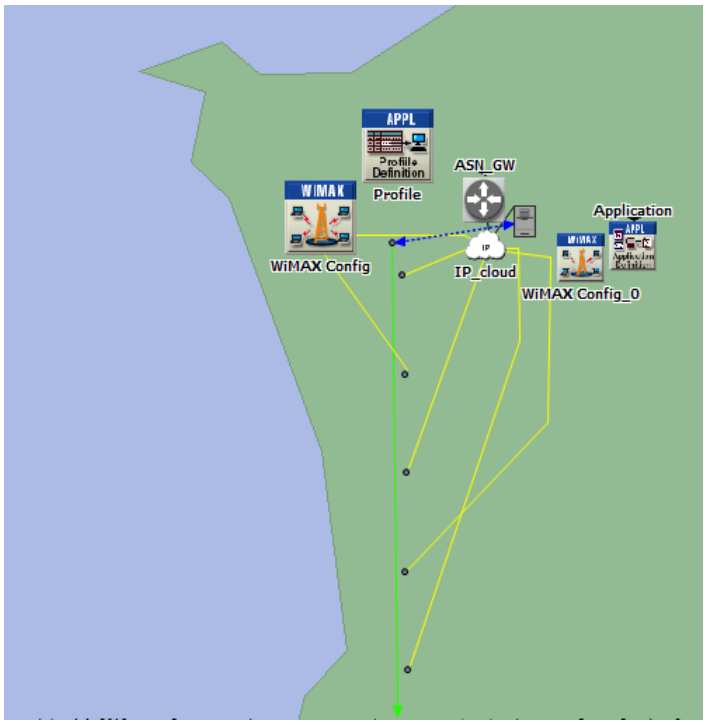
يمكننا أيضا في حالتنا استخدام برنامج VLC أو البرامج المشابهة لبث الفيديو والقنوات التعليمية في مخدمات الجامعة وفق عدة صيغ، ويدعم هذا البرنامج الإرسال المتعدد أو الإرسال المجموعاتي Broadcast للفيديو، كما ويمكن استخدامه لبث الفيديو المخزن أو الملتقط من المحطات الفضائية، إلى جميع الأجهزة اللاسلكية المجاورة، ويبين الشكل التالي هذه الآلية، حيث يمكن اختيار صيغة الفيديو وترميز الصوت والفيديو المراد استخدامهما مع إمكانية إضافة الترجمة.



الشكل (26) بث الفيديو باستخدام برنامج VLC

2.5 السيناريو الثاني:

سنقوم بدراسة تغطية الطريق بين جبلة واللاذقية بشبكة WiMAX باستخدام خمس محطات أساسية ويبين الشكل التالي بينية هذه الشبكة:



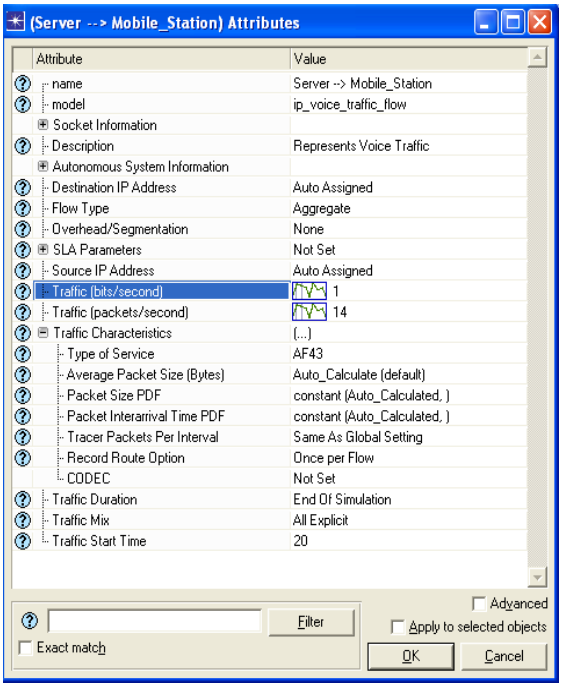
الشكل (27) بنية الشبكة المتنقلة

كما سنقوم بدراسة تأثير السرعة على عملية الانتقال بين الخلايا. كما يتم تأمين دفق البيانات باستخدام غرض مخصص لتأمين دفق البيانات بسبب عدم إمكانية استخدام تطبيقات قياسية، يتم الإرسال بمعدل عال مخصص يحاكي دفق الفيديو بمعدل 1000000 بت في الثانية.

3.5 اختبار الشبكات المتنقلة:

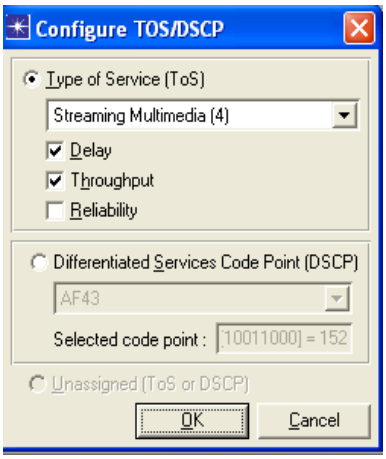
إن موضوع التسليم Handover هو أهم موضوع يواجهنا عند العمل مع الشبكات المتنقلة. حيث تؤمن عملية التسليم الاتصال المستمر للمحطة المتحركة. ويحدث هذا التسليم عندما تنتقل المحطة متنقلة mobile station من محطة رئيسية BS إلى محطة رئيسية أخرى. ويمكن الوصف من حيث نوع

التسليم بأنه يوجد تسليم قاسي وتسليم مرن. يُعرف التسليم القاسي باسم القطع قبل الوصل break- before- make، مما يعني أن المحطة المتنقلة MS تقوم بقطع الاتصال الموجود قبل إنشاء الاتصال مع المحطة الرئيسية الجديدة. أما في التسليم المرن فيتم تجهيز الارتباط مع المحطة الجديدة قبل فقد الاتصال مع المحطة القديمة وتبدأ إجراءات التسليم إذا كانت شدة الإشارة المستقبلة من المحطة الرئيسية المخدمة أقل من تلك الخاصة بالمحطة الرئيسية المستهدفة، قد تحدث عمليات تسليم غير ضرورية حتى لو استقبلت المحطة المتنقلة إشارة يمكن قبول نسبة الإشارة إلى الضجيج SNR الخاص بها. تتسبب عمليات التسليم المتزايدة هذه فقداً في البيانات وتؤثر في النهاية على جودة الخدمة في الاتصال. يمكن أن تجنب هذه الطريقة عمليات التسليم غير الضرورية إلى حد ما في حالة تحديد قيمة عتبة مناسبة. تؤدي قيمة العتبة الصغيرة إلى حدوث عمليات تسليم متكررة بينما قد تؤدي قيمة العتبة الكبيرة إلى تدهور جودة الاتصال [11].



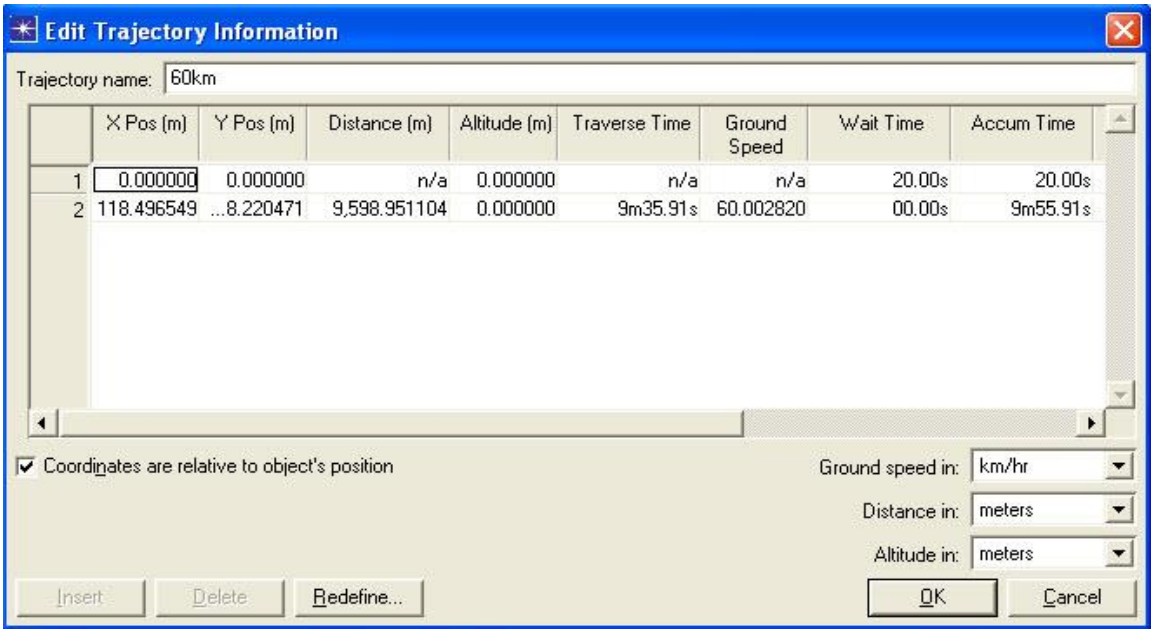
الشكل (28) دفق بيانات الشبكة المتنقلة

ونضبط نوع الخدمة Type Of Service لإعلام الشبكة أن هذه البيانات حساسة لزمن التأخير ومعدل النقل Throughput:



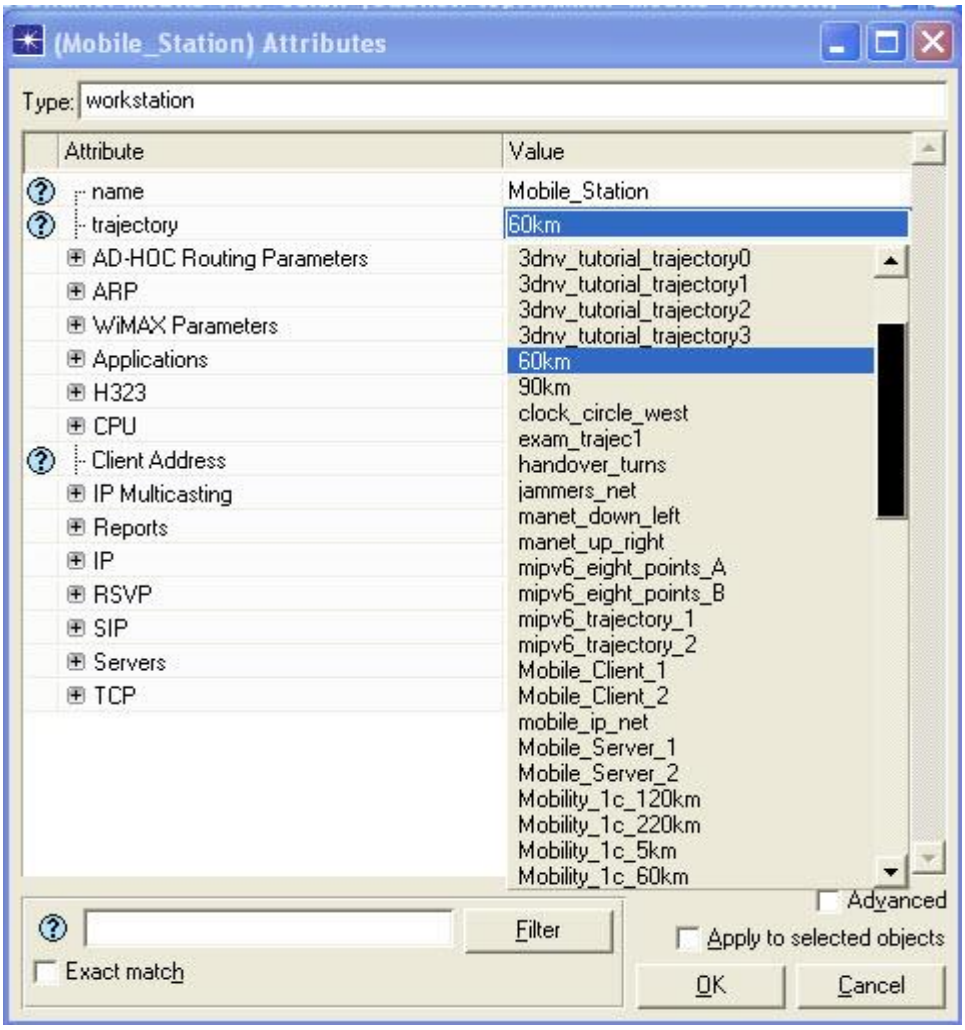
الشكل (29) متطلبات جودة الخدمة لدفق البيانات

كما يبين الشكل (30) إنشاء مسار الحركة بسرعة 60 كم بالساعة.



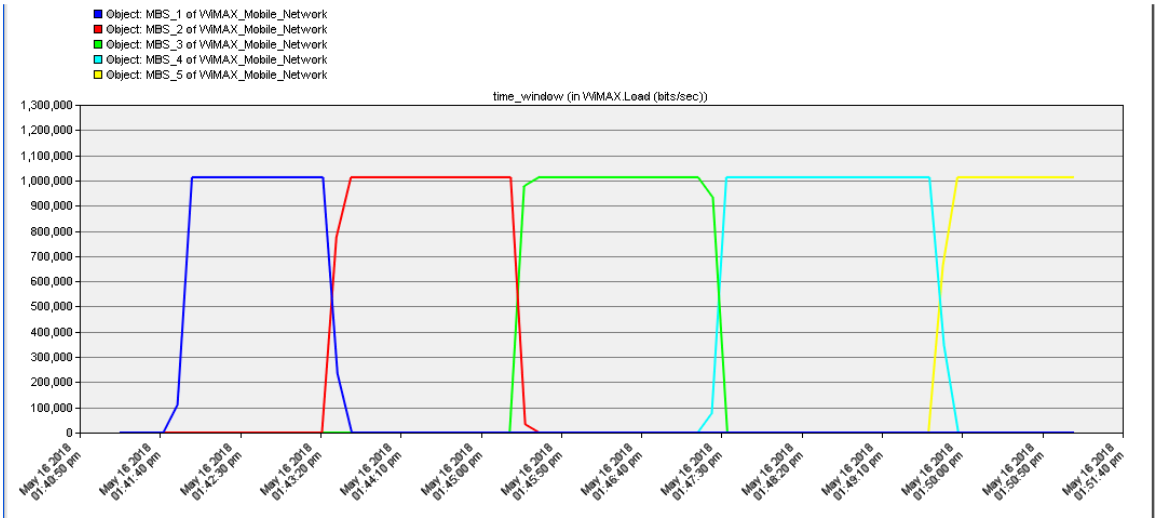
الشكل (30) إنشاء مسار الحركة بسرعة 60 كم/سا

ويتم ضبط المحطة اللاسلكية المتحركة لاستخدام مسار الحركة السابق عند السرعة (60 كم بالساعة) من الخاصية Trajectory .



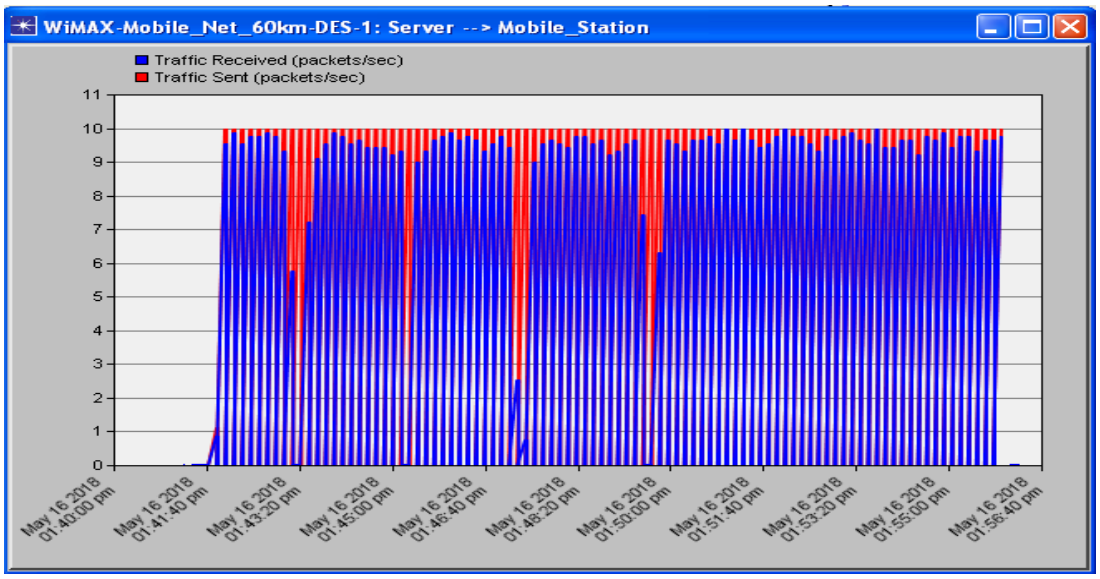
الشكل (31) ضبط المحطة اللاسلكية المتحركة لاستخدام مسار الحركة

يبين الشكل التالي كيف تتناوب محطات WiMAX الأساسية Mobile Base Station MBS على تخديم المحطة المتحركة عند اقترابها منها، حيث تقوم المحطة المتحركة بعملية التسليم HandOver من محطة إلى أخرى أثناء الحركة.



الشكل (32) معدل النقل للمحطات أثناء حركة الحساس بسرعة 60 كم/سا

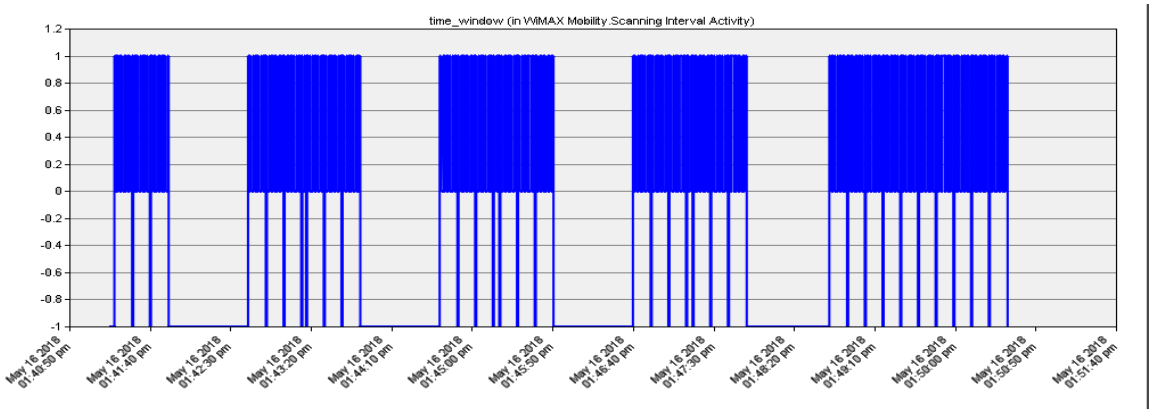
نلاحظ عملية الانتقال المرن، حيث تؤسس المحطة المتحركة اتصال مع المحطة الأساسية الجديدة قبل فصل الاتصال مع المحطة القديمة، ويبين الشكل التالي معدل النقل للمحطة المتحركة عند سرعة 60 كم/سا.



الشكل (33) معدل النقل للمحطة المتحركة عن سرعة 60 كم بالساعة

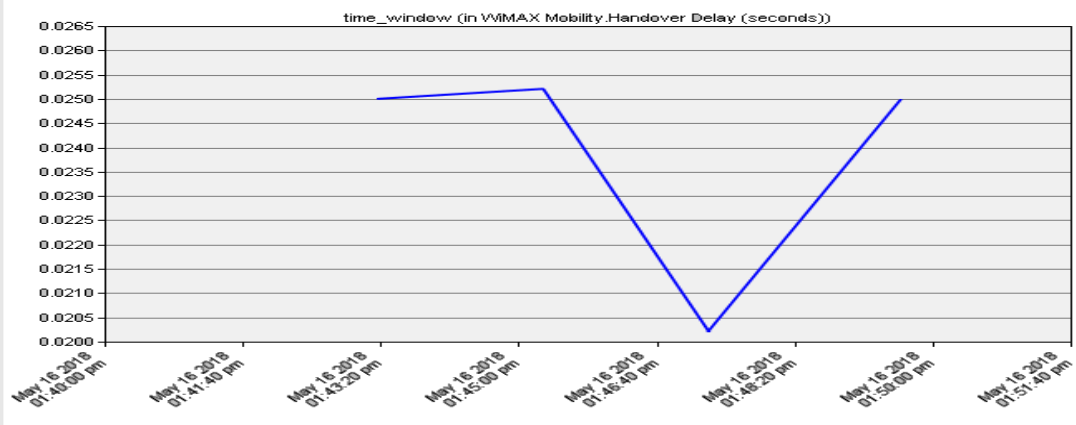
ونلاحظ أنه ضمن الفترة المستقرة (المدة التي تقضيها المحطة خارج فترة الاستلام والتسليم) يكون معدل النقل مرتفعاً، ومعدل خسارة الحزم منخفضاً ولكنه أعلى من القيم المقبولة، فهو حوالي 2.5%

للمرحلة المستقرة ضمن نطاق تغطية المحطة الأولى وحوالي 5% ضمن نطاق تغطية المحطة الأساسية الثانية، وزمن التأخير حوالي 140 ميلي ثانية، ولكن معدل النقل ينخفض ومعدل خسارة البيانات يرتفع عند كل عملية استلام وتسليم Handover، وفي الشكل التالي نجد عمليات المسح التي قامت بها المحطة المتحركة عند الارتباط مع كل من المحطات القاعدية في مسارها. حيث تقوم المحطة المتحركة بعملية فحص القنوات الترددية بداية للارتباط بالمحطة الأولى، وفي أثناء حركتها للبحث عن محطات للقيام بعملية الاستلام والتسليم.



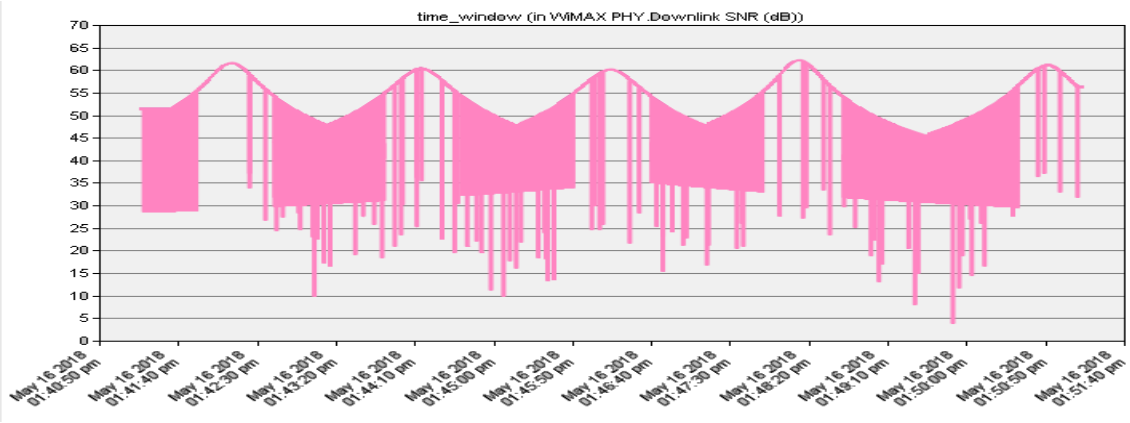
الشكل (34) عمليات المسح التي قامت بها المحطة المتحركة

في الشكل السابق تمثل الفترة التي لا تحتوي على عمليات مسح الفترة المستقرة التي تكون فيها المحطة المتحركة مرتبطة بمحطة أساسية، ولا يكون هنالك حاجة لعملية الاستلام والتسليم إلى محطة أخرى. ويبين الشكل التالي الزمن اللازم لإتمام عملية الاستلام والتسليم التي قامت بها لمحطة المتحركة أثناء مسيرها.



الشكل (35) الزمن اللازم لإتمام عملية الانتقال

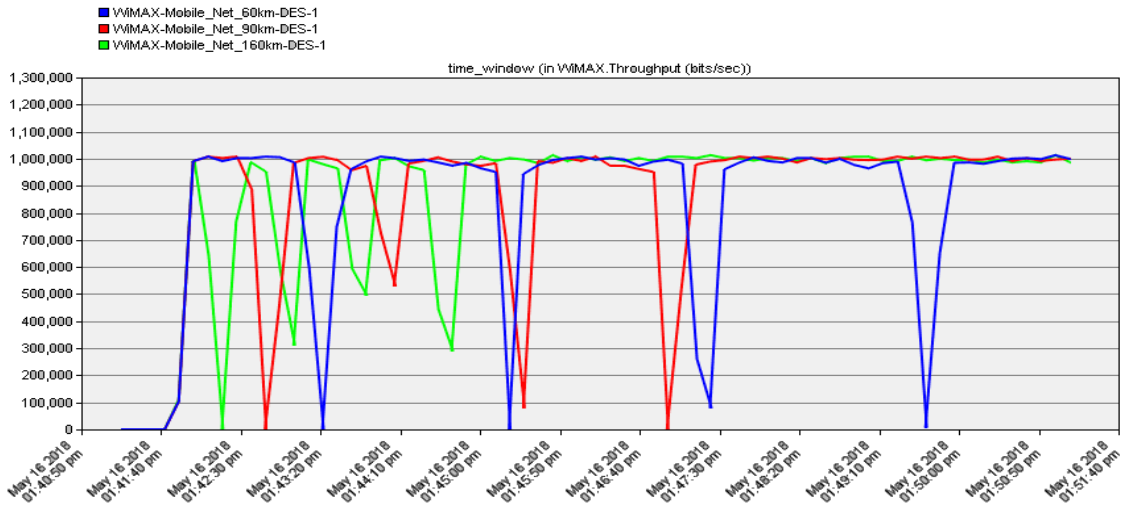
ويبين الشكل التالي نسبة الإشارة إلى الضجيج للحزم التي تستقبلها المحطة من المحطات الأساسية أثناء حركتها.



الشكل (36) نسبة الإشارة إلى الضجيج SNR

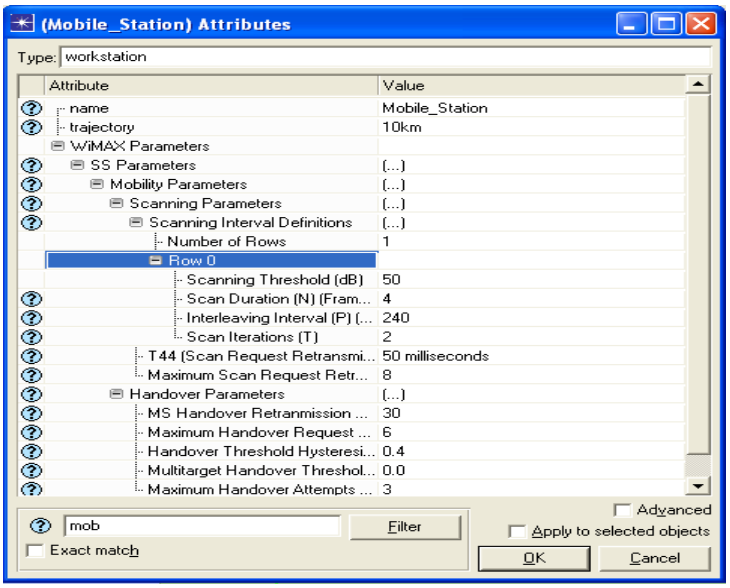
نلاحظ انخفاض نسبة الإشارة إلى الضجيج SNR عند اقتراب المحطة المتحركة من أطراف المحطة الرئيسية، وتصل إلى حوالي 10 ديسبل، وأفضل قيمة تكون عند اقترابها من مركز كل محطة، حيث تصل إلى القيمة 60 ديسبل.

سندرس فيما يلي تأثير سرعة المحطة المتحركة على أداء الشبكة ومن ثم سنقوم بمحاولة لتحسين عملية الانتقال أو عملية الاستلام والتسليم. يبين الشكل التالي تأثير زيادة السرعة على معدل نقل المحطة المتحركة.



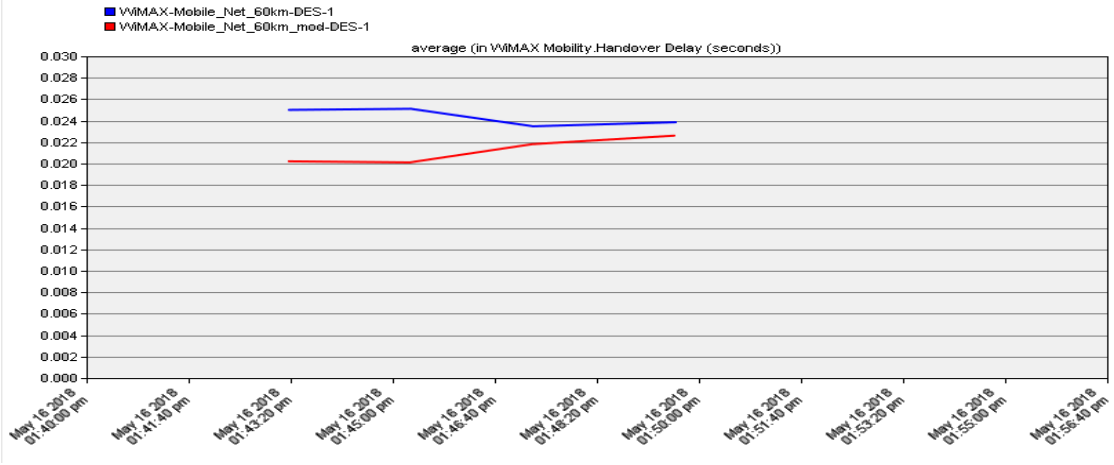
الشكل (37) تأثير سرعة المحطة المتحركة على أداء الشبكة

نلاحظ مع ازدياد السرعة، تقل الفترة المستقرة التي تقضيها المحطة المتحركة في نطاق تغطية كل محطة أساسية، ويصبح الأداء سيئ جدا عند سرعة 160 كم/سا بسبب عمليات التسليم المتكررة، حتى الوصول إلى المحطة الأخيرة والتوقف عندها، حيث نلاحظ ثبات معدل النقل على قيمة مرتفعة، سنقوم فيما يلي بتعديل بارامترات عملية الانتقال من أجل تحسين أداء الشبكة.

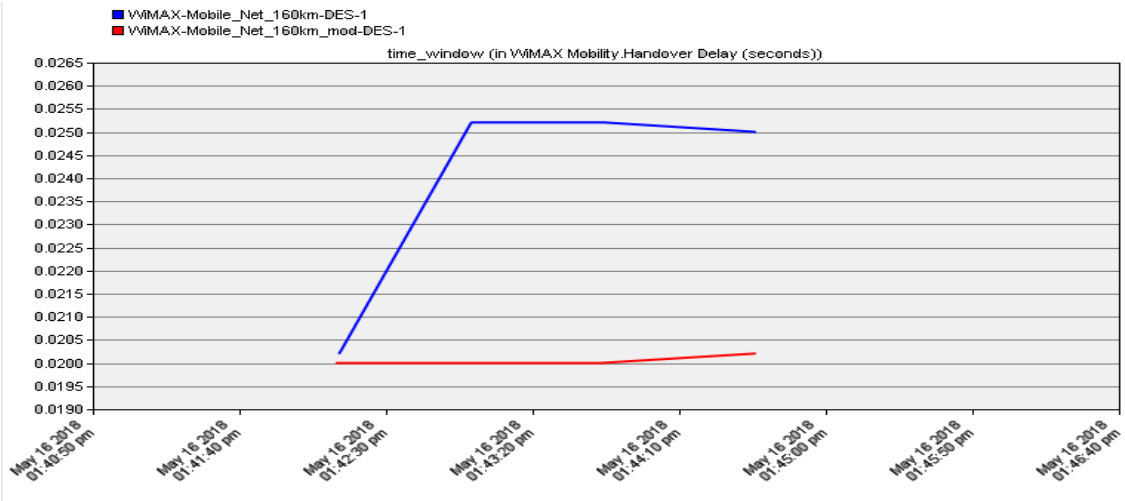


الشكل (38) البارامترات المعدلة لعملية التسليم

قمنا بإنقاص العتبة Scanning Threshold التي تبدأ عندها المحطة عملية المسح من أجل القيام بعملية التسليم من 57dB إلى 50 dB، وقمنا أيضا بإنقاص عدد مرات المسح Scan Iteration من 10 مرات إلى 2 مرة، ويبين الشكل التالي مقارنة الزمن الذي تقضيه المحطة المتحركة في عملية التسليم قبل وبعد تطبيق القيم الجديدة للبارامترات المعدلة، عند تحرك المحطة بسرعة وسطية مقدارها 60كم/ساعة و بسرعة عالية 160 كم/ساعة.



الشكل (39) مقارنة زمن تأخير التسليم عند سرعة 60 كم / ساعة



الشكل (40) مقارنة زمن تأخر التسليم عند سرعة 160 كم/سا

إن عملية تغيير قيمة عتبة المسح يجب أن تلقى الاهتمام الكافي، لأنها من البارامترات الأساسية التي تهيئ لعملية الاستلام والتسليم، فالقيمة المنخفضة جدا لعتبة المسح تؤدي إلى استمرار المحطة

المتحركة بالارتباط مع المحطة الأساسية القديمة، وعدم القيام بعملية الاستلام والتسليم إلى المحطة الأساسية الجديدة بالرغم من كون طاقتها أعلى بكثير من طاقة المحطة القديمة، بالإضافة إلى أن القيمة المنخفضة قد تودي إلى خسارة العديد من حزم البيانات نتيجة طاقتها المنخفضة.

كذلك القيم المرتفعة جدا قد تودي إلي القيام بعملية التسليم أو فك الارتباط مع المحطة القديمة قبل تلقي طاقة كافية للقيام بعملية التسليم أو الارتباط مع المحطة الجديدة، وقد تودي إلى فقدان الاتصال بكلا المحطتين حتى تتلقى المحطة المتحركة طاقة كافية من المحطة الجديدة، لذا قمنا بإنقاص عتبة المسح بشكل بسيط، وإنقاص عدد مرات مسح القنوات الترددية أيضا، وقد أدى ذلك إلى انخفاض زمن تأخير التسليم إلى حدود 20 ميلي ثانية وارتفاع حجم البيانات المستقبلة من 857 حزمة إلى 864 حزمة عند سرعة 60 كم/ساعة.

3.5 النتائج والتوصيات:

من الدراسة النظرية والنتائج العملية التي حصلنا عليها باستخدام المحاكاة باستخدام المحاكي Opnet Simulator يمكننا تقديم النتائج التالية:

– أهمية شبكات WiMAX في تخديم عدد كبير من المستخدمين ولمسافات بعيدة، والقدرة على تأمين جودة الخدمة وعرض الحزمة المناسب الذي يسمح بتشغيل الفيديو عالي الدقة.

– تعد شبكات WiMAX منافساً قوياً لمزودي الخدمات الآخرين كخدمة ADSL والشبكات الخلوية، وظهورها بالأسواق قد يؤثر سلبا على مردود هذه الخدمات، لكن من الضروري تأمين هذه الخدمة منعا للاحتكار.

– يمكن من خلال محطة WiMAX أساسية واحدة تخديم 12 من شاشات عرض المواد التعليمية بفيديوهات مختلفة عالية الدقة بمعدل 25 إطار في الثانية، و17 شاشة عرض عند إرسال فيديوهات عالية الدقة بمعدل 10 إطارات، حيث يمكن لكل شاشة اختيار تشغيل الفيديو المخزن ضمن المخدم بالوقت الذي تشاء "فيديو عند الطلب" VOD.

– إذا اعتبرنا أن الشاشات تعرض قنوات تعليمية، فإنه يمكن تشغيل 17 قناة ويمكن لجميع الطلاب الذين يملكون أجهزة متوافقة مع الشبكات الموسعة، الانضمام لمشاهدة هذه القنوات عبر أجهزتهم دون التأثير على عرض الحزمة أو على عدد الحزم المرسلة من المخدم وذلك باستخدام الإرسال المتعدد.

– يمكن من خلال معايرة البارامترات التي تستخدمها المحطة المتحركة أثناء عملية التسليم، تقليل زمن التأخير اللازم لإتمام عملية التسليم، وزيادة عدد الحزم المستقبلة، وبالتالي تحسين أداء الشبكة.

المراجع المستخدمة:

1- AL-MAHADEEN, Bassam M.; AL-MSEDEN, Ameen. Improving the QoS of VoIP over WiMAX Networks Using OPNET Modeler. INTERNATIONAL JOURNAL OF COMPUTER SCIENCE AND NETWORK SECURITY, 2017.
2- ALUTAIBI, Khaled; TRAJKOVIĆ, Ljiljana. Performance analysis of VoIP codecs over Wi-Fi and WiMAX networks. OPNET WORK, Washington, DC, 2012.
3- BALIPADIA, Pranav Gangadhar; SANGEETHA, J. An Analysis of VoIP Application in Fixed and Mobile WiMAX Networks. Wireless and Microwave Technologies, 2016.
4- DAGAR, Kunti; SHARMA, Preeti. Performance Evaluation of Video on Demand (VoD) over WiMAX. International Journal of Advanced Research in Computer Engineering and Technology, 2015.
5- HAMODI, Jamil M.; THOOL, Ravindra C. Investigate the performance evaluation of IPTV over WiMAX networks. arXiv preprint arXiv: 2013.
6- HRUDEY, Will; TRAJKOVIC, Ljiljana. Streaming video content over IEEE 802.16/WiMAX broadband access. OPNETWORK 2008, 2008.
7- ILIAS, Irma Syarlina Hj Che; IBRAHIM, Mohamad Sahimi. Performance analysis of audio video codecs over Wi-Fi/WiMAX network. In: Proceedings of the 8th International Conference on Ubiquitous Information Management and Communication. ACM, 2014.
8- Issa A.; Quality of Service in Wireless Local Area Networks. Syrian Virtual University, 2014.
9- Mahmood, Awan; Study of Simulation Comparing WiMAX Network Fixed and Mobile using OPNET Modeler. Assistant Lecturer Department of Electronics & Collage Electronics Engineering Nineveh University, Mosul, Iraq, 2018.
10- MEHTA, Vikram; GUPTA, Dr Neena. Performance analysis of qos parameters for wimax networks. International Journal of Engineering and Innovative Technology (IJEIT) Volume, 2012.
11- MOMENI, Sadaf. Assessment and Improvement of IPTV Service Availability in Vehicular Networks. 2017.
12- Moughit, Mohamed, Abdelmajid Badri, and Aicha Sahel. "A Multicast IPTV Bandwidth Saving Method." *International Journal of Computer Applications* 64.14 (2013).
13- https://en.wikipedia.org/
14- https://www.tutorialspoint.com/WiMAX /
15- http://arabteam2000-forum.com/
16- http://telecom4eng.blogspot.de/2016/07/opnet.html
17- https://www.techopedia.com/