Syrian Arab Republic
Ministry of Higher Education
Syrian Virtual University

الجمهورية العربية السورية
وزارة التعليم العالي
الجامعة الافتراضية السورية

توطين الشبكات اللاسلكية الجيل الرابع باستخدام تقنية WiMAX

تطبيق شبكة لاسلكية على كامل الأراضي السورية

World Wide Interoperability for Microwave Access

دراسة مقدمة لنيل درجة ماجستير الدراسات العليا في إدارة التقانة

A Thesis submitted to the Syrian Virtual University in Partial Fulfillment of the Requirements for the M.A. Degree InTechnology Management

إعداد: مدين سميح جهجاه بحصاص

Submitted by Median Samieh Jahjah Bahsas

(Median_35200)

الأستاذ المشرف: الدكتور علي حسن

Supervised by Professor Ali Hassan

2015 -2014

عنوان الرسالة

توطين الشبكات اللاسلكية الجيل الرابع باستخدام تقنية WiMAX
تطبيق شبكة لاسلكية على كامل الأراضي السورية

الجمهورية العربية السورية

وزارة التعليم العالي

الجامعة الإفتراضية السورية

ماجستير الدراسات العليا في

إدارة التقانة

Master of Technology Management

دمشق في _____

اسم الطالب: مدين جهجاه بحصاص

عنوان الرسالة: توطين الشبكات اللاسلكية الجيل الرابع باستخدام تقنية WiMAX
تطبيق شبكة لاسلكية على كامل الأراضي السورية

قُدِّمت هذه الرسالة لنيل درجة ماجستير الدراسات العليا في إدارة التقانة من الجامعة الافتراضية السورية

لجنة المناقشة والحكم:

1. الأستاذ الدكتور	**غسان سابا**	**رئيساً التوقيع**
2. الأستاذ الدكتور	**أيمن السواح**	**عضواً التوقيع**
3. الأستاذ الدكتور	**علي حسن**	**عضواً التوقيع**

تاريخ المناقشة:

موافقة مدير البرنامج **أُجيزت الرسالة بتاريخ**

___/ ___/ 2015 ___/ ___/ 2015

شكر وتقدير

الإهداء

المُلخص

يُشكل النطاق العريض اللاسلكي نقطة الالتقاء بين اثنتين من أكثر قصص النمو أهميةً في صناعة الاتصالات. حيث حققت خدمات النطاق العريض نجاحاً كبيراً في السنوات الأخيرة، وهو الأمر ذاته الذي حصل مع تقنيات الاتصالات اللاسلكية. وقد جاءت تقنية WiMAX كإحدى تقنيات الجيل الرابع للاتصالات لتجمع بين إيجابيات كل من النطاق العريض والاتصال اللاسلكي لتُشكل بذلك تقنية واعدة لحل الكثير من مشاكل محدودية نطاق التغطية، أو محدودية سرعة نقل البيانات، أو التكلفة الزائدة، التي تعاني منها معظم التقنيات الحالية لتوفير مختلف خدمات النفاذ إلى الإنترنت.

تهدف هذه الدراسة إلى التعريف بتقنية WiMAX. إضافةً إلى تقديم تصور مع دراسة الجدوى الاقتصادية لمشروع تصميم وتركيب وتشغيل شبكة WiMAX في سوريا وفق جدول زمني محدد. حيث تُقدم شرحاً حول هذه التقنية وإيجابياتها واستخداماتها، وتُقارن بينها وبين تقنيات النطاق العريض المستخدمة حالياً في سوريا والعالم. كما تُقدم شرحاً للبنية الهندسية العامة لشبكة WiMAX، وتَضع تصوراً لهيكلية الشبكة وعناصرها ومكوناتها الأساسية وآلية ترابطها وتوزعها الجغرافي ضمن المشروع المُقترح في سوريا. كما تتناول سعة ومتطلبات النظام وفق المواصفات المُقترح تطبيقها. حيث توصلت الدراسة إلى أنه لتلبية طلبات 9748 مشترك محتمل في منطقة المهاجرين في دمشق بمختلف فئات السعات المتوقع طلبها، فإننا نحتاج إلى 4 محطات قاعدية وإلى 13 قطاع على الأقل. ولتلبية طلبات 578205 مشترك محتمل في كل المحافظات السورية وفق عدد المشتركين المحتملين في كل محافظة بمختلف السعات المتوقع طلبها، فإننا نحتاج إلى 184 محطة قاعدية وإلى 736 قطاع على الأقل. كما تُجري الدراسة محاكاة لشبكة WiMAX من خلال ثمانية سيناريوهات باستخدام تطبيقي HTTP و VoIP، بهدف اختبار ومقارنة أداء بعض المحددات كمحدد الإنتاجية، التأخير الزمني، والحمل باستخدام أداة المحاكاة OPNET v14.5، حيث تفاوتت النتائج بين التطبيقين في جميع السيناريوهات بالنسبة لكل محدد. تُقدم الدراسة في نهايتها دراسة للجدوى الاقتصادية للمشروع المُقترح في سوريا خلال خمس سنوات، من خلال احتساب إجمالي الإيرادات في كل سنة من المشتركين المحتملين بمختلف فئات السعات، واحتساب التكاليف الرأسمالية والتشغيلية للمشروع في كل سنة، ومن ثم احتساب صافي الأرباح في كل سنة. وتوصلت دراسة الجدوى إلى أن المشروع مجدي اقتصادياً حيث جرى الحصول على رقم موجب للقيمة الحالية الصافية للمشروع خلال وبعد الخمس سنوات من عمر المشروع.

الكلمات المفتاحية: النفاذ عريض النطاق، WiMAX، الجدوى الاقتصادية.

Abstract

Wireless Broadband is the meeting point between two of the most important growth stories in telecommunications industry. The broadband technologies have achieved great success in recent years, which is the same thing that happened with wireless communication technologies. WiMAX came as one of the 4G technologies to combine the positives of broadband and wireless connectivity, as a promising technology to solve many of the problems of limited coverage, limited data rate speed, or the extra cost, which is exist in the most current technologies providing various internet access services.

This study aims to introduce WiMAX technology. In addition to provide a proposal with economic feasibility study for the design, installation and operation of WiMAX network in Syria according to a specific timetable. It provides a description of this technology advantages, its positives, and uses. Then it compares WiMAX to the currently used technologies in Syria and the world.

This study also provides a description of WiMAX network general structure, and gives a vision of the network structure and its main components and the mechanism of their interdependence and geographical distribution within the proposed project in Syria.

We also addresse the system capacity and requirements according to the proposed specifications. where the study found that in order to meet requirements of 9748 potential subscribers in Muhajreen area in Damascus with a various expected bandwidth categories, we need 4 base stations and 13 sectors at least. To meet the requirements of 578205 potential subscribers in all Syrian provinces according to the number of potential subscribers in each province with a various expected bandwidth categories, we need to 184 base station and 736 sectors at least. This study also simulates WiMAX network through eight scenarios using HTTP and VoIP applications, in order to test and compare throughput, transmission delay, and load parameters using OPNET modeler v14.5. Where the results varied between the two applications in all scenarios for each parameter.

We finally provide a study of the economic feasibility of the proposed project in Syria in five years, by calculating gross revenue from potential subscribers various bandwidth categories, calculating the CAPEX and OPEX of the project in each year, and then calculating the net profit in each year. The feasibility study showed that the project is cost-effective, because we obtained a positive number for the net present value of the project during and after five years of the project life.

Keywords:

Broadband access, WiMAX, Fesiability Study.

قائمة المحتويات

الصفحة

المُلخص ..... و

مقدمة ..... ش

مشكلة ..... ت

الدراسات المرجعية ..... خ

أهمية الدراسة ..... ه ه

أهداف الدراسة ..... وو

فرضيات الدراسة ..... وو

منهج الدراسة ..... وو

مجتمع الدراسة وعينته ..... زز

طريقة تنفيذ الدراسة ..... زز

الفصل الأول: تقنية WiMAX ضمن الجيل الرابع للاتصالات 4G 1

1.1. تمهيد 3

2.1. النفاذ اللاسلكي عريض النطاق BWA 4

1.2.1. النفاذ عريض النطاق Broadband Access 4

2.2.1. الشبكات اللاسلكية والنفاذ اللاسلكي عريض النطاق..... 5

3.1. ماهي تقنية WiMAX وكيف تعمل؟ 9

1.3.1. ماهي WiMAX؟ 9

2.3.1. أنواع WiMAX 15

3.3.1. كيف تعمل تقنية WiMAX؟ 16

4.1. المعيار القياسي IEEE 802.16 وتفرعاته 18

1.4.1. المعيار القياسي IEEE 802.16 19

2.4.1. المعيار القياسي IEEE 802.16a 20

3.4.1. المعيار القياسي IEEE 802.16REVd 20

4.4.1. المعيار القياسي IEEE 802.16e 20

5.4.1. المعيار القياسي IEEE 802.16-2009 21

6.4.1. المعيار القياسي IEEE 802.16m 21

5.1. لماذا تعتبر WiMAX هي الحل الأفضل فنياً واقتصادياً؟ 22
1.5.1. القيمة المضافة بالنسبة للحكومة والمجتمع 22
2.5.1. القيمة المضافة بالنسبة لمشغلي الشبكات ومزودي الخدمات 23
3.5.1. القيمة المضافة بالنسبة لمستخدمي الخدمة 24
6.1. تطبيقات WiMAX واستخداماتها 25
1.6.1. تطبيقات WiMAX 25
2.6.1. استخدامات WiMAX 26
7.1. النفقات الرأسمالية والنفقات التشغيلية للشبكة CAPEX, OPEX 34
1.7.1. التكلفة الإجمالية للملكية TCO 35
2.7.1. النفقات الرأسمالية CAPEX لبناء شبكة WiMAX 35
3.7.1. النفقات التشغيلية OPEX 36
8.1. مقارنة بين تقنية WiMAX وبعض التقنيات المستخدمة حالياً 40
1.8.1. WiMAX وتقنية الاتصالات اللاسلكية Wi-Fi 40
2.8.1. WiMAX وتقنية اتصالات الجيل الثالث 3G 41
3.8.1. WiMAX وتقنية خط المشترك الرقمي DSL 42
4.8.1. WiMAX وتقنية الليف الضوئي FTTH,FTTB 43
5.8.1. WiMAX و LTE 43
9.1. ملخص الفصل 45

الفصل الثاني: التصور لمشروع شبكة WiMAX في سوريا 45

1.2. تمهيد 47
2.2. لمحة عن سوق الاتصالات في سوريا 48
1.2.2. الإنترنت الثابت 48
2.2.2. الإنترنت المتنقل 49
3.2. البنية الهندسية العامة لشبكة WiMAX 50
4.2. البنية والتصور الهيكلي لعناصر ومكونات شبكة WiMAX في سوريا 54
1.4.2. العناصر الأساسية للشبكة وتجهيزاتها الفنية 54
1.1.4.2. شبكة خدمة النفاذ ASN 55

2.1.4.2. وصلات Backhaul 55
3.1.4.2. مراكز تشغيل الشبكة NOCs 55
4.1.4.2. مراكز الاتصال CCs 58
5.1.4.2. مراكز خدمات المشتركين CSOs 59
6.1.4.2. مراكز إدارة أعطال الشبكة FMCs 61
5.2. مراحل ومتطلبات المشروع والمخطط الزمني لكل مرحلة 62
1.5.2. المرحلة الأولى: التأسيس والمشروع التجريبي 63
2.5.2. المرحلة الثانية: تغطية كامل مدينة دمشق والمنطقة الجنوبية 65
3.5.2. المرحلة الثالثة: توسيع الشبكة والتغطية الشاملة لكامل سوريا 66
4.5.2. متطلبات وسعة نظام WiMAX في سوريا 68
1.4.5.2. المحطات القاعدية 68
2.4.5.2. مواصفات النظام في التصميم المقترح 71
3.4.5.2. سعة النظام 72
6.2. التوزع الجغرافي والعددي وآلية الترابط الشبكي بين مختلف العناصر والمكونات 81
1.6.2. التوزع الجغرافي والعددي لمختلف عناصر ومكونات التصميم 82
2.6.2. الترابط الشبكي بين مختلف عناصر ومكونات الشبكة 83
7.2. محاكاة شبكة WiMAX 86
1.7.2. اختبار ومقارنة المحددات مع تطبيق HTTP 89
2.7.2. اختبار ومقارنة المحددات مع تطبيق VoIP 95
8.2. دراسة الجدوى الاقتصادية للمشروع 103
9.2. ملخص الفصل 114
الفصل الثالث: النتائج والتوصيات 116
1.3. النتائج 117
2.3. التوصيات 126
الملاحق 127
المراجع 135

قائمة الجداول

الجدول 1: عدد المحطات في الشبكات الصغيرة والمتوسطة والكبيرة ..... ض

الجدول 1.1: مشغلي الشبكات والبلدان التي طبقت فيها تقنية WiMAX وفقاً للمناطق الرئيسية حول العالم 12

الجدول 2.1: المواصفات التقنية لمعايير IEEE 802.16 الأساسية 18

الجدول 1.2: الجدول الزمني للمشروع المقترح 62

الجدول 2.2: مساحة المحافظات السورية بالترتيب من الأكبر إلى الأصغر 69

الجدول 3.2: أعداد مستخدمي ADSL والسعات المحجوزة في مزود خدمة الإنترنت تراسل 73

الجدول 4.2: أعداد مشتركي WiMAX المحتملين في منطقة المهاجرين وفق فئات السعات المتوقع طلبها 74

الجدول 5.2: الترددات المرخصة المستخدمة في شبكات WiMAX حول العالم 75

الجدول 6.2: سعة النظام لتلبية مشتركي WiMAX المحتملين في منطقة المهاجرين 80

الجدول 7.2: عدد مشتركي ADSL الفعليين في كل محافظة حتى تاريخ 2014/11/18 79

الجدول 8.2: سعة النظام لتلبية مشتركي WiMAX المحتملين في كل المحافظات 80

الجدول 9.2: التوزع الجغرافي لعناصر ومكونات شبكة WiMAX في سوريا 82

الجدول 10.2: مشتركي WiMAX المحتملين خلال خمس سنوات من مراحل المشروع 103

الجدول 11.2: أجور خدمة الإنترنت عريض النطاق عن طريق ADSL في سوريا 104

الجدول 12.2: إيراد المشروع خلال خمس سنوات من المشتركين المحتملين بالفئات 256Kbps,512Kbps 107

الجدول 13.2: إيراد المشروع خلال خمس سنوات من المشتركين المحتملين بالفئات 1Mbps,2Mbps 108

الجدول 14.2: إيراد المشروع خلال خمس سنوات من المشتركين المحتملين بالفئات 4Mbps,8Mbps 109

الجدول 15.2: إيراد المشروع خلال خمس سنوات من المشتركين المحتملين بالفئات 16Mbps,24Mbps 110

الجدول 16.2: التكاليف الرأسمالية للمشروع خلال خمس سنوات 111

الجدول 17.2: التكاليف التشغيلية للمشروع خلال خمس سنوات 112

الجدول 18.2: إجمالي الإيرادات للمشروع خلال السنوات الخمسة 113

الجدول 19.2: إجمالي التكاليف للمشروع خلال السنوات الخمسة 113

الجدول 20.2: الربح الصافي خلال السنوات الخمسة، والقيمة الحالية الصافية للمشروع 113

قائمة الأشكال

الشكل 1: سيناريو LTE_7BS ..... ذ

الشكل 2: سيناريو LTE_19BS ..... ذ

الشكل 3: سيناريو WiMAX_7BS..... ذ

الشكل 4: سيناريو WiMAX_7BS ..... ذ

الشكل 5: سيناريو WiMAX_3BS_9SS ..... غ

الشكل 1.1: توضيح لأشهر عائلات شبكات الاتصالات 6

الشكل 2.1: الشكل العام لشبكة النطاق العريض اللاسلكي 8

الشكل 3.1: أعضاء منتدى WiMAX 10

الشكل 4.1: أنواع النفاذ إلى شبكة WiMAX 11

الشكل 5.1: انتشار شبكات WiMAX حول العالم 15

الشكل 6.1: العناصر الأساسية لشبكة WiMAX وطريقة عملها 17

الشكل 7.1: بنية PMP في شبكة WiMAX 19

الشكل 8.1: وصلات Backhaul باستخدام تقنية WiMAX 27

الشكل 9.1: ربط فروع البنك والصرافات الآلية عن طريق شبكة WiMAX 28

الشكل 10.1: استخدام شبكة WiMAX لخدمة السلامة العامة 29

الشكل 11.1: ربط عدد من الكليات بمقر الجامعة عن طريق شبكة WiMAX 30

الشكل 12.1: استخدام WiMAX في حالات المساعدة الطبية 31

الشكل 13.1: استخدام تقنية WiMAX في شبكات النفاذ اللاسلكية 32

الشكل 14.1: توفير الخدمة للمناطق الريفية من خلال تقنية WiMAX 33

الشكل 15.1: العناصر الأساسية لنفقات شبكة WiMAX 34

الشكل 16.1: نسبة النفقات الرأسمالية والتشغيلية بعد 7 سنوات من التكلفة الإجمالية للملكية لشبكة WiMAX 37

الشكل 1.2: البنية الهندسية العامة لشبكة WiMAX 51

الشكل 2.2: الجزء الداخلي والخارجي من المحطة القاعدية BS 52

الشكل 3.2: الجزء الداخلي والخارجي من محطة المشترك CPE 52

الشكل 4.2: محطات المشترك الداخلية Indoor CPEs 53

الشكل 5.2: بنية مركز تشغيل الشبكة NOC ومكوناته الأساسية 57
الشكل 6.2: بنية مركز الاتصال CC، ومكوناته الأساسية 59
الشكل 7.2: بنية مركز خدمة المشتركين CSO، ومكوناته الأساسية 60
الشكل 8.2: بنية مركز إدارة أعطال الشبكة FMC، ومكوناته الأساسية 61
الشكل 9.2: النسب المئوية لمشتركي ADSL لدى مزود تراسل وفق مختلف فئات السعات 73
الشكل 10.2: الترابط الشبكي بين عناصر ومكونات شبكة WiMAX في سوريا وفق التصور للمشروع المقترح 85
الشكل 11.2: السيناريو الأول Scenario_4BS_40SS 87
الشكل 12.2: السيناريو الثاني Scenario_4BS_80SS 87
الشكل 13.2: السيناريو الثالث Scenario_8BS_80SS 88
الشكل 14.2: السيناريو الرابع Scenario_8BS_240SS 88
الشكل 15.2: إعدادات المحطات القاعدية مع تطبيق HTTP 89
الشكل 16.2: إعدادات محطات المشتركين مع تطبيق HTTP 90
الشكل 17.2: إعدادات ملف WiMAX Config مع تطبيق HTTP 90
الشكل 18.2: إعدادات ملف Application Definition مع تطبيق HTTP 91
الشكل 19.2: نتيجة اختبار ومقارنة محدد الإنتاجية في السيناريوهات الأربعة في حالة تطبيق HTTP 92
الشكل 20.2: نتيجة اختبار ومقارنة محدد التأخير الزمني في السيناريوهات الأربعة في حالة تطبيق HTTP .. 93
الشكل 21.2: نتيجة اختبار ومقارنة محدد الحمل في السيناريوهات الأربعة في حالة تطبيق HTTP 94
الشكل 22.2: إعدادات محطات المشتركين مع تطبيق VoIP 95
الشكل 23.2: إعدادات ملف WiMAX Config مع تطبيق VoIP 96
الشكل 24.2: إعدادات ملف Application Definition مع تطبيق VoIP 96
الشكل 25.2: نتيجة اختبار ومقارنة محدد الإنتاجية في السيناريوهات الأربعة في حالة تطبيق VoIP 97
الشكل 26.2: نتيجة اختبار ومقارنة محدد التأخير الزمني في السيناريوهات الأربعة في حالة تطبيق VoIP ... 98
الشكل 27.2: نتيجة اختبار ومقارنة محدد الحمل في السيناريوهات الأربعة في حالة تطبيق VoIP 99
الشكل 28.2: نتيجة اختبار ومقارنة محدد الإنتاجية في السيناريو الرابع مع كل من تطبيقي VoIP,HTTP 100
الشكل 29.2: نتيجة اختبار ومقارنة محدد التأخير الزمني في السيناريو الرابع مع كل من تطبيقي VoIP,HTTP 101
الشكل 30.2: نتيجة اختبار ومقارنة محدد الحمل في السيناريو الرابع مع كل من تطبيقي HTTP و VoIP 102

قائمة الملاحق

الملحق 1: مقابلة شخصية مع المهندس المسؤول عن حجز دارات الإنترنت في شبكة تبادل البيانات الوطنية PDN في الشركة السورية للاتصالات 127

الملحق 2: مقابلة شخصية مع مهندس اتصالات مختص بإدارة مشاريع الشبكات الضوئية في الشركة السورية للاتصالات 128

الملحق 3: مقابلة شخصية مع مدير الإدارة المعلوماتية في الشركة السورية للاتصالات 130

الملحق 4: مقابلة شخصية مع مدير النظم وقواعد البيانات في مشروع رعاية الزبائن والفوترة CCBS في الشركة السورية للاتصالات 132

المصطلحات والتعاريف:

- **النفاذ عريض النطاق Broadband access:**

تعددت التعاريف لمصطلح النفاذ عريض النطاق Broadband Access، وفقاً لاختلاف البلدان والتقانات والوكالات الدولية. وقد وضع الاتحاد الدولي للاتصالات ITU تعريفاً للنفاذ عريض النطاق في التوصية I.113 على أنه "القدرة على نقل البيانات بسرعة أكبر من المعدل الأولي للشبكة الرقمية للخدمات المتكاملة ISDN بمعدل 1.5Mbit/s أو 2.0Mbit/s".[1]

- **خط نظر Line Of Sight:**

يوجد نوعان لانتشار الإشارات اللاسلكية، هما الانتشار مع توفر خط نظر ثابت، والانتشار بدون توفر خط نظر ثابت بين المحطات. حيث يتأثر النوع الأول بالعقبات المعترضة، ويحتاج إلى وجود خط نظر مباشر بدون عقبات بين المحطات للحصول على أفضل أداء، ويدعى هذا النوع الانتشار بخط النظر LOS. أما النوع الثاني فهو لا يتأثر بالعقبات المعترضة، ولا يحتاج إلى خط نظر مباشر بين المحطات، ويدعى الانتشار بدون خط نظر NLOS.[2]

[1] International Telecommunication Union (ITU). Birth of Broadband - Frequently Asked Questions. (2003, September). retrieved June 3,2014 from: https://www.itu.int/osg/spu/publications/birthofbroadband/faq.html

[2] WiMAX FORUM. (2004). WiMAX's technology for LOS and NLOS environments.

قائمة الاختصارات

A

ADSL	Asymmetric Digital Subscriber Line
AES	Advanced Encryption Standard
ARPU	Average Revenue Per User
ARQ	Automatic Repeat Request. In case of errors in a transmitted packet or a nonreceived, packet retransmission will occur.
ASN	Access Service Network
ATM	Automated Teller Machines

B

BSS	Business Support Systems
BS	Base Station
BW	Broadband Wireless
BWA	Broadband Wireless Access. Enabling high-speed broadband connections over the air instead of over wired (fixed) connections.

C

CALA	Central America and Latin America
CAPEX	Capital expenditures
CC	Call Center
CSMA/CA	Carrier Sense Multiple Access/Collision Avoidance
CPE	Customer Premises Equipment
CSN	Connectivity Service Network
CSO	Customer Service Office

D

DC	Data Center
DHCP	Dynamic Host Configuration Protocol
Dial-up	Normal fixed phone line
DNS	Domain Name service
DSL	Digital Subscriber Line

E

E1	It is the European term for the transmission. It has a bit rate of 2.048 Mbit/s.
ETSI	European Telecommunications Standards Institute

F

FBW	Fixed Broadband Wireless
FDD	Frequency Division Duplexing
FMC	Fault Management Center
FTTH	Fiber To The Home
FW	Fire Wall

H

HiperLAN	High performance Local Area Network
HSUPA	High Speed Uplink Packet Access

I

IEEE	Institute of Electrical and Electronics Engineers
IPTV	Internet Protocol Television
ISP	Internet Service Provider
ISDN	Integrated Services for Digital Network
ITU	International Telecommunications Union

L

LAN	Local Area Network
LOS	Ling-of-Sight

M

MAC	Media Access Control
MAN	Metropolitan Area Network
Mbps	Megabits per Second
MIMO	Multi Input Multi Output
MS	Mobile Station

N

NLOS	None-Ling-of-Sight
NOC	Network Operation Center
NPV	Net Present Value

O

OFDM	Orthogonal Frequency Division Multiplexing
OFDMA	Orthogonal Frequency Division-Multiple Access
OPEX	Operating expenditures
OSS	Operation Support Systems
OTN	Optical Transport Network

P

PAN	Personal Area Network
PDN	Public Data Network
PHY	Physical Layer
PMP	Point-to-Multi-Point
POP	Point Of Presence
PSTN	Public Switched Telephone Network
PTP	Point-to-point

Q

QoS	Quality of Service

S

SAN	Storage Area Network
SDSL	Symmetric Digital Subscriber Line
SS	Subscriber Station
STM-1	Synchronous Transport Module level-1. It is the SDH ITU-T fiber optic network transmission standard. It has a bit rate of 155.52 Mbit/s
STM-4	Synchronous Transport Module level-4. It is a SDH ITU-T fiber optic network transmission standard. It has a bit rate of 622.080 Mbit/s.
STM-16	Synchronous Transport Module level-16. It is a SDH ITU-T fiber optic network transmission standard. It has a bit rate of 2,488.320 Mbit/s.

T

T1	It is the North American term for the transmission. It has a data rate of 1.544 Mbit/s.
TCO	Total Cost of Ownership
TDD	Time Division Duplex
TDMA	Time Division Multiple Access

U

UPS	uninterruptible power supply

V

VOIP	Voice over Internet Protocol

W

WAN	Wide Area Network
WiMAX	Worldwide interoperability for Microwave Access
Wi-Fi	Wireless Fidelity
WISP	Wireless Internet service provider
WLAN	Wireless Local Area Network
WMAN	Wireless Metropolitan Area Network
WPAN	Wireless Personal Area Network
WWAN	Wireless Wide Area Network

X

xDSL	A generic term for Digital Subscriber Line family
2G	Short for second-generation
3G	Short for third-generation (mobile communication)
4G	Short for fourth-generation
3DES	Triple Data Encryption Algorithm

قائمة الرموز

C_{WiMAX}	النفقات الرأسمالية CAPEX لشبكة WiMAX
C_{BS}	تكاليف التجهيزات اللازمة لتنفيذ البنية التحتية للمحطات القاعدية
CPEs	تكاليف التجهيزات اللازمة من جهة المشترك (الداخلية والخارجية)
C_E	تكاليف التجهيزات اللازمة لمركز إدارة الشبكة
SL	تكلفة ترخيص الطيف الترددي
$BS_{A,I}$	تكاليف اختيار المواقع وتركيب المحطات القاعدية
CW	تكاليف الأعمال المدنية اللازمة
O_{WiMAX}	النفقات التشغيلية OPEX لشبكة WiMAX
$N_{O,M}$	تكاليف أعمال التشغيل والصيانة للشبكة
$BhL_{I,L}$	تكاليف تركيب وصلات Backhaul، واستئجارها
A	تكاليف الدعاية والإعلان
DS	تكاليف دعم الأجهزة لتأمين التوافق المثالي مع شبكة WiMAX
BSS_{LE}	تكاليف استئجار مواقع المحطات القاعدية
C_{speed}	سعة النظام وفق فئة السرعة المطلوبة
sub	عدد المشتركين المحتملين لفئة معينة من السعات
c	فئة السرعة المطلوبة
c_r	contention ratio (7 : 1)
C_{256}	سعة النظام وفق فئة السرعة 256Kbps
C_{512}	سعة النظام وفق فئة السرعة 512Kbps
C_1	سعة النظام وفق فئة السرعة 1Mbps
C_2	سعة النظام وفق فئة السرعة 2Mbps
C_4	سعة النظام وفق فئة السرعة 4Mbps
C_8	سعة النظام وفق فئة السرعة 8Mbps
C_{16}	سعة النظام وفق فئة السرعة 16Mbps
C_{24}	سعة النظام وفق فئة السرعة 24Mbps
No. S	عدد القطاعات

مقدمة: Introduction

تزداد الحاجة يوماً بعد يوم بشكل كبير ومتسارع إلى الحصول على البيانات والمعلومات وتبادلها في جميع القطاعات وعلى كافة المستويات بأفضل سرعة وجودة متاحتين، وقد أصبحت شبكات الاتصالات وفي مقدمتها شبكة الإنترنت الوسيلة الأسهل والأسرع في تحقيق هذا الغرض. مما أدى إلى زيادة الطلب على توفر شبكات اتصالات متطورة وقادرة على مواكبة تلك الاحتياجات المتزايدة وتقديم الخدمات بسرعات عالية في جميع المناطق وعلى نطاق واسع.

يوجد في يومنا هذا عدة طرق للاتصال بشبكة الإنترنت والحصول على الخدمة وتبادل البيانات. حيث في حالة النفاذ عريض النطاق broadband access، يمكن الحصول على الخدمة بأكثر من طريقة بالاعتماد على دارات DSL أو على تقنية الاتصالات اللاسلكية Wi-Fi، وهناك طريقة الاتصال باستخدام شبكات الاتصال الخلوية بتقنية 3G أو ما يُسمى الجيل الثالث، كما توجد طريقة النفاذ عن طريق شبكة الألياف الضوئية أو ما يُصطلح على تسميته (FTTH, FTTB) وهي تقدم الخدمات بجودة عالية. وبعيداً عن النفاذ عريض النطاق يوجد طريقة dial-up أو ISDN التي لا تزال تستخدم في بعض الأحيان عند عدم توفر وسائل اتصال أخرى حيث تعتمد على الاتصال بمزود الخدمة عن طريق خط الهاتف العادي. ولكن تبقى هذه الطرق تعاني من بعض القصور في عدة نواحٍ من حيث تلبية الحاجة المتزايدة إلى السرعات العالية وتوفير الخدمة في كافة المناطق حتى النائية والبعيدة منها (كالمناطق الريفية والجبلية وحقول النفط والغاز التي عادةً ما تكون في مناطق بعيدة غير مأهولة).

لو تناولنا خيار الاتصال بطريقة dial-up، أو حتى ISDN فالخدمة تقدم بجودة منخفضة جداً حيث أقصى حد لسرعة تبادل البيانات نظرياً عبر الشبكة هو 56Kbit/s في حالة dial-up وتصل حتى 128Kbit/s في حالة ISDN، وهي سرعة لا تلبي الاحتياجات. أما في النفاذ عريض النطاق عن طريق دارات DSL، نجد أن الخدمة تقدم بجودة مقبولة نوعاً ما ولكنها مكلفة للاستخدام الشخصي ولا تتوفر في جميع المناطق ويحتاج توفيرها إلى بنية تحتية من الكابلات والتوصيلات تستلزم الكثير من الجهد والتكلفة خصوصاً للمناطق البعيدة. ولو تناولنا خيار الاتصال اللاسلكي بتقنية Wi-Fi، فنلاحظ أن الأماكن التي تتوفر فيها هذه الخدمة محدودة بالإضافة إلى أن نقاط الإرسال لا يمكنها تغطية مساحات كبيرة. ولدينا طريقة الاتصال عن طريق خدمات الجيل الثالث 3G عبر شبكات GSM، وهي تقدم بجودة جيدة ولكنها مكلفة ولا تتوفر الخدمة في كافة المناطق. أما تزويد الخدمة بطريقة الألياف الضوئية FTTH,FTTB فهي مكلفة جداً وتحتاج إلى بنية تحتية من الألياف الضوئية الواصلة حتى آخر نقطة، ومن الصعوبة بمكان تقديم هذه الخدمة في المناطق البعيدة والصعبة جغرافياً.

لذلك، وفي ضوء هذا القصور لبعض تلك التقنيات، فإن الحاجة ماسة إلى وجود تقنية اتصال تجمع بين معظم إيجابيات الأنواع السابقة، بحيث تكون قادرة على توفير النفاذ عريض النطاق إلى الإنترنت لاسلكياً بسرعات عالية، ولمسافات بعيدة، وبتكلفة مقبولة. وهذا ما تَعِد بتوفيره تقنية WiMAX كإحدى تقنيات الجيل الرابع للاتصالات 4G، وتعني "التوافقية حول العالم من أجل النفاذ بالموجات الميكروية" World Wide Interoperability for Microwave Access. فهي تعتبر من أحدث تقنيات الاتصالات اللاسلكية التي تعمل وفق المعيار القياسي العالمي IEEE 802.16 لتوصيل خدمات النطاق العريض حتى الميل الأخير،[3] بسرعات عالية تصل إلى أكثر من 75 Mbit/s،[4] ولمساحات واسعة قد تبلغ دائرة نصف قطرها 50 Km للخلية الواحدةفي ظروف ملائمة.[5]

فهي يُمكن أن تُعتبر بديلاً لتقنية DSL بسرعات أكبر ودون الحاجة إلى الأسلاك والتوصيلات. وأفضل من تقنية Wi-Fi و 3G من حيث توفير الخدمة بسرعات أكبر ولمسافات أبعد في جميع البيئات المحيطة. كما أنها أقل تكلفة وجهد من الألياف الضوئية، ولا تتعرض لمشاكل البنية التحتية وصعوبة الحفر والتوصيل خصوصاً في المناطق النائية وذات الطبيعة الجغرافية الصعبة.

[3] Gao, Feng. (2009, May). A technical and Market study for WiMAX. Master Thesis, Helsinki University of Technology, Finland.

[4] Azizul Hasan, Mohammad. (2007, June). Performance Evaluation of WiMAX/IEEE 802.16 OFDM Physical Layer. Master Thesis, Helsinki University of Technology, Finland.

[5] Pathak, S., Batra, S. (2012, October). Next Generation 4G WiMAX Networks-IEEE 802.16 Standard. Department of Telecommunication, SRM University. India.

مشكلة الدراسة: Research Problem

تُعتبر خدمات الإنترنت وتبادل البيانات في سوريا ذات مستوى متوسط بشكل عام إن لم نقل أنها سيئة من حيث التوفر والجودة والتكلفة معاً. فهناك كما في كثير من البلدان حالة عامة من عدم الرضا عن خدمة الإنترنت. حيث يتطلع جميع مستخدمي الشبكة إلى الحصول على خدمات وتطبيقات الإنترنت بسرعات عالية، وبتكلفة مقبولة تتناسب مع جودة الخدمة، مع إمكانية التحرر من التقيد بالمكان. كما يتطلع أيضاً مزودو الخدمات ومشغلو الشبكات إلى إمكانية توفير النفاذ عريض النطاق لكافة المناطق الحضرية والريفية، دون القلق بشأن التكلفة العالية والوقت والجهد المطلوب لأعمال الحفر الكثيرة والصعبة اللازمة لإنشاء البنية التحتية من الكابلات والتوصيلات خصوصاً في المناطق ذات التضاريس الجغرافية الصعبة.

تتركز مشكلة الدراسة حول الأمرين التاليين:

- توطين تقنية WiMAX في سوريا، بحيث تُقدم خدمات النفاذ عريض النطاق إلى الإنترنت وتبادل البيانات بسرعات عالية وتكلفة مقبولة، وتصبح متاحة للاستخدام في مختلف المناطق.
- تحديد المتطلبات الفنية والاقتصادية لتصميم وتركيب وتشغيل شبكة WiMAX في سوريا، بحيث تشمل كامل الأراضي السورية.

الدراسات السابقة (الدراسات المرجعية): Literature review

هناك ندرة على المستوى المحلي في الدراسات حول تقانات اتصالات الجيل الرابع بما فيها تقنية الاتصال اللاسلكي WiMAX 802.16، ولكن هناك العديد من الدراسات الأجنبية التي اهتمت بهذا الموضوع.

لإتمام هذه الدراسة، فقد جرى الاطلاع على عدد من الدراسات والتقارير ذات الصلة بموضوع الدراسة، ومنها:

1. دراسة (Torad, EI Qassas, Al Henawi-2011)، بعنوان: "مقارنة بين LTE و WiMAX من خلال محاكاة على مستوى النظام باستخدام OPNET"

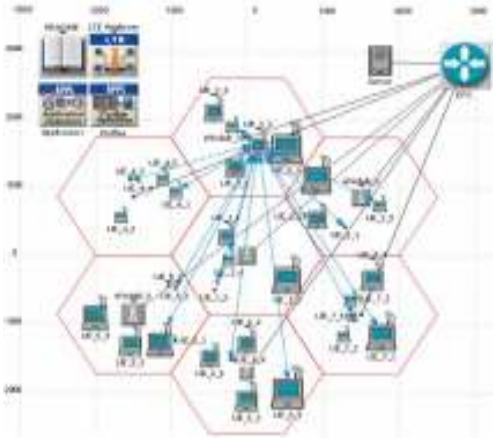
[1]Mohammed Torad, [2]Ahmed EI Qassas, [3]Hadia Al Henawi, (2011), "Comparison between LTE and WiMAX based on System Level Simulation Using OPNET modeler (release 16)".

[1]Ain Shams University, Department of Electronic and Communication Engineering, Cairo, Egypt. [2]Al Baha Private College of Science, Department of Computer Engineering, Al Baha, KSA. [3]Ain Shams University, Department of Electronic and Communication Engineering, Cairo, Egypt.

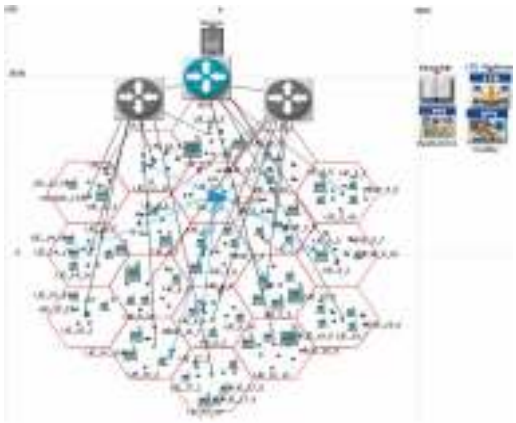
قدمت الدراسة مقارنة بين تقنيتي LTE و WiMAX من حيث أداء الشبكة QoS بالنسبة لبعض المحددات. وتضمنت أربعة أقسام، حيث يُقدم القسم الأول من الدراسة مدخلاً وشرحاً حول التقنيتين، وتضمن القسم الثاني شرحاً للسيناريوهات التي سيتم تمثيلها، بينما قَدمت في القسم الثالث شرحاً لمنصة المحاكاة التي جرى اعتمادها للنظامين، وتناولت في القسم الرابع النتائج التي جرى الحصول عليها من المحاكاة.

حيث هدفت هذه الدراسة إلى عمل محاكاة لشبكتين بهدف اختبار أداء النظام في كل من تقنيتي LTE و WiMAX، وذلك باستخدام أداة المحاكاة OPNET modeler release 16. حيث تم اختبار محددين من محددات الأداء وجودة الخدمة في كل من التقنيتين وهما محدد الإنتاجية throughput ومحدد وقت الاستجابة response time. وذلك من خلال أربعة سيناريوهات. تم تطبيق اثنين من هذه السيناريوهات على تقنية LTE واثنين على تقنية WiMAX. حيث يتألف السيناريو الأول من 7 خلايا LTE وعدد من محطات المشتركين وملفات الإعدادات اللازمة لعمل الشبكة، كما هو مبين في الشكل (1). ويتألف السيناريو الثاني من 19 خلية LTE وعدد من محطات المشتركين وملفات الإعدادات، كما في الشكل (2). بينما يتألف السيناريو الثالث من 7 خلايا WiMAX مع عدد من محطات المشتركين ضمن كل خلية، وملفات الإعدادات، كما في

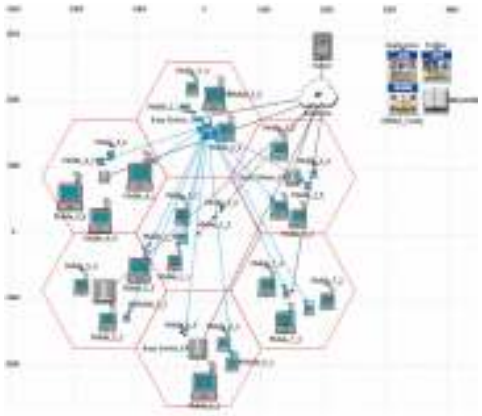
الشكل (3). ويتألف السيناريو الرابع أيضاً من 19 خلية WiMAX وعدد من محطات المشتركين، كما في الشكل (4).



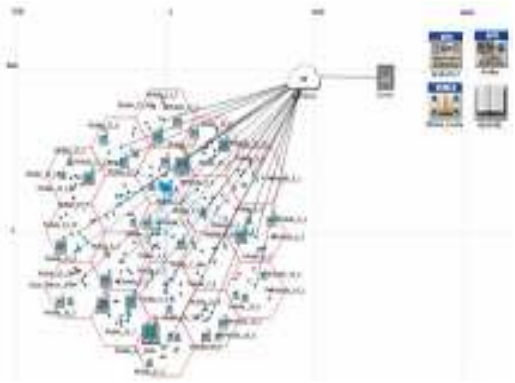
الشكل (1): LTE_7BS



الشكل (2): LTE_19BS



الشكل (3): WiMAX_7BS



الشكل (4): WiMAX_19BS

وجدت الدراسة من نتائج المحاكاة في السيناريوهات الأربعة، أن تقنية LTE حققت وقت استجابة أقل من الوقت الذي حققته تقنية WiMAX، بينما حققت تقنية WiMAX معدل إنتاجية أعلى من الذي حققته تقنية LTE.

2. دراسة (Jaswal, Jyoti, Vats-2014)، بعنوان: "المحاكاة والتحقق من شبكة واي ماكس بالاعتماد على أداة OPNET من خلال محددات مختلفة لجودة الخدمة"

[1]Kamini Jaswal, [2]Jyoti, [3]Kuldeep Vats, (2014), "OPNET BASED SIMULATION AND INVESTIGATION OF WIMAX NETWORK USING DIFFERENT QoS"

[1]M.tech, Department of electronics and communication, South point institute of engineering and technology, Sonepat, Haryana, India. [2]Assistant professor, Department of electronics and communication, South point institute of engineering and technology, Sonepat, Haryana, India. [3]B.E. Honors, M.tech, Department of computer science engineering, Sonepat, Haryana, India.

قدمت هذه الدراسة محاكاة وتقييم لأداء شبكة WiMAX من خلال محاكاة الأداء لثلاث شبكات (صغيرة – متوسطة – وكبيرة) مع 15 و 25 و 40 محطة مشترك متنقلة، وذلك باستخدام برنامج المحاكاة OPNET v14.5.

الجدول (1): عدد المحطات في الشبكات الصغيرة والمتوسطة والكبيرة

Network module	No. of Base station	No. of nodes per Base Station	Total No. of nodes
Small	3	5	15
Medium	5	5	25
Large	8	5	40

أجريت المحاكاة في هذه الدراسة من خلال ثلاثة سيناريوهات، حيث يضم السيناريو الأول ثلاث محطات قاعدية يرتبط بكل منها 5 محطات مشتركين، وفي السيناريو الثاني 5 محطات قاعدية يرتبط بكل منها 5 محطات مشتركين، ويتألف السيناريو الثالث من 8 محطات قاعدية يرتبط بكل منها 5 محطات مشتركين. تقوم كل مجموعة من 5 محطات مشتركين بالاتصال فيما بينها عن طريق محطة قاعدية واحدة خلال 1000 ثانية.

حيث جرى في نهاية المحاكاة تقييم بعض محددات الأداء وجودة الخدمة مثل:
معدل النشاط الأولي initial ranging activity، التأخير الزمني delay، إجمالي طاقة الإرسال total transmission power.

وأظهرت نتائج هذه الدراسة أن محدد معدل النشاط الأولي حقق أعلى نتيجة في السيناريو الثاني (الشبكة المتوسطة مع 25 محطة مشترك)، بينما حقق أدنى نتيجة في السيناريو الثالث (الشبكة الكبيرة مع 40 محطة مشترك). وأن محدد التأخير الزمني حقق نتيجة عالية في السيناريو

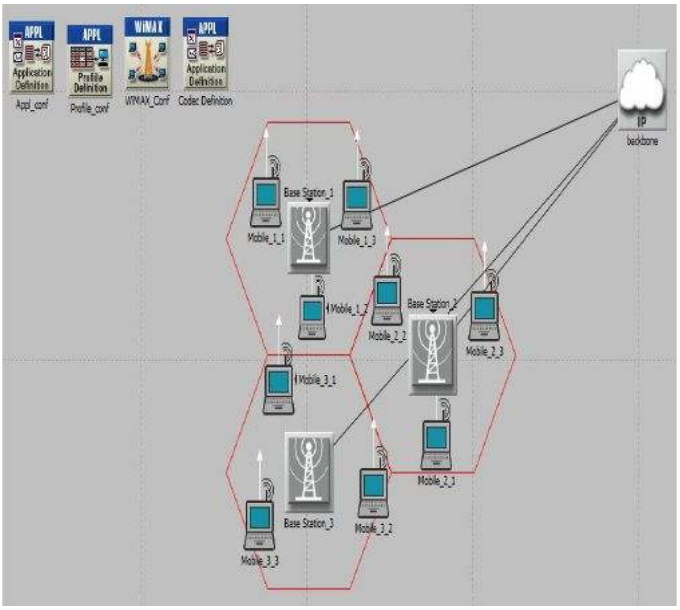
الثالث، ونتيجة أقل في السيناريو الثاني والأول. وكذلك فإن محدد إجمالي طاقة الإرسال ومحدد خسارة المسار حققا أقل نتيجة في السيناريو الثاني، وحققا نتيجة عالية في السيناريو الأول.

3. دراسة (Bagoria, Garhwal, Sharma-2013)، بعنوان "محاكاة الطبقة الفيزيائية لشبكة WiMAX باستخدام OPNET"

[1]Narendra Bagoria, [2]Anita Garhwal, [3]Anurag Sharma, (2013), "Simulation of Physical layer of WiMAX Network using OPNET Modeler".

[1]M.tech scholar, Department of Electronics & Communication Engineering Jagannath University, Jaipur, Rajasthan, India. [2&3]Assistant Professor, Department of Electronics & Communication Engineering Sobhasaria Group of Institutions, Sikar, Rajasthan, India.

قدمت هذه الدراسة محاكاة لشبكة WiMAX بهدف اختبار الأداء لبعض محددات جودة الخدمة والطبقة الفيزيائية وفقاً لثلاثة أنماط من التعديل المستخدم وهي (QPSK – 16QAM – 64QAM). وذلك باستخدام برنامج محاكاة الشبكات OPNET v14.5، حيث تتألف الشبكة من ثلاث محطات قاعدية يرتبط بكل منها ثلاث محطات مشتركين، كما في الشكل (5).



الشكل (5): WiMAX_3BS_9SS

أظهرت نتائج هذه الدراسة أن محدد التأخير الزمني delay كان في أعلى قيمة له عند استخدام نمط التعديل QPSK في الشبكة، وكان في أدنى قيمة له عند استخدام نمط التعديل 16 QAM. بينما كان محدد الحمل load في أعلى قيمة له عند استخدام نمط التعديل 16 QAM، وفي أدنى قيمة مع النمط QPSK. كما ظهر محدد الإنتاجية throughput في أعلى قيمة عند

استخدام نمط التعديل 16 QAM. كما ظهرت أعلى قيمة لمحدد معدل الخطأ bit error rate عند استخدام نمط التعديل 64 QAM، وأقل قيمة مع النمط QPSK.

4. دراسة (Banerji, Singha-2013)، بعنوان: "واي فاي و واي ماكس: دراسة مقارنة"

Sourangsu Banerji, Rahul Singha Chowdhury, (2013), "Wi-Fi & WiMAX: A Comparative Study", Department of Electronics & Communication Engineering, India.

قدمت هذه الدراسة وصفاً لتقنية WiMAX، كما تناولت الاتصال اللاسلكي عن طريق تقنية Wi-Fi، وقد شرحت هذه الدراسة أنه يمكن الدمج بين شبكات الاتصالات اللاسلكية بتقنية Wi-Fi وشبكات الاتصالات اللاسلكية بتقنية WiMAX، كما قدمت تحليلاً فنياً لمقارنة بين المعيار Wi-Fi 802.11 والمعيار WiMAX 802.16 للشبكات اللاسلكية والتي توفر حلاً بديلاً لمشكلة النفاذ والحصول على المعلومات في المناطق الريفية والنائية التي يعتبر إيصال الخدمات إليها باستخدام الشبكات السلكية أمراً غير مجدٍ اقتصادياً.

وقد هدفت هذه الدراسة إلى إثبات أن المعيار القياسي WiMAX 802.16 جاء ليكمل القصور الحاصل في تقديم خدمات النفاذ بالنطاق العريض باستخدام المعيار القياسي Wi-Fi 802.11، وليس ليأخذ أو يحل مكانه، حيث بينت أنه يمكن لهذين المعيارين القياسيين أن يعملا معاً لتشكيل شبكة لاسلكية مترابطة مع بعضها، بحيث تقوم شبكة WiMAX بتأمين الربط بين مختلف الشبكات اللاسلكية التي تعمل بتقنية Wi-Fi في كافة الأماكن من جهة وبين شبكة الإنترنت من جهةٍ ثانية، وذلك من خلال وصلات لاسلكية Backhaul عالية السرعة ولمسافات بعيدة.

5. دراسة (Frank Ibikunle-2009)، بعنوان: "واي ماكس: تقنية ملائمة لتوفير النفاذ حتى الميل الأخير إلى بنية تكنولوجيا المعلومات والاتصالات والخدمات في المناطق الريفية"

Frank Ibikunle, "WiMAX: appropriate technology to provide last mile access to ICTs infrastructure and services in rural areas", Covenant University, Ota Nigeria.

سَلَطت هذه الدراسة الضوء على بعض النقاط التي تجعل من تقنية واي ماكس الحل الأمثل والتقنية الأكثر ملائمةً لصالح توفير النفاذ اللاسلكي عريض النطاق إلى شبكة المعلومات والاتصالات والخدمات في المناطق الريفية البعيدة. كما قدمت هذه الدراسة عدة سيناريوهات يمكن من خلالها أن تكون تقنية الواي ماكس الحل الأفضل للاستفادة من الكثير من التطبيقات. حيث يمكن أن تُقدم حلولاً تقنية وتؤمن وصولاً بالنفاذ عريض النطاق المطلوب بجهد وتكلفة أقل مما لو

أردنا توفير هذا النفاذ والخدمات ذاتها من خلال حلول الشبكات القائمة حالياً. من هذه السيناريوهات التي ذكرت في هذه الدراسة:

Cellular backhaul, campus connectivity, rural connectivity, theme park, education network, wireless service provider, banking network.

وخَلُصت هذه الدراسة إلى أن الطلب على النفاذ اللاسلكي عريض النطاق ينمو بسرعة كبيرة، بالإضافة إلى تبني مجموعة متزايدة من التطبيقات التي تشمل الخدمات المتنقلة والمحمولة والثابتة والوصول إلى البيانات فضلاً عن الخدمات الصوتية الثابتة والمتنقلة. وبالنظر إلى الحدود أو المعايير التي فرضها الاتحاد الدولي للاتصالات أمام تقنيات النفاذ، ستبدو تقنية WiMAX الحل المطلوب للنفاذ عريض النطاق إلى شبكات الاتصالات والمعلومات خصوصاً في البلدان النامية. وأن تقنية WiMAX هي تقنية جديدة وقوية للنفاذ اللاسلكي عريض النطاق تهدف إلى توفير النفاذ إلى شبكات الاتصالات والمعلومات والخدمات في كل مكان وبشكل منصف وبتكلفة مقبولة، مما يسهم إلى حد كبير في سد الفجوة الرقمية.

6. دراسة (Gyan Prakash, Sadhana Pal-2011)، بعنوان: "تقنية واي ماكس وتطبيقاتها"

Gyan Prakash[1], Sadhana Pal[2], "WiMAX technology and its application",
[1]Lecturer in department of Electronics & Communication Engineering, [2]Assistant Professor in department of Electronics & communication Engineering, India.

قدمت هذه الورقة عرضاً لتقنية WiMAX وملامح هذه التقنية والتطبيقات المستقبلية لها، وناقشت مقارنة بين هذه التقنية وتقنية خط المشترك الرقمي DSL والكبل و Wi-Fi.

وخَلُصت هذه الورقة إلى أنه من المتوقع أن تصبح تقنية WiMAX المعيار القياسي المهيمن للشبكات اللاسلكية في السوق العالمية، على الأقل في شبكات النطاق العريض الثابتة.

7. دراسة (Kabir, Khan, Haque, Mamun-2012)، بعنوان: "واي ماكس أو واي فاي: التقنية الأفضل المرشحة لبناء بنية للنفاذ اللاسلكي"

Kabir[1],Khan[2],Haque[1] and Mamun[2], "WiMAX or Wi-Fi: The Best Suited Candidate Technology for Building Wireless Access Infrastructure",
[1]School of Information and Communication Technology, [2]School of Computer and System Sciences Royal Institute of Technology (KTH) Stockholm Sweden.

قدمت هذه الورقة شرحاً لاثنتين من التقانات اللاسلكية الناشئة حيث تعرض وصفاً للتقنية اللاسلكية واي فاي وتقنية واي ماكس، وأجرت مقارنة بين المعيار القياسي IEEE 802.11 والمعيار القياسي IEEE 802.16، لمعرفة التكنولوجيا التي توفر أفضل حل لبناء شبكة لاسلكية وتوفير خدمة النفاذ عريض النطاق، حيث تم جمع البيانات والخصائص الفنية لكل منهما، والكيفية التي يمكن

تطبيقها بها وتم التقييم على أساس بعض الخصائص الرئيسية المميزة لكل منهما.

وتوصلت الدراسة إلى أن WiMAX هي التقنية والمعيار الأفضل والأكثر مرونةً ومناسبةً لكافة المستخدمين للخدمات اللاسلكية الثابتة والمتحركة، وستكون المنافس الأقوى لبناء البنية اللاسلكية المستقبلية للنفاذ عريض النطاق.

8. دراسة (Rameshbhai, Sitaram, Krishna-2012)، بعنوان: "لمحة عامة عن تقنية واي ماكس: وصول عريض النطاق حتى الميل الأخير"

Rameshbhai, Sitaram, Krishna, (2012), "Overview of WiMAX technology-broad band access to the Last Mile", Vadaliya Savan Rameshbhai et al Int.J.Computer Technology & Applications.

جرى في هذه المقالة تقديم لمحة عن تقنية واي ماكس النقالة Mobile WiMAX، التي بُشر بها كثيراً للجيل المقبل NGN من شبكات النطاق العريض المتنقلة، وقدمت شرحاً لمعالم التقنية وخصائصها وجوانبها الرئيسية في العمل مثل تقنية OFDMA, MIMO لتحقيق أعلى كفاءة للطيف الترددي. وبينت أن هذه التقنية تفسح المجال أمام نفسها جيداً من خلال خصائصها لتوفير النفاذ عريض النطاق لتطبيقات الوسائط المتعددة مع جودة الخدمة التي تدعم تطبيقات الصوت.

وتوصلت إلى أن تقنية WiMAX ستوفر مستقبلاً كل ما تحتاجه التطبيقات المختلفة من خدمات النفاذ اللاسلكي عريض النطاق.

9. دراسة (Tsagkaris, Demestichas-2009)، بعنوان: "شبكة واي ماكس: نظرة عامة والتحديات ما وراء الطيف الترددي"

Kostas Tsagkaris, Panagiotis Demestichas, (2009), "WiMAX network: overview and Challenges beyond the air Interface", IEEE vehicular technology magazine.

تُركز هذه الدراسة على الجزء الداخلي المركزي من شبكة واي ماكس، وهو الجزء الأساسي من الشبكة، حيث تم تقديم لمحة عن البنية الفنية والهندسية لشبكة النفاذ العريض النطاق بتقنية واي ماكس، وتطرقت إلى أهمية دور ووظيفة شبكة خدمة الوصول Access Service Network (ASN)، وهو الجزء المسؤول عن إدارة الولوج إلى الشبكة والحصول على الخدمات وعن جودة الخدمة QoS والأمان ودعم تطبيقات IP بسرعات عالية. وتطرقت إلى أهمية ASN-GW أو بوابة العبور الذي يكون في المكان الأكثر بروزاً من الشبكة أو في قلب الشبكة، حيث يتم تمرير جميع الاتصالات الراديوية إلى مركز تشغيل الشبكة NOC لتمر عبره إلى الطرف الآخر.

10. دراسة (Islam, Alam-2009)، بعنوان: "واي ماكس: تحليل للتكنولوجيا القائمة حالياً ومقارنتها مع الشبكات الخلوية"، أطروحة ماجستير في الهندسة الكهربائية مع التركيز على الاتصالات السلكية واللاسلكية.

Mohammad Saiful Islam, Mohammad Tawhidul Alam, (2009), "WiMAX: an analysis of the existing technology and compare with the cellular networks", SWEDEN, blekinge institute of technology department of telecommunications systems.

تُقدم هذه الدراسة تحليلاً لتقنية النفاذ اللاسلكي عريض النطاق BWA، بالتركيز على تقنية WiMAX، ومقارنتها مع تقنيات الاتصال اللاسلكي الأخرى مثل Wi-Fi و الجيل الثالث 3G. حيث هدفت هذه الدراسة إلى إظهار المميزات التقنية الايجابية لتقنية WiMAX والتي تجعلها تملك إمكانيات أكبر ومرونة مقارنةً مع غيرها من الشبكات اللاسلكية.

وتوصلت هذه الدراسة إلى أن تقنية WiMAX تقدم خدمات أفضل بكثير من Wi-Fi و 3G، وأن شبكة WiMAX يمكن أن تكون خياراً مناسباً جداً لملء الفجوة بين شبكات Wi-Fi، كما أنها تقدم حلاً لبعض الصعوبات والمشاكل التقنية التي تعترض الشبكات الخلوية، كما أنها أكثر مرونة وكفاءة في استخدام الطيف الترددي، إذ أنها توفر نقل البيانات عبر وصلة لاسلكية بخط نظر مباشر LOS أو بدون خط نظر NLOS، وتوفر نقلاً آمناً للبيانات، وستكون متوفرة في أي مكان وأي وقت بحيث يمكن للجميع الحصول على الخدمات والنفاذ إلى الإنترنت بسرعات عالية.

11. دراسة (Soni, Kaushal-2011)، بعنوان: "تقنية واي ماكس النقالة ومقارنتها مع التقانات المنافسة المتنوعة".

Gaurav Soni, Sandeep Kaushal, (2011), "Mobile WiMAX technology and its comparison with various competing technologies", International Journal of Compution and Corporate Research.

قدمت هذه الدراسة في بدايتها مدخلاً للتعريف بتقنية WiMAX والبنية الهندسية لشبكة واي ماكس النقالة، وتناولت بنية بروتوكول تقنية واي ماكس النقالة، وقدمت شرحاً لجودة الخدمة QoS المدعومة في هذه التقنية، ثم قدمت بعد ذلك مقارنة بين نظام واي ماكس وبين بعض التقنيات الأخرى المختصة والمنافسة وأظهرت ما يُميز هذه التقنية عن تلك التقنيات، وقدمت في نهاية المقالة تصوراً موجزاً لمستقبل هذه التقنية.

ملخص الدراسات السابقة:

تعددت الدراسات السابقة التي تناولت تقنية الجيل الرابع للنفاذ اللاسلكي عريض النطاق WiMAX، ولكننا نلاحظ أن تلك الدراسات اشتركت وتقاربت في عدة نقاط وهي:

- تقنية WiMAX هي تقنية جديدة وواعدة للنفاذ اللاسلكي عريض النطاق تهدف إلى توفير النفاذ إلى شبكات الاتصالات والمعلومات لتوفير الخدمات في كل مكان بشكل منصف وبتكلفة مقبولة.
- تَعِد تقنية WiMAX بتوفير كل ما تحتاجه التطبيقات المختلفة من خدمات النفاذ اللاسلكي عريض النطاق، كبديل لخدمة DSL.
- جاء المعيار القياسي WiMAX 802.16 ليكمل القصور الحاصل في تقديم خدمات النفاذ بالنطاق العريض باستخدام المعيار القياسي Wi-Fi 802.11.
- يمكن للمعيارين القياسيين WiMAX 802.16 و Wi-Fi 802.11 أن يعملا معاً لتشكيل شبكة لاسلكية مترابطة مع بعضها، حيث تعبر شبكات Wi-Fi الموزعة في كل مكان ومن مسافات بعيدة إلى شبكة الإنترنت من خلال وصلات WiMAX اللاسلكية وبسرعات عالية.
- من المتوقع أن تصبح تقنية WiMAX المعيار القياسي المهيمن للشبكات اللاسلكية في السوق العالمية، على الأقل في شبكات النطاق العريض الثابتة.

وجه الشبه والاختلاف بين الدراسة الحالية والدراسات السابقة:

تتشابه الدراسة الحالية مع بعض الدراسات السابقة في أنها تتناول تقنية WiMAX كمفهوم وأهمية واستخدامات. كما تتشابه مع بعضها الآخر من حيث قيامها بإجراء محاكاة للشبكة بهدف اختبار أداء بعض محددات جودة الخدمة مع بعض التطبيقات.

ولكن تختلف هذه الدراسة عما سبقها من دراسات في أنها تَضع تصوراً للشبكة ومكوناتها الأساسية وارتباطاتها وتوزعها الجغرافي قي سوريا، وفي أنها تجري دراسة للجدوى الاقتصادية لمشروع تركيب وتشغيل شبكة WiMAX تشمل كامل الأراضي السورية خلال خمس سنوات. بحيث توفر خدمات النفاذ عريض النطاق بمختلف السعات المحتمل طلبها.

جوانب الاستفادة من الدراسات السابقة:

شكلت الدراسات السابقة دعماً للدراسة الحالية حيث جرت الاستفادة منها في عدة أمور:

- فهم تقانات الجيل الرابع للاتصالات وآليات النفاذ اللاسلكي عريض النطاق.
- فهم أكثر للمعيار القياسي العالمي WiMAX 802.16 للنفاذ اللاسلكي عريض النطاق، وأسباب تفوقه على المعايير والتقنيات المتوفرة حالياً.
- الاستفادة من بعض مخرجات ونتائج هذه الدراسات كمدخلات للدراسة الحالية بما يسهم في معالجة المشكلة.
- الاستفادة من بعض التوصيات الواردة في تلك الدراسات لتوظيفها في وضع التصور لشبكة WiMAX في سوريا.
- الاستعانة بالعديد من المراجع الواردة في هذه الدراسات.

أهمية الدراسة: The Research Importance

تنبع أهمية الدراسة من أهمية وتطور تقنية WiMAX كتقنية واعدة لحل الكثير من مشاكل محدودية نطاق التغطية، أو محدودية سرعة نقل البيانات، أو التكلفة الزائدة، التي تعاني منها معظم التقنيات الحالية لتوفير مختلف خدمات النفاذ إلى الإنترنت.

كما تنبع أهمية هذه الدراسة بشكل أساسي من خلال وضعه تصوراً لشبكة WiMAX وهيكليتها وعناصرها ومكوناتها الأساسية وآلية الترابط الشبكي بين هذه العناصر وتوزعها الجغرافي في سوريا، وأيضاً من خلال دراسة المتطلبات الفنية والاقتصادية لتطبيق هذه التقنية وإدخالها إلى المجتمع السوري ضمن مشروع مُقترح لهذه الغاية وفق جدول زمني محدد.

وعلى الرغم من توفر العديد من الدراسات وخصوصاً الأجنبية منها التي تناولت تقنية WiMAX بشكل عام. إلا أننا في سوريا نفتقر إلى الدراسات المحلية حول هذه التقنية ومتطلبات توطينها. وهو ما يميز هذه الدراسة عن غيرها من الدراسات الأخرى.

أهداف الدراسة: The Research Aims

تُقدم هذه الدراسة رؤية لتوطين تقنية WiMAX في سوريا، كخطوة نحو الانتقال إلى الجيل الرابع للاتصالات بهدف تحسين خدمات الإنترنت وتبادل البيانات وتوفيرها في كافة المناطق.

وعليه ترمي هذه الدراسة إلى تحقيق هدفين اثنين:

الهدف الأول: التعريف بتقنية WiMAX واستخداماتها المتنوعة، والإيجابيات التي يمكن أن تتحقق من توطين هذه التقنية في سوريا.

الهدف الثاني: وضع تصور لهيكلية الشبكة وعناصرها الأساسية وآلية الترابط الشبكي فيما بينها وتوزعها الجغرافي ضمن مشروع مُقترح لذلك، مع دراسة الجدوى الاقتصادية لتركيب وتشغيل شبكة WiMAX في سوريا خلال خمس سنوات وفق المشروع المُقترح.

فرضيات الدراسة: The Research Hypothesis

- تقنية WiMAX من التقنيات المتطورة، وهي تقنية ملائمة لتوطينها في سوريا.
- لا يوجود في سوريا حالياً أي مزود خدمة انترنت يقوم بتوفير خدمة النفاذ عريض النطاق إلى الإنترنت لاسلكياً لمساحات كبيرة وبسرعات عالية باستخدام تقنية WiMAX 802.16.

منهج الدراسة: The Research Methodology

جرى اعتماد المنهج الوصفي التحليلي.

المنهج الوصفي، من خلال الوقوف على أهمية وتطور تقنية WiMAX، من خلال جمع البيانات ذات الصلة بمشكلة الدراسة، والاطلاع على العديد من الدراسات والأبحاث والمراجع والمنشورات، للوصول إلى تغطية الجانب النظري للدراسة.

والمنهج التحليلي، من خلال ملاحظة وتحليل وربط البيانات التي جرى جمعها مما ورد في العديد من الدراسات والبحوث السابقة ذات العلاقة بموضوع الدراسة، وأيضاً من خلال استخلاص بعض المعلومات من المقابلات التي جرى إجراؤها مع بعض المختصين في مجال الاتصالات والمعلوماتية. ليجري بعد ذلك إسقاط تلك المعلومات وتوظيفها بما يسهم في معالجة مشكلة الدراسة الحالية.

مجتمع الدراسة، وعينته، وحدوده: Research community, sample and limits

يشمل مجتمع الدراسة قطاع الاتصالات بشكل عام.

أما عينة الدراسة: شبكات الاتصالات وتبادل البيانات.

حدود الدراسة: الحد الجغرافي والمكاني لهذه الدراسة هو الجمهورية العربية السورية، ويشمل الحد الزماني الوضع القائم والمستقبلي وفق خطة وجدول زمني محدد لتنفيذ المشروع المقترح لتركيب وتشغيل شبكة WiMAX في سوريا.

طريقة تنفيذ الدراسة: The Manner of Doing The Research

جرى في البداية اعتماد الأسلوب المكتبي في جمع البيانات والمعلومات من مصادرها المتمثلة في الأبحاث والدراسات والكتب. حيث جرت الاستفادة من شبكة الإنترنت في الحصول على الكثير من هذه البيانات والمعلومات، وجرى توظيف الكثير منها في تغطية الفصل الأول الذي يُمثل الجزء النظري من الدراسة.

وجرى أيضاً القيام بعدد من المقابلات الشخصية مع بعض المختصين في مجال الاتصالات والمعلوماتية في الشركة السورية للاتصالات وفي الهيئة الناظمة لخدمات الشبكة بهدف الاستفادة من تلك الخبرات لتغطية بعض جوانب الدراسة. كما جرى الاطلاع على عدد من المشاريع المنفذة في الشركة السورية للاتصالات من حيث آلية تنفيذها ونتائج دراساتها، مما أسهم في إغناء الدراسة ومعالجة مشكلتها وتحقيق أهدافها.

قمنا أيضاً بإجراء بعض الاختبارات العملية لبعض محددات جودة الخدمة لشبكة WiMAX، وفق مجموعة من السيناريوهات مع تطبيقي HTTP,VoIP. حيث جرى استخدام أداة محاكاة الشبكات OPNET modeler، وحصلنا على عدد من النتائج.

ثم جرى كمرحلة أخيرة مقاطعة كل المعلومات التي جرى الحصول عليها وتوظيفها للخروج بالشكل والتصور النهائي لشبكة WiMAX في سوريا بعناصرها ومكوناتها الأساسية وتوزيعاتها بين كافة المحافظات، وتحديد آلية الترابط الشبكي وتبادل البيانات بين كل تلك العناصر، وذلك ضمن مشروع مُقترح وفق جدول زمني محدد، وجرى أيضاً في النهاية إجراء دراسة للجدوى الاقتصادية لمشروع تركيب وتشغيل الشبكة خلال خمس سنوات. وهو ما جرى تغطيته في الفصل الثاني الذي يُمثل الجزء العملي من الدراسة. ومن ثم جرى في الفصل الثالث عرض مختلف النتائج التي جرى التوصل إليها، بالإضافة إلى عدد من التوصيات.

الفصـــــل الأول

تقنية WiMAX ضمن الجيل الرابع 4G من أنظمة الاتصالات

WiMAX technology within the fourth generation 4G of communication systems

محتويات الفصل الأول

1.1. تمهيد 3

2.1. النفاذ اللاسلكي عريض النطاق BWA 4

1.2.1. النفاذ عريض النطاق Broadband Access 4

2.2.1. الشبكات اللاسلكية والنفاذ اللاسلكي عريض النطاق 5

3.1. ماهي تقنية WiMAX وكيف تعمل؟ 9

1.3.1. ماهي WiMAX؟ 9

2.3.1. أنواع WiMAX 15

3.3.1. كيف تعمل تقنية WiMAX؟ 16

4.1. المعيار القياسي IEEE 802.16 وتفرعاته 18

1.4.1. المعيار القياسي IEEE 802.16 19

2.4.1. المعيار القياسي IEEE 802.16a 20

3.4.1. المعيار القياسي IEEE 802.16REVd 20

4.4.1. المعيار القياسي IEEE 802.16e 20

5.4.1. المعيار القياسي IEEE 802.16-2009 21

6.4.1. المعيار القياسي IEEE 802.16m 21

5.1. لماذا تعتبر WiMAX هي الحل الأفضل فنياً واقتصادياً؟ 22

1.5.1. القيمة المضافة بالنسبة للحكومة والمجتمع 22

2.5.1. القيمة المضافة بالنسبة لمشغلي الشبكات ومزودي الخدمات 23

3.5.1. القيمة المضافة بالنسبة لمستخدمي الخدمة 24

6.1. تطبيقات WiMAX واستخداماتها 25

1.6.1. تطبيقات WiMAX 25

2.6.1. استخدامات WiMAX 26

7.1. النفقات الرأسمالية والنفقات التشغيلية للشبكة CAPEX, OPEX 34

1.7.1. التكلفة الإجمالية للملكية TCO 35

2.7.1. النفقات الرأسمالية CAPEX لبناء شبكة WiMAX 35

3.7.1. النفقات التشغيلية OPEX 36

8.1. مقارنة بين تقنية WiMAX وبعض التقنيات المستخدمة حالياً 38

1.8.1. WiMAX وتقنية الاتصالات اللاسلكية Wi-Fi 38

2.8.1. WiMAX وتقنية اتصالات الجيل الثالث 3G 39

3.8.1. WiMAX وتقنية خط المشترك الرقمي DSL 40

4.8.1. WiMAX وتقنية الألياف الضوئية FTTH,FTTB 41

5.8.1. WiMAX و LTE 41

9.1. ملخص الفصل 43

1.1. تمهيد:

تُقدم خدمات الإنترنت وتبادل البيانات في مختلف دول العالم من خلال عدد من التقنيات وشبكات الاتصالات السلكية أو اللاسلكية، ومنها الشبكات الأرضية ومنها الشبكات الفضائية. وتختلف هذه التقنيات فيما بينها في العديد من الميزات التقنية، وآلية العمل، وجودة الخدمة المقدمة والتكلفة.

تُعتبر تقنية WiMAX إحدى تقنيات الجيل الرابع للاتصالات، فهي نظام مطور للاتصالات اللاسلكية يهدف إلى تقديم خدمات النفاذ عريض النطاق، لتوفير مختلف خدمات وتطبيقات الإنترنت وتبادل البيانات المقدمة حالياً من خلال تقنية ADSL أو أي من طرق الاتصال الأخرى، ولكن مع ميزة أنها لاسلكية، وقادرة على الوصول حتى الميل الأخير.

يُقدم هذا الفصل تعريفاً بتقنية WiMAX وأنواعها، وآلية عملها، وميزاتها، وتطبيقاتها واستخداماتها المتنوعة، والقيمة المضافة التي تقدمها لكل من الحكومة والمجتمع ولمشغلي الشبكات ومزودي الخدمات ومستخدميها. ويقدم أيضاً شرحاً للمعيار القياسي العالمي IEEE 802.16 وتفرعاته، كما يتطرق إلى التكلفة الإجمالية للملكية TCO لشبكة WiMAX، وعناصرها الأساسية من النفقات الرأسمالية CAPEX والنفقات التشغيلية OPEX العامة.

كما يتطرق هذا الفصل إلى مقارنة بسيطة بين تقنية WiMAX 802.16، وعدد من التقنيات المستخدمة حالياً في سوريا وحول العالم لتوفير خدمات وتطبيقات النفاذ عريض النطاق. مثل تقنية خط المشترك الرقمي DSL، وشبكات اتصالات الجيل الثالث 3G، وشبكات الاتصالات اللاسلكية Wi-Fi، أو تقنية الليف الضوئي FTTH,FTTB. حيث تختلف هذه التقنيات أو تتفق في بعض من المزايا التقنية وآليات العمل، ولكنها تمتاز جميعها بقدرتها على توفير الوصول إلى خدمات النفاذ عريض النطاق، إما بشكل سلكي أو لاسلكي. كما يجري المقارنة بشكل مبسط في هذا الفصل مع التقنية الناشئة المشابهة لتقنية WiMAX وهي تقنية LTE.

2.1. النفاذ اللاسلكي عريض النطاق BWA:

1.2.1. النفاذ عريض النطاق Broadband Access:

يُشار إلى النفاذ عريض النطاق على أنه قدرة النفاذ إلى الإنترنت وتبادل البيانات بشكل مستمر وبسرعة عالية تفوق سرعة النفاذ التقليدي باستعمال خط الهاتف العادي dial-up,ISDN.

لم يعد النفاذ عريض النطاق مُقتصراً في وقتنا هذا على إمكانية تصفح الإنترنت بسرعات جيدة أو القدرة على تحميل الملفات بشكل أسرع، بل أصبح هناك العديد من التطبيقات مثل التطبيقات متعددة الوسائط، وتدفق الصوت والفيديو في الزمن الحقيقي، وعقد المؤتمرات عبر الشبكة، والعديد من التطبيقات التي تعتمد بشكل كبير على النفاذ بالنطاق العريض.

يضم النطاق العريض عدداً من التقنيات التي توفر النفاذ إلى شبكات الإنترنت وتبادل البيانات بسرعات عالية، مثل تقنية خط المشترك الرقمي DSL التي توفر النفاذ عريض النطاق عن طريق خطوط الهاتف النحاسية المجدولة Twisted-Pair، والتي تعتبر الأكثر شيوعاً في سوق النفاذ العريض النطاق.[6] وهناك أيضاً تقنية الألياف الضوئية FTTH,FTTB. وهذه التقنيات من أسرة النطاق العريض التي اعتمدت على النفاذ السلكي لتوفير خدمات الإنترنت وتبادل البيانات، وهي تقدم الخدمات بجودة جيدة ولكن تنفيذ بنيتها التحتية تعتبر مكلفة جداً وتستهلك الكثير من الوقت لإنشائها وإيصالها إلى جميع المناطق.[7]

ولكن ازدياد الحاجة والطلب المستمر على السرعات العالية أدى إلى اتساع المناطق التي تحتاج إلى التغطية بشبكات النطاق العريض لتوفير الخدمات اللازمة لسكان تلك المناطق، وهو ما يؤدي إلى زيادة كبيرة وملحوظة في التكلفة المترتبة على بناء وصيانة الشبكات السلكية، وخاصةً بالنسبة للمناطق البعيدة والأقل كثافة سكانية مثل الضواحي والمناطق الريفية.[8] ومن جهةٍ أخرى فإن الطلب الكبير والمتزايد لتوفر خدمات النطاق العريض المرنة والعالية السرعة والجودة استوجب ظهور تقانات وشبكات اتصال متقدمة قادرة على مواكبة هذه المتطلبات.

---

[6] Andrews, J. D., Ghosh, A., & Muhamed, R. (2007, February). Fundamentals of WiMAX: understanding broadband wireless networking. Prentice Hall. USA.

[7] Saiful Islam, M., Tawhidul Alam M. (2009, January), WiMAX: an analysis of the existing technology and compare with the cellular networks. Master Thesis, Blekinge institute of technology. Sweden.

[8] Medhn, Samuel. (2012, September). Cooperative MIMO System for WiMAX Technology. Master Thesis, Addis Ababa University, Ethiopia.

2.2.1. الشبكات اللاسلكية والنفاذ اللاسلكي عريض النطاق:

نستخدم في يومنا هذا العديد من تقنيات الإرسال اللاسلكية، بالإضافة إلى تقنيات إرسال لاسلكية أخرى لا تزال قيد التطوير. حيث تصنف التقنيات اللاسلكية بشكل عام ضمن عدة عائلات من الشبكات. يُبين الشكل رقم (1.1) عدد من أشهر هذه العائلات، وهي:

- الشبكات الشخصية WPAN:

وهي شبكات تؤمن الاتصال بين عدد من الأجهزة الشخصية، ويمتد مجال تغطيتها حتى عدة أمتار. بشكل عام يفترض أن يكون هذا المجال في حدود 10 أمتار، على الرغم من أن بعض هذه التقنيات يمكن أن يصل مجالها إلى أكثر من ذلك. وتعتبر تقنية Bluetooth أحد الأمثلة على تقنيات الشبكات الشخصية اللاسلكية WPAN.[9]

- الشبكات المحلية WLAN:

وهي تؤمن الاتصال بين عدة أجهزة موجودة ضمن نطاق معين مثل: أجهزة كمبيوتر، أجهزة هاتفية، طابعات، أو الأجهزة اللوحية الشخصية PDAs وغيرها. ومجال التغطية لهذا النوع من الشبكات يشمل مساحة صغيرة نسبياً، مثل المنزل أو المكتب.[9] ويُعتبر المعيار IEEE 802.11 هو المعيار القياسي الأبرز الممثل للشبكات المحلية اللاسلكية WLAN، ويوجد أيضاً المعيار القياسي HiperLAN الذي تم وضعه من قبل المنظمة الأوربية لمعايير الاتصالات ETSI. وكلا المعيارين ينضويان ضمن عائلة Wi-Fi. تتألف الشبكات اللاسلكية المحلية من جهاز للنفاذ إلى شبكة الإنترنت يُسمى Access Point وعدد من الأجهزة الموصولة لاسلكياً أو سلكياً إلى نقطة النفاذ AP. وتصل سرعة تبادل البيانات في هذه الشبكات إلى 54Mbps.[10]

- شبكة المنطقة الإقليمية WMAN:

يُمكن أن تصل تغطية هذا النوع من الشبكات حتى عدة كيلومترات. حيث يمكن أن يشمل نطاق تغطيتها عدة مناطق أو مدن. وتعتبر تقنية WiMAX أحد الأمثلة الهامة على شبكات المنطقة الإقليمية اللاسلكية WMAN.[9] وقد طورت المنظمة العالمية لمهندسي الكهرباء والإلكترونيات IEEE، المعيار القياسي IEEE 802.16 لتوفير خدمات النطاق العريض اللاسلكي ضمن خط نظر ثابت LOS من المحطات القاعدية إلى محطات المشتركين، كما تدعم الإصدارات الحديثة تأمين الاتصال بدون خط نظر NLOS.[10]

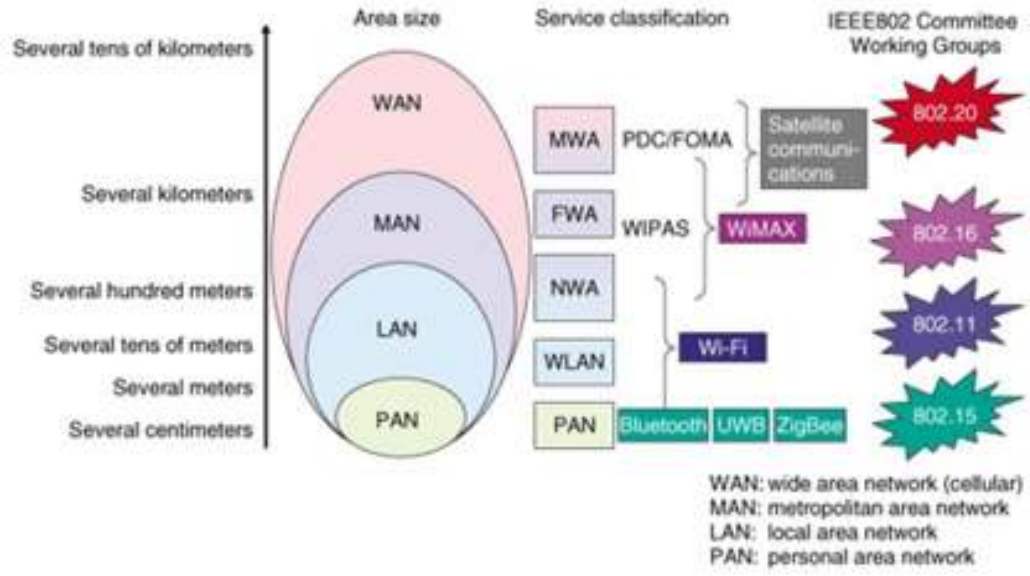
---

[9] Nuaymi, Loutfi. (2007). WiMAX: Technology for Broadband Wireless Access. John Wiley & Sons, Ltd. France.

[10] Kuran, M. S., Tugcu, T. (2007). A survey on emerging broadband wireless access technologies. Istanbul, Turkey.

- الشبكات العريضة WWAN:

يغطي هذا النوع من الشبكات مساحة جغرافية كبيرة، حيث يمكن أن تتسع هذه الشبكة لتشمل عدة مناطق. بحيث تؤمن الاتصال والتواصل بين أفراد متباعدين جغرافياً. وتتألف هذه الشبكة من عدد من المقاسم أو المبدلات المترابطة مع بعضها البعض من خلال عدة طرق اتصال مثل الدارات المؤجرة. وتعتبر الشبكات الخلوية التي تعمل بتقنية 3G، أحد الأمثلة على الشبكات العريضة اللاسلكية WWAN.[6] يمكن لهذا النوع من الشبكات أن يُشكل الشبكة الفقارية التي تؤمن الربط بين عدد من شبكات المنطقة الإقليمية اللاسلكية WMANs الموجودة في مناطق بعيدة عن بعضها بحيث يمكن للأشخاص المتواجدين ضمن مناطق تغطية أي من هذه الشبكات التواصل مع الأشخاص المتواجدين ضمن نطاق التغطية لشبكة أخرى بعيدة.



الشكل (1.1): توضيح لأشهر عائلات شبكات الاتصالات.

حققت خدمات النفاذ بالنطاق العريض وتقنيات الاتصالات اللاسلكية نجاحاً كبيراً في السنوات الأخيرة. حيث شهدت خدمات الهاتف النقال نمواً كبيراً، حيث بلغ في عام 2012 أكثر من مليار في الصين لوحدها وأكثر من 300 مليون في الولايات المتحدة.[11] ونمت الإنترنت أيضاً خلال تلك الفترة لتصل إلى أكثر من مليار مشترك.

[11] International Telecommunication Union (ITU). Telecommunications indicators update. Mobile-cellular telephone subscriptions 2000-2013-1. retrieved June 7,2014 from: www.itu.int/ITU-D/ict/statistics/.

هذا النمو الكبير للإنترنت أدى إلى نمو مماثل في اعتماد النطاق العريض، حيث ازداد مستخدمو النطاق العريض حول العالم خلال أقل من عشر سنوات من الصفر تقريباً إلى أكثر من 200 مليون.[12] وظهر تساؤل هام لدى المراقبين لصناعة الاتصالات، حول أهمية الجمع بين مرونة الاتصالات اللاسلكية والأداء الأفضل للنطاق العريض، وهل سيحقق هذا الجمع أحلام مستخدمي خدمات الإنترنت وتبادل البيانات حول العالم؟ وهل يمكن لمثل هذا الجمع أن يكون مجدياً اقتصادياً وتقنياً؟

انطلاقا من ذلك، بدأت تظهر تقنية النفاذ اللاسلكي عريض النطاق كمنافس قوي لنظرائها من التقنيات السلكية التقليدية، وسهلت تقديم خدمات النفاذ عريض النطاق إلى الإنترنت وتبادل البيانات للمشتركين في المناطق البعيدة التي لم تصل إليها الشبكات السلكية، حيث أتاحت تقديم معظم الخدمات في تلك المناطق بسرعات عالية وفعالية من حيث الأداء والتكلفة لعدم حاجتها للبنية التحتية الكبيرة من الكابلات والتوصيلات التي تحتاجها الشبكات والتقنيات السلكية التقليدية.[8]

فما هو النطاق العريض اللاسلكي BW؟

يُمكن أن نقول بأنه يشكل الجمع بين تقنية الاتصال اللاسلكي والنفاذ عريض النطاق. لتوفير النفاذ المستمر إلى خدمات الإنترنت وتبادل البيانات لاسلكياً بسرعات عالية.

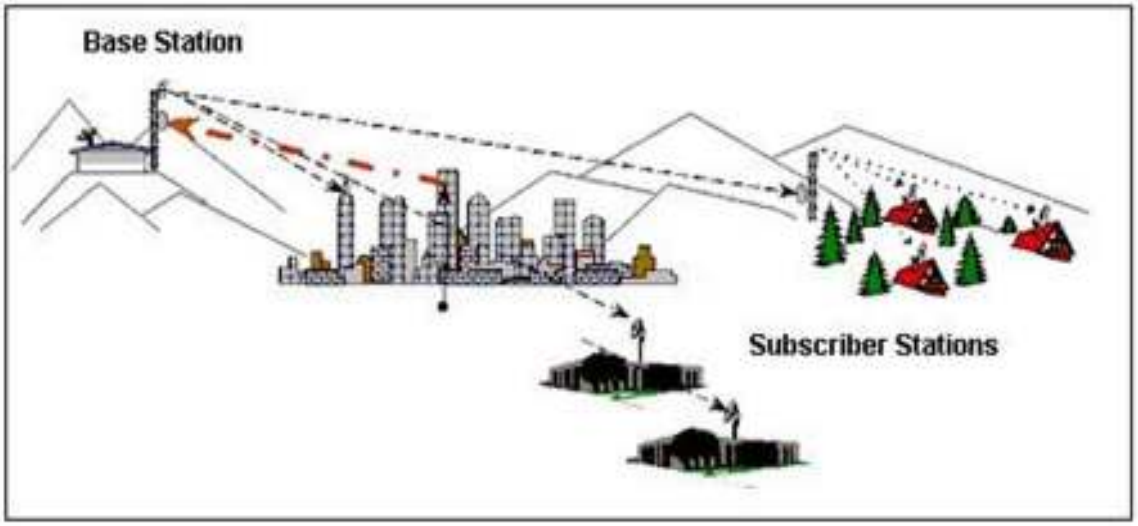
يوجد نوعان من النطاق العريض اللاسلكي. النوع الأول، يطلق عليه النطاق العريض اللاسلكي الثابت FBW، عوضاً عن استخدام خطوط الإرسال التقليدية الثابتة. ويستخدم في هذا النوع وسائط إرسال لاسلكية لتزويد خدمات النطاق العريض،[13] ويمكن أن يعتبر هذا النوع المنافس البديل لتقنية DSL.[6]

أما النوع الثاني من النطاق العريض اللاسلكي، فيطلق عليه النطاق العريض المتنقل Mobile Broadband، وهو يوفر وظائف أضافية لقابلية الحصول على الخدمات والتطبيقات في الأجهزة المحمولة أثناء التنقل أو الترحال[10] من خلال شبكات الجيل الثالث 3G، أو شبكات الجيل الرابع 4G.

[12] Market Report. (2006, March). The broadband boom continues: Worldwide subscribers pass 200 million. Telecommunications and networks. retrieved June 7,2014 from: http://marketreportfinder.com/report/technologies_electronics/telecommunications_networks/the_broadband_boom_continues_worldwide_subscribers_pass_200_million710_83_2d.html

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

تعمل شبكات النطاق العريض اللاسلكي بشكل أساسي وفق مبدأ نقطة إلى عدة نقاط PMP من خلال المحطات القاعدية BSs، التي يتم ربط كل منها مع مركز الشبكة الأساسية من جهة وتؤمن الاتصال من جهة ثانية مع محطات المشتركين اللاسلكية الثابتة أو أجهزة المشتركين المحمولة. حيث يتم تركيب المحطات القاعدية بشكل عام على أبراج مخصصة لهذا الغرض. بينما تتضمن محطات المشتركين SSs عادةً هوائيات مثبتة على السطح وتجهيزات راديوية مربوطة مع تجهيزات الشبكة الداخلية. يتم نقل البيانات من المحطة القاعدية المركزية إلى محطات المشتركين أو أجهزتهم المحمولة عن طريق آلية البث broadcast. أما نقل البيانات من محطات المشتركين أو الأجهزة المحمولة إلى المحطة القاعدية المركزية يتم وفق آلية النفاذ المتعدد بتقسيم الزمن TDMA، الشكل رقم (2.1).



الشكل (2.1): الشكل العام لشبكة النطاق العريض اللاسلكي.

يُمكن أن يتم ربط المحطة القاعدية المركزية مع مجموعة من مخدمات التطبيقات من خلال الشبكة الفقارية، وتربط إلى الإنترنت من خلال أقرب نقطة تواجد POP. تعمل المحطة القاعدية كمبدل، وينظر إليها على أنها جسر الشبكة أو الموجه الذي يتواصل مباشرةً مع محطات المشتركين. أيضاً من جهة محطة المشترك، فإن المودم يتصرف كبوابة العبور التي تعبر من خلالها البيانات إلى الشبكة السلكية مرة أخرى.[14]

[14] Hwang, K., Vemuri, V. R. (2002). Broadband Wireless Access (BWA) Networks: A Tutorial. University of California, Davis.

هناك تنوع كبير في المقاييس الخاصة بشبكات الاتصالات اللاسلكية سواءً الموجودة في الخدمة حالياً أو التي لا تزال خاضعة للدراسة والتطوير. حيث يعكس هذا التنوع المحاولات العديدة والمستمرة للتوصل إلى الشبكة اللاسلكية العامة التي تحقق الجمع بين جودة الأداء والتغطية الواسعة والتكلفة المقبولة.

3.1. ماهي تقنية WiMAX وكيف تعمل؟

1.3.1. ماهي WiMAX؟

يعود تاريخ WiMAX إلى عدة سنوات مَضَت، عندما بدأ التفكير في إيجاد بديل لتقنيات النفاذ عريض النطاق السلكية التقليدية، بحيث تكون هذه التقنية المطلوبة قادرة على توفير النفاذ إلى الإنترنت لاسلكياً بسرعات عالية، بالإضافة إلى توفير العديد من خدمات وتطبيقات النطاق العريض. ويمكن إنشاؤها بسهولة في المناطق الريفية والمناطق البعيدة والصعبة جغرافياً، حيث يَصْعُب تأمين البنى التحتية التي تتطلبها الشبكات السلكية التقليدية في تلك المناطق، وقد تكون غير مجدية اقتصادياً في كثير من الأحيان. ومن هنا بدأ يظهر اسم جديد يطلق عليه WiMAX وهو الاسم التجاري للمعيار القياسي IEEE 802.16 الذي تم ابتكاره من قبل المنتدى WiMAX forum. حيث تم إنشاء هذا المنتدى في حزيران من عام 2001 كمنظمة غير ربحية تهدف إلى تعزيز التوافقية التشغيلية للمعيار القياسي IEEE 802.16. يضم هذا المنتدى مجموعة كبيرة من الشركات العالمية المصنعة والمطورة لمختلف تجهيزات وتقنيات الاتصالات، مثل شركة إنتل، موتورولا، فوجيتسو، سامسونغ، سبرينت، نوكيا، هواوي، سيمينس، ألكاتيل لوسينت، نورتيل، وغيرها العديد من الشركات ومشغلي الشبكات الرائدة على مستوى العالم، الشكل رقم (3.1). ومصطلح WiMAX هو اختصار للتوافقية حول العالم من أجل النفاذ بالموجات الراديوية، حيث تستند هذه التقنية إلى المعايير القياسية العالمية، وتحديداً إلى المعيار القياسي IEEE 802.16.[15] ويمكنها العمل على نوعي نطاقات الترددات المرخصة وغير المرخصة.[16]

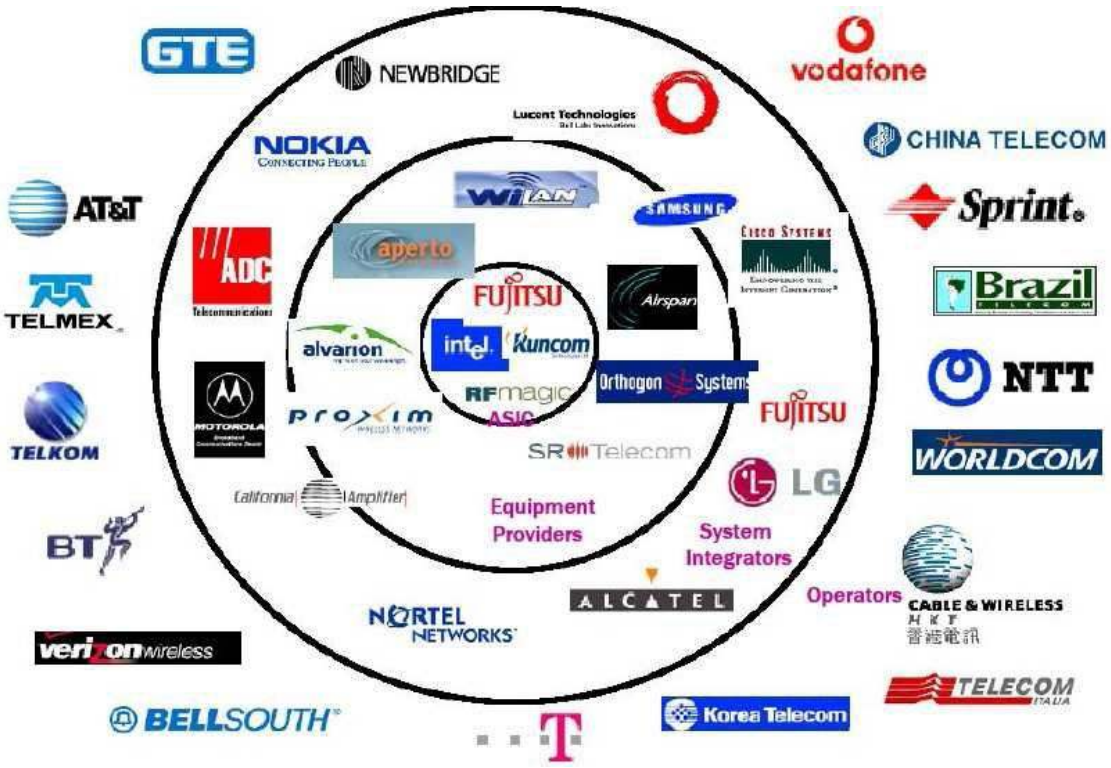
تُحدد معايير WiMAX القياسية نطاقات التردد للوصلات اللاسلكية بين المحطات اعتماداً على نوع الانتشار. حيث يُستخدم في النوع الأول تردداً عالياً ضمن النطاق 10 – 66 GHz وهو يتأثر بالعقبات المعترضة، لذلك فهو يحتاج إلى خط نظر مباشر

[15] WiMAX FORUM. (2004, October). Business Case Models for Fixed Broadband Wireless Access based on WiMAX Technology and the 802.16 Standard.

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

بدون عقبات بين المحطات للحصول على أفضل أداء، ويدعى هذا النوع الانتشار بخط النظر LOS،[2] وهو مستخدم بشكل أساسي في الوصلات الثابتة بين المحطات القاعدية.

أما النوع الثاني من الانتشار، فيسمى الانتشار بدون خط نظر NLOS، وهو يستخدم تقنية متقدمة للتعديل للتعويض عن الخفوت في الإشارة المستقبلة نتيجة العوائق التي تعترضها والتي تمنع الانتشار بخط النظر LOS. يمكن أن يستخدم الانتشار بدون خد نظر NLOS في روابط WiMAX الثابتة في مجالات الترددات الأقل من 11 GHz ، والروابط المتنقلة الأقل من 6 GHz. حيث يعتبر الاتصال بدون خط نظر أكثر شيوعاً من الاتصال بوجود خط نظر وذلك بسبب تأثر النوع الأول بالعوائق التي يمكن أن تعترض الإشارة المرسلة بين المحطات.[17]



الشكل (3.1): أعضاء منتدى WiMAX

[17] Scarfon, K., Tibbs, C., & Sexton, M. (2010, September). Guide to Securing WiMAX Wireless Communications. National Institute of Standards and Technology. USA.

يُبين منتدى WiMAX من خلال إحدى الإحصائيات التي أجريت في عام 2011 من قبل شركة Informa Telecoms & Media، أن تقنية WiMAX قد حققت انتشاراً واسعاً حول العالم. حيث طُبقت في 150 بلد من خلال 583 مُشغل ومُزود خدمات، كما هو مبين في الشكل رقم (4.1) أدناه.[18]

الشكل (4.1): انتشار شبكات WiMAX حول العالم

[18] White Paper. (2011). WiMAX Equipment Market Grew 85% in 2010 to $1.7B. WiMAX Forum.

ويُبين الجدول رقم (1.1) أدناه، مختلف البُلدان التي طُبقت بها تقنية WiMAX من خلال عدد من مشغلي الشبكات وفقاً للمناطق الرئيسية في العالم.[19]

الجدول (1.1): مشغلو الشبكات والبلدان التي طبقت فيها تقنية WiMAX وفقاً للمناطق الرئيسية حول العالم

المصدر: Heavy Reading and WiMAX Forum

REGION	**C**OUNTRY	**O**PERATOR
Europe	Ireland	Imagine Communications
	France	Bolloré Telecom
	Belgium	b.lite Telecom BVBA
	Italy	AFT-Linkem
	Germany	Deutsche Breitband Dienste
	Spain	Neo-Sky, Iberbanda/Telefónica
Eastern Europe	Bulgaria	Max Telecom
	Poland	Netia, Milmex
	Russia	TransTeleCom, Enforta, Freshtel
	Azerbaijan	Azqtel (Sazz)
Middle East/ Africa	Bahrain	Mena Telecom
	Jordan	Umniah
	Iran	MobinNet
	Pakistan	Wateen, Augere, Wi-Tribe
	Cameroon	MTN
	Ghana	U2 Online
	Kenya	Safaricom, AccessKenya
	Nigeria	SwiftNetworks, ADIV , MTN
	Namibia	Telikom
	South Africa	Neotel, Easttel
	Zimbabwe	uMAX
Asia Pacific	Australia	Vivid Wireless/Optus
	New Zealand	Sentech, iBurst
	Japan	UQ Communications
	Korea	KT, SKT
	India	BSNL
	Bangladesh	Banglalion and Augere
	Sri Lanka	Sky TV
	Malaysia	YTL Communications, P1
	Indonesia	PT Internux
	Philippines	Smart, Globe Telecom
	Taiwan	FarEastone, Global Mobile
North America	United States	Clearwire/Sprint
	Canada	Xplorenet, Sasktel, Bell Canada
	Mexico	Axtel, Telmex
Latin America/ Caribbean	Argentina	Claro, DirecTV
	Jamaica	Digicel
	Mexico	Telmex, Axtel
	Venezuela	OMNIVISION (Movilmax)
	Peru	Entel/Nextel International

[19] Berge, Ayvazian. (2013, November). WIMAX ADVANCED TO HARMONIZE WITH TD-LTE IN 2.3, 2.5 AND 3.5 GHZ. White Paper, Sponsored by WiMAX Forum.

يُمكن أن تُعتبر تقنية WiMAX بديلاً جيداً لبعض تقنيات النطاق العريض السلكية التقليدية، مثل تقنية DSL. وتهدف إلى توفير خدمات النفاذ وتبادل البيانات لاسلكياً عبر مسافات بعيدة بطرق متعددة.[20] فهي تُشكل نظام الاتصالات اللاسلكية الذي يَعد بتوفير النفاذ اللاسلكي عريض النطاق بسرعات عالية حتى الميل الأخير، حيث يمكن استقبال الإشارة من مسافة تصل إلى 50 Km اعتباراً من المحطة القاعدية في حالة خط النظر LOS، ولمسافة 8 Km من المحطة القاعدية في حالة الإرسال بدون خط نظر NLOS.[21] وهذا بالطبع يعتمد على عدة عوامل مثل: ارتفاع البرج، وربح الهوائيات المستخدمة، وطاقة الإرسال. كما تتمتع أيضاً هذه التقنية بعدد من المواصفات والميزات التقنية التي تجعلها منافس قوي لغيرها من تقنيات النفاذ عريض النطاق. ومن هذه الميزات:

- الهيكلية المرنة وسرعة إنشاء الشبكة:

تتطلب حلول الشبكات السلكية التقليدية الكثير من الوقت والجهد كي يتم إنشاؤها، بينما نجد أن شبكة WiMAX تحتاج إلى وقت أقل منها بكثير، وذلك لعدم الحاجة لتأسيس بنية تحتية معقدة من الكابلات وما تتطلبها من أعمال الحفر الطويلة والمجهدة. حيث بمجرد أن يتم تركيب المحطة والهوائيات وبعض التجهيزات وتشغيلها، تصبح شبكة WiMAX جاهزة للبدء بتوفير الخدمة.

كما تمتاز تقنية WiMAX بالبنية الشبكية المرنة، حيث تدعم الربط بمبدأ نقطة إلى نقطة PtP ونقطة إلى عدة نقاط PMP، والربط المختلط mesh وفقاً لمتطلبات كل منهما.[22] كما تتلاقى بسهولة مع البنى الشبكية الأخرى، كونها تدعم بروتوكول الإنترنت IP.

- جودة الخدمة QoS:

تُعتبر طبقة مراقبة النفاذ المتوسطة MAC في WiMAX هي المسؤولة عن جودة الخدمة، فهي تدعم العديد من التطبيقات بما فيها خدمات الصوت والوسائط المتعددة. وتوفر معدل نقل بيانات ثابت ومتغير، في الزمن الحقيقي وغير الحقيقي. وهي مصممة

[20] Kumar, Atul. (2010, September). WiMAX Technology. School of Engineering, Cochin University of Science & Technology, India.
[21] Zhang, Yan. (2008). WiMAX Network Planning and Optimization. Taylor & Francis Group, LLC. USA.
[22] White Paper. (2010). WiMAX Benefits, Applications & Solutions. EION Wireless. USA.

لدعم عدد كبير من المشتركين مع وصلات متعددة لكل محطة، مع توفير جودة الخدمة لكل من هذه الوصلات.[23]

- التوافقية:

تم تطوير تقنية WiMAX وفقاً للمعايير القياسية العالمية، وهو الأمر الذي يوفر مرونة أكثر للمشتركين لاستخدام أجهزتهم في أماكن مختلفة أو مع مزود خدمة مختلف. كما أن هذه التوافقية تضيف حماية أكبر لمشغلي الشبكات، حيث يمكنهم اختيار التجهيزات اللازمة لإنشاء الشبكة عن طريق أي من مزودي التجهيزات، نظراً لإمكانية توافق جميع أنواع التجهيزات مع بعضها.[21]

- المعدل العالي لنقل البيانات:

تُوفر تقنية WiMAX إمكانية النفاذ عريض النطاق إلى شبكة الإنترنت وتبادل البيانات بسرعات عالية، حيث يُمكن أن يصل معدل نقل البيانات وفقاً للمعايير القياسية الأولى لهذه التقنية إلى 75 Mbps.[24] ويمكن أن تحقق معدل نقل بيانات أعلى من ذلك وفقاً للمعايير القياسية الأحدث ضمن عائلة المعيار IEEE 802.16.

- أمن البيانات:

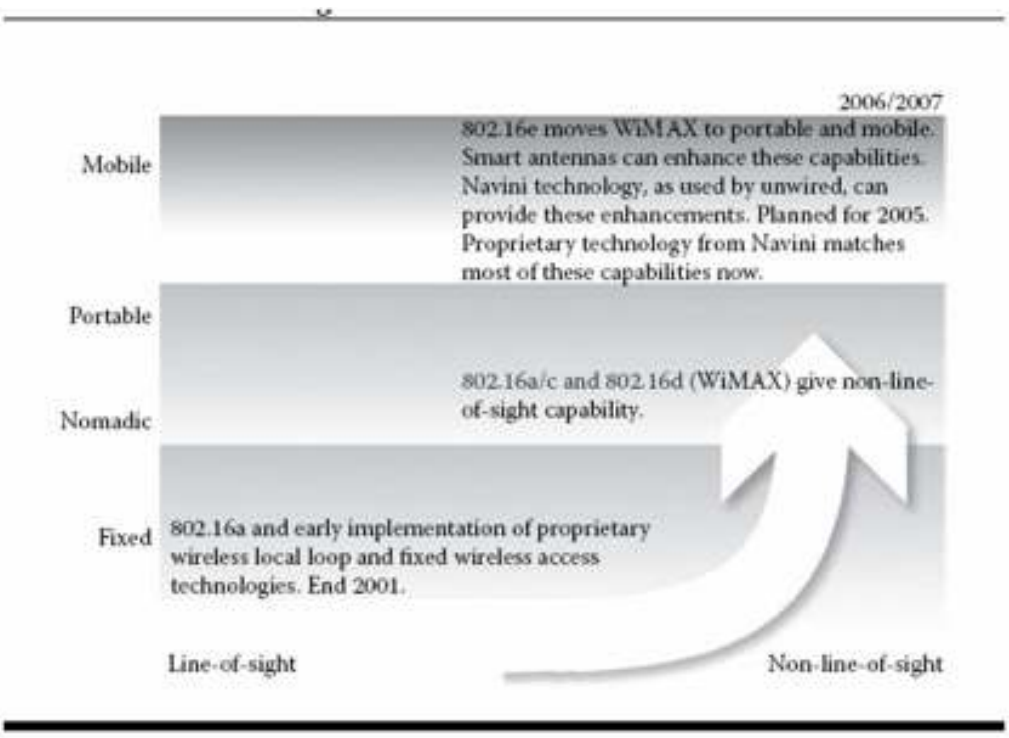
يُمكن أن توفر تقنية WiMAX مستوى عالٍ من أمن ووثوقية البيانات، من خلال إمكانية تشفير الروابط بين المحطة القاعدية ومحطات المشتركين. حيث تستعمل معيار التشفير المتقدم AES، ومعيار تشفير البيانات الثلاثي 3DES.[21] لتوفير وثوقية البيانات وتكاملها وتبادلها بشكل آمن باستخدام آلية المصادقة. كما تدعم تقنية الشبكات الافتراضية، التي تؤمن حماية بيانات مختلف المشتركين التي يتم إرسالها عن طريق ذات المحطة القاعدية.

[23] Singh, Inderpal. (2013, September). WiMAX: Design & Features. International Conference on Advance Research in Computer Science, Electrical and Electronics Engineering. Pattaya, Thailand.
[24] George, M. Foote. (2006, March). WiMAX and the Future Telecommunications System. 2006 Telecom, Cable, & Wireless Conference. Austin, Texas.

3.3.1. أنواع WiMAX:

يُحدد منتدى WiMAX وعائلة المعيار القياسي IEEE 802.16، نوعين أساسيين في استخدامات تقنية WiMAX، يُعرف النوع الأول بالنفاذ اللاسلكي الثابت fixed-WiMAX ويحدده المعيار القياسي IEEE 802.16-2004. والنوع الثاني يعرف بالنفاذ اللاسلكي المتنقل mobile-WiMAX ويُحدده المعيار القياسي IEEE 802.16e-2005.[25] حيث يتيح هذان النوعان الأساسيان تحقيق متطلبات أنظمة النفاذ اللاسلكية (النفاذ اللاسلكي الثابت، التنقل، الترحال، وقابلية الحمل)، الشكل رقم (5.1). حيث يُشار إلى قابلية الترحال بكلمة Nomadic، وهي مماثلة للنفاذ اللاسلكي الثابت ولكن مع إمكانية تغيير المكان.

يدعم النوع الأول تطبيقات النفاذ اللاسلكي الثابت مع قابلية الترحال، كما يدعم النوع الثاني تطبيقات النفاذ اللاسلكي الثابت مع قابلية الترحال والتنقل والحمل. حيث يضم المعيار القياسي IEEE 802.16e جميع المزايا التي قدمها المعيار IEEE 802.16d، مع إضافة عدد من الميزات التقنية التي تتيح إمكانية النفاذ إلى الشبكة أثناء التنقل بسرعات كبيرة ضمن المركبات full mobility.[26]



الشكل (5.1): أنواع النفاذ إلى شبكة WiMAX

[25] White Paper. (2004). Understanding Wi-Fi and WiMAX as Metro-Access Solutions. Intel. USA.
[26] Jubair, G. F. A., Hasan, M. I., & Obaid Ullah Md. (2009, August). Performance Evaluation of IEEE 802.16e (Mobile WiMAX) in OFDM Physical Layer. Master Thesis, Blekinge Institute of Technology, Sweden.

4.3.1. كيف تعمل تقنية WiMAX؟

تعمل تقنية WiMAX على مبدأ بث البيانات لاسلكياً باستخدام عدد من أساليب الإرسال. حيث يتم الربط في شبكة WiMAX من خلال قسمين أساسيين، القسم الأول هو المحطة القاعدية BS، والقسم الثاني هو محطة المشترك SS أو ما يُصطلح على تسميته بمعدات مبنى المشترك CPE. وترتبط كل محطة قاعدية مركزية مع عدد من محطات المشتركين.[27]

تُشبه شبكة WiMAX إلى حد كبير شبكة الهواتف الخلوية. حيث تقوم محطات المشتركين بإرسال البيانات لاسلكياً إلى المحطة القاعدية،[28] من خلال قناة اتصال upstream. وتقوم المحطة القاعدية ببث البيانات لاسلكياً downstream، بمبدأ نقطة إلى عدة نقاط PMP.

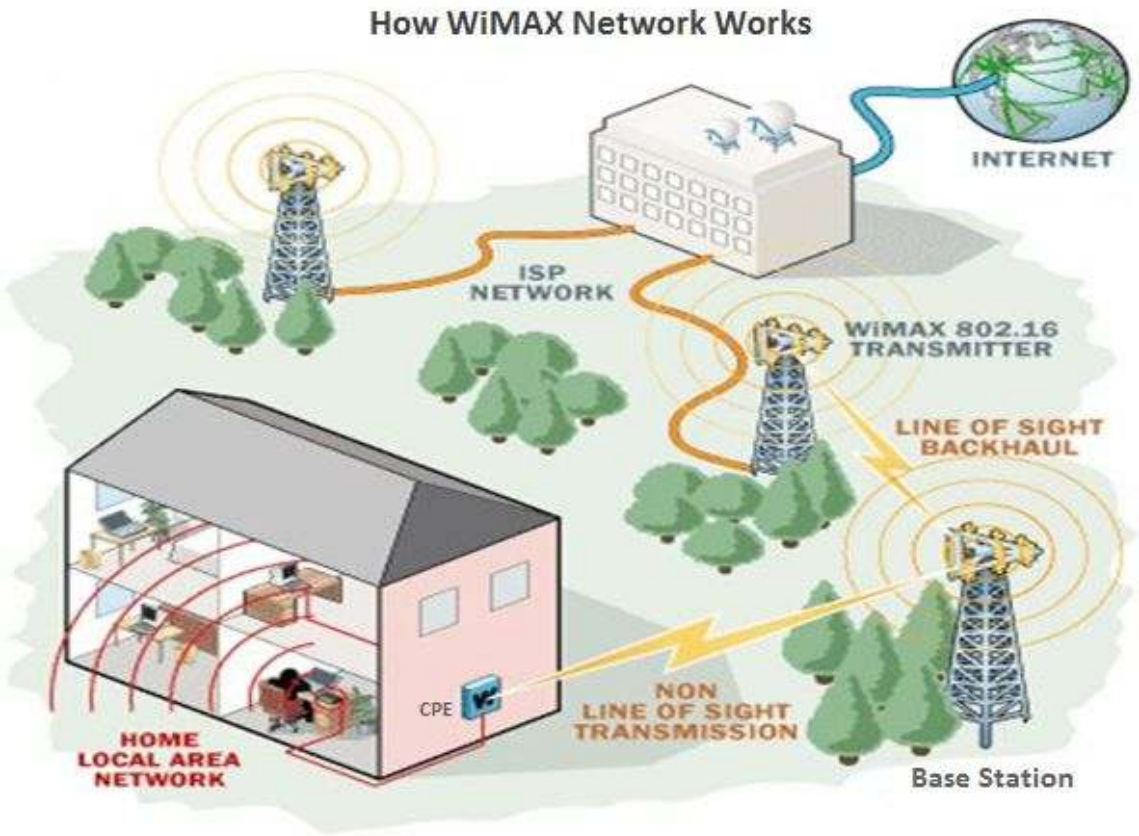
يُمكن أن يتم تثبيت مُستقبل WiMAX على شكل صندوق خارج المنزل أو المبنى، أو يمكن أن يكون مدمج في جهاز الكمبيوتر، أو يمكن أن يتم تصنيعها لتكون ضمن بنية أجهزة الكمبيوتر المحمولة، كما هو الحال في بطاقة Wi-Fi الموجودة ضمن مكونات الحواسب المحمولة الراهنة.

يُوضح الشكل رقم (6.1) أدناه، العناصر الأساسية وطريقة عمل شبكة WiMAX الثابتة. حيث يرسل المشترك طلب من خلال الهوائي المثبت على البناء أو من خلال تجهيزة CPE إلى المحطة القاعدية، يمكن أن تكون المحطة القاعدية مرتبطة مباشرةً إلى مركز تشغيل الشبكة بواسطة دارات مؤجرة بسعات عالية عن طريق شبكة الألياف الضوئية، وتحدد هذه السعات وفقاً لحجم البيانات المتبادلة مع شبكة الإنترنت من خلال هذه المحطة القاعدية. أو يمكن أن تكون مرتبطة مع محطة قاعدية أخرى بواسطة وصلة راديوية بخط نظر LOS. ويُشار إلى هذه الوصلة بين برجي WiMAX باسم backhaul.[29]

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

[27] Bai, Ling. (2007, May). Analysis of the Market for WiMAX Services. Master Thesis, Technology University of Denmark, Denmark.
[28] Joshi, K. C., Thapliyal, M.P. (2005, May). WiMAX (Worldwide Interoperability for Microwave Access): a Broadband Wireless Product in Emerging Markets. International Journal of Computer Science. Vol. 8, Issue 3, pp.588-591.
[29] Mohamad, .A, Rahman, K. A. A. (2008). WiMAX Coverage in Malaysia.

المحمولة أو الاجهزة اللوحية أو هواتف WiMAX من خلال رقائق WiMAX المدمجة فيها باستقبال الإشارة مباشرةً من أقرب برج WiMAX.



الشكل (6.1): العناصر الأساسية لشبكة WiMAX وطريقة عملها

4.1. المعيار القياسي IEEE 802.16 وتفرعاته:

بُنِّيت تقنية WiMAX بأنواعها المختلفة اعتماداً على عائلة المعيار القياسي العالمي IEEE 802.16 التي تحدد بروتوكولات الطيف الترددي air-interface لأنظمة النفاذ اللاسلكي عريض النطاق، والتي تُعرف أيضاً بالمصطلح IEEE WirelessMAN air-interface. فهي مجموعة من المعايير الناشئة للنفاذ اللاسلكي عريض النطاق الثابت والمتنقل بشكل جزئي أو كلي في شبكات المناطق الإقليمية MAN. وتَصدر هذه المعايير عن مجموعة عمل IEEE 802.16 المسؤولة عن التقنيات اللاسلكية المحلية WLL ضمن مجال الترددات من 10 – 66 GHz، والتي تم توسيعها فيما بعد من خلال عدة تعديلات لتشمل أيضاً المجالات الأدنى المرخصة وغير المرخصة من 2 – 11 GHz، الجدول رقم (2.1) أدناه.

الجدول (2.1): المواصفات التقنية لمعايير IEEE 802.16 الأساسية

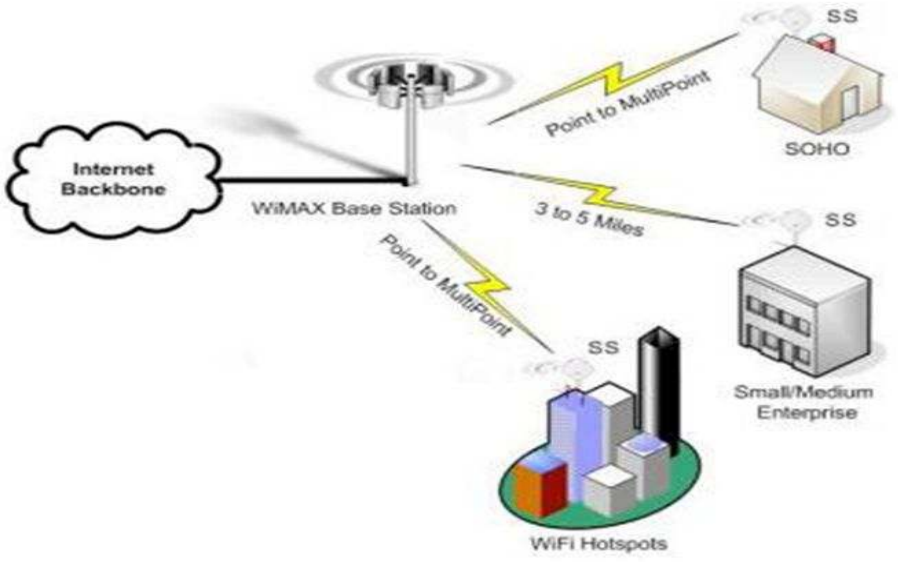
	802.16	802.16a/Rev d	802.16e
Completed	December 2001	802.16a: Jan 2003 802.16Revd: June 2004	Est. Mid-2005
Spectrum	10 - 66 GHz	2 - 11 GHz	2 – 6 GHz
Application	Backhaul	Wireless DSL & Backhaul	Mobile Internet
Channel Conditions	Line of Sight Only	Non Line of Sight	Non Line of Sight
Bit Rate	32 – 134 Mbps at 28MHz channelization	Up to 75 Mbps at 20MHz channelization	Up to 15 Mbps at 5MHz channelization
Modulation	QPSK, 16QAM and 64QAM	OFDM 256 sub-carriers QPSK, 16QAM, 64QAM	Scalable OFDMA
Mobility	Fixed	Fixed	Pedestrian Mobility – Regional Roaming
Channel Bandwidths	20, 25 and 28 MHz	Selectable channel bandwidths between 1.5 and 20 MHz	Same as 802.16a with UL sub-channels to conserve power
Typical Cell Radius	1-3 miles	4 to 6 miles; Max range 30 miles based on tower height, antenna gain and power transmit	1-3 miles

صُممت معايير IEEE 802.16 أساساً لكي توفر اتصالات النطاق العريض المعيارية حتى الميل الأخير، بمرونة أكثر، وفاعلية أكبر من حيث التكلفة. بهدف التغلب على نقاط الضعف الموجودة حالياً في اتصالات النطاق العريض التي تقدمها حالياً حلول الشبكات السلكية. كما يُوفر

المعيار IEEE 802.16 إمكانية التشغيل المتوافق بين تجهيزات الشركات المختلفة. وقد دعمت هذا المعيار معظم الشركات المصنعة للتجهيزات. ومن هنا بدأت مهمة WiMAX forum في مواءمة المعايير واختبار واعتماد التوافق بين المعدات والتجهيزات من مختلف الشركات المصنعة.[30]

1.4.1. المعيار القياسي IEEE 802.16:

تم الانتهاء من المعيار القياسي الأول IEEE 802.16، في 2001، وتم الإعلان عنه في نيسان من عام 2002. ويُحدد هذا المعيار الطيف الترددي لشبكات المنطقة الإقليمية اللاسلكية WMAN، ويعتبر النموذج الأول لمعيار الوصلات اللاسلكية بخط النظر LOS ضمن نطاق الترددات 10-66 GHZ للنفاذ اللاسلكي الثابت.[31] كما يحدد المواصفات القياسية لطبقة مراقبة النفاذ المتوسطة MAC layer، التي صُممت وفق هذا المعيار من أجل تطبيقات النفاذ اللاسلكي عريض النطاق من نقطة إلى عدة نقاط PMP، الشكل رقم (7.1) أدناه، حيث يمكن وفق هذا المعيار لمحطتين من محطات المشتركين SSs أن تتخاطبان مع بعضهما عن طريق محطة قاعدية مركزية BS. ويقدم دعم لعدة تقنيات لجودة الخدمة QoS لتحسين حالات الوصل اللاسلكي بخط النظر LOS.[28]



الشكل (7.1): بنية PMP في شبكة WiMAX

[30] Wang, Jialing. (2004, March). Will WiMAX+WLAN Constitute a Substitute to 3G? – A Techno-Economic Case Study. Master Thesis, Radio Communication Systems Laboratory Department of Signals, Sensors and Systems, Sweden.

[31] Etemad, K., Lai, .M .Y. (2010). WiMAX Technology and Network Evolution. Published by John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey & Canada.

2.4.1. المعيار القياسي IEEE 802.16a:

تمت الموافقة على المعيار القياسي IEEE 802.16a في كانون الثاني 2003، كتعديل وتحسين للمعيار السابق IEEE 802.16. حيث صُمِّمَ هذا المعيار ليعمل على نطاق الترددات المرخصة وغير المرخصة. أُدخلت بعض التحسينات على طبقة مراقبة النفاذ المتوسطة لاستيعاب البيئات الأكثر تطلباً ومتطلبات الخدمة المختلفة في نطاق الترددات الأدنى. مثل دعم هيكلية الشبكة المتنوعة mesh topology، بدلاً من الاقتصار على بنية نقطة إلى عدة نقاط PMP. ويعتبر هذا المعيار هو النموذج الأول لمعيار الوصلات اللاسلكية بدون خط نظر NLOS للترددات الأدنى من 11 GHz للنفاذ اللاسلكي الثابت.[32]

3.4.1. المعيار القياسي IEEE 802.16REVd:

يُشار إلى هذا المعيار القياسي أيضاً بالاسم IEEE 802.16-2004. وقد تمت الموافقة عليه في حزيران 2004. حيث يدعم هذا المعيار انتشار الإشارة بدون خط نظر NLOS مع تجهيزات مبنى المشترك CPE. وهو النموذج الذي سُمِيَ من قبل منتدى WiMAX بالمصطلح fixed-WiMAX. ولا يدعم هذا المعيار الاتصالات المتنقلة، ولكنه يمكن أن يحقق النفاذ اللاسلكي عريض النطاق حتى الميل الأخير كبديل لتقنية DSL.[30]

4.4.1. المعيار القياسي IEEE 802.16e:

يُطلق عليه أيضاً اسم IEEE 802.16-2005. ويعتبر تعديل للمعيار القياسي IEEE 802.16-2004. لإضافة القدرة على التنقل وتحسينات إضافية لطبقة مراقبة النفاذ المتوسطة MAC والطبقة الفيزيائية PHY. وقد تم إكماله في كانون الأول 2005. ويعتبر الأساس للإصدار الأول من منتجات اتصالات WiMAX المتنقلة. ويضيف تقنية النفاذ بمضاعفة تقسيم التردد المتعامد OFDMA، ويضيف تحسيناً لتقنية تعدد المداخل والمخارج MIMO، وبعض الميزات لطبقة MAC، مثل تكرار الطلب تلقائياً ARQ، وآلية الإرسال المتعدد multicast وآلية البث broadcast.[33]

---

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

[33] Ibikunle, Frank. (2009).WiMAX: appropriate technology to provide last mile access to ICTs infrastructure and services in rural areas, Covenant University, Ota, Nigeria.

5.4.1. المعيار القياسي IEEE 802.16-2009:

كان هذا المعيار يُسمى في السابق بالمعيار IEEE 802.16-REV2 قبل أن يتم إكماله بشكله الأخير، وهو عبارة عن إعادة صياغة وتعديل للمعيار IEEE 802.16، بحيث يجمع بين مواصفات المعيار IEEE 802.16e-2005 وبين النسخة المعدلة الثانية منه وجميع التعديلات الأخرى ذات الصلة والتي تنتجها مجموعة عمل IEEE 802.16، بما فيها 802.16i، 802.16f، 802.16g. وقد جرى وضع اللمسات الأخيرة لهذا المعيار في أيار 2009، وهو يعتبر المرجعية للإصدار 1.0/1.5 من أنظمة WiMAX المتنقلة.[29]

6.4.1. المعيار القياسي IEEE 802.16m:

وهو يعتبر النسخة الأخيرة من المعيار القياسي IEEE 802.16، وقد تم تطويره في عام 2006 ليكون مرشحاً ليحقق متطلبات ومواصفات IMT-Advanced، وهو اختصار يُستخدم من قبل الاتحاد الدولي للاتصالات ITU ليعبر عن أنظمة الاتصالات المتنقلة الأكثر تقدماً من اتصالات الجيل الثالث 3G، أو ما يُعرف بأنظمة الجيل الرابع الخلوية. حيث يجمع التحسينات الرئيسية في الطبقة الفيزيائية PHY وطبقة النفاذ المتوسطة MAC لدعم وتعزيز كفاءة النظام والاتصالات المتنقلة. ويدعم الترددات الأقل من 6 GHz.[34]

تُحدد معايير IEEE 802.16 القياسية بنية كل من الطبقة الفيزيائية PHY وهي الطبقة الأولى، وطبقة النفاذ المتوسطة MAC وهي الطبقة الثانية، والعمليات التي تتم بين محطات المشتركين المتنقلة والمحطات القاعدية عبر أثير الهواء. حيث المحطة القاعدية هي الحد الفاصل ونقطة التواصل بين أجزاء ومكونات الشبكة اللاسلكية وبين مكونات الشبكة المركزية. وتكون طبقة مراقبة النفاذ المتوسطة المُصممة لتحقيق الربط وفق مبدأ نقطة إلى عدة نقاط PMP، والاستجابة لمتطلبات التطبيقات التي تحتاج إلى معدل نقل بياناتٍ عالٍ وبمستوى جيد من جودة الخدمة QoS، هي المسؤولة عن أخذ القرار وتحديد أي من محطات المشتركين يمكنها النفاذ إلى الشبكة. كما تكون الطبقة الفيزيائية هي المسؤولة عن إرسال البيانات واستقبالها.[12] حيث تعمل ضمن الطبقة الفيزيائية العديد من التقنيات، ومنها تقنية مضاعفة تقسيم التردد المتعامد OFDMA، التي توفر مقاومة جيدة للتشويش والتداخلات وبالتالي زيادة فاعلية الطيف الترددي، وتسمح بتأمين الاتصال من دون خط نظر NLOS. وتقنية تقسيم الزمن وتقسيم التردد المزدوج TDD، FDD لإدارة الطيف الترددي وتنظيم الإرسال والاستقبال.

[34] Cinar, H., Cibuk, M., & Balik H. H. (2012). History and Evaluation of Mobile Wimax. Bitlis Eren University, Turkey.

5.1. لماذا تعتبر WiMAX هي الحل الأفضل فنياً واقتصادياً؟[35]

حازت تقنية WiMAX على اهتمام كبير من الشركات العالمية التي تسعى إلى نشر الشبكات اللاسلكية عريضة النطاق بأداء عالٍ وفعالية من حيث التكلفة، دون أن تقيدها المسافات أو صعوبة بعض المناطق الجغرافية.

1.5.1. القيمة المضافة بالنسبة للحكومة والمجتمع:

تعمل معظم الحكومات على تعزيز التنمية الاجتماعية والاقتصادية في بلدانهم، وتسهيل حصول المواطنين على أفضل الخدمات بهدف تحسين نوعية الحياة في مجتمعاتهم. لذلك نجد معظم الحكومات تسعى إلى تطبيق التقنيات الجديدة والمتقدمة والملائمة، التي تسهم في تحقق هذه الأهداف. وقد وجدت الكثير من الحكومات ضالتها في تقنية WiMAX التي ستوفر الكثير من متطلباتها مثل توفير خدمات النطاق العريض بشكل دائم لمختلف قطاعات الأعمال من شركات وهيئات ومؤسسات حكومية وغير حكومية أينما وجدت، بشكل لاسلكي وبأداء عالٍ وأسعار معقولة.

إن إنشاء شبكة لاسلكية تعمل بكفاءة عالية وفعالية في مختلف المناطق بحيث تصل إلى كافة الشرائح والقطاعات، يُسهل على الحكومات تطبيق حلول أكثر كفاءةً واستجابةً لمتطلبات المجتمع، من خلال تطبيقات شبكية تُسهل التفاعل بين الفعاليات المختلفة من جهة وبين المواطن والحكومة في مختلف المجالات من جهةٍ ثانية. حيث سيسهم وصول الخدمات المتطورة إلى المناطق البعيدة المحرومة من خدمات النطاق العريض في جذب الكثير من المنتجات التقنية وخدماتها وتداولها واستخدامها بين مختلف المواطنين هناك، مما سيؤدي إلى تقليص الفجوة المعرفية في تلك المناطق.

بينت دراسة للاتحاد الدولي للاتصالات عام 2012، بعنوان "تأثير النطاق العريض على الاقتصاد"، أن اعتماد النطاق العريض على مستوى المؤسسات والشركات الكبيرة والصغيرة منها، يؤثر بشكل إيجابي في خلق فرص العمل والإنتاجية بشكل عام.[36] وأن إمكانية تعزيز النمو في المجتمع تكمن في إقبال الشركات الصغيرة والمتوسطة الحجم على زيادة كفاءتها وقدرتها

[35] Siddiqui, M. A., Mithu, M. H. (2009, January). Broadband Wireless Access based on WiMAX Technology With business analysis. BRAC University. Dhaka, Bangladesh.

[36] Katz, Raul. (2012, April). Impact of Broadband on the Economy: Research to Date and Policy Issues .ITU-Telecommunication Development Sector. Geneva.

التشغيلية من خلال دمج النطاق العريض في معظم عمليات الإنتاج والتسويق والبيع.[37] وهذه ما سيتيحه توفر تقنية مرنة مثل تقنية WiMAX.

تستفيد الحكومات في البلدان النامية من إدخال تقنيات النطاق العريض في تحقيق الفوائد الاجتماعية طويلة الأجل، مثل الحاجة إلى عمال لديهم إلمام في التعامل مع التقانة. لأن نقص العمالة القادرة على استخدام التقانات المرتبطة بالحواسيب والإنترنت يعوق بشكل أو بآخر نمو قطاع تقانة المعلومات والاتصالات بشكل عام ويحول دون الارتقاء بالأداء في كافة المجالات الحكومية ومجالات الأعمال الأخرى.

يوجد العديد من الأدلة على أهمية تقنيات النطاق العريض وانعكاساتها الإيجابية على مجمل الحالة الاقتصادية. فقد توصلت دراسة للبنك الدولي عام 2009، بعنوان "التأثير الاقتصادي للنطاق العريض" ، إلى أن متوسط الزيادة في نمو الناتج المحلي الإجمالي في البلدان النامية يبلغ 1.38% عن كل زيادة في انتشار النطاق العريض نسبتها 10%.[38] وقد حفزت هذه الدراسة الحكومات للاستثمار في مجال خدمات وتطبيقات النطاق العريض.

2.5.1. القيمة المضافة بالنسبة لمشغلي الشبكات ومزودي الخدمات:

تُعطي المرونة العالية التي تتحلى بها تقنية WiMAX، ميزات إضافية كبيرة، بالمقارنة مع حلول الشبكات السلكية مثل DSL، أو أنظمة الاتصالات اللاسلكية الأخرى. حيث تعتبر معظم تقنيات النفاذ عريض النطاق المستخدمة حالياً مكلفة جداً وتستغرق وقتاً طويلاً وجهداً إضافياً لتنصيب وإعداد الشبكات والتجهيزات اللازمة، وبالأخص عند الحاجة للوصول إلى المناطق البعيدة أو المناطق ذات التضاريس الصعبة كالجبال والوديان وغيرها.

لذلك فإن نقاط القوة التي تملكها تقنية WiMAX والمتمثلة في التكلفة المنخفضة وسهولة وسرعة إنشاء الشبكات في WiMAX، وقدرتها على تغطية مساحات كبيرة وتوفير السرعات العالية وجودة الخدمة اللازمة التي تتطلبها معظم التطبيقات، وإمكانية عملها ضمن نطاقات الترددات المرخصة وغير المرخصة، وإمكانية تشكيلها وسطاً مناسباً لملء الفجوة بين الشبكات العريضة WAN وبين مختلف الشبكات اللاسلكية المحلية WLAN المُنتشرة في كل مكان، بالإضافة إلى دعمها لبروتوكول الإنترنت IP وإمكانية تكاملها مع مختلف بنى الشبكات السلكية وشبكات الجيل الثالث، وأيضاً من خلال دعمها لميزة التوافقية، كونها قائمة بشكل أساسي وفقاً لمجموعة من

[37] Nottebohm, O., Manyika, J., Bughin, J., Chui, M., & Syed, A. R. (2012, January). Online and Upcoming: The Internet's Impact on Aspiring Countries. McKinsey & Company.

[38] Qiang, C. Z. W., Rossotto, C. M., & Kimura, K. (2009, January). Economic Impacts of Broadband (chapter 3). World Bank, Information and Communications for Development. Washington, DC.

المعايير القياسية، مما يعطي الفرصة لمشغلي الشبكات للاختيار بين عدد كبير من مصنعي وموردي التجهيزات. تُشكل هذه الميزات بمجموعها فرصة حقيقية لمزودي الخدمات ومشغلي الشبكات لإيجاد أسواق إضافية للاستثمار في تقنية WiMAX وتغطية مجموعة واسعة من المواقع في أي بلد وتقديم الخدمات والتطبيقات المتطورة بالنطاق العريض اللاسلكي الثابت والمتنقل للمشتركين في مختلف المناطق التي لم تصلها الشبكات السلكية عريضة النطاق، ويمكن أيضاً أن تشكل بديلاً لمعظم التقنيات المستخدمة حالياً في المناطق التي تعمل بها الشبكات السلكية التقليدية.

3.5.1. القيمة المضافة بالنسبة لمستخدمي الخدمة:

من المؤكد أن دخول تقنية WiMAX سيوفر لمستخدمي تطبيقات الإنترنت وتبادل البيانات العديد من المزايا والخدمات والتسهيلات. حيث ستتيح خيارات إضافية للحصول على النفاذ العريض النطاق، وتُبشر السكان في المناطق البعيدة أو الريفية أو الذين لا يملكون حتى خط هاتفي عادي، بإمكانية تخديمهم بشبكات لاسلكية توفر لهم النفاذ إلى شبكة الإنترنت واستخدام العديد من الخدمات التي لم تكن متاحة لهم سابقاً وبأسعار مقبولة مقارنةً مع أسعار خدمات النطاق العريض ذاتها فيما لو تم إيصالها إلى مناطقهم عبر الشبكات السلكية التقليدية. بالإضافة إلى أن دخول تقنية عالية الكفاءة والأداء مثل تقنية WiMAX سيخلق جو من المنافسة القوية بين مزودي الخدمات ومشغلي الشبكات لتقديم أفضل الخدمات للحفاظ على زبائنهم، وهو الأمر الذي سينعكس بالضرورة على أسعار تلك الخدمات وسيؤدي إلى انخفاضها في هذا الجو من المنافسة. حيث أقصى ما يتمناه مستخدمي خدمات الإنترنت حول العالم، هو الحصول على الخدمات والتطبيقات المتطورة وبأسعار منخفضة.

يتيح انتشار تقنيات النطاق العريض زيادة الفرص لمستخدمي النطاق العريض في كافة المناطق للحصول على التعليم بشكل أفضل والحصول أيضاً على خدمات الرعاية الصحية. حيث في دراسة حديثة أجرتها لجنة النطاق العريض في عام كانون الثاني من عام 2013، جرى تسليط الضوء على المكاسب التي يُمكن أن يجنيها المواطن والمجتمع بشكل عام من جراء نشر تقانات متطورة في مجال التعليم.[39] مثل مواد العرض السمعية والضوئية، وأدوات البحث والتعلم المعتمدة على الإنترنت، والمكتبات الرقمية، والجامعات والمختبرات العلمية الافتراضية، والبرامج التعليمية على الإنترنت للحصول على شهادات أكاديمية. أيضاً في مجال الرعاية الصحية فإن من فوائد انتشار تقنيات النطاق العريض توفر إمكانية ربط الأطباء والعيادات ومراكز العلاج في

[39] A report by the Broadband Commission Working Group on Education. (2013, January). Technology, Broadband, and Education: Advancing the Education for All Agenda. ITU, UNESCO. Paris.

المناطق الريفية بمختلف الموارد الطبية الوطنية لتوفير إمكانية الفحوصات والتشخيص عن بعد، وممارسة الإسعافات الأولية، ونشر تقارير التوعية الصحية، والعديد من الإجراءات التي تسهم في تحسين حياة السكان، خصوصاً في المناطق البعيدة. الأمر الذي يسهل إدارة جميع جوانب الرعاية الصحية في البلد بشكل أكثر كفاءة وفاعلية. مما سينعكس بالضرورة بشكل إيجابي على الحالة الصحية للمجتمع ككل.[40]

6.1. تطبيقات WiMAX واستخداماتها المتنوعة:

1.6.1. تطبيقات WiMAX:

وفقاً للمزايا التقنية التي تتمتع بها تقنية WiMAX، ووفقاً للمواصفات الفنية التي تم وضعها من قبل منتدى WiMAX. فإنها توفر النفاذ عريض النطاق لاسلكياً حتى الميل الأخير، وتدعم تقنية الهوائيات الذكية التي تساعد في توظيف النطاق الترددي بطريقة أكثر فاعلية، وبالتالي يمكن استخدامها في الكثير من تطبيقات النطاق العريض للشبكات الثابتة والمتنقلة.

يُتيح الأداء العالي ومستوى جودة الخدمة التي توفرها شبكة WiMAX إمكانية استخدامها في العديد من التطبيقات، مثل تطبيقات الصوت عبر الإنترنت VOIP، وتطبيقات مؤتمرات الفيديو، وتطبيقات الألعاب التفاعلية عبر الإنترنت، وتدفق وسائل الإعلام، مثل البث التلفزيوني عبر الإنترنت IPTV. أيضاً تطبيقات تصفح مواقع الإنترنت والبريد الإلكتروني والرسائل الفورية وتنزيل الملفات من الإنترنت.

يُعتبر دعم جودة الخدمة QoS أمراً ضرورياً جداً للأنظمة اللاسلكية عريضة النطاق، مع توفر قنوات مصممة لنقل الصوت والفيديو وخدمات البيانات في نفس الوقت. لذلك فإن خوارزميات جودة الخدمة يجب أن تكون متواجدة لتضمن أن هذا الاستخدام المشترك للقناة لن يسبب تدهور الخدمة وفشلها، حيث يوفر المعيار القياسي IEEE 802.16 ميزات تقنية مختلفة تدعم جودة الخدمة QoS لأنواع مختلفة من التطبيقات.

[40] المجلس الاقتصادي والاجتماعي. (آذار، 2013). خدمات الإنترنت ذات النطاق العريض من أجل مجتمع رقمي شامل. الأمم المتحدة. جنيف.

2.6.1. استخدامات WiMAX:

تعتبر تقنية WiMAX، التقنية المناسبة لدعم عدد كبير من الاستخدامات، اعتماداً على الميزات والمواصفات التقنية التي تمتلكها وبالأخص السرعات العالية التي توفرها، وسرعة التنفيذ للشبكة، وفاعليتها من حيث التكلفة والجهد. حيث تتوزع معظم هذه الاستخدامات ومتطلباتها التقنية بين نوعي الشبكات الخاصة والعامة ومنها:[25]

- **الشبكات الخاصة Private Networks**:

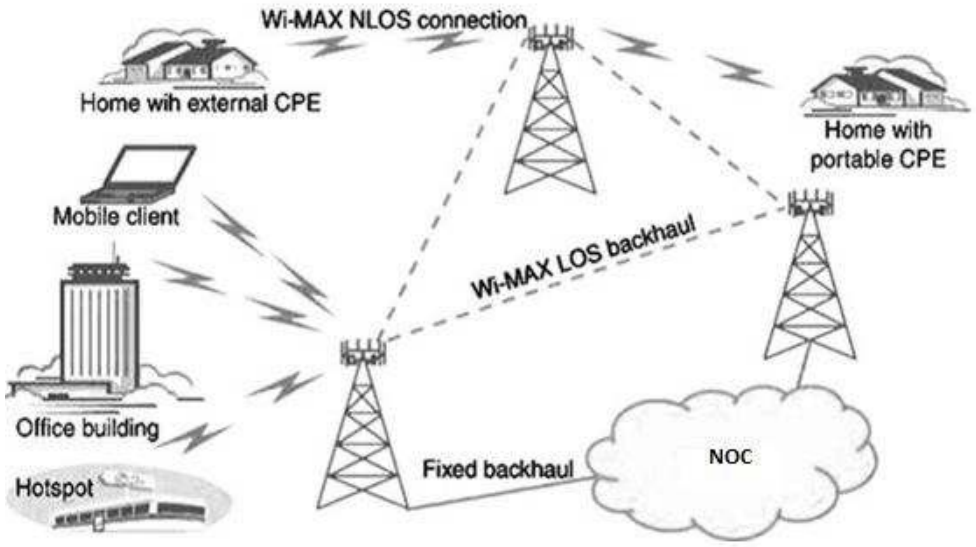
يُستعمل هذا النوع من الشبكات من قبل منظمة واحدة أو مؤسسة أو هيئة تجارية أو غير ذلك، لتوفير وصلات اتصال مخصصة لتطبيقات الصوت والفيديو وتبادل البيانات. حيث من المطلوب أن تكون هذه الشبكات سريعة وسهلة التركيب. ومن أنواعها:

- وصلات Backhaul:[41]

يُشير هذا المصطلح في الشبكات السلكية إلى الربط الشبكي بين نقطة النفاذ وبين المقسم الإلكتروني، والربط بين المقسم ومركز الشبكة الأساسي. فهي تعتبر الطبقة الوسطى في بنية شبكة الاتصالات الفقارية Backbone. وفي الشبكات اللاسلكية فهي تمثل الربط بين المحطات القاعدية من جهة، وبين المحطة القاعدية ومركز إدارة الشبكة من جهةٍ ثانية، الشكل رقم (8.1). حيث يقوم كل مشترك عادي في المنزل أو موظف في مكان عمله باستخدام تقنية Wi-Fi للنفاذ إلى الشبكة واستخدام الخدمات المتاحة، ولكن تجهيزات Wi-Fi تحتاج إلى Backhaul لنقل الحركة إلى مزود الخدمة. في معظم الحالات يتم إنجاز وصلات Backhaul من خلال دارات مؤجرة لهذا الغرض E1/T1، أو دارات بسعات أكبر عن طريق مشغلي الشبكات السلكية. وهي تعتبر مكلفة جداً.

يتيح استخدام تقنية WiMAX في هذا النوع من الربط لمزودي الخدمة ومشغلي الشبكات تسهيلات كبيرة من حيث التخلص من التكلفة الزائدة لتأمين هذا الربط عن طريق الدارات المؤجرة، خصوصاً في حالة المسافات الطويلة.

[41] Gunasekaran, V., Harmantzis, F. C. (2005). Affordable Infrastructure for Deploying WiMAX Systems: Mesh v. Non Mesh. Stevens Institute of Technology. USA.

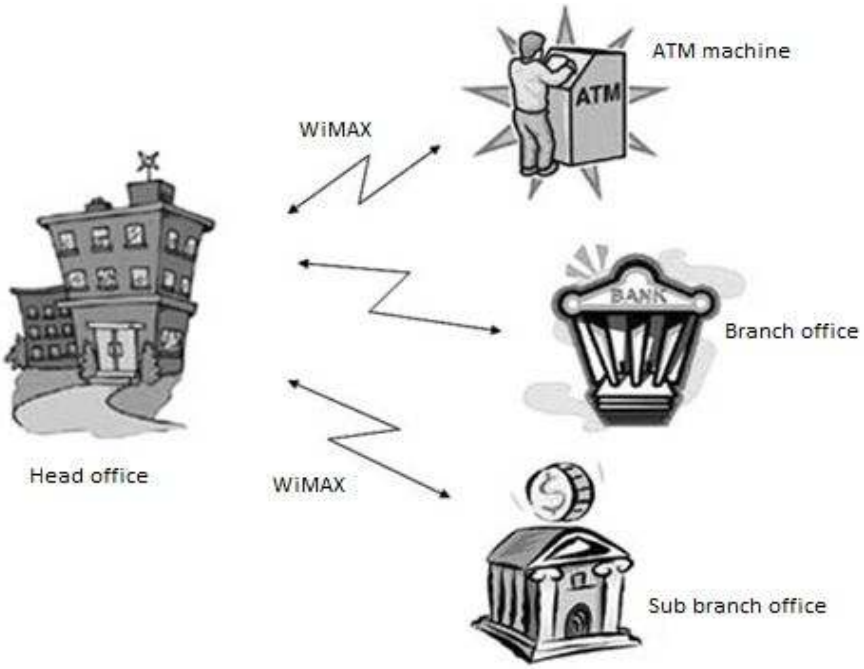


الشكل (8.1): وصلات Backhaul باستخدام تقنية WiMAX

- الشبكات البنكية Banking Networks:

يُتيح استخدام تقنية WiMAX ضمن هذا النوع من الشبكات للبنوك الكبيرة حلولاً فنية لإمكانية ربط كافة فروعها وصرافاتها الآلية ATMs إلى مراكز البيانات التابعة لها من خلال شبكة WiMAX خاصة توفر نقل وتبادل البيانات وحركة الصوت والفيديو من الفروع والصرافات إلى المخدمات وقواعد البيانات في المراكز الرئيسية. الشكل رقم (9.1). حيث تحتاج البنوك الكبيرة إلى معدل السرية والأمان وإلى عرض نطاق كافٍ لنقل البيانات وتبادلها. وهو ما توفره تقنية WiMAX من خلال ميزات التشفير وجودة الخدمة. مما يتيح إنجاز كافة المعاملات والتحويلات المالية بين الفروع، والمكالمات الهاتفية عبر نفس الشبكة، والمراسلات البريدية الإلكترونية، وأيضاً تطبيق نظام مراقبة كاميرات شامل لكافة الفروع والصرافات التابعة للبنك.[42]

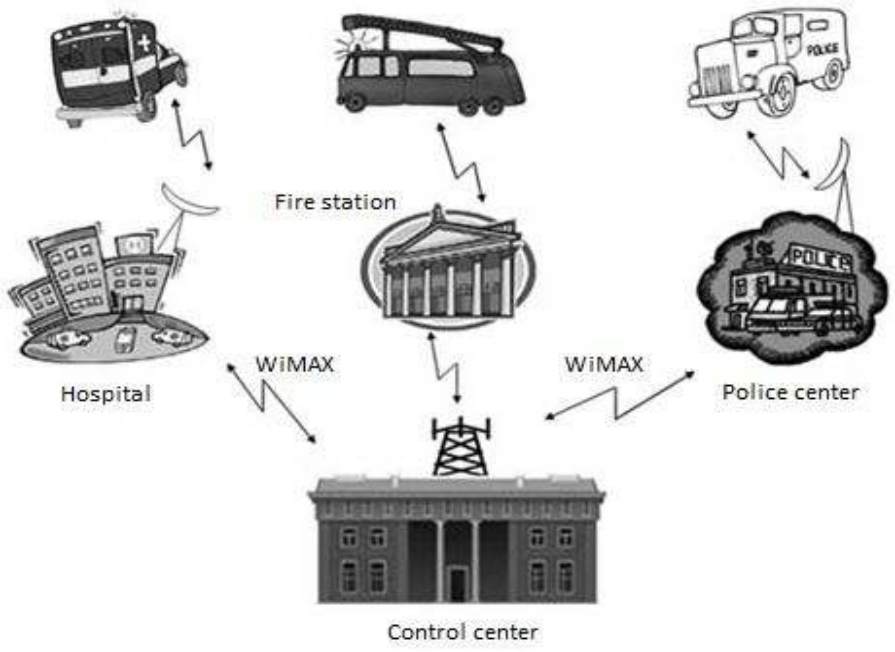
[42] Telesystem Innovations Inc. (2010). Fundamentals of WiMAX: A Technology Primer. Canada.



الشكل (9.1): ربط فروع البنك والصرافات الآلية عن طريق شبكة WiMAX

- حالات الكوارث والسلامة العامة Disaster & Public Safety:

يُمكن توظيف تقنية WiMAX في حالات الكوارث الطبيعية، مثل الزلازل والفيضانات. حيث يمكن أن تتعرض كافة الشبكات السلكية في هذه الحالات لأضرار كبيرة، ولا يمكن عند ذلك الاعتماد عليها في التعامل مع الكارثة والتواصل مع الناس في المناطق المنكوبة. تُقدم شبكات WiMAX في مثل هذه الظروف حلاً فنياً فعالاً لربط الأماكن التي تعرضت للكارثة مع مراكز الخدمات والطوارئ والمستشفيات ومراكز الشرطة والإطفاء والإنقاذ وغيرها، دون القلق بشأن المسافة أو طبيعة التضاريس. الشكل رقم (10.1) أدناه.



الشكل (10.1): استخدام شبكة WiMAX لخدمة السلامة العامة

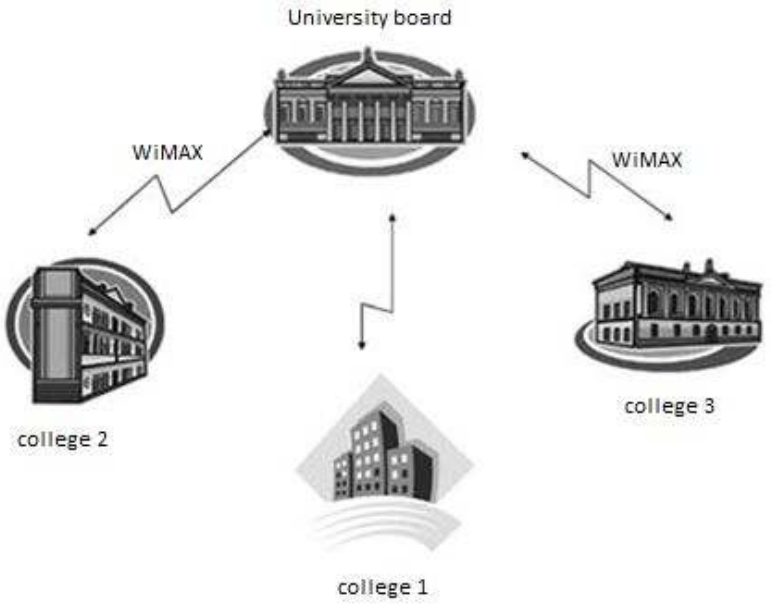
تُوفر هذه الشبكات تسهيلات للوصول إلى حقيقة ما يجري في الأماكن أو المناطق المنكوبة التي تحتاج للمساعدة العاجلة. حيث يمكن الحصول على الاتصال في الاتجاهين بين مراكز التحكم المسؤولة عن معالجة الكارثة وبين فرق الإنقاذ المتواجدة في موقع الكارثة، بحيث يمكن إرسال الصور والفيديو وكافة البيانات اللازمة إلى مراكز التحكم. ويمكن متابعة هذه الصور والفيديوهات من قبل طاقم طبي وفريق من الخبراء وتحليل الوضع في الزمن الحقيقي لتتالي الأحداث وتقديم التوجيهات اللازمة للفرق الموجودة في موقع الحدث.[43]

- الشبكات التعليمية Education Networks:

يُتيح استخدام تقنية WiMAX ضمن هذا النوع من الشبكات حلاً فنياً لإمكانية ربط الكليات والمدارس والمجالس التعليمية. الشكل رقم (11.1). حيث يمكن من خلال هذا الربط عبر التغطية الواسعة وعرض النطاق الذي توفره شبكة WiMAX، تبادل كافة أنواع البيانات بين كافة مجالس الكليات أو المدارس، وإجراء المكالمات الصوتية VoIP، وإرسال أوراق الأسئلة ونتائج الطلاب، وغيرها من البيانات بسرعات عالية. إضافةً إلى إنجاز محاضرات الفيديو بين أكثر من كلية أو مدرسة

[43] White Paper. (2005, October). Can WiMAX Address Your Applications?. Westech Communications Inc. on behalf of the WiMAX Forum.

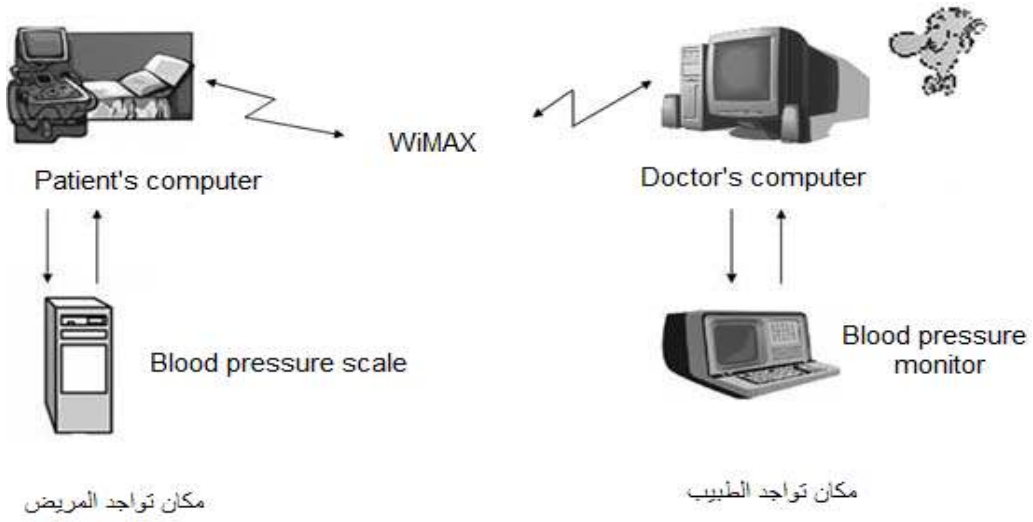
موجودة في مناطق مختلفة. حيث يُمكن من خلال خدمة مؤتمرات الفيديو، للطلاب في أكثر من كلية أو مدرسة التفاعل مع مُدَّرسين أو محاضِرين في كلية أو مدرسة أخرى، وذلك من خلال كاميرة موجودة في أحد الكليات توفر نقل المحاضرة التي تجري في أحد قاعاتها إلى الطلاب الموجودين في كلية أخرى بشكل مباشر خلال الزمن الحقيقي. مما يوفر للجامعات إمكانية تقديم المعلومات ذاتها وفي نفس الوقت لأكبر عدد من الطلاب في كلياتها المنتشرة في أكثر من منطقة. أيضاً الأمر في غاية الأهمية بالنسبة للكليات والمدارس الموجودة في الأرياف، حيث يمكن ربطها مع مؤسسات تعليمية أو كليات أخرى من خلال هذه الشبكة. مما يتيح مجالاً أوسع للتواصل والاستفادة عن بعد.[42]



الشكل (11.1): ربط عدد من الكليات بمقر الجامعة عن طريق شبكة WiMAX

- التطبيقات الطبية Medical Applications:

يُمكن توظيف تقنية WiMAX في الحالات الطبية الطارئة التي يحتاج فيها المريض أو المصاب إلى دعم طبي سريع. حيث يمكن في بعض الحالات أن تشكل شبكة WiMAX منصة للتطبيقات الصحية يستطيع الطبيب من خلالها تشخيص حالة مريضه المتواجد في مكان بعيد يصعب الوصول إليه في الوقت اللازم لتقديم المساعدة الطبية. حيث يُمكن من خلال هذه الشبكة ربط جهاز الكمبيوتر الخاص بالطبيب والذي يكون مربوطاً مع المعدات الطبية اللازمة، إلى جهاز الكمبيوتر الخاص بالمريض. ويمكن للمريض في هذه الحالة من خلال كمبيوتره المربوط إلى الشبكة، إرسال تقرير عن حالته الصحية يحوي المعلومات الطبية التي يحتاج إليها الطبيب، مثل ضغط الدم أو معدل السكر في الدم وغيرها من المعلومات. عندها يستطيع الطبيب تشخيص حالة المريض وإعطائه النصائح الطبية السريعة اللازمة. كما هو مبين في الشكل رقم (12.1). أيضاً في بعض الحالات الطبية الخطرة، مثل الحوادث والكسور، يمكن تصوير فيديو يستطيع الطبيب مشاهدته في الزمن الحقيقي وإعطاء النصائح اللازمة للمسعفين.[44]



الشكل (12.1): استخدام WiMAX في حالات المساعدة الطبية

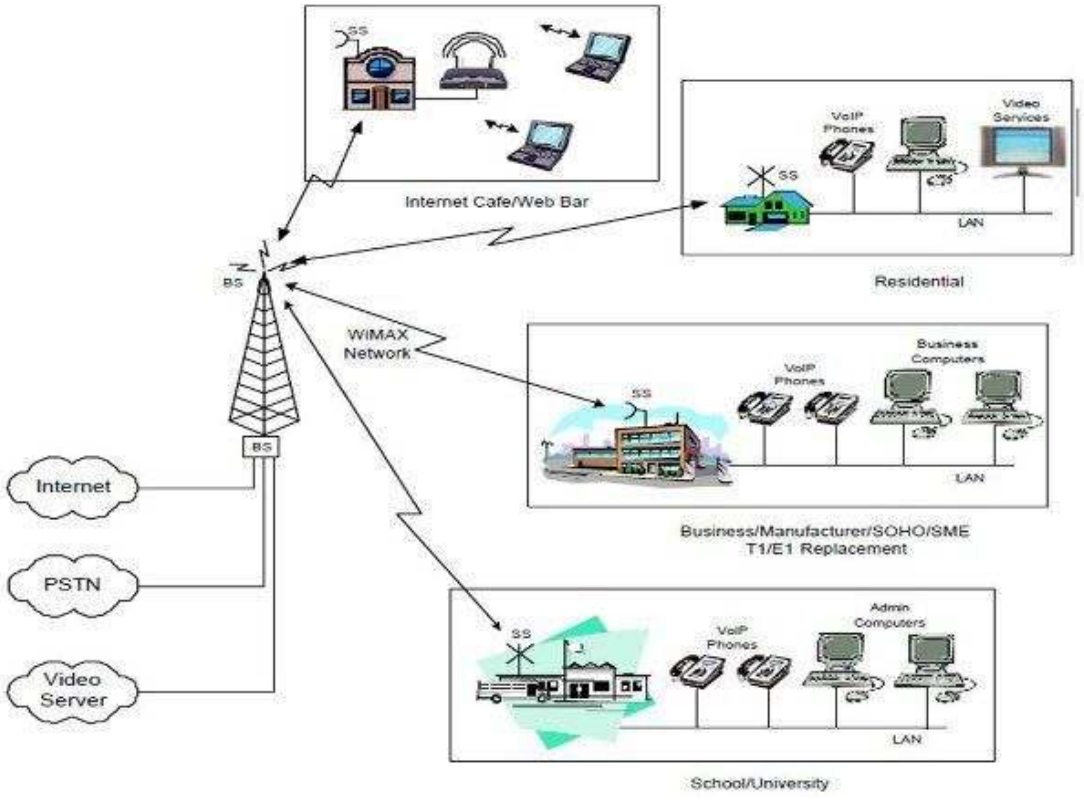
[44] Ahson, S., Ilyas, M. (2008). WiMAX Applications. Taylor & Francis Group. USA.

- **الشبكات العامة Public Networks:**

يُتيح هذا النوع من الشبكات مشاركة كافة مصادر الشبكة من قبل جميع المشتركين، سواء كانوا جهات رسمية أو مشتركين عاديين. حيث من المطلوب أن تكون هذه الشبكات ذات قدرة على تحقيق التغطية الشاملة، وتكون فعالة من حيث التكلفة، أيضاً السرية مطلوبة، كونها متاحة للاستخدام من قبل الجميع. ومن أنواعها:

- مزود خدمات شبكات النفاذ اللاسلكية Wireless Service Provider Access Network:

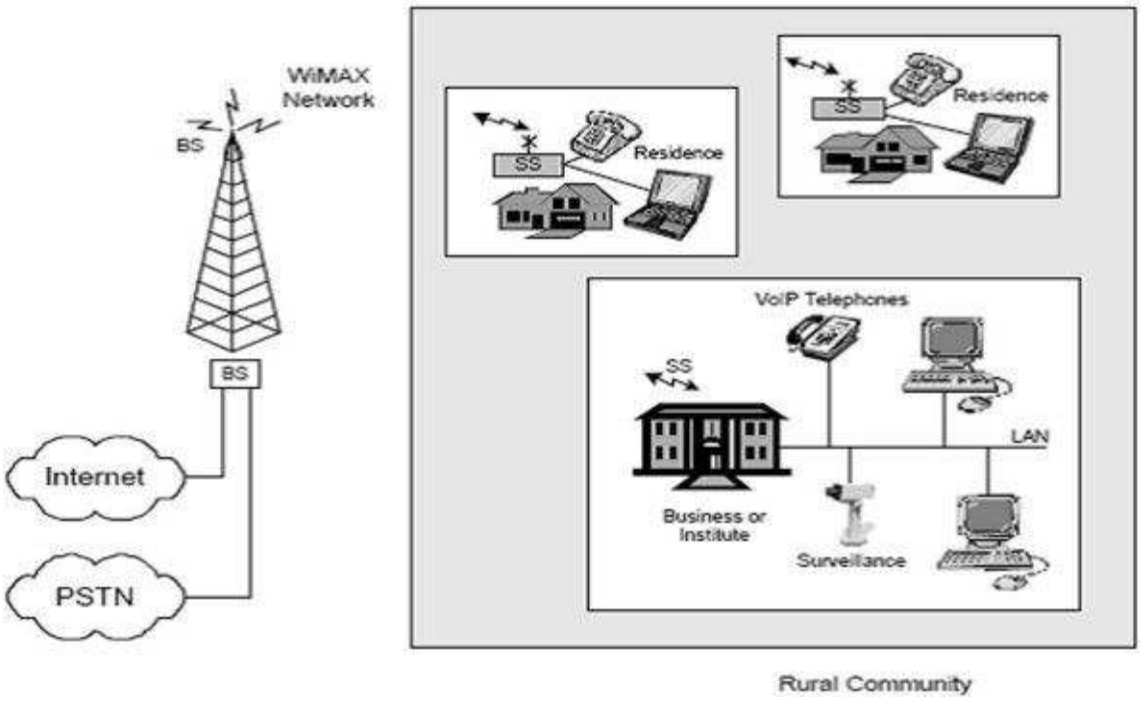
يُمكن لمزودي خدمات النفاذ اللاسلكي استخدام تقنية WiMAX لتوفير النفاذ اللاسلكي عريض النطاق إلى خدمات الصوت والفيديو والإنترنت وتبادل البيانات للمناطق السكنية ومناطق الأعمال والمراكز التجارية وغيرها، الشكل رقم (13.1). وهو ما يُمكن أن توفره هذه التقنية من خلال إمكانية التنفيذ السريع، ومجالات التغطية الواسعة والميزات الإيجابية الأخرى التي تمتلكها.[43]



الشكل (13.1): استخدام تقنية WiMAX في شبكات النفاذ اللاسلكية

- ربط الأرياف Rural Connectivity:

تُعتبر تقنية WiMAX من أكثر تقنيات النفاذ عريض النطاق ملائمةً لنشرها في المناطق الريفية ومختلف المناطق البعيدة وذات التضاريس الجغرافية الصعبة. لذلك يُمكن لمشغلي الشبكات ومزودي الخدمات استخدام شبكات WiMAX لإيصال خدمات النفاذ عريض النطاق إلى خدمات وتطبيقات الإنترنت المتنوعة لمختلف المشاريع والأسواق الناشئة في المناطق الريفية البعيدة وضواحي المدن، الشكل رقم (14.1). حيث تُعتبر تلك المناطق فقيرة بالبنى التحتية القادرة على تأمين الطلب المتزايد على خدمات النفاذ وخاصة خدمات النفاذ عريضة النطاق.[44]

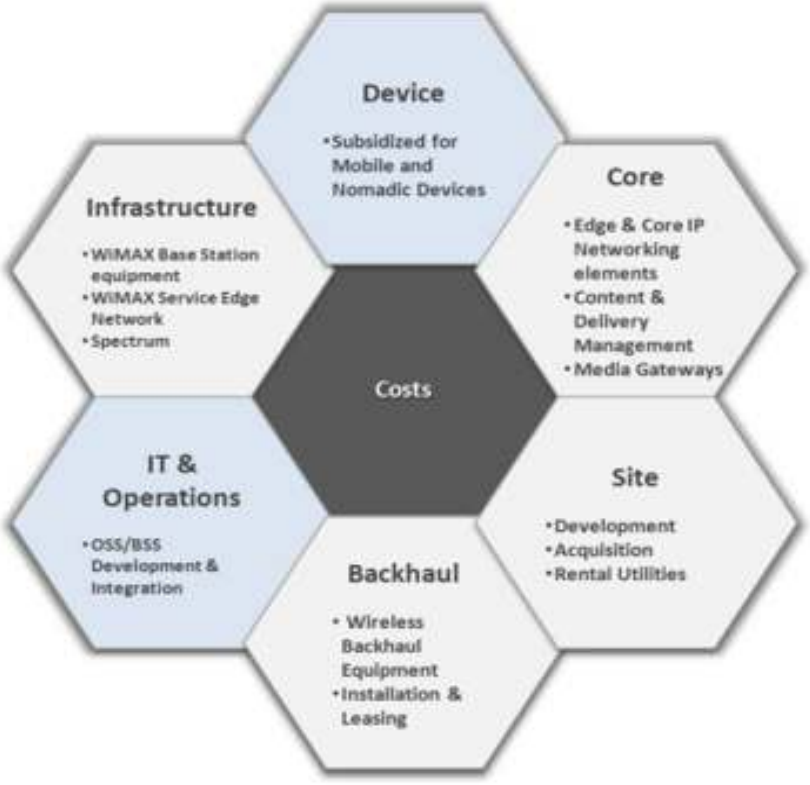


الشكل (14.1): توفير الخدمة للمناطق الريفية من خلال تقنية WiMAX

7.1. النفقات الرأسمالية والنفقات التشغيلية للشبكة CAPEX, OPEX:

يُشكل ازدياد الطلب والاعتماد على خدمات وشبكات النفاذ اللاسلكي عريض النطاق، فرصة جيدة لمختلف مزودي الخدمات ومشغلي الشبكات لتحقيق عائدات جيدة من الاستثمار في التقانات ذات المزايا التقنية القادرة على توفير خدمات النفاذ عريض النطاق اللاسلكي بجودة عالية وفعالية من حيث التكلفة، كما هو الحال في تقنية WiMAX من خلال ميزة التوافقية والعديد من المزايا التقنية التي تتميز بها عن معظم التقنيات الأخرى.

ولتقدير فيما إذا كانت التقنية الجديدة المراد تطبيقها ذات جدوى اقتصادية، تقوم معظم الشركات بإجراء التحليل الفني الاقتصادي. حيث يجري الأخذ بعين الاعتبار النفقات الرأسمالية CAPEX، والنفقات التشغيلية OPEX اللازمة لنشر تلك التقنية، كما يبين الشكل رقم (15.1) أدناه.



الشكل (15.1): العناصر الرئيسية لنفقات شبكة WiMAX

وقد حدد منتدى WiMAX، ثلاثة سيناريوهات يتم إجراء التحليل الفني الاقتصادي على ضوئها. حيث تكون في السيناريو الأول، السوق المستهدفة من قبل مشغلي الشبكات ومزودي الخدمات هي المناطق الحضرية، وهي مناطق سكنية تكون مساحتها بحدود 100 كم^2. وفي السيناريو الثاني، تكون السوق المستهدفة لنشر التقانة هي المدن الكبرى، التي تضم مناطق سكنية وشركات صغيرة ومتوسطة الحجم، وبالطبع مساحتها تكون أكثر من 100 كم^2. أما السيناريو الثالث، فهو يشمل البلدات أو المناطق الريفية الصغيرة، وهي مناطق سكنية ممتدة على مساحات صغيرة نسبياً، بحدود 16 كم^2. وقد يوجد فيها بعض الشركات الصغيرة أو المتوسطة.[45]

1.7.1. التكلفة الإجمالية للملكية TCO:

بالنسبة لمشغلي الشبكات، فإن النفقات الكاملة اللازمة لتركيب وإنشاء الشبكة، يطلق عليها التكلفة الإجمالية للملكية TCO، التي تشمل النفقات الرأسمالية CAPEX، والنفقات التشغيلية OPEX، للشبكة:[46]

$$TCO= CAPEX + OPEX$$

2.7.1. النفقات الرأسمالية CAPEX لبناء شبكة WiMAX:

تشمل تكاليف تنفيذ البنية التحتية للمحطات القاعدية، بما في ذلك تأمين الموقع، وتجهيزات الربط نقطة إلى نقطة PTP، الهوائيات، نظام تحكم الإرسال. كما تشمل تجهيزات المشترك الداخلية والخارجية CPEs.[47]

$$C_{WiMAX}=C_{BS}+CPEs+BhL_E+C_E+SL+BS_{A,I}+CW$$

حيث:

C_{WiMAX} : النفقات الرأسمالية CAPEX لشبكة WiMAX.

C_{BS} : تكاليف التجهيزات اللازمة لتنفيذ البنية التحتية للمحطات القاعدية.

CPEs : تكاليف التجهيزات اللازمة من جهة المشترك (الداخلية والخارجية).

BhL_E : تكاليف تجهيزات وصلات Backhaul.

---

[45] WiMAX Forum. (2005, June). WiMAX: The Business Case for Fixed Wireless Access in Emerging Markets.

[46] Ghazisaidi, N., Maier, M. (2010, April). Techno-economic analysis of EPON and WiMAX for future Fiber-Wireless (FiWi) networks. Computer Networks Journal . Vol. 54, Issue 15, pp.2640-2650. Canada.

[47] Nieminen, Jari. (2007, March). Techno-Economics of Mobile WiMAX. Finland.

C_E : تكاليف التجهيزات اللازمة لمركز تشغيل الشبكة NOC.

SL : تكلفة ترخيص الطيف الترددي.

$BS_{A,I}$: تكاليف اختيار المواقع وتركيب المحطات القاعدية.

CW : تكاليف الأعمال المدنية اللازمة.

3.7.1. النفقات التشغيلية OPEX :

تبدأ هذه النفقات مع بداية تشغيل وإقلاع الشبكة، ولكنها تستمر بعد الانتهاء من تأسيس الشبكة. حيث تشمل تكاليف أعمال الصيانة وإدارة عناصر الشبكة، ومواقع الهوائيات، وتكلفة برمجة المحطات القاعدية، وتجهيزات المشترك CPEs. حيث يتوجب على فريق من الفنيين زيارة كل مشترك جديد لتركيب وتوجيه الهوائيات الخارجية. وتكاليف استئجار المواقع اللازمة لتجهيزات عناصر الشبكة الأساسية.[48]

$$O_{WiMAX}=N_{O,M}+BhL_{I,L}+A+DS+BSS_{LE}$$

حيث :

O_{WiMAX} : النفقات التشغيلية OPEX لشبكة WiMAX.

$N_{O,M}$: تكاليف أعمال التشغيل والصيانة للشبكة.

$BhL_{I,L}$: تكاليف تركيب وصلات Backhaul، واستئجارها.

A : تكاليف الدعاية والإعلان.

DS : تكاليف دعم الأجهزة لتأمين التوافق المثالي مع شبكة WiMAX.

BSS_{LE} : تكاليف استئجار مواقع المحطات القاعدية.

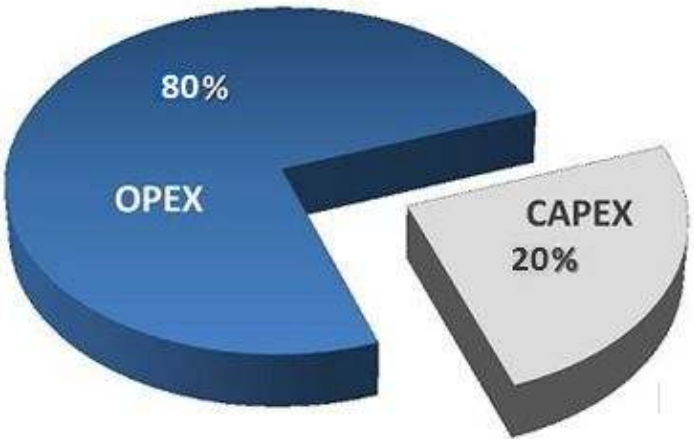
وتكون التكلفة الإجمالية للملكية لشبكة WiMAX، هي مجموع النفقات الرأسمالية والنفقات التشغيلية:

$$TCO_{WiMAX}= C_{WiMAX} + O_{WiMAX}$$

حيث تختلف التكلفة الإجمالية للملكية من مشغل إلى آخر، تبعاً لاختلاف النفقات الرأسمالية والتشغيلية للشبكة، والتي أيضاً تختلف بدورها تبعاً لمساحة المناطق المراد إنشاء الشبكة فيها، ووفقاً للسيناريو والحل الفني المراد تنفيذه.

[48] Smura, Timo. (2005). Competitive Potential of WiMAX in The Broadband Access Market: A Techno-Economic Analysis. Helsinki University of Technology. Finland.

ويُقدر أنه بعد مرور أكثر من خمس سنوات على تنفيذ الشبكة، فإن النفقات الرأسمالية المتمثلة بالمعدات والبنية التحتية، تُسهم في ما يقارب من 20% من التكلفة الإجمالية للملكية. في حين أن النفقات التشغيلية المتمثلة في أعمال تكنولوجيا المعلومات وأعمال الصيانة للمواقع، وأعمال الدعم والإدارة، تسهم في ما يقارب من 80% من التكلفة الإجمالية للملكية.[49] الشكل رقم (16.1).



الشكل (16.1): نسبة النفقات الرأسمالية والتشغيلية بعد 7 سنوات، من التكلفة الإجمالية للملكية لشبكة WiMAX

حيث يتركز الاستثمار الأولي لشبكة WiMAX بشكل أكبر على النفقات الرأسمالية CAPEX، المرتبطة بشراء المعدات والأنظمة اللازمة. حيث تكون النفقات التشغيلية OPEX عند بداية إنشاء الشبكة أقل من النفقات الرأسمالية، ثم تبدأ هذه النفقات بالزيادة مع ازدياد معدل اعتماد المشتركين على الشبكة واستخدامهم لمختلف الخدمات التي تقدمها على نطاق أوسع، لتزداد بذلك حصة النفقات التشغيلية من التكلفة الإجمالية للملكية، ومع مرور الوقت فإن النفقات التشغيلية سوف تفوق نفقات رأس المال الأولي.[50]

[49] White Paper. (2007). The Business of WiMAX: Impact of Technology, Architecture & Spectrum on the WiMAX Business Case. Motorola. U.S.
[50] Understanding the WiMAX Bussiness Module. (2010). retrieved July 15,2014 from: http://technowizz.wordpress.com/2010/01/08/wimax-business-model/.

8.1. مقارنة بين تقنية WiMAX وبعض التقنيات المستخدمة حالياً:

1.8.1. WiMAX وتقنية الاتصالات اللاسلكية Wi-Fi:

تتفوق تقنية WiMAX في الكثير من المزايا والنواحي التقنية على تقنية Wi-Fi. حيث لا تعمل تقنية Wi-Fi لمسافات كبيرة جداً، كما هو الحال مع WiMAX. كما تعمل تقنية Wi-Fi بشكل أساسي على مجالات الترددات الغير المرخصة، 2.4 GHz, 5 GHz. في حين يمكن لتقنية WiMAX أن تعمل ضمن مجالات الترددات المرخصة (2.5, 3.5, 10.5 GHz) ومجالات الترددات غير المرخصة (2.4, 5.8 GHz)، لذلك يمكن لتقنية Wi-Fi أن تغطي مساحة (100 متر تقريباً)، فهي مصممة للاستخدامات الداخلية. بينما يمكن أن يغطي شعاع WiMAX مسافة 8 Km بدون خط NLOS، في مجال الترددات من 2 GHz إلى 11 GHz. ومسافة 50 Km بخط نظر LOS، في مجال الترددات من 10 GHz إلى 66 GHz. وخدمة عدد كبير من المشتركين المنتشرين ضمن مساحة واسعة. كما تمتاز WiMAX بتجاوز أفضل للعقبات التي يمكن أن تعترض شعاع الإشارة، والتسامح الأفضل للانعكاس.

يبلغ عرض القناة في تقنية Wi-Fi، 25 MHz للمعيار القياسي IEEE 802.11b، و 20 MHz للمعيار القياسي IEEE 802.11a/g، ويصل معدل نقل البيانات حتى 54 Mbps. وفي تقنية WiMAX يكون عرض القناة في المجال من 1.25 MHz إلى 20 MHz، ويمكن أن يصل معدل نقل البيانات إلى 75 Mbps وفق المعايير القياسية الأولى.[51]

تُستعمل طبقة مراقبة النفاذ MAC في تقنية Wi-Fi تقنية الوصول بالتنافس contention access، وفق مبدأ تحسس الناقل متعدد الوصول مع تجنب التصادم CSMA/CA، حيث جميع محطات المشتركين التي ترغب بتمرير البيانات إلى نقطة الوصول اللاسلكية تتنافس فيما بينها للاتصال مع نقطة الوصول بمبدأ المقاطعة العشوائية، وهذا ما يسبب مقاطعة بعض محطات المشتركين البعيدة بشكل متكرر من قبل محطات المشتركين الأقرب لنقطة الوصول. بينما تستعمل طبقة MAC في تقنية WiMAX خوارزمية الجدولة، حيث من خلال هذه الخوارزمية يكون على محطة المشترك أن تنافس لمرة واحدة فقط وهي للدخول الأولي إلى الشبكة، ثم يجري تحديد منفذ خاص بمحطة المشترك من قبل المحطة القاعدية.[52]

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

[52] Usgurlu, U. B. (n.d). WiFi VS WiMAX: Comparison of the basic features of Wi-Fi (802.11b/g) - WiMAX (802.16). Baskent University. Turkey.

لم يتم تطوير هاتين التقنيتين من أجل تقديم الحلول الفنية ذاتها لسيناريوهات متشابهة، ولكنهما يمكن أن يكملا عمل بعضهما البعض. حيث تظهر مرونة تقنية Wi-Fi، عندما يتم تنفيذها في الشبكات المحلية الداخلية، مثل المنازل والمكاتب أو الشركات الصغيرة، أو الجامعات. ومن ثم يأتي دور تقنية WiMAX كشبكة أوسع لتُؤمن ربط المباني والمكاتب والجامعات فيما بينها، أو مع الشبكات الأخرى.

2.8.1. WiMAX وتقنية اتصالات الجيل الثالث 3G:

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

الوظيفة الأساسية لتقنية 3G هي تقديم خدمات الهاتف المحمول، يمكن أيضاً أن تؤمن خدمات نقل البيانات. بينما في تقنية WiMAX فإن الوظيفة الأساسية هي توفير النفاذ عريض النطاق إلى الإنترنت بجودة عالية وبمعدل نقل بيانات عالٍ ولمسافات بعيدة.[53]

تعتمد الإنتاجية في تقنية WiMAX على عرض القناة التي يتم اختيارها، بناءً على عرض النطاق المستخدم. والتي تتراوح كما ذكرنا سابقاً بين 1.25 MHz إلى 20 MHz، وهو ما يتيح توظيف أفضل للترددات المتوفرة لدعم عدد أكبر من المشتركين. بينما في تقنية 3G يكون عرض القناة ثابت. كما تدعم تقنية WiMAX تطبيقات الوسائط المتعددة أفضل من تقنية 3G، حيث تدعم طبقة مراقبة النفاذ المتوسطة MAC عدة أنواع من حركة البيانات. كما تدعم تقنية WiMAX بروتوكول الإنترنت IP، حيث يسهل هذا الأمر إدارة الشبكة من حيث وجود هيكلية واحدة داعمة لبروتوكول الإنترنت، مما يتطلب وجود مركز واحد لإدارة الشبكة. بينما تعتمد تقنية 3G على مركز إدارة شبكة مختلف لكل من الصوت والبيانات، مما يزيد من النفقات.[6]

[53] Nongjun, Li. (2011, May). Overview of WiMax Technical and Application Analysis. Bachelor Thesis, Turku University of Applied Sciences, Finland.

تستعمل تقنية WiMAX مبدأ OFDM، بينما في تقنية 3G يتم استعمال مبدأ تحسس الناقل متعدد الوصول CSMA حيث يكون من الصعب تحقيق معدلات نقل بيانات عالية جداً. أيضاً تكون كفاءة الطيف الترددي أو معدل الإرسال في عرض القناة المختارة في تقنية WiMAX أعلى بمرتين تقريباً مما هو عليه في تقنية 3G.[54]

3.8.1. WiMAX وتقنية خط المشترك الرقمي DSL:

يُطلق على تقنية خط المشترك الرقمي DSL، الاسم xDSL أيضاً، وذلك للإشارة إلى عائلة DSL، حيث النوعين الرئيسيين لهذه التقنية، هما تقنية خط المشترك الرقمي المتزامن SDSL، وتقنية خط المشترك الرقمي اللامتزامن ADSL.[24]

تُوفر تقنية DSL إمكانية النفاذ عريض النطاق إلى الإنترنت سلكياً، عن طريق الشبكة النحاسية لخطوط الهاتف. بينما توفر تقنية WiMAX إمكانية النفاذ بالنطاق العريض أيضاً ولكن عن طريق شبكة لاسلكية وبمعدل نقل بيانات يفوق عدة مرات لمعدل نقل البيانات في DSL. وتمتاز شبكة WiMAX بسهولة ومرونة تنفيذ أكثر من شبكات DSL، نظراً لتحررها من الحاجة إلى بنية تحتية معقدة من الكابلات. الأمر الذي ينعكس أيضاً على أعمال الصيانة للشبكة.

تتفوق تقنية WiMAX على DSL من حيث المسافة التي يمكن أن تصل إليها الخدمة، حيث أكبر مسافة يمكن أن تصل إليها شبكة DSL هي تقريباً 5 Km في حالة ADSL، و 7 Km في حالة SDSL، وذلك تبعاً لإمكانية وجودة الشبكة النحاسية والراوترات المستخدمة على طرفي الخط، أي من جهة مزود الخدمة ومن جهة المشترك. وهي مسافة أقل بكثير من المسافات الكبيرة التي يحققها الاتصال بتقنية WiMAX.[55]

تعاني تقنية DSL من صعوبة التنفيذ في الأرياف والمناطق ذات التضاريس الجغرافية الصعبة، حيث تحتاج إلى وقت وجهد وتكلفة كبيرة لإنجاز البنى التحتية اللازمة من الكابلات والتوصيلات. بينما تُعتبر تقنية WiMAX هي التقنية المناسبة للعمل في مثل هذه المناطق، نظراً لمرونة الشبكة وسهولة إنشاءها وعدم حاجتها لأعمال الحفر وتمديد الكابلات التي يعتبر من الصعوبة إنجازها في بعض تلك المناطق.

---

[54] 4G Americas unites mobile operators, vendors, and manufactures in the Americas to provide a single voice representing the 3GPP family of wireless technologies. retrieved on 20/07/2014 from: http://www.4gamericas.org/index.cfm?fuseaction=page&sectionid=362

[55] Cordova, H., Boets, P., & Van Biesen, L. (2005, September). Analysis and Applications of WI-MAX Standard: Forecasting the trends. The Eleventh International Conference on Mobile Computing and Networking, Cologue, Germany.

4.8.1. WiMAX وتقنية الألياف الضوئية FTTH,FTTB:

تختلف تقنية WiMAX عن تقنية الليف الضوئي. حيث WiMAX هي تقنية لاسلكية تعمل بالموجات الراديوية. بينما FTTH,FTTB هي تقنية سلكية تعمل وفق أنظمة شبكات الألياف الضوئية، وتعتمد على إيصال ليف ضوئي مخصص لخدمة مشترك أو عدة مشتركين ضمن منزل أو بناء واحد. وتلتقي التقنيتان في أنهما يمكن أن توفران إمكانية النفاذ عريض النطاق إلى الإنترنت بسرعات عالية جداً. حيث معدل نقل البيانات في WiMAX كما ذُكِرَ سابقاً يصل إلى 75Mbps، وإلى أكثر من ذلك في الإصدارات الجديدة للمعيار القياسي IEEE 802.16. كذلك يمكن أن يصل معدل نقل البيانات في شبكات الألياف الضوئية إلى حدود عالية جداً وفقاً لنوع التجهيزات المستخدمة على طرفي الليف الضوئي. ولكنها تعتبر مكلفة جداً بالمقارنة مع WiMAX التي يمكن من خلال محطة قاعدية واحدة أن توفر خدمة النفاذ عريض النطاق لعدد كبير جداً من المشتركين. حيث تعاني تقنية FTTH,FTTB من التكلفة العالية للألياف الضوئية وتجهيزاتها، والوقت والجهد الكبير الذي تتطلبه عمليات الهيكلة لهذا النوع من الشبكات على مساحات واسعة. لذلك فهي تعتبر غير مجدية اقتصادياً خصوصاً في المناطق الريفية. على العكس من تقنية WiMAX التي تعتبر فعالة أكثر من حيث التكلفة لعدم حاجتها لكل ذلك الوقت والجهد لإنجاز عمليات الهيكلة اللازمة لإنشاء الشبكة، ولقدرتها على تغطية مساحات واسعة من خلال عدد قليل من المحطات القاعدية.

5.8.1. WiMAX و 3GPP LTE:

تتشابه تقنية LTE مع تقنية WiMAX في كثير من الخصائص، فكلتا التقنيتان تُعتبران من تقنيات الجيل الرابع لتوفير خدمات الاتصال اللاسلكي عريض النطاق. حيث LTE هي اختصار للاسم 3rd Generation Partnership Project Long Term Evolution وتعني مشروع شراكة الجيل الثالث للتطوير على المدى الطويل. يتم تحديد مواصفات WiMAX التقنية اعتماداً على المعيار القياسي IEEE 802.16 الذي تم الانتهاء منه في عام 2001، بينما يتم تحديد مواصفات LTE اعتماداً على المعيار 3GPP، الذي تم تحديد مواصفاته الفنية في نهاية 2009.[56] حيث جاءت تقنية LTE كنظام مطور لأنظمة الاتصالات الخلوية GSM/GPRS/HSPA/UMTS. تستخدم كلتا التقنيتان تقنيات متقدمة لإرسال واستقبال ومعالجة البيانات مثل تقنية الهوائيات الذكية MIMO، وتقنيات OFDMA. إضافة إلى اعتمادهما على بنية بروتوكول الإنترنت IP. تتفق التقنيتان في أنهما توفران معدلات عالية لنقل البيانات، وذلك

[56] Belhouchet, L., Ebdelli, H. (2010, January). Session 3: LTE Overview - Design Targets and Multiple Access Technologies. ITU/BDT Arab Regional workshop on 4G Wireless Systems/LTE Technology. Tunisia.

اعتماداً على تقنيات الهوائيات وأنماط التعديل المستخدمة، كما يمكن لتقنية LTE أن توفر إمكانية النفاذ أثناء التنقل في المركبات بسرعات عالية تصل حتى 350 Km/h، بينما تصل إلى 120 Km/h في حالة mobile-WiMAX.[57] تعمل تقنية LTE على نطاقات الترددات المرخصة بين 700 MHz-2.6 GHz.[58] يُمكن أن تشكل تقنية LTE حلاً جيداً في حالة تطوير شبكات الاتصالات المتنقلة القائمة، بينما يمكن أن تكون تقنية WiMAX خياراً أفضل في حالة بناء شبكة جديدة لتوفير النفاذ اللاسلكي عريض النطاق إلى خدمات الإنترنت. حيث تعتبر WiMAX أقل تعقيداً للتطبيق من الناحية التقنية من تقنية LTE.[59]

[57] Wagle, S. S., Ade, M., & Ullah, M. G. (2011, January). Network Transition from WiMAX to LTE. JOURNAL OF COMPUTING. Vol.3, Issue1, pp.66-70. USA.

[58] Shah, S. H. A., Iqpal, M., & Hussain, T. (2009, August). COMPARISON BETWEEN WiMAX AND 3GPP LTE. Master of Science in Electrical Engineering. Blekinge Institute of Technology. Sweden.

[59] WiMAX FORUM. LTE and WIMAX Comparison at a Glance. retrieved December 18,2014 from: http://www.3g4g.co.uk/Lte/LTE_WiMAX_WP_0810_WimaxForum.pdf.

9.1. ملخص الفصل:

تطورت تقنيات النطاق العريض والاتصالات اللاسلكية بشكل كبير خلال السنوات القليلة الماضية، مما أدى إلى ظهور تقنية WiMAX كإحدى تقانات الجيل الرابع من الاتصالات، والتي تُعنى بتوفير النفاذ إلى مجموعة متنوعة من خدمات وتطبيقات النطاق العريض لاسكياً.

جرى في هذا الفصل مناقشة مجموعة من المفاهيم حول تقنية WiMAX وأنواعها، وميزاتها التقنية، وآلية عملها، وتطبيقاتها واستخداماتها المتعددة. حيث طورت المنظمة العالمية لمهندسي الكهرباء والإلكترونيات IEEE المعيار القياسي IEEE 802.16، ضمن عدة إصدارات، حيث يضيف كل إصدار ميزات تقنية جديدة وحل لبعض الصعوبات والقيود المفروضة على الإصدار السابق. تُوفر تقنية WiMAX النفاذ اللاسلكي الثابت fixed-WiMAX وفق المعيار القياسي IEEE 802.16-2004. والنفاذ اللاسلكي المتنقل mobile-WiMAX وفق المعيار القياسي IEEE 802.16e-2005. كما تمتاز بالعديد من الميزات التي تشمل المرونة في إنشاء وتنفيذ الشبكة، ومستوى عالٍ من جودة الخدمة، وأمن البيانات، ومعدل عالٍ لنقل البيانات، وتغطية مساحات كبيرة، وفعالية من حيث التكلفة، كما تدعم الإرسال بخط نظر LOS، وبدون خط نظر NLOS. وتعمل على مجالات الترددات المرخصة وغير المرخصة. حيث تعتمد شبكة WiMAX بشكل أساسي على قسمين أساسيين، المحطات القاعدية BS، ومحطات المشتركين SS، حيث تقوم المحطات القاعدية بإرسال واستقبال البيانات من وإلى محطات قاعدية أخرى، ومن وإلى محطات المشتركين والتي تسمى أيضاً بمحطات مبنى المشترك CPE.

تدعم تقنية WiMAX عدد واسع من التطبيقات، كتطبيقات الزمن الحقيقي، مثل تطبيقات الصوت عبر الإنترنت VOIP، وتطبيقات مؤتمرات الفيديو، وتطبيقات الألعاب التفاعلية عبر الإنترنت، وتدفق وسائل الإعلام، مثل البث التلفزيوني عبر الإنترنت IPTV. كما تدعم عدد كبير من الاستخدامات في الشبكات الخاصة والعامة، مثل الوصلات الخلوية بين المحطات backhaul، الشبكات البنكية، حالات الكوارث والسلامة العامة، الشبكات التعليمية، شبكات التطبيقات الطبية، مزود خدمات شبكات النفاذ اللاسلكية، ربط الأرياف. تعطي هذه الميزات التقنية والاقتصادية التي تتمتع بها تقنية WiMAX فرصة جيدة لمشغلي الشبكات ومزودي الخدمات للاستثمار بها وتحقيق عائدات جيدة في كثير من الأسواق. كما تعطي قيم مضافة على مستوى الحكومة والمجتمع والمستخدمين للخدمة من خلال توفير إمكانية النفاذ إلى خدمات النطاق العريض لاسلكياً في أي وقت بسرعات عالية وبتكلفة مقبولة.

جرى أيضاً التطرق في هذا الفصل إلى النفقات الكلية لشبكة WiMAX، أو ما يُصطلح على تسميته بالتكلفة الإجمالية للملكية TCO للشبكة، وعناصرها الأساسية، التي تُعرف بالنفقات الرأسمالية

CAPEX والنفقات التشغيلية OPEX. حيث يبدأ الاستثمار الأولي لشبكة WiMAX معتمداً بشكل أكبر على النفقات الرأسمالية CAPEX، ثم تبدأ النفقات التشغيلية OPEX بالزيادة مع ازدياد معدل اعتماد المشتركين على الشبكة واستخدام الخدمات التي تقدمها على نطاق أوسع، لتبلغ في النهاية نسبة 80% من التكلفة الإجمالية للملكية TCO.

قَدم هذا الفصل أيضاً مقارنة بين تقنية WiMAX وعدد من التقنيات المستخدمة حالياً لتوفير خدمات النفاذ عريض النطاق. حيث جرى تسليط الضوء على العديد من المزايا التقنية والاقتصادية التي تتشابه أو تتفوق بها تقنية WiMAX على عدد من هذه التقنيات السلكية أو اللاسلكية، كتقنية الاتصالات اللاسلكية Wi-Fi، وتقنية الاتصالات الخلوية 3G، وتقنية خط المشترك الرقمي DSL، وتقنية الألياف الضوئية FTTH. وتقنية LTE المشابهة في كثير من المزايا التقنية.

حيث تتشابه تقنية WiMAX مع Wi-Fi كتقنيتان لاسلكيتان توفران إمكانية النفاذ عريض النطاق. وتتفوق عليها من حيث مجال التغطية ومعدل نقل البيانات، ولكن WiMAX لم تأتي لتحل محل تقنية Wi-Fi، بل جاءت لتكمل عمل الشبكات المحلية اللاسلكية العاملة بتقنية Wi-Fi وتلعب دور الوسيط للربط بين مختلف هذه الشبكات من خلال العديد من المزايا التقنية التي تملكها. أيضاً تتشابه تقنية WiMAX مع تقنية 3G من حيث توفير إمكانية النفاذ عريض النطاق اللاسلكي للأجهزة الثابتة والمحمولة. وتتفوق عليها بمعدل نقل البيانات الذي يمكن أن يصل إلى أكثر من 75Mbps، وبأنها أكثر فاعلية من حيث التكلفة. كما تتفوق تقنية WiMAX على تقنية DSL في معدل نقل البيانات، والفاعلية من حيث التكلفة، وتُعتبر بديلاً جيداً لها خصوصاً في الأرياف والمناطق التي يكون وصول الشبكات السلكية إليها صعب ومكلف جداً. وكذلك الأمر بالنسبة لتقنية الألياف الضوئية، التي تعتبر مكلفة جداً بالمقارنة مع أي من تلك التقنيات، ويصعب توفيرها في المناطق الريفية. كما تتشابه تقنيتا WiMAX و LTE في كثير من المزايا التقنية وتتفاوتان في بعضها، حيث يمكن أن تكون WiMAX أكثر ملائمةً في حال إنشاء الشبكات الجديدة، نظراً لكونها أكثر مرونة وأقل تكلفة.

المرونة التي تمتاز بها تقنية WiMAX وفاعليتها من حيث التكلفة تعطيها ميزات إضافية على باقي التقنيات. أيضاً إمكانية توفير النفاذ عريض النطاق للتجهيزات الثابتة أو المتنقلة، ومعدلات نقل البيانات الكبيرة، وتغطية مساحات واسعة بحيث تشمل المناطق الحضرية والضواحي والأرياف حتى الميل الأخير، عبر إرسال البيانات بخط نظر LOS، أو بدون خط نظر NLOS. وإمكانية استعمال مجالات الترددات المرخصة وغير المرخصة، والعديد من الميزات التقنية الأخرى، تجعل من هذه التقنية منافس قوي للعديد من التقنيات وتتفوق على الكثير منها في مختلف الأسواق.

الفصـــــل الثاني

التصور لمشروع شبكة WiMAX في سوريا

The proposed project to design a WiMAX network in Syria.

محتويات الفصل الثاني

1.2. تمهيد 47

2.2. لمحة عن سوق الاتصالات في سوريا 48

1.2.2. الإنترنت الثابت 48

2.2.2. الإنترنت المتنقل 49

3.2. البنية الهندسية العامة لشبكة WiMAX 50

4.2. البنية والتصور الهيكلي لعناصر ومكونات شبكة WiMAX في سوريا 54

1.4.2. العناصر الأساسية للشبكة وتجهيزاتها الفنية 54

1.1.4.2. شبكة خدمة النفاذ ASN 55

2.1.4.2. وصلات Backhaul 55

3.1.4.2. مراكز تشغيل الشبكة NOCs 55

4.1.4.2. مراكز الاتصال CCs 58

5.1.4.2. مراكز خدمات المشتركين CSOs 59

6.1.4.2. مراكز إدارة أعطال الشبكة FMCs 61

5.2. مراحل ومتطلبات المشروع والمخطط الزمني لكل مرحلة 62

1.5.2. المرحلة الأولى: التأسيس والمشروع التجريبي 63

2.5.2. المرحلة الثانية: تغطية كامل مدينة دمشق والمنطقة الجنوبية 65

3.5.2. المرحلة الثالثة: توسيع الشبكة والتغطية الشاملة لكامل سوريا 66

4.5.2. متطلبات وسعة نظام WiMAX في سوريا 68

1.4.5.2. المحطات القاعدية 68

2.4.5.2. مواصفات النظام في التصميم المقترح 71

3.4.5.2. سعة النظام 72

6.2. التوزع الجغرافي والعددي وآلية الترابط الشبكي بين مختلف العناصر والمكونات 81

1.6.2. التوزع الجغرافي والعددي لمختلف عناصر ومكونات التصميم 82

2.6.2. الترابط الشبكي بين مختلف عناصر ومكونات الشبكة 83

7.2. محاكاة شبكة WiMAX 86

1.7.2. **اختبار ومقارنة المحددات مع تطبيق HTTP** 89

2.7.2. **اختبار ومقارنة المحددات مع تطبيق VoIP** 95

8.2. دراسة الجدوى الاقتصادية للمشروع 103

9.2. ملخص الفصل 114

1.2. تمهيد:

يحتاج توطين تقنية WiMAX بشكل أساسي إلى إنشاء شبكة تضم كافة العناصر الأساسية المكونة للبنية الهندسية العامة لشبكة WiMAX، والعناصر الأساسية الأخرى اللازمة لتكامل عمل الشبكة، بحيث تكون قادرة على تغطية كامل المناطق المراد إيصال خدمات النفاذ العريض النطاق إليها عن طريق هذه التقنية.

يجري في هذا الفصل، تقديم تصور وفق خطة زمنية محددة لمشروع تصميم شبكة اتصالات لاسلكية للنفاذ عريض النطاق في سوريا، تتضمن هذه الشبكة العناصر الأساسية اللازمة لتوفير الخدمة، بحيث تشمل كامل الأراضي السورية. تعمل هذه الشبكة بتقنية WiMAX لتوفر إمكانية النفاذ إلى خدمات وتطبيقات الإنترنت بجودة وسرعة عاليتين.

يُقدم هذا الفصل شرحاً للبنية الهندسية العامة لشبكة WiMAX، وتصوراً لهيكلية الشبكة وعناصرها ومكوناتها في سوريا وفق المشروع المقترح. وذلك من خلال التعريف بالعناصر والمكونات الأساسية للشبكة والتجهيزات الفنية اللازمة، والتوزع الجغرافي والترابط الشبكي بين مختلف تلك العناصر. كما يتناول مراحل ومتطلبات المشروع المقترح والمخطط الزمني لكل مرحلة. ابتداءً من مرحلة التأسيس للمشروع وانجاز مشروع تجريبي للشبكة على نطاق محدود. ومن ثم يجري في المرحلة الثانية توسيع الشبكة لتشمل كامل مدينة دمشق والمنطقة الجنوبية، ثم ليجري في المرحلة الثالثة من المشروع توسيع الشبكة ومجال التغطية ليشمل كامل الأراضي السورية. كما يجري في هذا الفصل إجراء محاكاة لشبكة WiMAX لاختبار بعض محددات الأداء وجودة الخدمة QoS في الشبكة من خلال عدة سيناريوهات مع تطبيقي VoIP,HTTP باستخدام أداة محاكاة الشبكات OPNET modeler v14.5.

كما يُقدم الفصل دراسة للجدوى الاقتصادية للمشروع خلال خمس سنوات، من خلال احتساب الإيرادات السنوية من المشتركين المحتملين بشبكة WiMAX، واحتساب النفقات الرأسمالية والتشغيلية للمشروع خلال خمس سنوات، وصولاً إلى معرفة صافي الأرباح في كل سنة، واستنتاج القيمة الحالية الصافية للمشروع.

2.2. لمحة عن سوق الاتصالات في سوريا:

تقوم مؤسسة الاتصالات بتنظيم سوق الاتصالات في سوريا. وهي مؤسسة عامة ذات طابع اقتصادي تتمتع بشخصية اعتبارية واستقلال مالي وإداري، وتخضع لأحكام المرسوم التشريعي رقم /2/ لعام 2005 الخاص بالمؤسسات والشركات والمنشآت العامة وتتبع لوزارة الاتصالات والتقانة. مهمة المؤسسة توفير خدمات الاتصالات وفق سياسة مجلس الإدارة المستمدة من الخطط الخمسية والسياسات التي تقرها الوزارة وتتمتع بحق الحصر للاتصالات السلكية واللاسلكية في جميع أنحاء الجمهورية العربية السورية وفق المرسوم التشريعي رقم 1935 لعام 1975 الذي أحدثت بموجبه.

صدر القانون رقم /18/ تاريخ 2010/6/9 المتضمن قانون الاتصالات في الجمهورية العربية السورية والذي يَنُص على تشكيل هيئة ناظمة لقطاع الاتصالات وتحويل المؤسسة العامة للاتصالات إلى شركة مساهمة مملوكة من الدولة تحت اسم الشركة السورية للاتصالات وتسمى اختصاراً السورية للاتصالات.

تقوم المؤسسة بتقديم خدمات الهاتف الثابت والإنترنت في سوريا وتقوم شركتي سيريتل و MTN بتقديم خدمات الهاتف الخلوي. كما تساهم المؤسسة بحصص في شركات مشتركة هي الشركة السورية الكورية لتصنيع تجهيزات المقاسم الريفية والمقاسم الفرعية الآلية، وتساهم المؤسسة بنسبة 51% من رأسمال الشركة المشتركة وتساهم سامسونغ بنسبة 49% من رأسمال الشركة وقد بدأت العمل في عام 1997. بالإضافة إلى الشركة السورية الألمانية لتصنيع طرفيات ISDN وتجهيزات الاتصالات اللاسلكية WLL، وتساهم المؤسسة بنسبة 25% من رأسمال الشركة وتساهم GTC بنسبة 51% وشركة سيريتل بنسبة 24%، وشركة تسديد (دفع الفواتير بشكل إلكتروني) وتساهم المؤسسة بنسبة 25% وشركة جي ي تي (GET) الإماراتية بنسبة 63.75% من رأس مال الشركة المشتركة، وشركة كنعان للتجارة بنسبة 11.25%.[60]

1.2.2. الإنترنت الثابت:

الشركة السورية للاتصالات هي المزود الوحيد لخدمات الهاتف الثابت، حيث بلغت السعات الهاتفية القائمة 5,707 مليون خط في نهاية عام 2011، حيث بلغ عدد الخطوط المستثمرة 4,289 مليون مشترك. وبلغ عدد المشتركين بالإنترنت ضيق النطاق بتقنية dial-up، 639 ألف مشترك، وهذا العدد في تناقص مستمر لصالح زيادة في عدد مشتركي ADSL. كما بلغ عدد المشتركين بخدمة الإنترنت عريض النطاق ADSL، 121340 في نهاية 2011، بمعدل

[60] الشركة السورية للاتصالات. (2011). النشرة الشهرية الدورية عن المؤسسة العامة للاتصالات. استرجعت بتاريخ 2014/11/10 من: http://www.ste.gov.sy/index.php?m=7

نمو سنوي بلغ 104,3% عن السنوات السابقة[61]، وقد وصل عدد مشتركي ADSL حتى تاريخ 2014/11/18 إلى 462564 مشترك[62].

2.2.2. الإنترنت المتنقل:

يوجد في سوريا مشغلان للاتصالات الخلوية المتنقلة وهما شركتي سيريتل و MTN.[63] حيث بَلغ عدد مشتركين الهاتف الخلوي من كلا الشركتين 12917054 مشترك، مع نهاية عام 2011. كما تقدم الشركتان خدمات الإنترنت عريض النطاق المتنقل عن طريق تقنية 3G، حيث بلغ عدد اشتراكات إنترنت النطاق العريض المتنقل 200 ألف مشترك مع نهاية عام 2011.[61]

مزودو خدمات الإنترنت:

بلغ عدد مزودي خدمات الإنترنت في سوريا خمسة عشر مزوداً، يوجد مزود واحد منها يتبع للشركة السورية للاتصالات هو مزود تراسل، وهو أكبر مزودات خدمة الإنترنت عريض النطاق ADSL ويضم أكبر عدد مشتركين. وأربعة عشر مزوداً تابعة للقطاع الخاص وهي:

مزود الإنترنت في الجمعية العلمية السورية للمعلوماتية–مزود آية–مزود سوا–مزود عالمي–مزود زاد–مزود إلكم–مزود فيو–مزود رن نت–مزود سما نت–مزود تواصل ناس–مزود أمنية–مزود ليما–مزود MTN–مزود INET. كما بلغ عدد مقاهي الإنترنت في سوريا 1007 مقهى في نهاية عام 2011 موزعة على المحافظات السورية.[61]

يقوم جميع مزودي خدمات الإنترنت عبر خطوط الهاتف الثابتة بإعادة بيع الخدمات المقدمة من خلال شبكة المشغل الرئيسي للخدمات الثابتة وهو الشركة السورية للاتصالات.

---

[61] الشركة السورية للاتصالات. (2011). التقرير السنوي.

[62] الشركة السورية للاتصالات. مديرية تبادل المعطيات. قاعدة البيانات. استخرجت بتاريخ 2/11/2014.

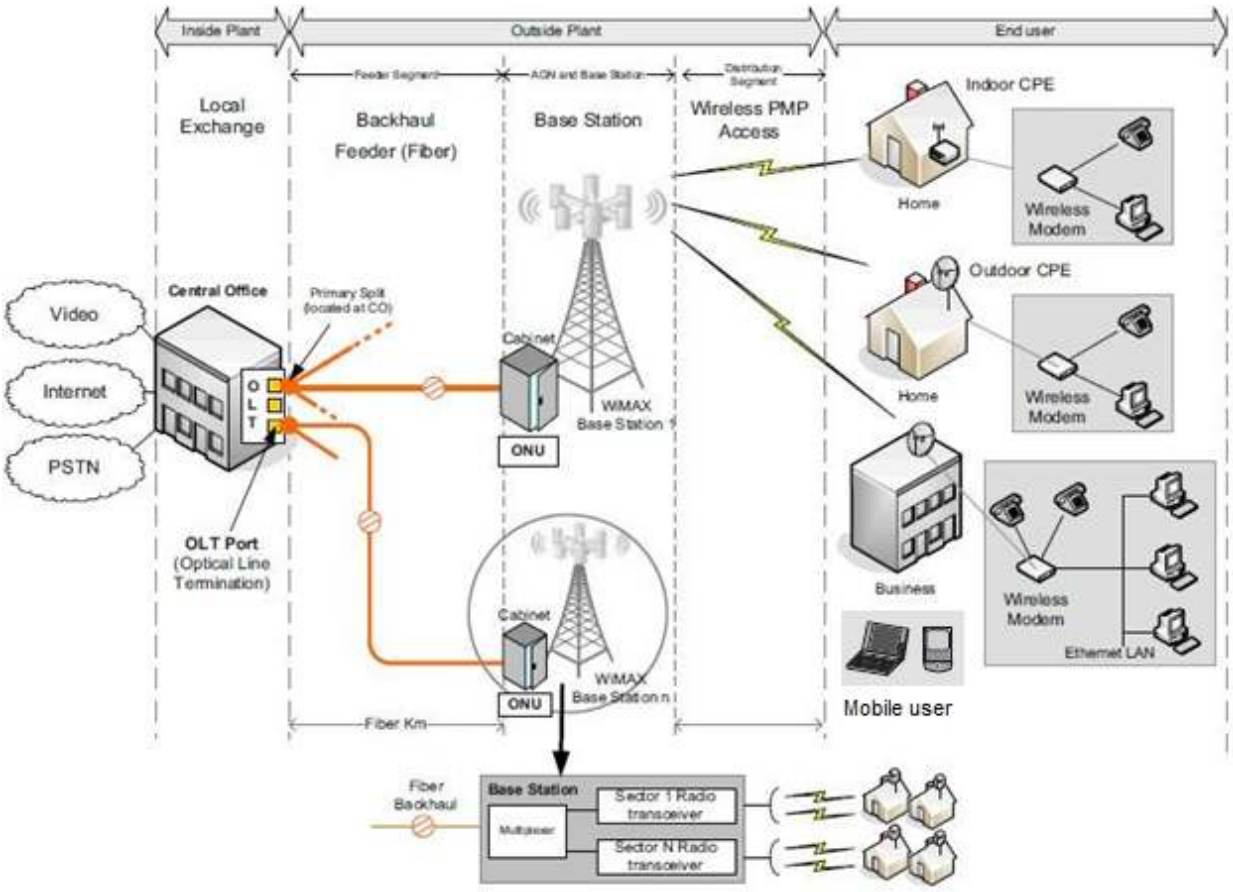
[63] الإتحاد الدولي للاتصالات، قمة توصيل العالم العربي. (آذار، 2012). اعتماد تكنولوجيا المعلومات والاتصالات وآفاقها في المنطقة العربية. الدوحة.

3.2. البنية الهندسية العامة لشبكة WiMAX:

تتألف شبكة WiMAX كما في معظم شبكات النفاذ عريض النطاق اللاسلكية، من مكونين أساسيين، هما المحطة القاعدية BS، ومحطة المشترك SS، التي تكون إما محطة ثابتة وهي ما تسمى معدات مبنى المشترك CPE، أو تكون محطة متنقلة MS. حيث يرتبط هذان العنصران مع مجموعة من العناصر والتجهيزات الأخرى بشكل لاسلكي أو عن طريق شبكة الألياف الضوئية. بحيث تُؤَلف هذه العناصر بمجموعها وارتباطاتها مع بعضها البعض البنية الهندسية العامة لشبكة WiMAX. وهي عبارة عن ثلاثة أجزاء:

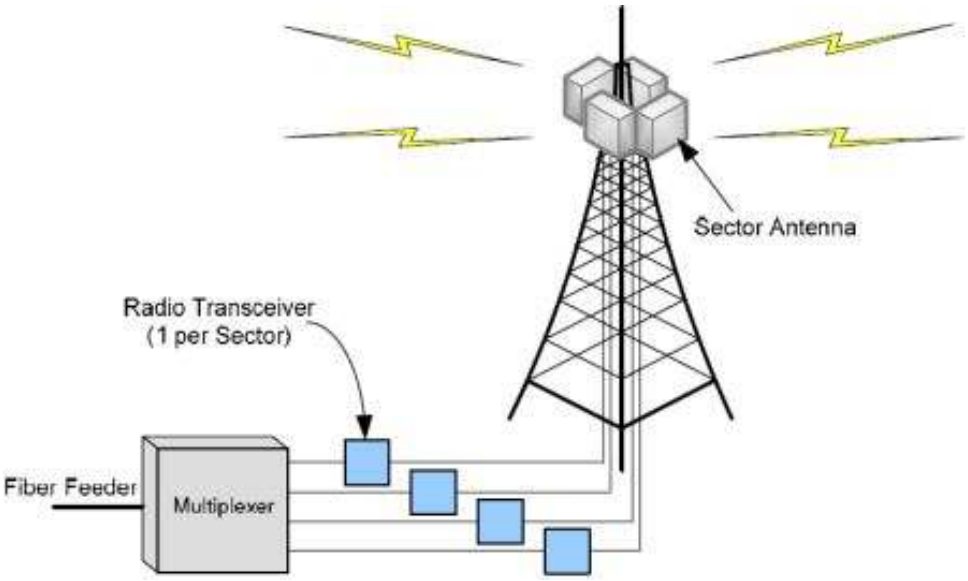
- شبكة خدمة النفاذ ASN، وتشمل المحطات القاعدية ومحطات المشتركين وتجهيزات الربط مع مركز تشغيل الشبكة NOC.
- وصلات Backhaul التي يمكن أن تكون وصلات لاسلكية أو تكون عن طريق شبكة الألياف الضوئية. تربط هذه الوصلات بين المحطات القاعدية ومركز تشغيل الشبكة، ويمكن أن تربط بين المحطات القاعدية وذلك يعتمد على الحل الفني المقترح.
- مركز تشغيل الشبكة NOC، أو شبكة خدمة الربط CSN. الذي يعمل كمركز للمعلومات، حيث يحوي المخدمات وقواعد البيانات التي تقوم بدور تنظيم بيانات حسابات المشتركين وآليات النفاذ إلى الشبكة، والتجهيزات الشبكية مثل الموجهات والجدران النارية وغيرها من تجهيزات التحكم.

يُمكن أن ترتبط المحطة القاعدية مع مركز تشغيل الشبكة NOC عبر الشبكة الفقارية التي تكون عادةً عبارة عن شبكة متكاملة من الألياف الضوئية تشكل البنية التحتية والحامل لمعظم الشبكات الوطنية. ويرتبط مركز تشغيل الشبكة أيضاً عن طريق الألياف الضوئية مع مزود خدمة الإنترنت، كما يظهر الشكل رقم (1.2).



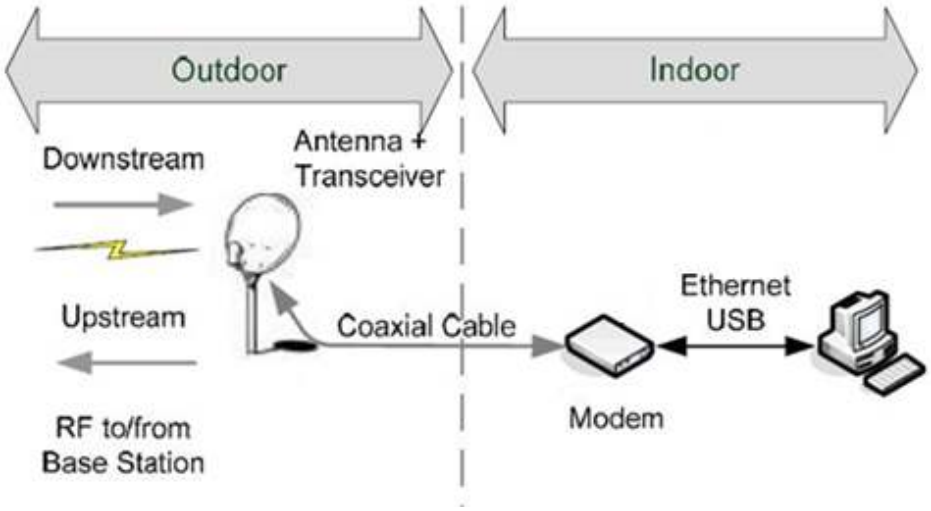
الشكل (1.2): البنية الهندسية العامة لشبكة WiMAX

تتألف المحطة القاعدية بشكل عام من جزأين، الجزء الخارجي الذي يتمثل بهوائي أو عدد من الهوائيات لإرسال واستقبال الإشارة من وإلى محطات المشتركين الثابتة والمتنقلة ضمن منطقة التغطية، وجزء داخلي يضم جهاز تعديل/فك تعديل خاص بكل قطاع. يتم أيضاً في الجزء الداخلي من المحطة القاعدية تجميع حركة البيانات المستقبلة عن طريق الهوائيات التي تغطي عدة قطاعات بواسطة مضمِّم multiplexer يقوم بتجميع الحركة من مختلف القطاعات وتوجيهها إلى مركز تشغيل الشبكة عن طريق الشبكة الفقارية، الشكل رقم (2.2).



الشكل (2.2): الجزءان الداخلي والخارجي من المحطة القاعدية BS

أيضاً تتألف محطات المشتركين Outdoor CPE من جزء خارجي، عبارة عن هوائي خارجي يتم تركيبه عادةً على سطح مبنى المشترك من قبل الفنيين المختصين، وجزء داخلي، عبارة عن المودم والتوصيلات الداخلية، ويمكن أن يقوم المشترك بتركيب هذا الجزء بنفسه، الشكل رقم (3.2) أدناه.



الشكل (3.2): الجزءان الداخلي والخارجي من محطة المشترك CPE

أما محطات المشتركين الداخلية Indoor CPE فتكون على شكل راوتر أو بطاقة يمكن أن تُضاف إلى جهاز الكمبيوتر، الشكل (4.2).

الشكل (4.2): محطات المشترك الداخلية Indoor CPEs

4.2. البنية والتصور الهيكلي لعناصر ومكونات شبكة WiMAX في سوريا:

من أجل تركيب وإنشاء شبكة WiMAX في سوريا وفق المشروع المُقترح، فإن هذه الشبكة ستضم بالتأكيد العناصر الأساسية التي تُكَّون البنية الهندسية العامة لشبكة WiMAX، وهي كما جرى ذِكرها سابقاً، تتمثل بالجزء الخاص بشبكة خدمات النفاذ ASN، وصلات Backhaul، ومركز تشغيل الشبكة NOC أو شبكة خدمة الربط CSN.

ولكن، لكي تكون هذه الشبكة قادرة على توفير خدمات تبادل البيانات والنفاذ عريض النطاق إلى الإنترنت لاسلكياً في جميع المناطق. فهناك عناصر أخرى هامة لابد من تواجدها بالإضافة إلى الأجزاء الثلاثة الأساسية الآنفة الذكر، وتتمثل هذه العناصر الأساسية بعدة مراكز وهي: مراكز خدمات المشتركين CSOs، مراكز إدارة الأعطال FMCs، ومراكز الاتصال CCs. حيث تقوم هذه المراكز بمهام تنظيم عمل الشبكة ككل بما في ذلك أعمال التشغيل والصيانة لمختلف أجزاء الشبكة والروابط بينها، وأيضاً إدارة وتنظيم وتسهيل آليات تعامل المشتركين مع مزود الخدمة بهدف تسهيل الحصول على الخدمة الأفضل بشكل دائم.

1.4.2. العناصر الأساسية للشبكة وتجهيزاتها الفنية:

يقوم الحل الفني للتصور المُقترح لمشروع تصميم شبكة WiMAX في سوريا على عدة عناصر أساسية. وهي العناصر الثلاثة المُكَّونة للبنية الهندسية العامة للشبكة، والعناصر الإضافية المتمثلة بالمراكز التي ستقوم بمهام تنظيم وإدارة عمل الشبكة[64]. وهي كالتالي:

- شبكة خدمة النفاذ ASN.
- وصلات Backhaul.
- مركزين لخدمة وتشغيل الشبكة (NOC/CSN) 2 Network Operation Centers .
- خمسة مراكز اتصال 5 Contact Centers.
- ثلاثون مركزاً لإدارة وصيانة أعطال الشبكة 30 Fault Management Centers.
- ثمانون مركزاً لخدمات المشتركين 80 Customer Service Offices

[64] بالنسبة لتحديد أعداد وآلية انتشار مراكز خدمات المشتركين CSOs، ومراكز إدارة الاعطال FMCs، ومراكز الإتصال CCs. فقد تم الاستفادة من الدراسات التي تمت من قبل فريق مختص من شركة الكاتيل لوسينت بالتعاون مع فرق مماثلة من الشركة السورية للاتصالات في إطار تنفيذ مشروع CCBS لرعاية الزبائن والفوترة في الشركة السورية للاتصالات. أنظر الملحق رقم (3)، والملحق رقم (4).

1.1.4.2. شبكة خدمة النفاذ Access Service Network:

شبكة خدمة النفاذ هي القسم الأول والأساسي من شبكة WiMAX، الشكل (1.2). حيث تضم العنصرين الأساسيين للشبكة، وهما المحطات القاعدية BS، الشكل (2.2). ومحطات المشتركين SS، الشكل (3.2) والشكل (4.2). فهي تمثل جزء الشبكة الأول ابتداءً من محطة المشترك وحتى المحطة القاعدية والتجهيزات اللازمة للربط مع مركز تشغيل الشبكة NOC.

يجري تحديد عدد المحطات القاعدية اللازمة ضمن شبكة خدمة النفاذ في كل محافظة اعتماداً على السعات المطلوب توفرها وعلى نتائج أعمال المسح الفني لمختلف المناطق.

2.1.4.2. وصلات Backhaul:

تُشكل هذه الوصلات العمود الفقري لشبكة WiMAX، وهي تعتمد أيضاً على الشبكة الفقارية الوطنية Backbone مثل شبكة الألياف الضوئية OTN. كما يمكن أن تكون وصلات لاسلكية، ولكنها في الغالب وصلات ضوئية. مهمة هذه الوصلات هي نقل حركة البيانات بين المحطات القاعدية من جهة، وبين المحطات القاعدية ومركز تشغيل الشبكة NOC من جهةٍ ثانية.

يجري تأمين وصلات Backhaul وفق الحل الفني للمشروع المقترح عن طريق وصلات لاسلكية بخط النظر LOS بين المحطات القاعدية، وعن طريق الألياف الضوئية للربط بين المحطات القاعدية ومركز تشغيل الشبكة NOC، الشكل رقم (8.1).

3.1.4.2. مراكز تشغيل الشبكة NOCs:

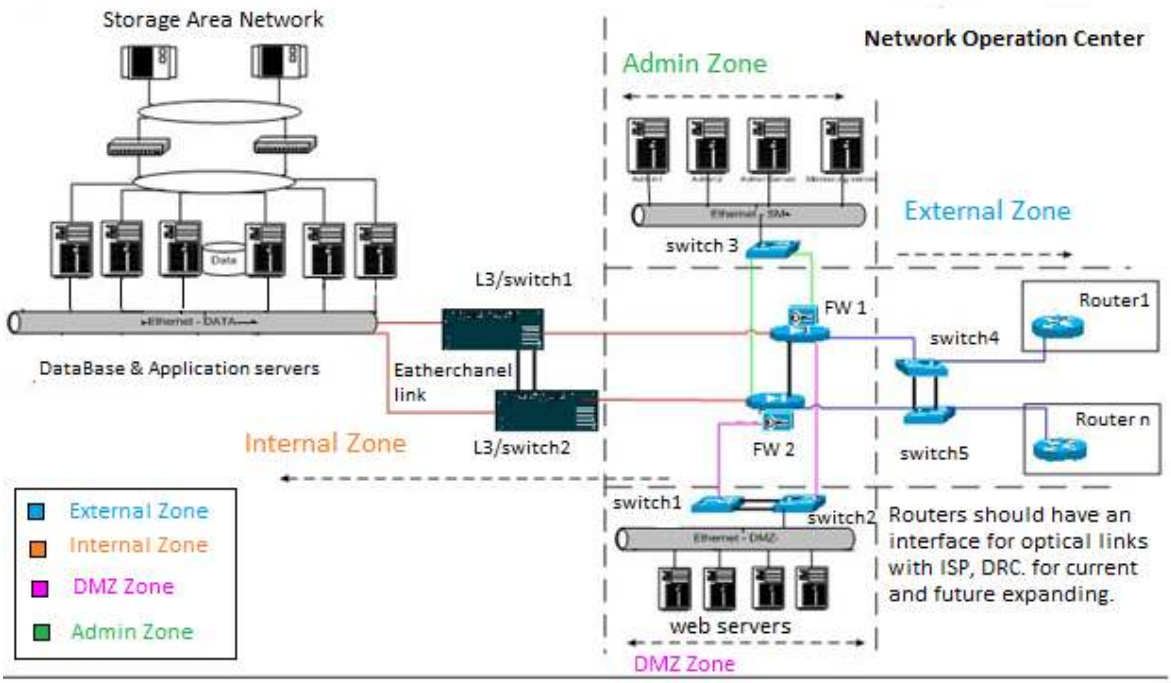
يُعتبر NOC قلب الشبكة، ويطلق عليه مركز تشغيل الشبكة، أو شبكة خدمة الربط CSN. فهو مركز المعلومات في الشبكة، حيث يحوي المخدمات ذات المواصفات الفنية المناسبة لاستضافة وإدارة قواعد البيانات اللازمة التي تحوي كافة البيانات عن المحطات القاعدية ومحطات المشتركين وخصائصها وأماكن تواجدها، والمحطات القاعدية التي تغطيها، والبيانات الخاصة بالمشتركين أصحاب هذه المحطات، وكافة بيانات الشبكة والمشتركين ونوع الاشتراكات وفئات السعات وغيرها من البيانات اللازمة. كما تقوم قواعد البيانات بدور تنظيم حسابات المشتركين وآليات النفاذ إلى الشبكة وعرض النطاق المخصص لكل محطة مشترك. كما يحوي المركز المخدمات المناسبة لاستضافة التطبيقات اللازمة لأعمال الفوترة Billing System، والتطبيقات المناسبة للتعامل مع طلبات المشتركين (requests) التي تأتي إلى المركز عن

طريق المحطات القاعدية المختلفة لكي تجري معالجتها وإعادة توجيهها، أو طلبات الاشتراك بالخدمة التي ينظمها الموظفون في مراكز خدمات المشتركين CSOs أو مراكز الاتصال CCs. كما يكون من مهام NOC إدارة وتنظيم عناوين IP لمختلف محطات المشتركين، وذلك من خلال مخدمات DHCP، ومخدمات DNS. أيضاً يضم مركز NOC وحدات التخزين SAN ومكوناتها اللازمة لحفظ وتخزين كافة البيانات المتعلقة بالمشتركين وبأجزاء الشبكة بشكل عام. ويضم التجهيزات الشبكية المختلفة من الكابلات، والمبدلات (L2,L3 switch)، والموجهات اللازمة Routers، لربط كافة العناصر ضمن هذا المركز، والمنافذ الضرورية للربط اللازم مع بوابات الإنترنت، حيث يتم الربط داخلياً بين مختلف مكونات المركز من خلال وصلات Ethernet 10/100، ويتم الربط مع بوابات الإنترنت من خلال ألياف ضوئية يحدد معدل نقل البيانات عليها وفقاً للتجهيزات الضوئية المركبة على طرفي الليف الضوئي المستخدم. أيضاً يضم المركز الجدران النارية FW اللازمة لضمان أمن المركز والمخدمات وقواعد البيانات من الاختراقات وأعمال القرصنة التي قد تحدث من داخل الشبكة أو من خارجها. حيث يتم من أجل حماية البيانات وتنظيم عمل الشبكة داخل المركز، تقسيم المركز منطقياً إلى أربعة أقسام من خلال تجهيزات الجدران النارية، بحيث يكون القسم الأول هو القسم الداخلي Internal Zone، يتم تخصيصه لكي يحوي المخدمات وقواعد البيانات ومخدمات التطبيقات. القسم الثاني هو قسم الإدارة Administration Zone، ويحوي أجهزة الأشخاص المسؤولين عن إدارة وصيانة المركز بكافة مكوناته، وهم مدير الشبكة Network Administrator، ومدير قواعد البيانات Database Administrator، ومدير الأنظمة System Administrator، ومطورو التطبيقات Application Developers، وباقي الأشخاص المختصين في المركز. القسم الثالث هو القسم الخارجي External Zone، ويجب أن يضم الموجهات التي تؤمن الربط مع بوابات الإنترنت وباقي عناصر الشبكة الخارجية. أما القسم الرابع فيسمى فنياً بالمنطقة منزوعة السلاح Demilitarize Zone، يحوي مخدمات التطبيقات Web Applications المسؤولة عن استلام الطلبات من خارج المركز بعد مرورها على القسم الخارجي وتنظيمها وإعادة توجيهها إلى المخدم المطلوب في القسم الداخلي.

يعتمد الحل الفني وفق المشروع المُقترح على وجود مركزين لتشغيل الشبكة، بحيث يكون مركز التشغيل الأول NOC1 في مدينة دمشق ومركز التشغيل الثاني NOC2 في مدينة حلب، ويكون كل منهما نسخة عن الآخر من حيث المكونات وآلية العمل، بحيث يتم توزيع الحمل والحركة لكامل الشبكة بين هذين المركزين. يقوم كل مركز بتخديم عدد من المحطات القاعدية المربوطة معه والتي تقوم بدورها بتخديم عدد من محطات المشتركين.

يكون كل من هذين المركزين قادراً على أن يلعب دور المركز الاحتياط للآخر Disaster Recovery Center، في حال تعرض أحد المركزين لضرر ما، أو توقف عن العمل بشكل جزئي أو كلي لأي سبب من الأسباب. عند حدوث مثل هذه الحالة، يقوم المركز الآخر بنقل كامل الحركة التي كانت تمر عن طريق المركز الأول. حيث يكون قادراً على تخديم كل المحطات القاعدية التابعة للمركز الأول المتوقف. لذلك فإن كل من هذين المركزين يجب أن يكون لديه البيانات ذاتها الموجودة لدى المركز الآخر في كل لحظة. وذلك من خلال عمليات تبادل للبيانات Replication تجري بشكل مستمر بين مخدمات قواعد البيانات الأساسية في كلا المركزين. أيضاً يجب أن يتم تزويد مراكز NOCs بنظام فعال لعدم انقطاع الطاقة الكهربائية UPS، ونظام التكييف المناسب للمحافظة على درجة الحرارة المثالية للمخدمات وكامل التجهيزات، وأن تتوفر أجهزة إضافية Redundant لتعمل بدلاً من الأجهزة الأساسية في حال توقف الأخيرة عن العمل.

نُوضح في الشكل رقم (5.2) أدناه التصور لبنية مركز تشغيل الشبكة في شبكة WiMAX المراد إنشاؤها في سوريا ومختلف المكونات التي يجب تواجدها في المركز وارتباطاتها مع بعضها البعض.



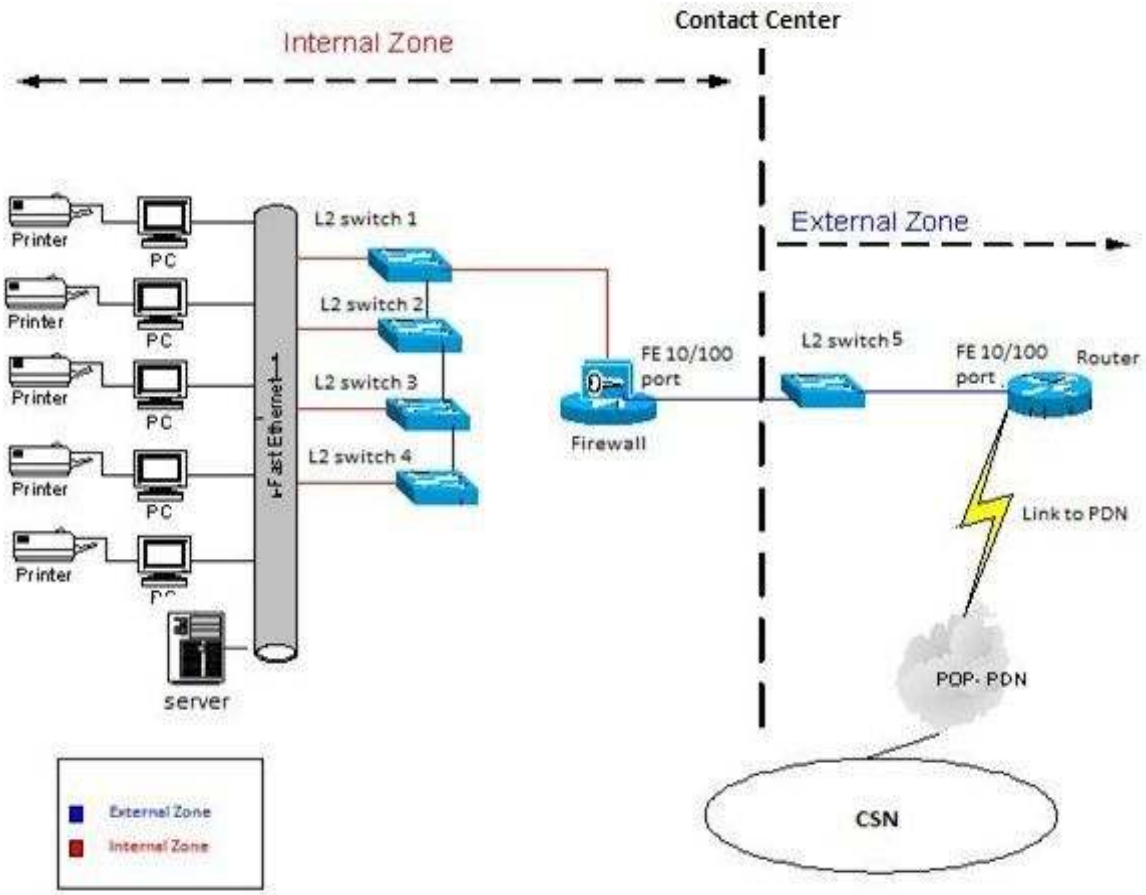
الشكل (5.2): بنية مركز تشغيل الشبكة NOC ومكوناته الأساسية

4.1.4.2. مراكز الاتصال Contact Centers:

يقوم الحل الفني وفق المشروع المقترح على وجود خمسة مراكز اتصال CC، موزعة بين عدة محافظات هي (دمشق–حلب–طرطوس–حمص–القنيطرة)، حيث يحوي كل مركز اتصال على شبكة حاسوبية من مخدم أو مخدمين لاستضافة التطبيقات اللازمة لعمل المركز، مثل التطبيق اللازم للاستجابة لاستعلامات واتصالات المشتركين وتنظيم هذه الاتصالات وتحويلها إلى الموظف المعني. ويضم كل مركز أيضاً التجهيزات الشبكية اللازمة مثل الجدار الناري، لتنظيم وتأمين عمليات الاستعلام وتبادل البيانات ضمن كل مركز اتصال وبين مراكز الاتصال فيمابينها وبينها وبين مركزي تشغيل الشبكة. وأيضاً يضم المبدلات اللازمة (L2 switch 24 port) لتوفير الربط بين كافة تجهيزات المركز الداخلية عن طريق وصلات Ethernet 10/100، وأيضاً الموجه router لتأمين الربط مع مركزي تشغيل الشبكة NOCs والربط اللازم بين مراكز الاتصال فيمابينها. كما يضم كل مركز مجموعة من الحواسب والطابعات اللازمة. يُبين الشكل رقم (6.2) توضيح لمكونات كل مركز من مراكز الاتصال.

يجب أن يتواجد في كل مركز اتصال عدد كافٍ من الموظفين للإجابة على استعلامات المشتركين وطلباتهم، ومعالجة مشاكلهم وتوجيهها إلى الجهات الفنية أو الإدارية المختصة وفقاً للمشكلة التي تواجه المشترك في الحصول على الخدمة.

يتم من أجل أمن البيانات وتنظيم عمل الشبكة داخل المركز، تقسيم المركز منطقياً إلى قسمين من خلال جهاز Firewall، القسم الداخلي Internal Zone، ويحوي المخدم والمبدلات والأجهزة الحاسوبية والطابعات. والقسم الخارجي External Zone، ويحوي المبدل المرتبط مع الموجه الذي يؤمن الربط مع مركزي تشغيل الشبكة NOCs، ومع مراكز الاتصال الأخرى.



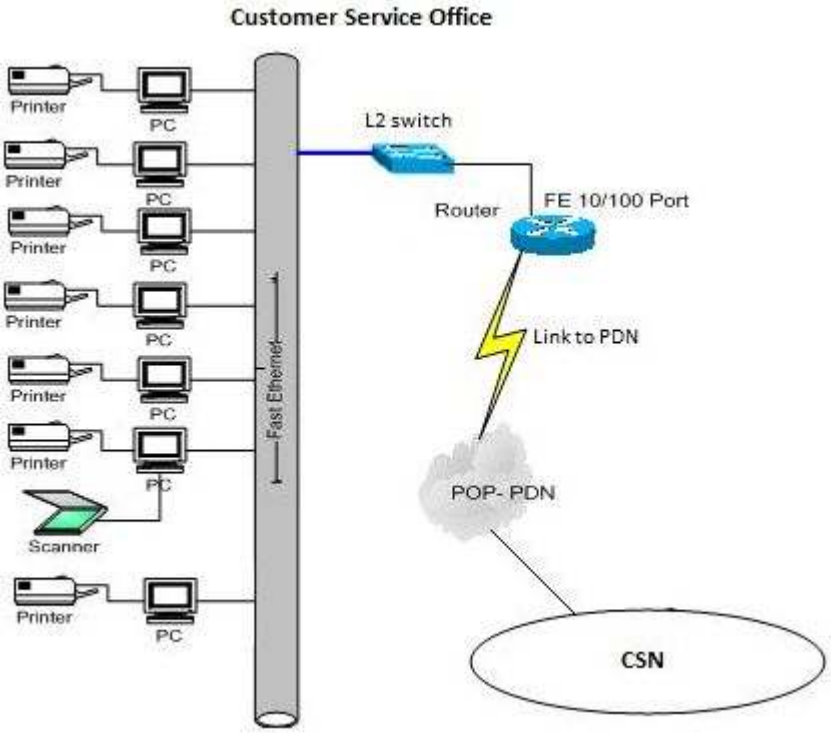
الشكل (6.2): بنية مركز الاتصال CC، ومكوناته الأساسية

5.1.4.2. مراكز خدمات المشتركين Customer Service Offices:

يقوم الحل الفني وفق المشروع المقترح على وجود 80 مركز مخصصة لخدمة المشتركين CSO، موزعة على جميع المحافظات السورية. حيث يحوي كل مركز خدمة على شبكة حاسوبية مؤلفة من مجموعة من الحواسب والطابعات والماسحات الضوئية. كما يحوي كل مركز على مبدل L2 switch 24 port، لتأمين الربط بين جميع عناصر الشبكة الداخلية مع بعضها، وموجه مع المنافذ الضرورية لتأمين ربط مركز الخدمة مع مركزي تشغيل الشبكة NOCs. يوضح الشكل (7.2) المكونات الأساسية اللازمة في كل مركز من مراكز خدمات المشتركين.

تُمثل مراكز خدمات المشتركين الواجهة الأساسية التي يتعامل معها المشترك، من خلال الخدمات والتسهيلات التي تقدمها لتسجيل طلبات الاشتراك بالخدمة وتسديد الفواتير وكل

ما يتعلق بإيصال الخدمة بالمستوى المطلوب، حيث يجب أن يتواجد في كل مركز خدمة العدد الكافي من الموظفين المُؤَهلين للقيام بكافة الإجراءات اللازمة لتسيير طلبات المشتركين وتسجيلها على النظام ومتابعتها.

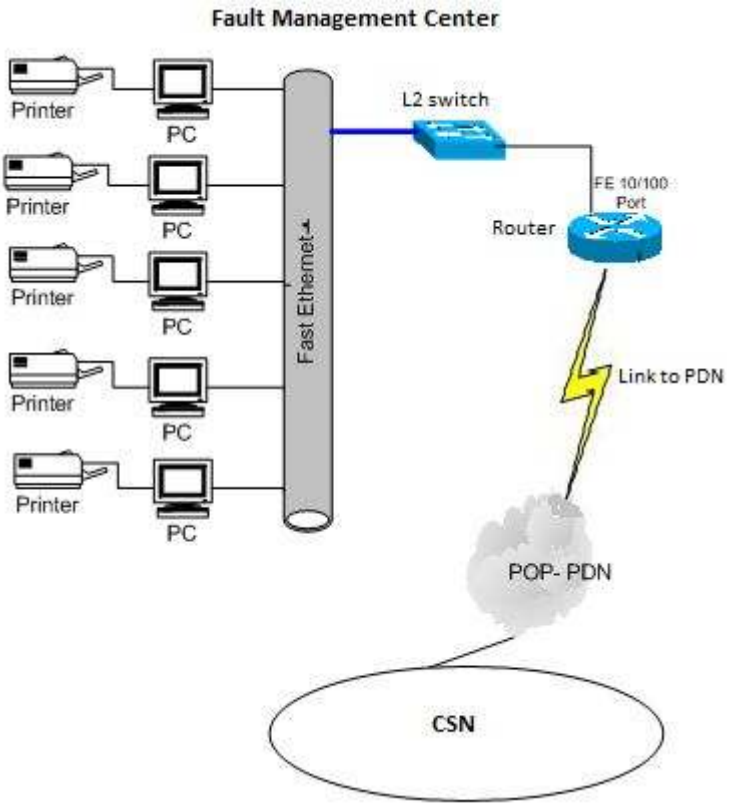


الشكل (7.2): بنية مركز خدمات المشتركين CSO، ومكوناته الأساسية

6.1.4.2. مراكز إدارة أعطال الشبكة Fault Management Centers:

يقوم الحل الفني وفق المشروع المُقترح على وجود 20 مراكز لإدارة أعطال الشبكة FMC، موزعة على جميع المحافظات السورية. حيث يحوي كل مركز إدارة أعطال على شبكة حاسوبية مؤلفة من مجموعة من الحواسب والطابعات. كما يوجد أيضاً من ضمن التجهيزات الشبكية الموجودة كما في كل مراكز الشبكة الأخرى، مبدل L2 switch 24 port لتأمين ربط جميع عناصر الشبكة الداخلية مع بعضها، وموجه مع المنافذ الضرورية لتأمين ربط كل مركز مع مركزي تشغيل الشبكة، كما هو موضح في الشكل رقم (8.2) أدناه.

تعمل مراكز إدارة الأعطال كمراكز صيانة ومتابعة لعناصر الشبكة ضمن الجزء الخاص بشبكة خدمة النفاذ ASN، أي تكون هذه المراكز مسؤولة عن أعمال الصيانة والتشغيل للمحطات القاعدية ومحطات المشتركين والروابط بينهما. حيث يجب أن يتواجد في كل مركز إدارة أعطال العدد اللازم والكافي من المهندسين المختصين والمهيئين لإنجاز كافة أعمال الصيانة للمحطات القاعدية ومحطات المشتركين على مدار الساعة، لإبقاء الخدمة متاحة بشكل دائم 24/7.



الشكل (8.2): بنية مركز إدارة أعطال الشبكة FMC، ومكوناته الأساسية

5.2. مراحل ومتطلبات المشروع والمخطط الزمني لكل مرحلة:

قُمنا بوضع تصور واستراتيجية لآلية تنفيذ المشروع المُقترح لإنشاء شبكة WiMAX في سوريا بعناصرها ومتطلباتها الرئيسية، حيث جرى تحديد عدد من الأهداف المرحلية، يَجري تحقيق هذه الأهداف بشكل متتابع لضمان النجاح في التنفيذ. حيث قمنا وفقاً لتلك الأهداف بتحديد ثلاثة مراحل أساسية تمتد فترة تنفيذها على خمسة سنوات. بحيث يجري في المرحلة الأولى تأسيس مقر لإدارة المشروع وإنجاز مشروع تجريبي على نطاق صغير. ويجري في المرحلة الثانية توسيع الشبكة واستكمال العناصر الضرورية لتشمل مدينة دمشق وريفها والمنطقة الجنوبية. تأتي بعدها المرحلة الثالثة، والتي يجري فيها استكمال كامل عناصر الشبكة لتشمل كافة المحافظات السورية. يجري خلال كل مرحلة من تلك المراحل الأساسية إنجاز عدة خطوات محددة بزمن معين. حيث يجري الانتهاء من كامل الخطوات والمراحل الأساسية والانتهاء من المشروع ككل وفق جدول زمني محدد، الجدول رقم (1.2) أدناه.

حيث يُتَوَقع في نهاية تلك الفترة الزمنية المحددة لكامل المشروع الحصول على شبكة اتصالات مكتملة العناصر (ASN, Backhaul, NOCs, CCs, CSOs, FMCs)، تعمل هذه الشبكة بتقنية WiMAX، وتشمل كامل الأراضي السورية، بحيث تكون قادرة على توفير إمكانية النفاذ عريض النطاق إلى الإنترنت لاسلكياً.

الجدول (1.2): الجدول الزمني للمشروع المقترح

	السنة الأولى				السنة الثانية				السنة الثالثة				السنة الرابعة				السنة الخامسة			
	الربع				الربع				الربع				الربع				الربع			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
المرحلة الأولى	التأسيس والمشروع التجريبي																			
المرحلة الثانية					تغطية كامل مدينة دمشق وريفها والمنطقة الجنوبية															
المرحلة الثالثة													توسيع الشبكة والتغطية الشاملة لكامل سوريا							

1.5.2. المرحلة الأولى: التأسيس والمشروع التجريبي:

يجري في هذه المرحلة إنجاز أعمال التأسيس الأولية اللازمة لانطلاق المشروع بشكل فعلي، وإنجاز المشروع التجريبي في مدينة دمشق. بحيث تمتد هذه المرحلة على عام كامل وفق التقسيم الزمني التالي:

الربع الأول من السنة الأولى:

يجري كخطوة أولى في هذه المرحلة اتخاذ وتجهيز مقر لإدارة المشروع في مدينة دمشق، يضم الكادر الفني والإداري اللازم لمتابعة وإنجاز العمل. بحيث يجري مراعاة أن يكون هذا المقر أيضاً مناسباً من حيث المكان والمساحة لتأسيس واستضافة مركز تشغيل الشبكة الأول NOC1. أيضاً تحديد مقرات مناسبة لتأسيس مركزين لخدمة وتسيير طلبات المشتركين CSOs، ومركز اتصال للاستجابة لاستعلامات المشتركين CC، ومركز لإدارة أعطال الشبكة FMC، تكون مهمة هذه المراكز القيام بالأعمال المطلوبة منها خلال المشروع التجريبي. كما يجري في هذه المرحلة إنجاز أعمال المسح الفني اللازمة في مدينة دمشق من قبل فريق من المختصين، بحيث يكون الهدف من أعمال المسح الفني في هذه المرحلة إيجاد وتحديد المكان المناسب لنصب برج أو برجين WiMAX، يعملان كمحطة قاعدية، بحيث تغطيان منطقة جغرافية تُحدَّد وفقاً لأعمال المسح الفني. حيث يمكن أن يصل شعاع الإشارة الصادر عن كل محطة إلى مسافة 50 Km في حالة الإرسال بخط نظر LOS، وإلى 8 Km بدون خط نظر NLOS.[65]

الربع الثاني من السنة الأولى:

يجري خلال ثلاثة أشهر في هذه المرحلة الانتهاء من عمليات التركيب والتشغيل لكافة العناصر اللازمة للبدء بالمشروع التجريبي. حيث يقوم فريق من المختصين بتركيب مركز تشغيل الشبكة NOC بكامل عناصره، وربطه مع إحدى بوابات الإنترنت بسعات كافية. أيضاً يجري نصب وتركيب المحطة القاعدية في المكان الذي يشير إليه المختصين بعد إنجاز أعمال المسح الفني، وتركيب تجهيزات الربط الضوئية اللازمة لربط المحطة مع مركز تشغيل الشبكة عن طريق ليف ضوئي بسعات مناسبة. كما يجري تركيب مركزين لخدمة المشتركين ومركز اتصال ومركز لإدارة أعطال الشبكة، بكامل عناصرها الموضحة في فقرات سابقة، وربط هذه المراكز مع مركز تشغيل الشبكة عن طريق شبكة البيانات الوطنية PDN.

[65] Karanasios, S., Allen, D. (2010, October). WiMAX for Development. Journal of International Technology for Development. Vol. 16, Issue. 4, pp. 320-328. United Kingdom.

بحيث يجري في نهاية هذه المرحلة الحصول على شبكة جاهزة لتأمين إمكانية النفاذ عريض النطاق إلى الإنترنت لاسلكياً بإمكانات محدودة، من خلال محطة أو محطتان قاعديتان تؤمنان التغطية اللاسلكية بتقنية WiMAX لمنطقة جغرافية محددة، بحيث ترتبط هذه المحطة مع مركز تشغيل الشبكة NOC، الذي يكون مرتبط بدوره مع مركزين لخدمة المشتركين ومركز اتصال ومركز لإدارة الأعطال، وهي العناصر المكملة لعمل الشبكة خلال فترة المشروع التجريبي.

الربع الثالث من السنة الأولى:

خلال هذه الفترة، إلى جانب استكمال أي نواقص من أعمال التركيب والتشغيل في الفترة السابقة، يجري البدء بقبول طلبات الحصول على الخدمة، حيث يقوم مركزا خدمة المشتركين CSOs باستقبال طلبات الاشتراك بمختلف السعات المطلوبة من قبل الشركات والمؤسسات والمواطنين المتواجدين ضمن المنطقة الجغرافية التي يشملها نطاق التغطية. وتسجيل جميع تلك الطلبات على النظام. ليقوم في الخطوة التالية فنيين من مركز إدارة أعطال الشبكة FMC بتركيب محطات المشتركين SS لدى هؤلاء المشتركين وضمان الربط اللاسلكي مع المحطة القاعدية ووصول الإشارة بالشكل الأمثل.

الربع الرابع من السنة الأولى:

وفق الرؤية للمشروع المقترح، فإن هذه الفترة هي بداية المشروع التجريبي بشكل فعلي. حيث يجري خلال فترة ثلاثة أشهر تجريب الخدمة وتحديد فعاليتها ومراقبة الشبكة بشكل عام، من خلال مراقبة أداء كافة عناصر الشبكة الأساسية ومكوناتها الفنية من التجهيزات والتطبيقات، والروابط بين مختلف تلك العناصر من جهة وبين العناصر الأساسية من جهةٍ ثانية، وأيضاً تدفق البيانات من محطات المشتركين SS إلى المحطة القاعدية BS ومن ثم إلى مركز تشغيل الشبكة NOC، وتدفق البيانات من مركز التشغيل إلى الإنترنت وبالعكس. حيث يوجد العديد من التطبيقات التي تساعد في مراقبة الأداء.

تنتهي في نهاية هذه المرحلة الفترة المخصصة للمشروع التجريبي مع نهاية العام، حيث يجري البدء بتوسيع الشبكة لتشمل مناطق أوسع، بعد أن جرى اكتساب الخبرة اللازمة والاستفادة من مختلف الصعوبات الفنية التي قد تكون واجهت المختصين خلال فترة المشروع التجريبي.

2.5.2. المرحلة الثانية: تغطية كامل مدينة دمشق وريفها والمنطقة الجنوبية:

يجري في هذه المرحلة استكمال عناصر الشبكة في مدينة دمشق وتوسيع نطاق التغطية لتشمل المنطقة الجنوبية من سوريا (ريف دمشق–السويداء–درعا–القنيطرة). حيث تمتد هذه المرحلة على 21 شهراً وفق التقسيم الزمني التالي:

الربع الأول من السنة الثانية:

يجري خلال هذه الفترة استكمال تركيب وتشغيل باقي عناصر الشبكة الأساسية في مدينة دمشق وفق رؤية المشروع المقترح. حيث يجري تركيب وتشغيل مراكز خدمات المشتركين المتبقية وعددها (8 CSOs)، ومراكز إدارة أعطال الشبكة وعددها (2 FMCs)، وربط هذه المحطات والمراكز مع مركز تشغيل الشبكة NOC.

الربع الثاني من السنة الثانية:

يجري في الربع الثاني من السنة الثانية استكمال أعمال المسح الفني لكامل مدينة دمشق. لتحديد أماكن إنشاء المحطات القاعدية اللازمة لتغطية كامل المدينة، وذلك وفق القاعدة الأساسية للمشروع المقترح، التي تقوم على نصب محطات قاعدية تنشر الإشارة بمبدأ خط النظر LOS في المناطق الواضحة والمساحات المكشوفة، ونصب محطات قاعدية تنشر الإشارة بدون خط نظر NLOS في المناطق ذات الكثافة العمرانية أو غير المكشوفة.

حيث يجري بعد انتهاء أعمال المسح الفني خلال هذه الفترة استكمال تركيب كامل المحطات القاعدية في مدينة دمشق واستكمال ربطها مع مركز تشغيل الشبكة NOC.

النصف الثاني من السنة الثانية:

يجري في هذه الفترة تحديد الأماكن المناسبة لاستضافة بعض عناصر الشبكة الأساسية في المحافظات الجنوبية من سوريا. حيث يجري تركيب خمسة مراكز لخدمات المشتركين (5CSOs) في كل من ريف دمشق والسويداء ودرعا والقنيطرة، وتركيب مركزين لإدارة أعطال الشبكة (2 FMCs) في كل من ريف دمشق والسويداء ودرعا، وتركيب مركز واحد لإدارة الأعطال FMC، ومركز اتصال CC في القنيطرة، واستكمال أعمال ربط جميع هذه المراكز في المحافظات الثلاث مع مركز تشغيل الشبكة من خلال شبكة تبادل البيانات الوطنية PDN.

الربع الأول والثاني والثالث من السنة الثالثة:

يجري في هذه الفترة إنجاز أعمال المسح الفني اللازم في المحافظات الجنوبية لتحديد المواقع الأنسب لتركيب المحطات القاعدية في كل محافظة. ليجري كمرحلة ثانية في هذه الفترة تركيب كافة المحطات اللازمة لنشر التغطية بخط نظر LOS أو بدون خط نظر NLOS وفقاً للكثافة السكانية وطبيعة المنطقة المراد تغطيتها. بحيث يجري ربط تلك المحطات لاسلكياً LOS مع المحطة القاعدية الأساسية في كل محافظة، وربط المحطات القاعدية الأساسية مع مركز تشغيل الشبكة NOC في دمشق.

يجري في نهاية المرحلة الثانية، أي بعد مرور سنتين وتسعة أشهر من بداية المشروع، تغطية مدينة دمشق وريفها والمنطقة الجنوبية من سوريا.

3.5.2. المرحلة الثالثة: توسيع الشبكة والتغطية الشاملة لكامل سوريا:

هي المرحلة الثالثة والنهائية من المشروع المُقترح، حيث سيجري في هذه المرحلة توسيع الشبكة وتركيب كامل عناصرها الأساسية ومكوناتها مع الروابط بينها، لتشمل كامل المحافظات السورية وفق التقسيم الزمني التالي:

الربع الرابع من السنة الثالثة والربع الأول من السنة الرابعة:

يجري في هذه الفترة إنجاز أعمال المسح الفني في مدينة حلب وتحديد أماكن تركيب المحطات القاعدية والنظام الذي ستعمل به وفقاً لطبيعة كل منطقة ضمن المدينة. وتحديد الأماكن المناسبة لتركيب باقي عناصر الشبكة. كما يجري في هذه المرحلة تركيب وتشغيل مركز تشغيل الشبكة الثاني NOC2 بجميع مكوناته الفنية واستكمال عملية الربط مع إحدى بوابات الإنترنت، وإنجاز عملية الربط اللازمة مع مركز تشغيل الشبكة في مدينة دمشق NOC1 من خلال شبكة الألياف الضوئية OTN أو من خلال شبكة البيانات الوطنية PDN بسعات كافية وفقاً لحجم البيانات المتوقع أن يجري تبادلها بين المركزين.

الربع الثاني والثالث من السنة الرابعة:

بعد انتهاء أعمال المسح الفني اللازمة واختيار المواقع، تبدأ في هذه الفترة أعمال تركيب وتشغيل كافة المحطات القاعدية ضمن مدينة حلب وربطها مع مركز تشغيل الشبكة الثاني NOC2 عن طريق المحطة القاعدية الأساسية. كما يجري تركيب وتشغيل باقي عناصر الشبكة في المدينة. حيث يجري تركيب عشرة مراكز لخدمة المشتركين (10 CSOs)، وثلاثة

مراكز لإدارة أعطال الشبكة (3 FMCs)، ومركز اتصال CC. واستكمال أعمال الربط الشبكي لهذه المراكز مع مركز تشغيل الشبكة الثاني NOC2 في حلب من خلال شبكة PDN.

الربع الرابع من السنة الرابعة والربع الأول من السنة الخامسة :

يجري خلال هذه الفترة إنجاز كافة أعمال المسح الفني اللازمة واختيار المواقع لتركيب المحطات القاعدية وباقي عناصر الشبكة في باقي المحافظات السورية في المنطقة الوسطى والمنطقة الشمالية (حمص–حماه–إدلب–اللاذقية–طرطوس–دير الزور–الحسكة–الرقة).

الربع الثاني والثالث والرابع من السنة الخامسة :

تبدأ هذه الفترة مباشرةً بعد انتهاء المختصين من أعمال المسح الفني اللازم. بحيث يجري تركيب كافة المحطات القاعدية اللازمة في المحافظات الباقية وربط جميع هذه المحطات في كل من تلك المحافظات مع المحطة القاعدية الأساسية في المحافظة، والتي تربط بدورها مع مركز تشغيل الشبكة في مدينة دمشق أو في مدينة حلب. كما يجري في هذه الفترة أيضاً استكمال تركيب باقي عناصر الشبكة في المحافظات آنفة الذكر. حيث يجري تركيب خمسة مراكز لخدمة المشتركين (5 CSOs)، ومركزين لإدارة أعطال الشبكة (2 FMCs)، في كل محافظة. ويجري أيضاً تركيب مركز اتصال واحد CC في كل من محافظتي طرطوس وحمص. ويجري استكمال الربط الشبكي لكافة المراكز مع مركز تشغيل الشبكة NOC الأول أو الثاني بشكل يضمن توزيع الحمل بين المركزين.

في نهاية المرحلة الثالثة، أي بعد مرور خمسة سنوات من بداية المشروع، يجري تغطية كل المحافظات السورية من خلال شبكة WiMAX مكتملة العناصر قادرة على تقديم خدمات النفاذ اللاسلكي عريض النطاق إلى الإنترنت في كافة المناطق 24/7 من خلال تكامل العمل بين مختلف عناصر الشبكة التي جرى تحديدها.

4.5.2. متطلبات وسعة نظام WiMAX في سوريا:

1.4.5.2. المحطات القاعدية:

يجري تحديد العدد الفعلي للمحطات القاعدية اللازمة لتغطية كل محافظة من المحافظات السورية اعتماداً على أعمال المسح الفني لمختلف المناطق. حيث يجري أثناء المسح الفني لكل منطقة الأخذ بعين الاعتبار عدة عوامل، مثل المساحة، والتضاريس الجغرافية، والكثافة السكانية والعمرانية. ثم يتحدد بناءً على نتائج أعمال المسح الفني مبدأ الإرسال الذي سيجري استخدامه في كل محطة والمساحة التي سيجري تغطيتها. حيث يُستخدم مبدأ الإرسال بخط نظر LOS في حالة المناطق المكشوفة والمساحات الواسعة، والإرسال بدون خط نظر NLOS في المناطق غير المكشوفة ذات الكثافة العمرانية والسكانية.

حيث يُمكن معرفة عدد المحطات القاعدية اللازمة لتغطية كامل مساحة المحافظات السورية (تغطية من حيث المساحة وليس من حيث السعات المطلوبة) تبعاً لمبدأ الإرسال المستخدم في المحطات القاعدية، وعليه:

أولاً: في حالة مبدأ الإرسال بخط نظر LOS:

يُمكن أن يصل شعاع الإشارة في هذه الحالة إلى مسافة 50 Km ابتداءً من المحطة القاعدية، وذلك تبعاً لعدة عوامل تتعلق بارتفاع البرج، ربح الهوائيات، وطاقة الإرسال. وهذا يعني أن المحطة القاعدية الواحدة يمكن أن تغطي مساحة دائرة نصف قطرها 50 Km.

المساحة التي تغطيها المحطة القاعدية الواحدة في هذه الحالة هي:

مساحة الدائرة = ط × نق^2

وفقاً لقانون مساحة الدائرة فإن: "نق" هي طول نصف القطر.

"ط" هو عدد ثابت = 3.14.

هذا يعني:

المساحة المغطاة بالمحطة القاعدية = $3.14 \times (50)^2 = 3.14 \times 2500 = 7850$ كم^2

وعليه وفقاً لمساحة كل محافظة من المحافظات السورية المبينة بالجدول رقم (2.2) أدناه، يمكن حساب عدد المحطات القاعدية اللازمة لتغطية كل محافظة من حيث المساحة، في حال أن جميع المحطات تعمل بمبدأ إرسال الإشارة بخط نظر.

الجدول (2.2): مساحة المحافظات السورية بالترتيب من الأكبر إلى الأصغر[66]

المحافظة	المساحة
حمص	42223 كم^2
دير الزور	33060 كم^2
الحسكة	23334 كم^2
الرقة	19616 كم^2
حلب	18500 كم^2
ريف دمشق	18032 كم^2
حماه	8883 كم^2
إدلب	6097 كم^2
السويداء	5550 كم^2
درعا	3730 كم^2
اللاذقية	2297 كم^2
طرطوس	1892 كم^2
القنيطرة	1861 كم^2
دمشق	1599 كم^2

من أجل حساب عدد المحطات القاعدية اللازمة لتغطية مساحة كل محافظة بشكل كامل وفق مبدأ الإرسال بخط نظر LOS:

عدد المحطات القاعدية = مساحة المحافظة ÷ المساحة التي تغطيها المحطة

وعليه وفقاً لمساحة كل محافظة ومبدأ الإرسال المستخدم فإن عدد المحطات يكون:

محافظة حمص = 42223 ÷ 7850 = 5.378 محطة قاعدية (أي تحتاج 6 محطات).

محافظة دير الزور = 33060 ÷ 7850 = 4.211 محطة قاعدية (أي تحتاج 5 محطات).

محافظة الحسكة = 23334 ÷ 7850 = 2.972 (أي تحتاج 3 محطات).

محافظة الرقة = 19616 ÷ 7850 = 2.498 (أي تحتاج 3 محطات).

محافظة حلب = 18500 ÷ 7850 = 2.356 (أي تحتاج 3 محطات).

محافظة ريف دمشق = 18032 ÷ 7850 = 2.297 (أي تحتاج 3 محطات).

محافظة حماه = 8883 ÷ 7850 = 1.131 (أي تحتاج 2 محطة).

محافظة إدلب = 6097 ÷ 7850 = 0.776 (أي تحتاج إلى محطة واحدة).

محافظة السويداء = 5550 ÷ 7850 = 0.707 (أي تحتاج محطة واحدة).

[66] خارطة الجمهورية العربية السورية. دار الشرق العربي. سورية – حلب – ص.ب:415.

محافظة درعا = 3730 ÷ 7850 = 0.475 (أي تحتاج محطة واحدة).
محافظة اللاذقية = 2297 ÷ 7850 = 0.292 (أي تحتاج محطة واحدة).
محافظة طرطوس = 1892 ÷ 7850 = 0.241 (أي تحتاج محطة واحدة).
محافظة القنيطرة = 1861 ÷ 7850 = 0.237 (أي تحتاج محطة واحدة).
محافظة دمشق = 1599 ÷ 7850 = 0.203 (أي تحتاج محطة واحدة).

أي لتغطية **مساحة** كامل المحافظات السورية وفق مبدأ الإرسال بخط النظر LOS، نحتاج إلى 32 محطة قاعدية.

ثانياً: في حالة مبدأ الإرسال بدون خط نظر NLOS:

يُمكن أن يصل شعاع الإشارة في هذه الحالة إلى مسافة 8 Km ابتداءً من المحطة القاعدية، وهذا يعني وفق هذا المبدأ أن المحطة القاعدية الواحدة تغطي مساحة دائرة نصف قطرها 8 Km.

هذا يعني:

المساحة المغطاة بالمحطة القاعدية = $3.14 \times (8)^2 = 3.14 \times 64 = 200.96$ كم^2

وعليه وفقاً لمساحة كل محافظة ومبدأ الإرسال المستخدم فإن عدد المحطات يكون:

محافظة حمص = 42223 ÷ 200.96 = 210.106 محطة قاعدية (أي تحتاج 211 محطة).
محافظة دير الزور = 33060 ÷ 200.96 = 164.510 محطة قاعدية (أي تحتاج 165 محطة).
محافظة الحسكة = 23334 ÷ 200.96= 116.112 (أي تحتاج 117 محطة).
محافظة الرقة = 19616 ÷ 200.96 = 97.611 (أي تحتاج 98 محطة).
محافظة حلب = 18500 ÷ 200.96 = 92.058 (أي تحتاج 93 محطة).
محافظة ريف دمشق = 18032 ÷ 200.96 = 89.729 (أي تحتاج 90 محطة).
محافظة حماه = 8883 ÷ 200.96 = 44.202 (أي تحتاج 45 محطة).
محافظة إدلب = 6097 ÷ 200.96 = 30.339 (أي تحتاج إلى 31 محطة).
محافظة السويداء = 5550 ÷ 200.96 = 27.617 (أي تحتاج 28 محطة).
محافظة درعا = 3730 ÷ 200.96 = 18.560 (أي تحتاج 19 محطة).
محافظة اللاذقية = 2297 ÷ 200.96 = 11.430 (أي تحتاج 12 محطة).
محافظة طرطوس = 1892 ÷ 200.96 = 9.414 (أي تحتاج 10 محطات).
محافظة القنيطرة = 1861 ÷ 200.96 = 9.260 (أي تحتاج 10 محطات).
محافظة دمشق = 1599 ÷ 200.96 = 7.956 (أي تحتاج 8 محطات).

أي لتغطية **مساحة** كامل المحافظات السورية وفق مبدأ الإرسال بدون خط النظر NLOS، نحتاج إلى 937 محطة قاعدية.

نستطيع من خلال هذه الطريقة معرفة عدد المحطات القاعدية اللازمة لتغطية الأراضي السورية بشبكة WiMAX من حيث المساحة وليس من حيث سعة النظام المطلوبة، أي توفير إشارة WiMAX في أي منطقة ضمن الجغرافيا السورية. ويمكن زيادة عدد المحطات القاعدية في كل منطقة وفقاً لعدد المشتركين والسعات المطلوب توفرها.

2.4.5.2. مواصفات النظام في التصميم المُقترح:

Frequency Band : 3.5 GHz

Channel Bandwidth : 20 MHz FDD

Modulation and coding rates : QPSK (1/2, 3/4) , 16 QAM (1/2, 3/4), 64 QAM (2/3 , 3/4, 5/6)

FR sectors/BS : 4 sectors

Standard : 802.16m-2011 (R2.0) Limited Mobility

Addressable Market : Residential & SME

Geographic Area : Urban, Suburban, Rural

Contention Ratio : (7:1) for Residential

3.4.5.2. سعة النظام:

نَقصد بسعة النظام، عدد المشتركين الذين يمكن أن يوفر لهم النظام الخدمة المطلوبة. ويجري تحديد هذه السعة اعتماداً على عدة عوامل ومواصفات هندسية محددة مثل المواصفات الفنية للمحطة القاعدية وعدد القطاعات وعرض تردد قناة الإرسال.

سنقوم كبداية بدراسة متطلبات تغطية منطقة معينة وتوفير خدمة النفاذ إلى الإنترنت عريض النطاق لعدد محدد من مشتركين WiMAX المحتملين في تلك المنطقة وفقاً للسعات التي يمكن أن يجري طلبها. حيث سنعتبر في هذا المثال أن المنطقة المراد تغطيتها هي منطقة المهاجرين في دمشق، وأن مشتركي شبكة WiMAX المحتملين هم مستخدمي خدمة ADSL الحاليين، بمختلف السعات المستخدمة وهي (256K-512K-1M-2M-4M-8M-16M-24M)، وسنضيف أيضاً كبداية نسبة 25% من عدد مستخدمي ADSL الحاليين كسعات إضافية لتلبية أي طلبات إضافية محتملة. وبالطبع هذا العدد المحتمل من مشتركي WiMAX غير نهائي، حيث كما في كل مشاريع الاتصالات التي تُعنى بتقديم خدمات معينة فإن سعة النظام قابلة للزيادة بشكل مستمر تبعاً لزيادة عدد طلبات الاشتراك بالخدمة.

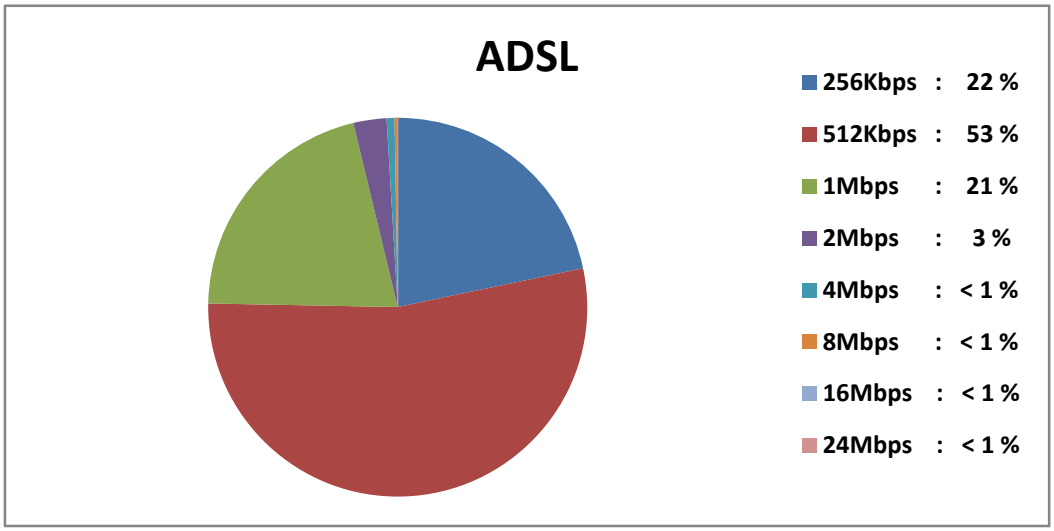
وفقاً للمعلومات التي جرى استخراجها بمساعدة المهندس المسؤول عن قاعدة البيانات الخاصة بدارات الإنترنت في الشركة السورية للاتصالات، فقد بلغ العدد الإجمالي لمستخدمي خدمة ADSL الفعليين في سوريا 462564 ألف مشترك وذلك حتى تاريخ 2014/11/18.

الجدير بالذكر أن العدد الأعظمي من هؤلاء المستخدمين وهو 288138 ألف مشترك، هم مشتركون لدى مزود خدمة الإنترنت تراسل التابع للشركة السورية للاتصالات وبسعات مختلفة. وفق ما هو مبين في الجدول التالي:[67]

الجدول (3.2): أعداد مستخدمي ADSL والسعات المحجوزة في مزود خدمة الإنترنت تراسل

Bandwidth	Subscribers
256 Kbps	62553
512 Kbps	154407
1 Mbps	60326
2 Mbps	8139
4 Mbps	1929
8 Mbps	770
16 Mbps	13
24 Mbps	1
Total Subs	**288138**

وفقاً للعدد الإجمالي لمستخدمي ADSL في سوريا، ووفقاً لمختلف فئات السعات المحجوزة من قبل هؤلاء المستخدمين لدى مزود خدمة الإنترنت تراسل، تكون النسب المئوية للمشتركين بكل فئة من فئات السعات من إجمالي عدد المشتركين بالخدمة هي كما هو مبين في الشكل (9.2) أدناه.



الشكل (9.2): النسب المئوية لمشتركي ADSL لدى مزود تراسل وفق مختلف فئات السعات

[67] الشركة السورية للاتصالات. إدارة المعلوماتية. قاعدة البيانات الخاصة بدارات الإنترنت ADSL. استخرجت بمساعدة المهندس المسؤول عن قاعدة البيانات الخاصة بدارات الإنترنت في الشركة، بتاريخ 18/11/2014.

ملاحظة: بما أن مزود خدمة الإنترنت تراسل هو أكبر مزود خدمة إنترنت ADSL، ويضم العدد الأكبر لمشتركي ADSL في سوريا، حيث وفق الإحصائية المبينة أعلاه فإن عدد المشتركين لدى مزود تراسل يفوق عدد المشتركين في جميع المزودات الأخرى مجتمعة.

لذلك سنستخدم النسبة المئوية للمستخدمين لكل فئة من فئات السعات المحددة لدى مزود خدمة الإنترنت "تراسل" ونعكس من خلالها السعات التي من المتوقع أن يجري طلبها من قبل مشتركي WiMAX المحتملين.

عدد مستخدمي خدمة ADSL الحاليين في منطقة المهاجرين هو: 7799 مشترك

وعليه وفق ما ذُكِر أعلاه يكون:

عدد مشتركي WiMAX المحتملين في منطقة المهاجرين هو:

عدد مستخدمي ADSL الحاليين في المهاجرين + 25% = 7799 + 1949 = 9748 مشترك

اعتماداً على النسب المئوية لكافة فئات السعات المحجوزة من قبل معظم مستخدمي ADSL في سوريا، سنعتبر أن السعات المتوقع أن يتم طلبها من قبل مشتركي WiMAX المحتملين في منطقة المهاجرين هي على الشكل التالي:

الجدول (4.2): أعداد مشتركي WiMAX المحتملين في منطقة المهاجرين وفق مختلف فئات السعات المتوقع طلبها

عدد مشتركي WiMAX المحتملين في منطقة المهاجرين = 9748 مشترك		
Speed	**~ Percentage (as ADSL)**	**~ Subscribers**
256 Kbps	22 %	2145
512 Kbps	53 %	5167
1 Mbps	21 %	2048
2 Mbps	3 %	293
4 Mbps	0.669 %	66
8 Mbps	0.267 %	27
16 Mbps	0.004 %	1
24 Mbps	0.0003 %	1

يُمكن لتقنية WiMAX وفقاً للإصدارات الأخيرة من المعيار القياسي العالمي IEEE 802.16 Release2، أن تُحقِّق معدل نقل بيانات يصل حتى 100 Mbps للمحطات المتنقلة[68]، ويمكن أن يصل إلى 1 Gbps للمحطات الثابتة[69]. وذلك وفقاً للمواصفات والمتطلبات التي تم تحديدها من قبل الاتحاد الدولي للاتصالات ITU[70]، لأنظمة الاتصالات اللاسلكية المتقدمة IMT-Advanced.[71]

ولكننا أردنا في هذه الدراسة أن لا نكون متفائلين كثيراً من حيث معدل نقل البيانات الذي يمكن الحصول عليه في البيئات الحقيقية، لذلك قمنا باعتماد قيمة معدل نقل البيانات المشار إليها في الإصدارات الأولى من المعيار القياسي IEEE 802.16، وفق ما وَرَدَ في معظم المراجع، وهي قيمة 75 Mbps في عرض القناة 20 MHz، وذلك تبعاً للتردد المستخدم في كل بلد.

حيث تختلف الترددات المرخصة المستخدمة على اختلاف البلدان كما يُبين الجدول:

الجدول (5.2): الترددات المرخصة المستخدمة في شبكات WiMAX حول العالم[72]

Frequencies available for WiMAX deployment World-wide	
Region	**Licensed Frequency Band**
Canada	2.3/2.5 GHz 3.5/5 GHz
USA	1.5/2.3 GHz, 2.5/5 GHz
Central & South America	2.5/3.5 GHz, 3.5 GHz
Europe	3.5 GHz, 5 GHz
Middle East & Africa	3.5 GHz,5 GHz
Russia	2.3/2.5/3.5 GHz, 5 GHz
India	3.5 GHz
Asia Pacific	2.3/3.3/3.5 GHz 5 GHz
Un Licensed Frequency band: 2.4 GHz,5.15 GHz & 5.85 GHz	

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

[69] Lokesh, .C., Nataraj, .K. R. (2012, December). Implementation of an OFDM FFT Kernel for WiMAX. International Journal Of Computational Engineering Research. Vol. 2, Issue. 8, pp. 74-81.

[70] أعلنت المنظمة العالمية لمهندسي الكهرباء والإلكترونيات IEEE بتاريخ 2011/03/31، قبول المعيار القياسي 802.16m، أو مايطلق عليه Wireless MAN-Advanced، على أنه أحد أنظمة الاتصالات اللاسلكية المتقدمة ITU-R IMT-Advanced. وجدت على موقع IEEE بتاريخ 2015/02/02 : http://standards.ieee.org/news/2011/80216m.html

[71] المتطلبات والمواصفات التي تم تحديدها من قبل الاتحاد الدولي للاتصالات- قسم الاتصالات الراديوية ITU-R، هي المواصفات التي يجب تحقيقها حتى يُعتبر النظام كأحد أنظمة الجيل الرابع للاتصالات. ومن ضمن هذه المتطلبات يجب تحقيق معدل نقل بيانات يصل حتى 100Mbps في حالة الأجهزة المتنقلة بسرعات عالية، ويصل إلى 1Gbps في حالة المحطات الثابتة. من صفحة الأخبار على موقع الاتحاد الدولي للاتصالات، استرجعت بتاريخ 2015/02/05:
http://www.itu.int/net/newsroom/wrc/2012/reports/imt_advanced.aspx

[72] White Paper: WiMAX Spectrum. (2004, November). RF spectrum utilization in WiMAX. Fujitsu.

- سعة النظام وفقاً لكل فئة من فئات السعات المحتمل طلبها في منطقة المهاجرين:

$$C_{speed} = [\ (sub \times c)/c_r\ ] \ / \ 1024$$

حيث :

C_{speed} : سعة النظام وفق فئة السرعة المطلوبة

sub : عدد المشتركين المحتملين لفئة معينة من السعات

c : فئة السعة المطلوبة

c_r : contention ratio (7 : 1)

وعليه يكون :

- سعة النظام اللازمة لتلبية المشتركين المحتملين بفئة 256Kbps:

$$C_{256} = [\ (2145 \times 256) / (7:1)\ ] \ / \ 1024$$

$$C_{256} = 76.607 \text{ Mbps}$$

- سعة النظام اللازمة لتلبية المشتركين المحتملين بفئة 512Kbps:

$$C_{512} = [\ (5167 \times 512) / (7:1)] \ / \ 1024$$

$$C_{512} = 369.071 \text{ Mbps}$$

- سعة النظام اللازمة لتلبية المشتركين المحتملين بفئة 1Mbps:

$$C_1 = [\ (2048 \times 1) / (7:1)]$$

$$C_1 = 292.571 \text{ Mbps}$$

- سعة النظام اللازمة لتلبية المشتركين المحتملين بفئة 2Mbps:

$$C_2 = [\ (293 \times 2) / (7:1)\ ]$$

$$C_2 = 83.714 \text{ Mbps}$$

- سعة النظام اللازمة لتلبية المشتركين المحتملين بفئة 4Mbps:

$$C_4 = [\ (66 \times 4) / (7:1)\ ]$$

$$C_4 = 37.714 \text{ Mbps}$$

- سعة النظام اللازمة لتلبية المشتركين المحتملين بفئة 8Mbps:

$C_8 = [\ (27 \times 8) / (7:1)\ ]$

$C_8 = 30.857$ Mbps

- سعة النظام اللازمة لتلبية المشتركين المحتملين بفئة 16Mbps:

$C_{16} = [\ (1 \times 16) / (7:1)\ ]$

$C_{16} = 16$ Mbps

- سعة النظام اللازمة لتلبية المشتركين المحتملين بفئة 24Mbps:

$C_{24} = [\ (1 \times 24) / (7:1)\ ]$

$C_{24} = 24$ Mbps

سعة النظام الكلية اللازمة للمشتركين المحتملين = مجموع السعات الكلية الدنيا اللازمة لجميع الفئات

سعة النظام الكلية اللازمة للمشتركين المحتملين في منطقة المهاجرين وفق مختلف الفئات =

$C = \sum C_{speed}$

$C = C_{256} + C_{512} + C_1 + C_2 + C_4 + C_8 + C_{16} + C_{24} = 930.534$ Mbps

وفقاً لفئات السعات المتوقع طلبها من مختلف المشتركين المحتملين في الشبكة، ووفقاً لمواصفات النظام في التصميم المقترح لشبكة WiMAX في سوريا. يُمكن أن نحدد القيم التالية حول السعات وعدد القطاعات وعدد المحطات القاعدية اللازمة لتغطية منطقة المهاجرين بشبكة WiMAX كما هو مبين في الجدول التالي:

الجدول (6.2): سعة النظام لتلبية مشتركي WiMAX المحتملين في منطقة المهاجرين

Subscribers = 9748 , Contention ratio : (7:1) , Bandwidth : 20 MHz , NLOS						
Speed	**Percentage (as ADSL)**	**Subs**	**Required Capacity**	**No. of Sectors** $C_{speed}/75$	**Capacity per Sector** $(75*C_{speed})/C$	**No. of BS** No. S/4
256 Kbps	22 %	2145	76.607 Mbps	2 >	6.174 Mbps	**4**
512 Kbps	53 %	5167	369.071 Mbps	5 >	29.746 Mbps	
1 Mbps	21 %	2048	292.571 Mbps	4 >	23.580 Mbps	
2 Mbps	3 %	293	83.714 Mbps	2 >	6.747 Mbps	
4 Mbps	0.669 %	66	37.714 Mbps	1 >	3.039 Mbps	
8 Mbps	0.267 %	27	30.857 Mbps	1 >	2.487 Mbps	
16 Mbps	0.004 %	1	16 Mbps	1 >	16 Mbps	
24 Mbps	0.0003 %	1	24 Mbps	1 >	24 Mbps	
Total capacity: $\sum C_{speed}$			**930.534 Mbps**	**13**		

كما نُلاحظ، فإنه لتلبية طلبات 9748 مشترك محتمل في شبكة WiMAX بمختلف فئات السعات المتوقع طلبها، فإننا نحتاج إلى 4 محطات قاعدية وإلى 13 قطاع على الأقل.

حيث نحتاج إلى قطاعين على الأكثر لتلبية طلبات 2145 مشترك محتمل بالسعة من فئة 256Kbps، ونحتاج إلى 5 قطاعات على الأكثر لتلبية طلبات 5167 مشترك محتمل بسعة 512Kbps، و 4 قطاعات على الأكثر لتخديم 2048 مشترك محتمل بسعة 1Mbps، كما نحتاج إلى قطاعين على الأكثر لتخديم 293 مشترك بسعة 2Mbps، وقطاع واحد على الأكثر لتخديم 66 مشترك بسعة 4Mbps، وقطاع واحد على الأكثر لتخديم 27 مشترك بسعة 8Mbps، أيضاً نحتاج إلى قطاع واحد على الأكثر لتخديم مشترك واحد محتمل بسعة 16Mbps، وكذلك الأمر بالنسبة إلى مشترك واحد محتمل بسعة 24Mbps.

يُمكن على مستوى المشتركين المحتملين في سوريا وبنفس الطريقة تحديد عدد القطاعات والمحطات القاعدية اللازمة لتغطية مختلف المحافظات وفقاً لعدد ومتطلبات مشتركي شبكة WiMAX المحتملين في كل محافظة.

حيث وكما ذُكِرَ سابقاً فقد بلغ العدد الإجمالي لمستخدمي ADSL الفعليين في سوريا 462564 ألف مشترك، حتى تاريخ 2014/11/18، في جميع مزودات الخدمة الخمسة عشر، وهم موزعين بين كافة المحافظات السورية على النحو التالي من الأكثر إلى الأقل من حيث عدد المشتركين:[67]

الجدول (7.2): عدد مشتركي ADSL الفعليين في كل محافظة حتى تاريخ 2014/11/18

المحافظة	عدد مشتركي ADSL الفعليين
دمشق	167020
ريف دمشق	69494
حلب	65556
اللاذقية	45677
طرطوس	30663
حمص	26269
حماة	24144
السويداء	12518
دير الزور	5538
الحسكة	4542
الرقة	3689
إدلب	3554
درعا	3087
القنيطرة	813
المجموع	**462564**

نستطيع أن نستنتج سعة النظام اللازمة لتلبية طلبات مشتركي الشبكة المحتملين في كافة المحافظات السورية كما هو مبين في الجدول التالي:

الجدول (8.2): سعة النظام لتلبية لمشتركي WiMAX المحتملين في كل المحافظات

سـوريا WiMAX					
Subscribers = 462564+25% = 578205 , Contention ratio : (7:1) , Bandwidth : 20 MHz , NLOS , LOS					
المحافظة Province	**المشتركين المحتملين** ADSL+25%	**Subs**	**Required Capacity** $(Sub*C_{muhajrin})/Sub_{muhajrin}$	**No. of Sectors** C/75	**No. of BS** No. S/4
دمشق	167020+41755	208775	19929.445 Mbps	266 >	66 + 2s
ريف دمشق	69494+17373	86867	8292.233 Mbps	111 >	27 + 3s
حلب	65556+16389	81945	7822.384 Mbps	105 >	26 + 1s
اللاذقية	45677+11419	57096	5450.325 Mbps	73 >	18 + 1s
طرطوس	30663+7666	38329	3658.846 Mbps	49 >	12 + 1s
حمص	26269+6567	32836	3134.490 Mbps	42 >	10 + 2s
حماه	24144+6036	30180	2880.951 Mbps	39 >	9 + 3s
السويداء	12518+3129	15647	1493.646 Mbps	20 >	5
دير الزور	5538+1384	6922	660.766 Mbps	9 >	2 + 1s
الحسكة	4542+1135	5677	541.920 Mbps	8 >	2
الرقة	3689+923	4612	440.256 Mbps	6 >	1 + 2s
إدلب	3554+889	4443	424.124 Mbps	6 >	1 + 2s
درعا	3087+772	3859	368.376 Mbps	5 >	1 + 1s
القنيطرة	813+204	1017	97.081 Mbps	2 >	1 (2Sectors)
Total capacity: $\sum C$			**55194.84 Mbps**	**736**	**184 BS**

كما نلاحظ، فإنه لتلبية طلبات 578205 مشـترك محتمل بشـبكة WiMAX في سـوريا، وفق عدد المشـتركين المحتملين في كل محافظة بمختلف السـعات المتوقع طلبها، فإننا نحتـاج إلى 184 محطة قاعدية وإلى 736 قطاع على الأقل.

وفقاً للمشروع المُقترح، وكما ذُكِرَ سابقاً، يجري تحديد نوع الإرسال الذي ستعمل به المحطة القاعدية في كل منطقة وفقاً للطبيعة الجغرافية والكثافة العمرانية والسكانية والمساحة لتلك المنطقة، حيث يجري تغطية بعض المناطق في كل محافظة بمحطات قاعدية تنشر الإشارة بمبدأ خط النظر LOS، ويجري تغطية بعض المناطق الأخرى بمحطات قاعدية تنشر الإشارة بمبدأ الإرسال بدون خط نظر NLOS، وذلك اعتماداً على ما تُحدده نتائج أعمال المسح الفني لمختلف المناطق.

لذلك فإن عمليات المسح الفني تُعتبر من أهم الأعمال عند البدء بتنفيذ مشروع شبكة WiMAX في سوريا وخلال كل مرحلة من مراحل التنفيذ. حيث تؤدي عمليات المسح الفني الناجحة إلى تحديد العدد الفعلي اللازم من المحطات القاعدية بدقة، دون زيادة لا حاجة لها، وهذا سيؤدي بالضرورة إلى خفض تكاليف شراء تلك المحطات وتكاليف التركيب والتشغيل والربط والصيانة، وبالتالي خفض تكلفة المشروع ككل.

6.2. التوزع الجغرافي والعددي وآلية الترابط الشبكي بين مختلف العناصر والمكونات:

جرى التوصل إلى التصور والهيكلية النهائية للتصميم المُقترح والتوزيعات لمختلف عناصر ومكونات الشبكة في سوريا.

حيث جرى وضع تصور للتوزع الجغرافي والعددي لمختلف عناصر الشبكة، كما جرى تحديد آلية الترابط الشبكي بين مختلف تلك العناصر. حيث جرى مراعاة أن تعتمد شبكة WiMAX المراد إنشاءها على هيكلية وتوزيع جغرافي لمختلف عناصرها بحيث تنتشر على كل المحافظات السورية. كما جرى تحديد آلية الربط الشبكي بين مختلف تلك العناصر، بشكل يضمن استمرارية الخدمة 24/7، و يضمن الحفاظ على البيانات مع القدرة على استرجاعها في حال فقدان أحد الروابط أو حدوث مشكلة ما في أحد عناصر الشبكة الأساسية.[73]

[73] تم التوصل إلى التصور والهيكلية النهائية للتصميم المقترح وتوزيعاته بعد الاستفادة من بعض المشاريع المُنفذة في الشركة السورية للاتصالات، مثل مشروع رعاية الزبائن والفوترة CCBS، ومشروع الشبكة الضوئية الفقارية OTN backbone. وأيضاً تم التوصل إلى آلية الترابط الشبكي بين مختلف مكونات الشبكة المُقترحة بعد عدة جلسات مع عدد من مهندسي الاتصالات والشبكات المختصين في الشركة.

1.6.2. التوزع الجغرافي والعددي لمختلف عناصر ومكونات التصميم :

وفقاً للهيكلية النهائية التي جرى التوصل إليها للتصميم المُقترح، فقد جرى توزيع مختلف عناصر ومكونات الشبكة الأساسية بحيث تشمل كامل المحافظات السورية، وتؤمن الخدمة على كامل مساحة سوريا. حيث يبين الجدول رقم (3.2) أدناه، التوزيع الجغرافي وفق الرؤية النهائية للتصميم:

الجدول (9.2): التوزع الجغرافي لعناصر ومكونات شبكة WiMAX في سوريا

المحافظة	العناصر والمكونات الأساسية للشبكة						
	المحطات القاعدية			مراكز تشغيل الشبكة NOCs	مراكز خدمة المشتركين CSOs	مراكز الاتصال CCs	مراكز إدارة أعطال الشبكة FMCs
	وفقاً للسعة	وفقاً للمساحة					
	LOS,NLOS	خط نظر LOS	بدون خط نظر NLOS				
دمشق	67	1	8	1	10	1	3
ريف دمشق	28	3	90	لايوجد	5	لايوجد	2
السويداء	5	1	28	لايوجد	5	لايوجد	2
درعا	2	1	19	لايوجد	5	لايوجد	2
القنيطرة	1	1	10	لايوجد	5	1	2
حمص	11	6	211	لايوجد	5	1	2
حماه	10	2	45	لايوجد	5	لايوجد	2
إدلب	2	1	31	لايوجد	5	لايوجد	2
طرطوس	13	1	10	لايوجد	5	1	2
اللاذقية	19	1	12	لايوجد	5	لايوجد	2
حلب	27	3	93	1	10	1	3
دير الزور	3	5	165	لايوجد	5	لايوجد	2
الحسكة	2	3	117	لايوجد	5	لايوجد	2
الرقة	2	3	98	لايوجد	5	لايوجد	2

2.6.2. الترابط الشبكي بين مختلف عناصر ومكونات الشبكة:

تقوم الفكرة العامة لآلية الترابط الشبكي التي جرى تحديدها بين مختلف عناصر ومكونات الشبكة وفق التصميم المُقترح على عدة أُسس كما يلي:

- يجري ربط المحطات القاعدية في كل محافظة مع المحطة القاعدية الأساسية وفق مبدأ خط النظر LOS عن طريق وصلات Backhaul لاسلكية، كما هو مبين في الشكل رقم (8.1).
- يجري ربط المحطات القاعدية الأساسية في كل محافظة أو تلك المنتشرة بين المحافظات إلى مركز تشغيل الشبكة NOC الأقرب في دمشق أو حلب. عن طريق ليف ضوئي بسعات كافية STM-4 أو أكثر من خلال شبكة الألياف الضوئية OTN.[74]

حيث يجري ربط المحطات القاعدية الأساسية في محافظات:
(حلب–طرطوس–اللاذقية–إدلب–حماه–دير الزور–الحسكة–الرقة)، إلى مركز تشغيل الشبكة الثاني NOC2 في مدينة حلب.

ويجري ربط المحطات القاعدية الأساسية في محافظات:
(دمشق–ريف دمشق–حمص–السويداء–درعا–القنيطرة)، إلى مركز تشغيل الشبكة الأول NOC1 في مدينة دمشق.

- يجري تركيب محطات قاعدية بين المحافظات، بحيث ترتبط كل محطة مع المحطة التي تليها على مسافة 50 كم بخط نظر LOS. ترتبط كل من هذه المحطات مع أقرب محطة قاعدية أساسية، إما بشكل مباشر أو عن طريق محطة قاعدية أخرى.
- يجري ربط مركزي تشغيل الشبكة الأول والثاني في مدينتي دمشق وحلب مع بعضهما بربط مباشر عن طريق ليف ضوئي بسعة STM-1. تجري خلاله عمليات تبادل البيانات Replication بين المركزين بحيث تكون هذه الوصلة مخصصة لذلك فقط. ويجري حجز ليف ضوئي ثاني بنفس السعة بين المركزين، يكون بمثابة خط ربط احتياط Redundancy.
- يجري ربط كل مركز من مركزي تشغيل الشبكة الأول NOC1 والثاني NOC2 مع أقرب نقطة تواجد POP في شبكة البيانات الوطنية PDN من خلال خطي ربط مباشرين من نوع Ethernet بسرعة 100 Mbps، بحيث يجري استخدام خط ربط واحد ويكون الخط الثاني في حالة احتياط للخط الأول (في هذه الحالة، يجب مراعاة أن تكون نقطة التواجد POP موجودة

[74] أنظر الملحق رقم (1).

في نفس المبنى مع مركز تشغيل الشبكة NOC)، كون الربط سيكون مباشر من مركز التشغيل إلى نقطة التواجد POP ويجب أن لا تزيد المسافة عن 100 m كحد أقصى.
حيث تشكل شبكة البيانات الوطنية PDN، الحامل الوسيط لحركة البيانات من مراكز خدمات المشتركين CSOs ومراكز إدارة الأعطال FMCs ومراكز الاتصال CCs، إلى مركزي تشغيل الشبكة NOCs في دمشق أو حلب.[75]

- يجري ربط كل مركز خدمة مشتركين CSO (80 مركز)، مع مركزي تشغيل الشبكة NOCs في دمشق أو حلب عن طريق الربط مع أقرب POP في شبكة PDN بواسطة دارتين مؤجرتين بسعة E1(2Mbps)، بحيث تكون إحداهما احتياط للدارة الأخرى، في حال زيادة الضغط أو في حال توقف الدارة الأولى عن العمل لأي سبب.
- يجري ربط كل مركز اتصال CC (5 مراكز)، مع مركزي تشغيل الشبكة NOCs في دمشق أو حلب عن طريق الربط مع أقرب POP في شبكة PDN بواسطة ثلاثة دارات مؤجرة 3*E1(2Mbps)، ودارة E1(2Mbps) إضافية، تعمل كدارة احتياط عند الحاجة.

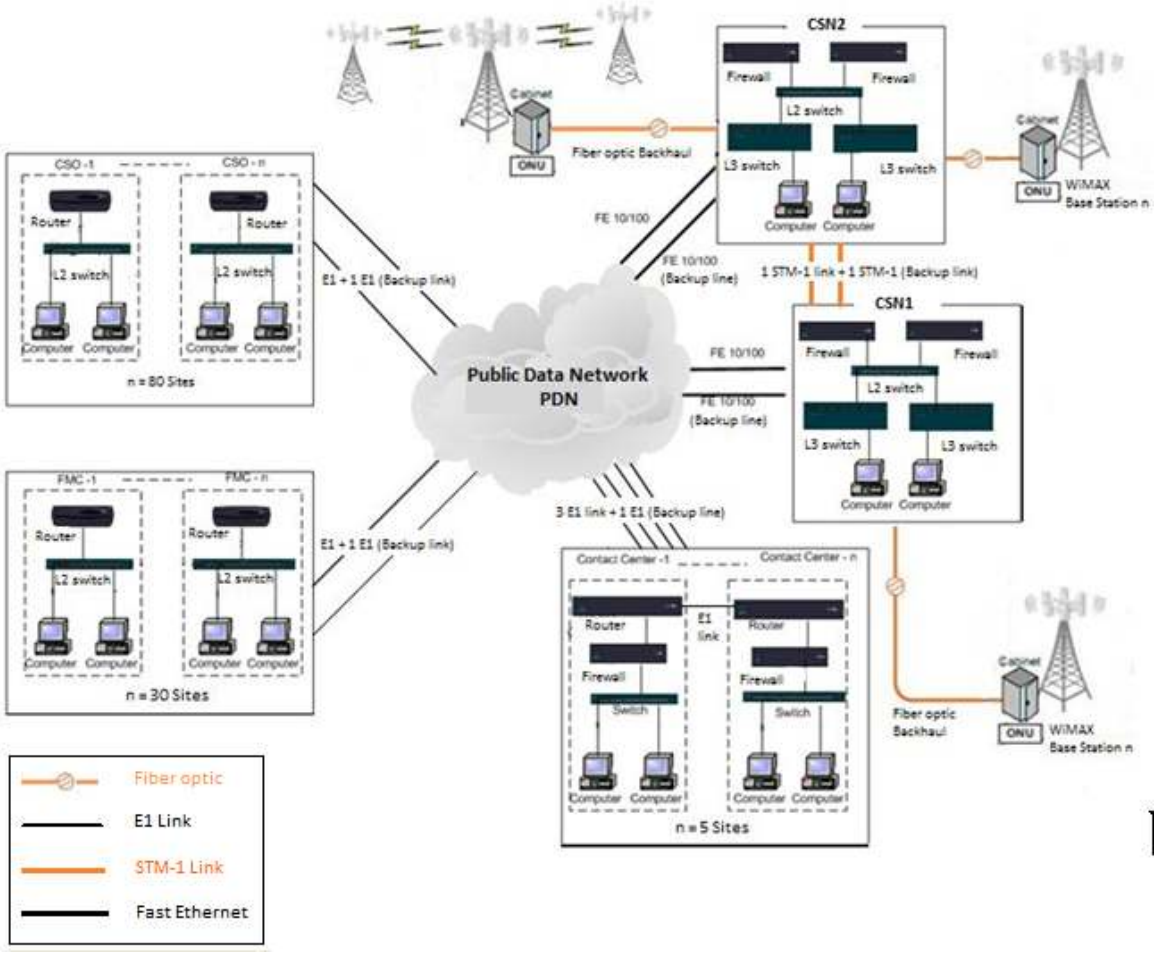
كما يجري ربط مراكز الاتصال الخمسة مع بعضها البعض بشكل مباشر من خلال دارات مؤجرة بسعة E1(2Mbps)، ليجري تمرير الحركة بين هذه المراكز في حال وجود ضغط أو مشغولية في أحد المراكز.

- يجري ربط كل مركز لإدارة أعطال الشبكة FMC (30 مركز)، مع مركزي تشغيل الشبكة NOCs في دمشق أو حلب عن طريق الربط مع أقرب POP في شبكة PDN بواسطة دارتين مؤجرتين بسعة E1(2Mbps)، بحيث تكون إحداهما احتياط للدارة الأخرى.

حيث تقوم شبكة تبادل البيانات الوطنية في سوريا PDN، على جزأين أساسيين، الجزء الأول هو مركز الشبكة Core، حيث يوجد أكثر من مركز للشبكة (دمشق–حلب) ترتبط مع بعضها بألياف ضوئية بسعات عالية STM-16. والجزء الثاني هو نقاط التواجد POPs، حيث يرتبط مع كل مركز للشبكة Core عدد كبير من نقاط التواجد POPs في جميع المحافظات السورية.[76]

[75] أنظر الملحق رقم (4).
[76] الشركة السورية للاتصالات. (أيار، 2005). الإنترنت عبر شبكة البيانات الوطنية PDN. تقرير برنامج دعم قطاع الاتصالات في سوريا TSSP.

وفقاً للتصور النهائي لهيكلية الشبكة وآلية الترابط الشبكي التي جرى اقتراحها، نُبين في الشكل رقم (10.2) أدناه، تمثيلاً لمختلف عناصر ومكونات شبكة WiMAX في سوريا، والترابط الشبكي فيما بينها وفق الهيكلية المُقترحة.



الشكل (10.2): الترابط الشبكي بين عناصر ومكونات شبكة WiMAX في سوريا، وفق التصور للمشروع المقترح

7.2. محاكاة شبكة WiMAX :

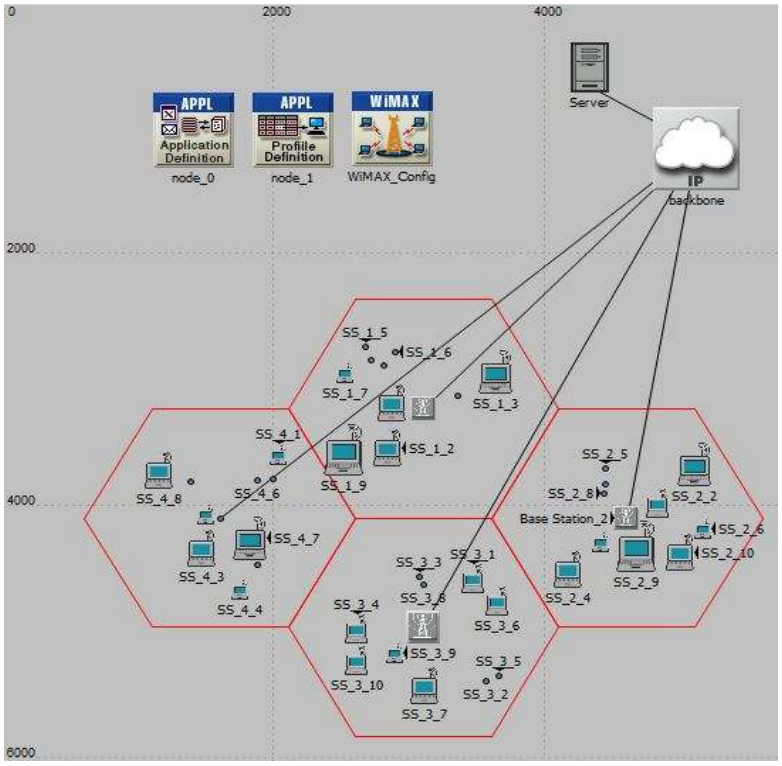
قُمنا في هذه الدراسة بمحاكاة شبكة WiMAX واختبار عدد من محددات الأداء وجودة الخدمة QoS، باستخدام إحدى أدوات المحاكاة المناسبة لذلك.

حيث جرى إجراء المحاكاة لثمانية سيناريوهات باستخدام تطبيقي HTTP و VoIP، في شبكات WiMAX متوسطة وكبيرة، بهدف اختبار ومقارنة بعض محددات الأداء وجودة الخدمة في الشبكة، مثل الإنتاجية throughput، التأخير الزمني transmission delay، والحمل load. حيث يجري في السيناريوهات الأربعة الأولى اختبار ومقارنة هذه المحددات باستخدام تطبيق HTTP. ويجري في السيناريوهات الأربعة التالية اختبار ومقارنة المحددات ذاتها في الشبكة باستخدام تطبيق VoIP، وذلك وفقاً لاختلاف عدد المحطات القاعدية ومحطات المشتركين في كل سيناريو.

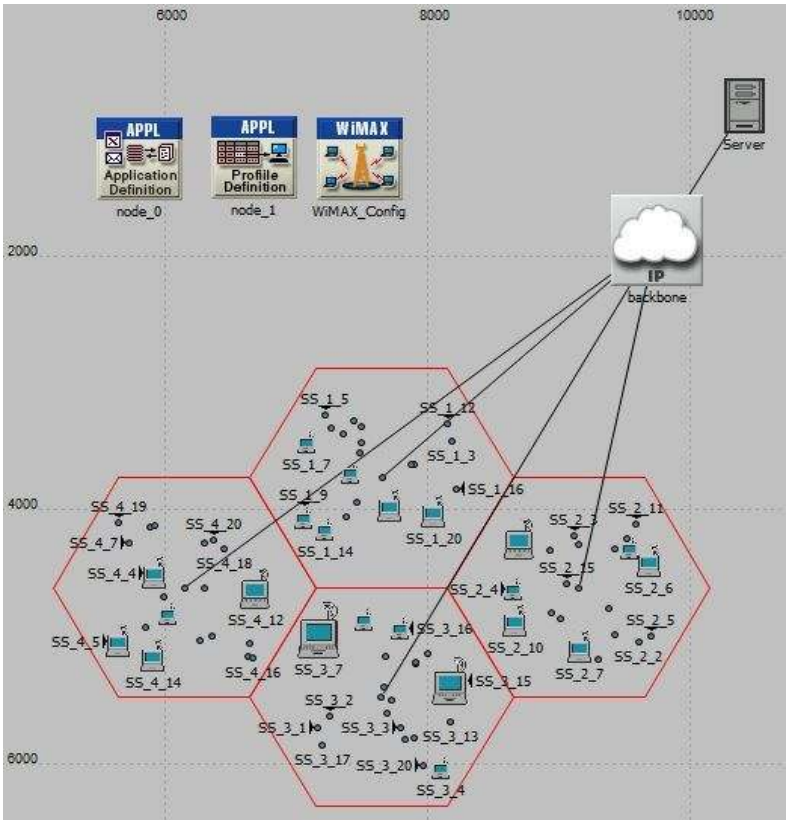
أداة المحاكاة :

لإجراء هذه المحاكاة قُمنا باستخدام إحدى الأدوات الهامة في هذا المجال، وهي برنامج OPNET Modeler v14.5 (Optimized Network Engineering Tool)، الذي يعتبر من أقوى البرمجيات المستخدمة في نمذجة ومحاكاة السلوك العام الحقيقي للشبكات السلكية واللاسلكية.

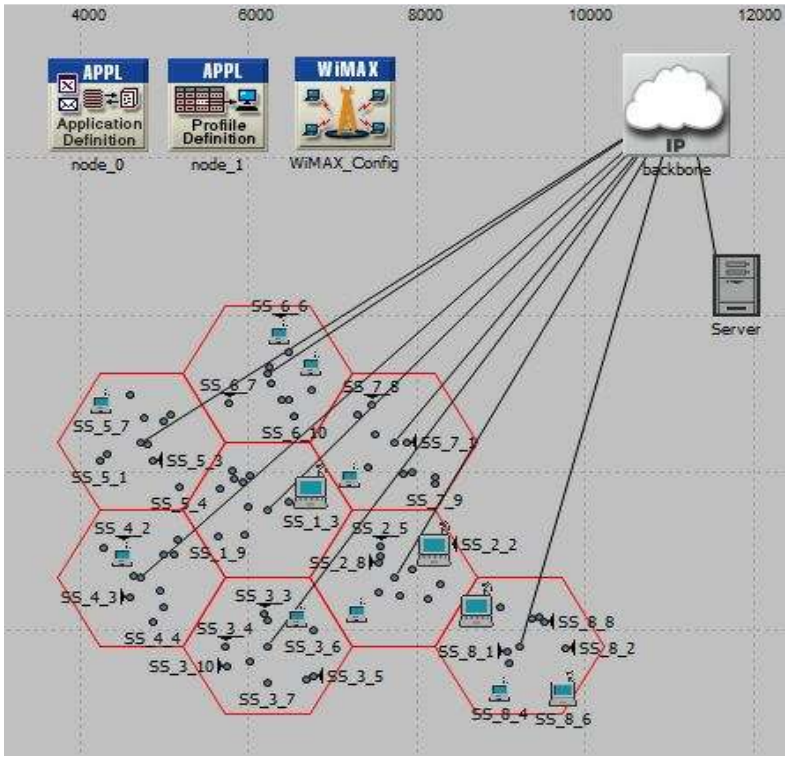
يضم السيناريو الأول 4 محطات قاعدية يرتبط بكل منها 10 محطات مشتركين، كما في الشكل (11.2). قُمنا في السيناريو الثاني بمضاعفة عدد محطات المشتركين المرتبطين بكل محطة قاعدية ليصبح لدينا 4 محطات قاعدية يرتبط بكل منها 20 محطة مشترك، كما في الشكل (12.2). أيضاً جرى في السيناريو الثالث مضاعفة عدد المحطات القاعدية لتصبح 8 محطات قاعدية يرتبط بكل منها 10 محطات مشتركين، الشكل (13.2). كما جرى في السيناريو الرابع أيضاً زيادة عدد محطات المشتركين مرة أخرى ليصبح لدينا 8 محطات قاعدية يرتبط بكل منها 30 محطة مشتركين، الشكل (14.2).



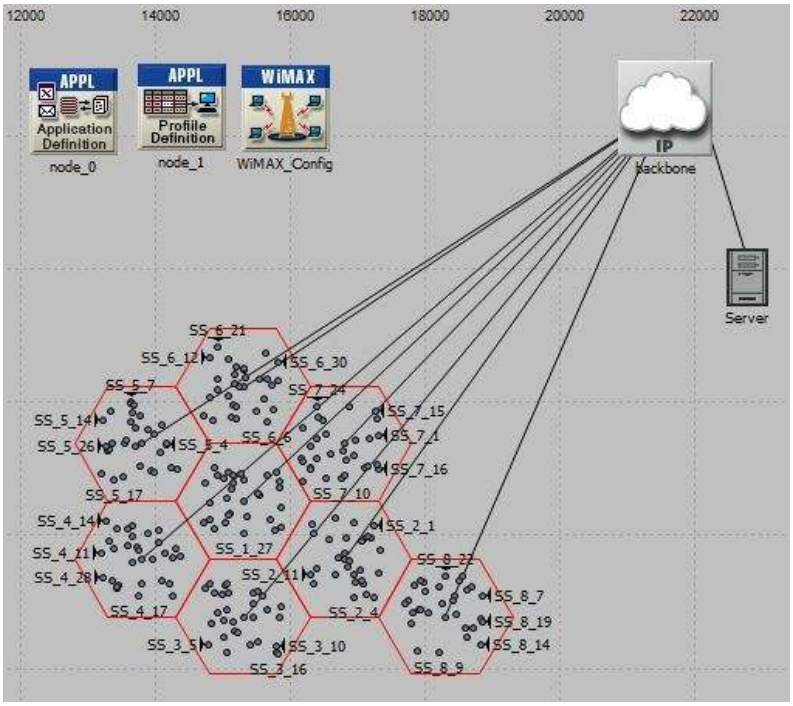
الشكل (11.2): السيناريو الأول Scenario_4BS_40SS



الشكل (12.2): السيناريو الثاني Scenario_4BS_80SS



الشكل (13.2): السيناريو الثالث Scenario_8BS_80SS

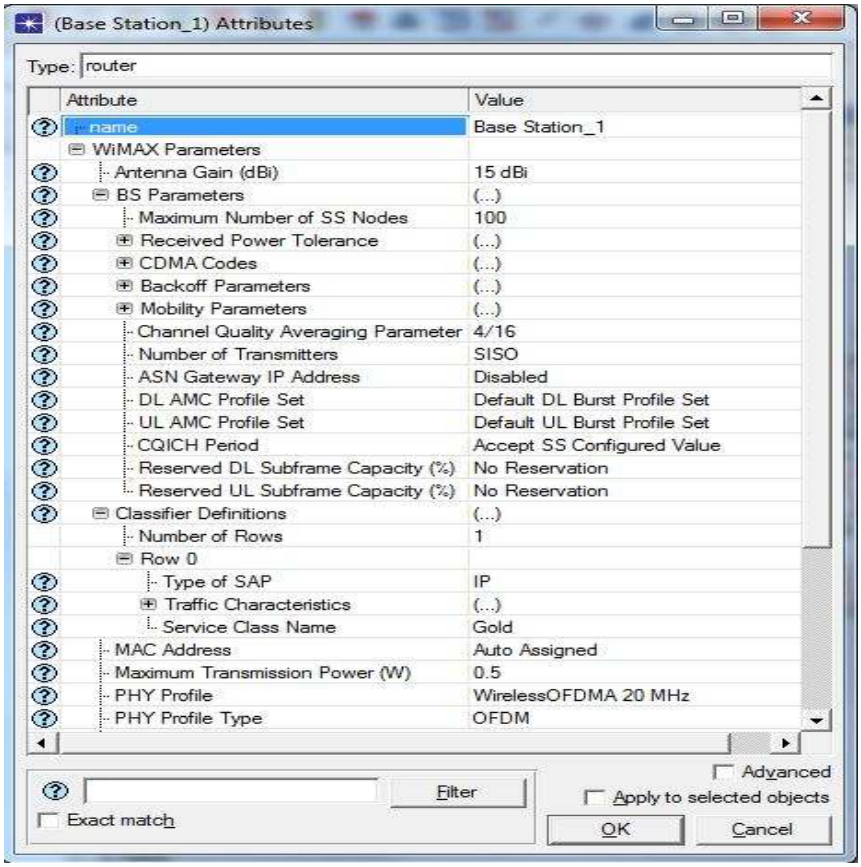


الشكل (14.2): السيناريو الرابع Scenario_8BS_240SS

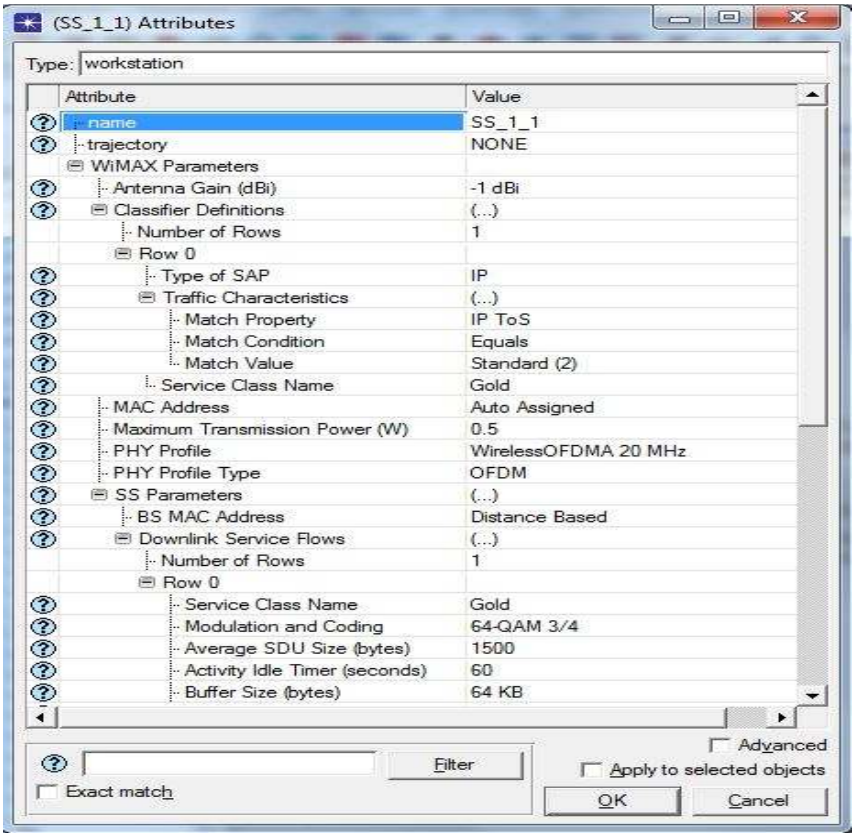
1.7.2. اختبار ومقارنة المحددات مع تطبيق HTTP:

قُمنا باختبار ومقارنة كل من المحددات الثلاثة (Delay – Throughput – Load) في الشبكة من خلال أربعة سيناريوهات مختلفة. يتألف كل سيناريو من عدد من المحطات القاعدية BS، ومحطات المشتركين SS، ومخدم يعمل وفق تطبيق HTTP، ومجموعة من الروابط بين محطات المشتركين والمحطات القاعدية وبين المحطات القاعدية والمخدم، بالإضافة إلى ملفات الإعدادات اللازمة لإدارة وتنظيم عمل الشبكة وهي:
(WiMAX Config - Profile Definition - Application Definition).

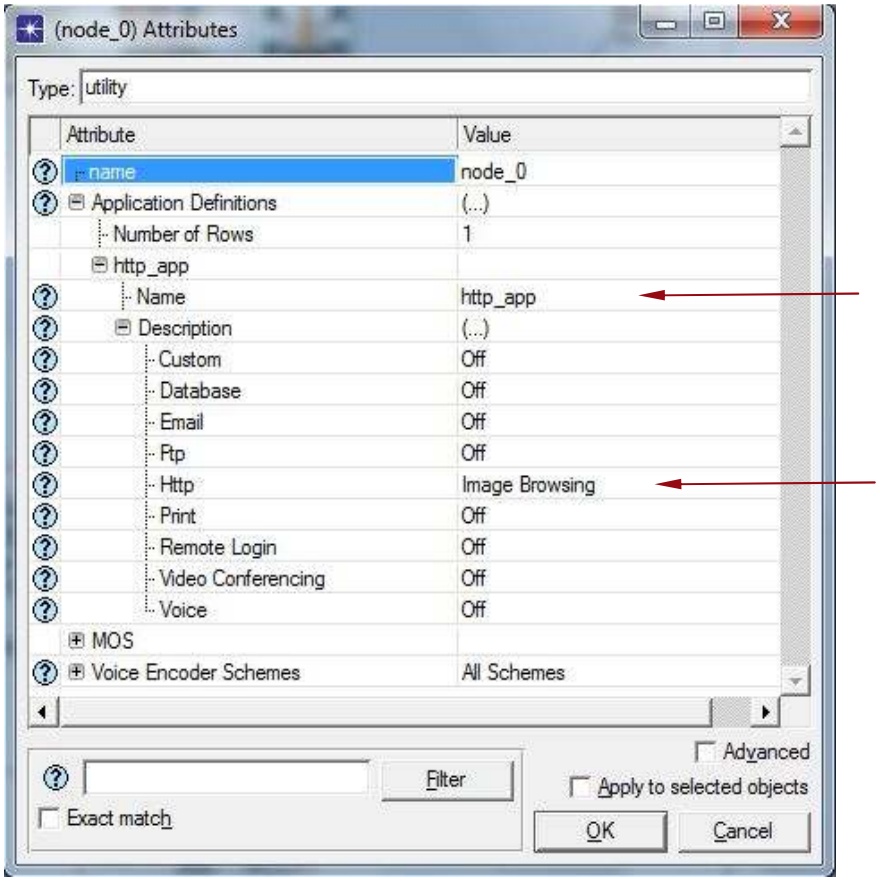
يُبين الشكل (15.2) الإعدادات التي جرى تحديدها للمحطات القاعدية في السيناريوهات الأربعة، كما يبين الشكل (16.2) الإعدادات التي جرى اعتمادها لمحطات المشتركين، ويبين الشكل (17.2) إعدادات ملف Application Definition، ويبين الشكل (18.2) إعدادات ملف WiMAX Config الذي يُنَظم آلية عمل الشبكة في كل سيناريو،.



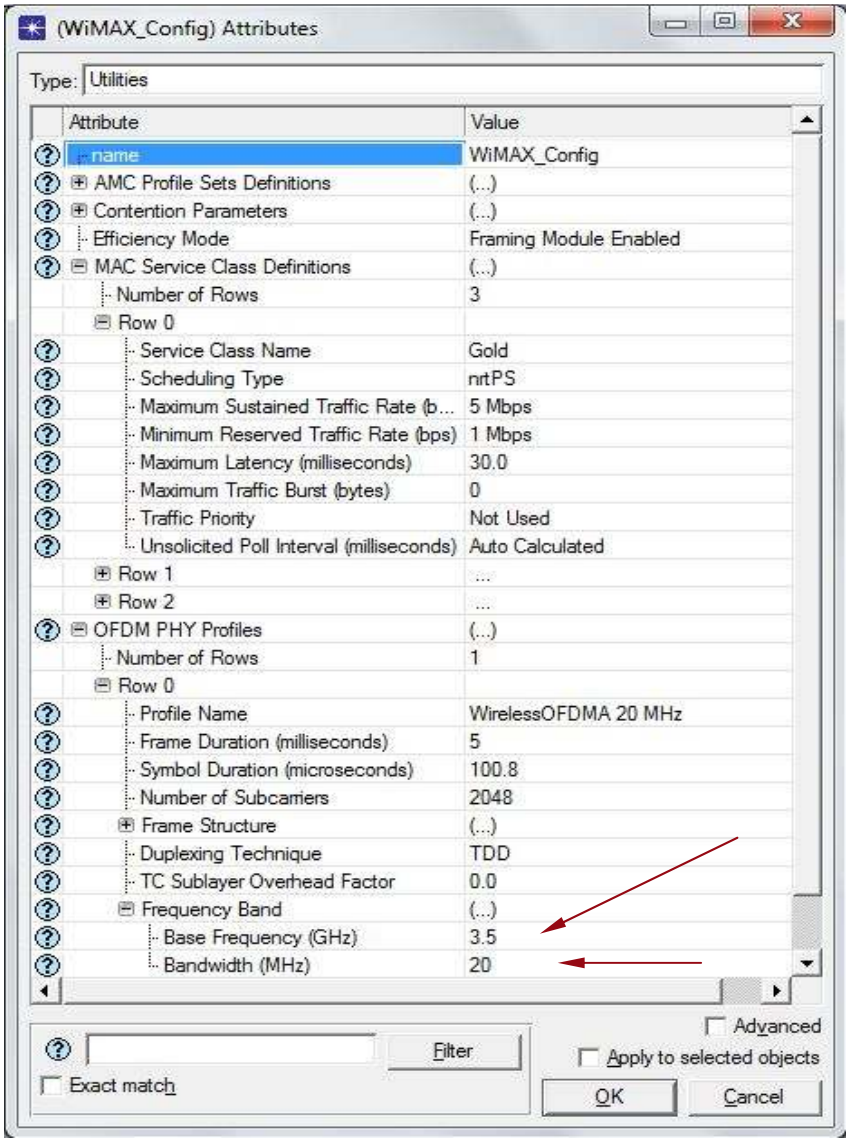
الشكل (15.2): إعدادات المحطات القاعدية مع تطبيق HTTP



الشكل (16.2): إعدادات محطات المشتركين مع تطبيق HTTP



الشكل (17.2): إعدادات ملف Application Definition مع تطبيق HTTP

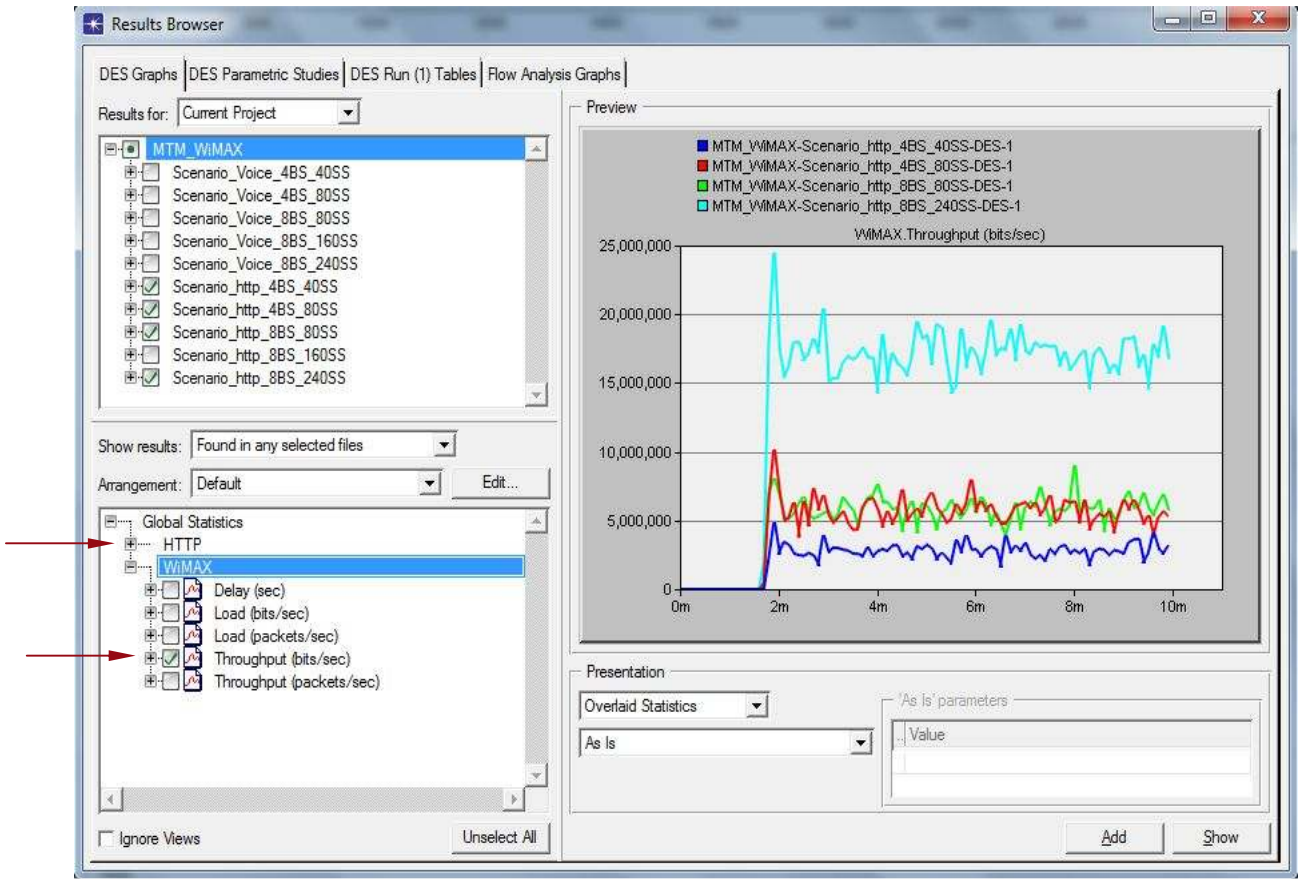


الشكل (18.2): إعدادات ملف WiMAX Config مع تطبيق HTTP

قُمنا بتشغيل المحاكاة في كل سيناريو لمدة عشر دقائق وجرى الحصول على النتائج التالية:

1- الإنتاجية Throughput :

يُبين الشكل (19.2) نتيجة اختبار ومقارنة محدد الإنتاجية في كل من السيناريوهات الأربعة.



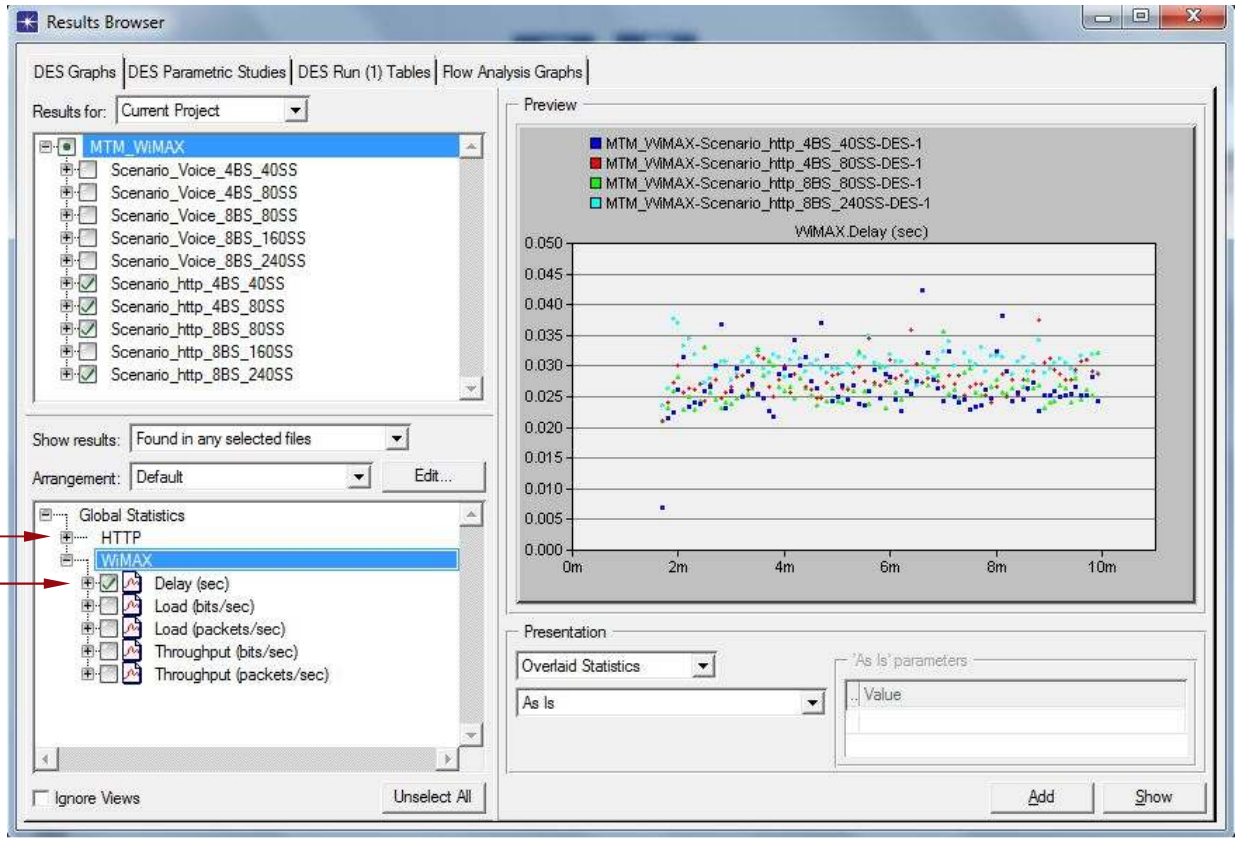
الشكل (19.2): نتيجة اختبار ومقارنة محدد الإنتاجية في السيناريوهات الأربعة في حالة تطبيق HTTP

لاحظنا من نتيجة المحاكاة على محدد الإنتاجية في حالة تطبيق HTTP كما يظهر في الشكل أعلاه. أنه في السيناريو الأول بلغت الإنتاجية حوالي 5Mbps، وعندما قمنا في السيناريو الثاني بزيادة عدد محطات المشتركين بمقدار الضعف لتصبح 80 محطة بدلاً من 40 محطة والإبقاء على 4 محطات قاعدية، فقد زادت الإنتاجية بمقدار الضعف تقريباً عن السيناريو الأول. ولاحظنا أننا عندما قمنا بزيادة عدد المحطات القاعدية في السيناريو الثالث بمقدار الضعف لتصبح 8 محطات قاعدية بدلاً من 4 محطات و 80 محطة مشترك، فإن الإنتاجية لم تختلف كثيراً عن السيناريو الثاني الذي استخدمنا فيه 4 محطات قاعدية. كما لاحظنا أننا عندما قمنا بزيادة عدد محطات المشتركين لتصبح 240 محطة ترتبط

مع 8 محطات قاعدية فقد زادت الإنتاجية بشكل ملحوظ بمقدار ضعفين ونصف تقريباً عن السيناريو الثالث.

2- التأخير الزمني Delay :

يُبين الشكل (20.2) نتيجة اختبار ومقارنة التأخير الزمني في كل من السيناريوهات الأربعة.

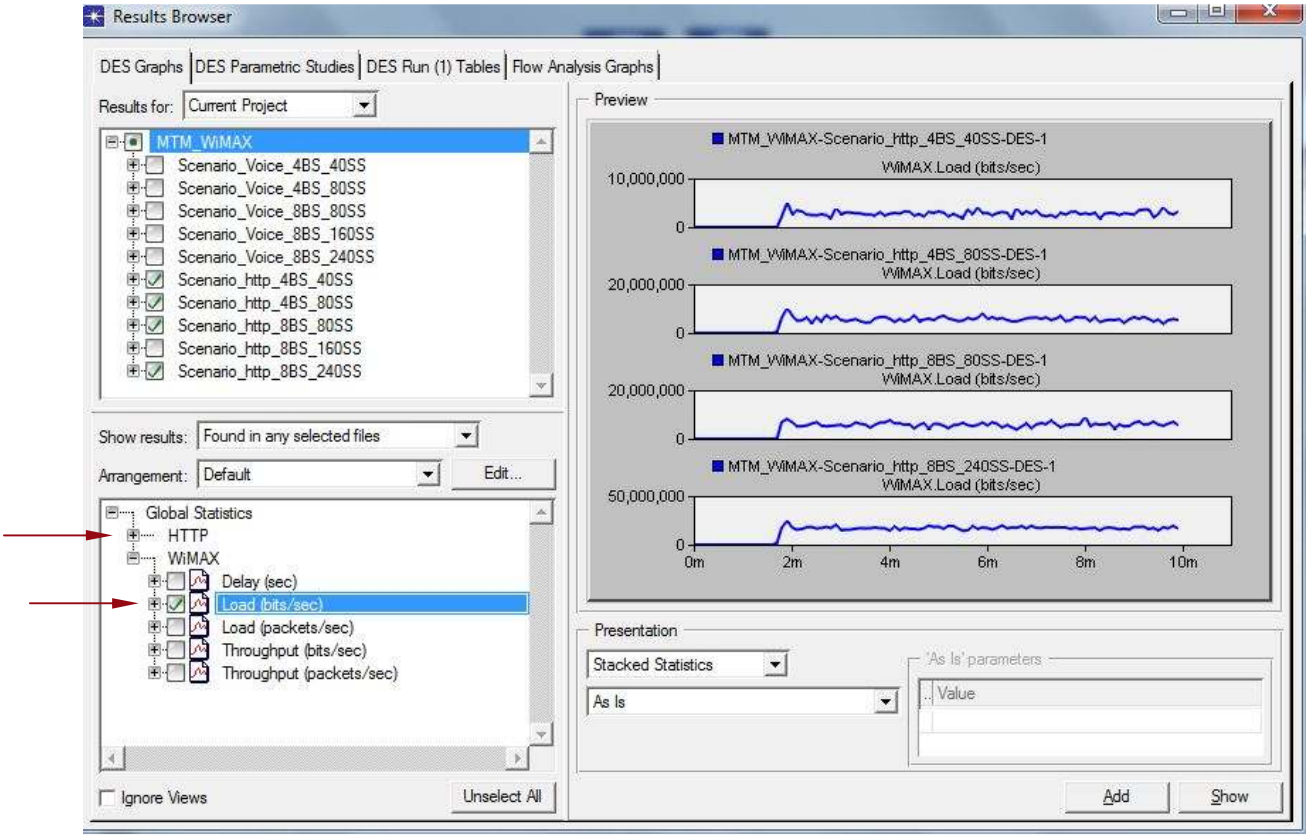


الشكل (20.2): نتيجة اختبار ومقارنة محدد التأخير الزمني في السيناريوهات الأربعة في حالة تطبيق HTTP

لاحظنا من نتيجة المحاكاة على محدد التأخير الزمني، أن السيناريو الثاني حقق تأخير زمني أكبر من السيناريو الأول عندما زدنا عدد محطات المشتركين إلى 80 محطة وأبقينا على 4 محطات قاعدية. بينما حقق السيناريو الثالث تأخير زمني أقل من السيناريو الأول والثاني عندما زدنا عدد المحطات القاعدية إلى 8 محطات مع 80 محطة مشترك. وتحقق أكبر تأخير زمني في السيناريو الرابع بوجود 8 محطات قاعدية و 240 محطة مشترك.

3- الحمل Load :

يُبين الشكل (21.2) أدناه نتيجة اختبار ومقارنة الحمل في كل من السيناريوهات الأربعة.



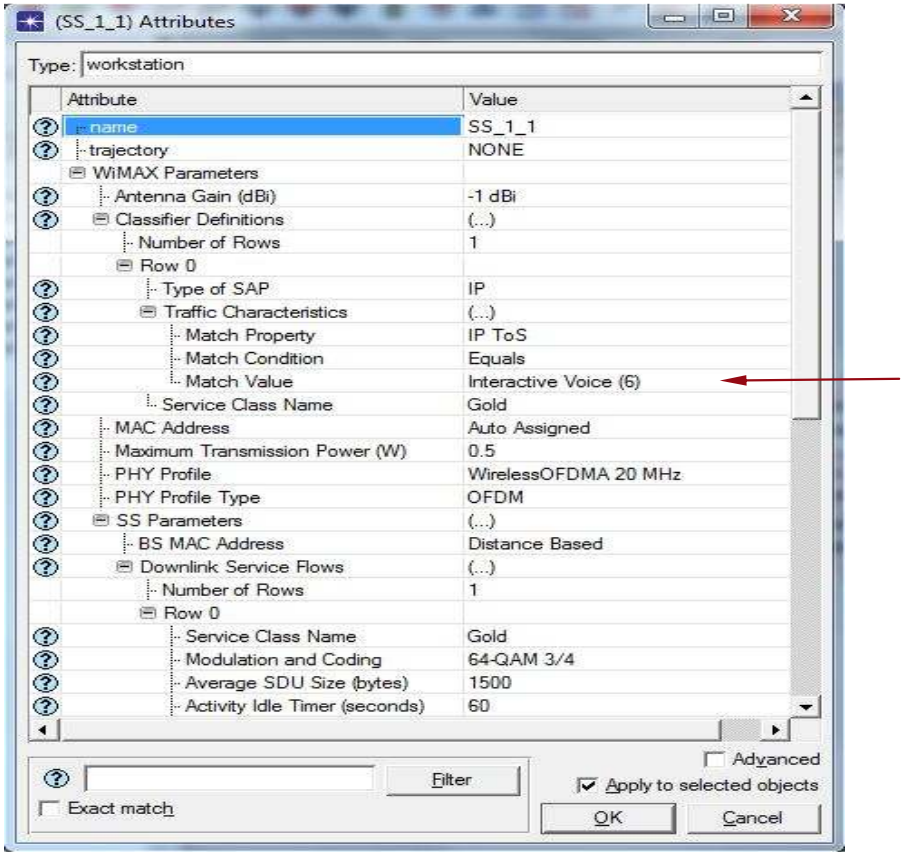
الشكل (21.2): نتيجة اختبار ومقارنة محدد الحمل في السيناريوهات الأربعة في حالة تطبيق HTTP

لاحظنا من نتيجة المحاكاة على محدد الحمل كما يظهر في الشكل أعلاه، أن الحمل زاد في السيناريو الثاني بمقدار الضعف تقريباً عن السيناريو الأول عندما قمنا بزيادة عدد محطات المشتركين إلى 80 محطة بدلاً من 40 محطة والإبقاء على 4 محطات قاعدية. و لاحظنا أننا عندما قمنا بزيادة عدد المحطات القاعدية في السيناريو الثالث بمقدار الضعف لتصبح 8 محطات قاعدية و 80 محطة مشترك، فإن الحمل لم يختلف كثيراً عن السيناريو الثاني الذي استخدمنا فيه 4 محطات قاعدية. كما زاد الحمل بشكل كبير في السيناريو الرابع عندما قمنا بزيادة عدد محطات المشتركين لتصبح 240 محطة ترتبط مع 8 محطات قاعدية.

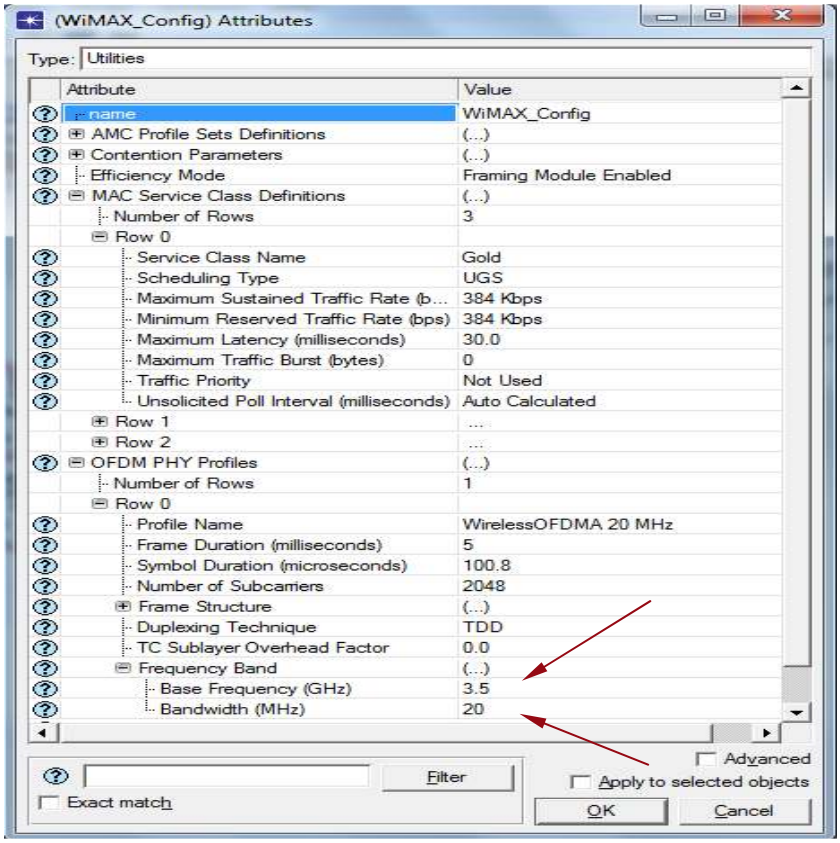
2.7.2. اختبار ومقارنة المحددات مع تطبيق VoIP:

قمنا باختبار ومقارنة كل من المحددات الثلاثة (Delay – Throughput – Load) في الشبكة مرة أخرى من خلال السيناريوهات الأربعة، ولكن مع تطبيق VoIP.

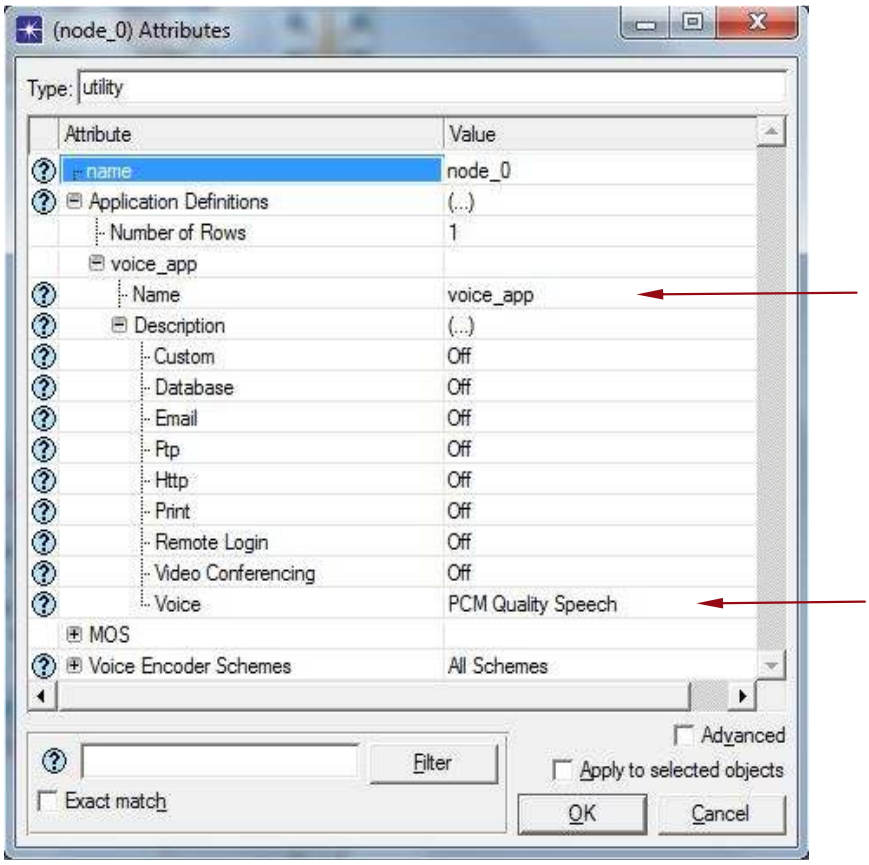
يُبين الشكل (22.2) الإعدادات التي جرى اعتمادها لمحطات المشتركين، ويُبين الشكل (23.2) إعدادات ملف WiMAX Config الذي ينظم آلية عمل الشبكة في كل سيناريو، كما يُبين الشكل (24.2) إعدادات ملف Application Definition، بينما تبقى الإعدادات لملف المحطات القاعدية ذاتها.



الشكل (22.2): إعدادات محطات المشتركين مع تطبيق VoIP



الشكل (23.2): إعدادات ملف WiMAX Config مع تطبيق VoIP

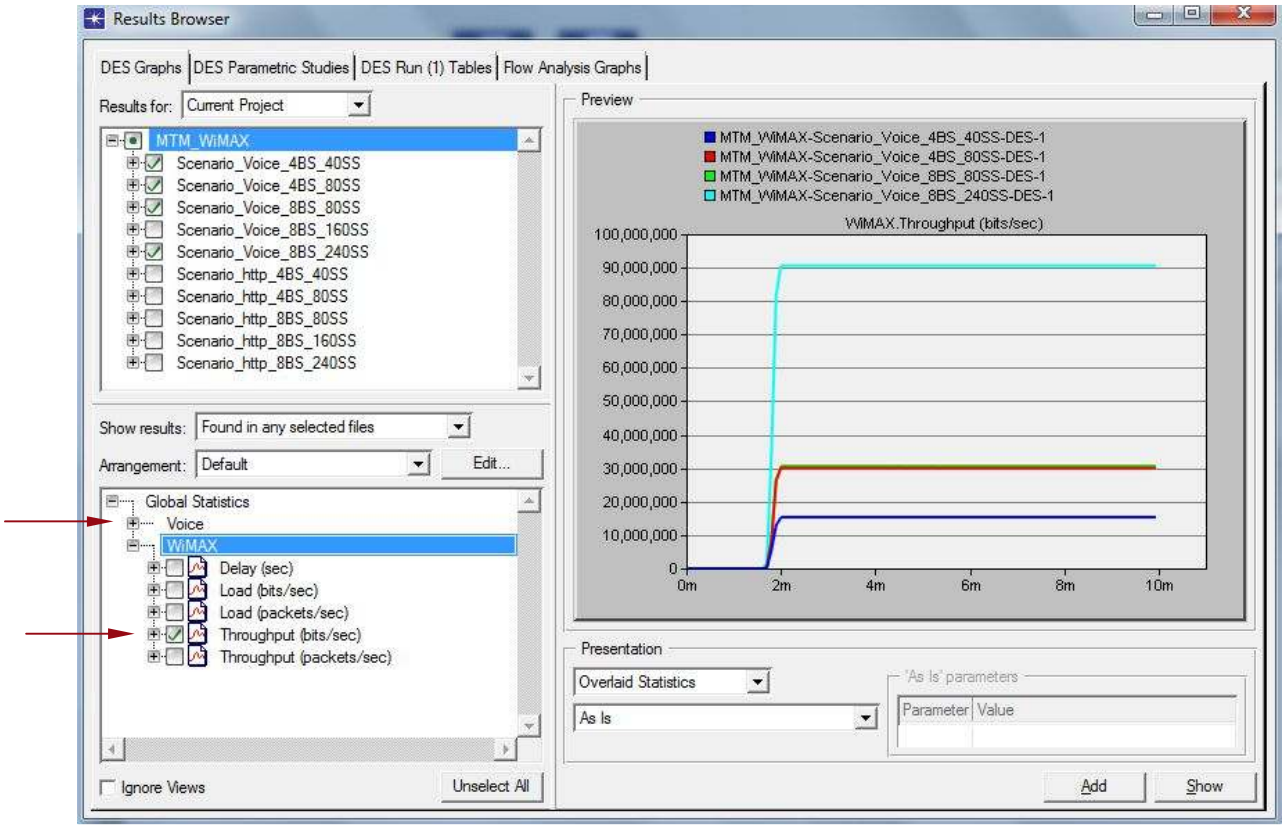


الشكل (24.2): إعدادات ملف Application Definition مع تطبيق VoIP

قُمنا أيضاً بتشغيل المحاكاة في كل سيناريو لمدة عشر دقائق وجرى الحصول على النتائج التالية:

1- الإنتاجية Throughput :

يُبين الشكل (25.2) نتيجة اختبار ومقارنة الإنتاجية في كل من السيناريوهات الأربعة.



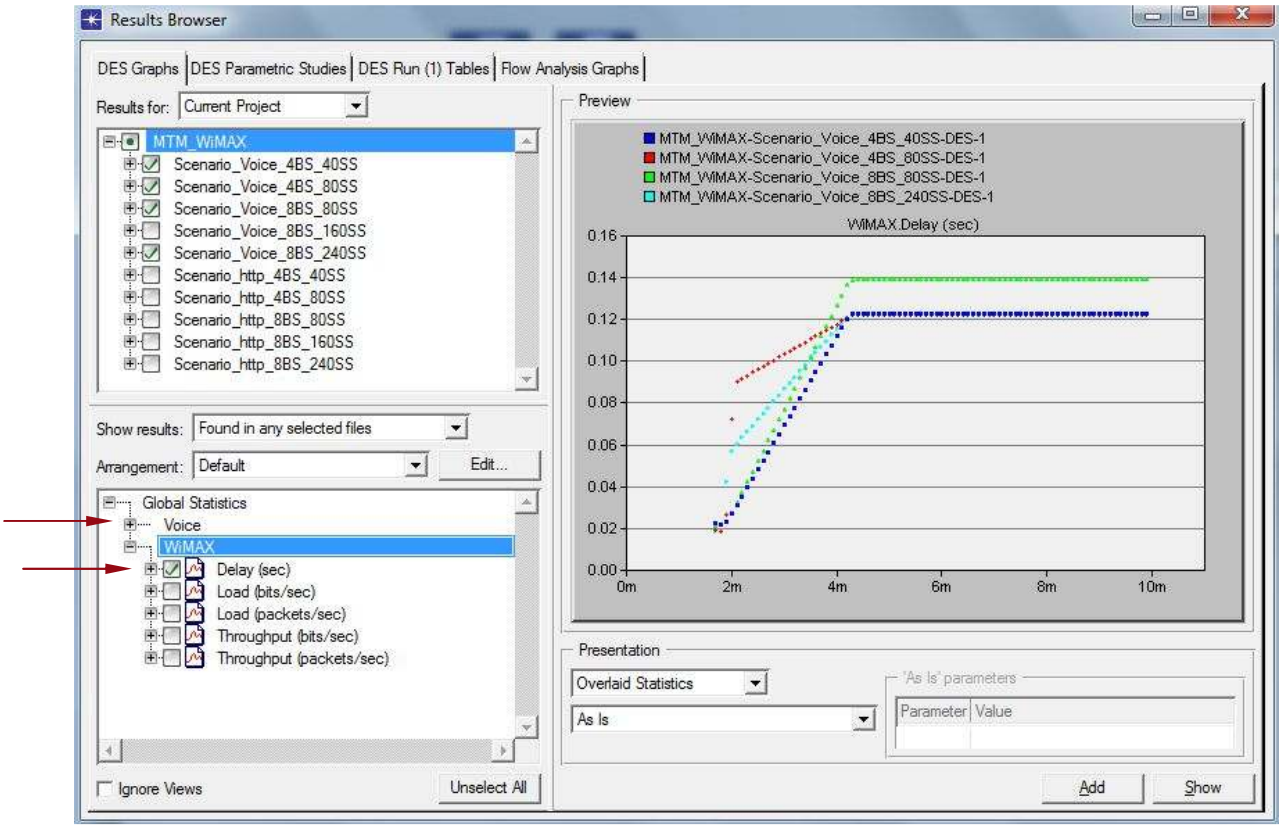
الشكل (25.2): نتيجة اختبار ومقارنة محدد الإنتاجية في السيناريوهات الأربعة في حالة تطبيق VoIP

بينت نتيجة المحاكاة على محدد الإنتاجية في حالة تطبيق VoIP، أن الإنتاجية في السيناريو الأول بلغت حوالي 15Mbps في حالة 4 محطات قاعدية و40 محطة مشترك، وعندما قمنا في السيناريو الثاني بزيادة عدد محطات المشتركين بمقدار الضعف لتصبح 80 محطة بدلاً من 40 محطة والإبقاء على 4 محطات قاعدية، فقد زادت الإنتاجية بمقدار الضعف تقريباً عن السيناريو الأول. و لاحظنا أننا عندما قمنا بزيادة عدد المحطات القاعدية في السيناريو الثالث بمقدار الضعف لتصبح 8 محطات قاعدية بدلاً من 4 محطات و 80 محطة مشترك، فإن الإنتاجية لم تختلف كثيراً عن السيناريو الثاني الذي استخدمنا فيه 4 محطات قاعدية. كما لاحظنا أننا عندما قمنا بزيادة عدد محطات المشتركين لتصبح 240

محطة ترتبط مع 8 محطات قاعدية فقد زادت الإنتاجية بشكل ملحوظ بمقدار ضعفين ونصف تقريباً عن السيناريو الثالث وبلغت أكثر من 90Mbps.

2- التأخير الزمني Delay :

يُبين الشكل (26.2) نتيجة اختبار ومقارنة التأخير الزمني في كل من السيناريوهات الأربعة.

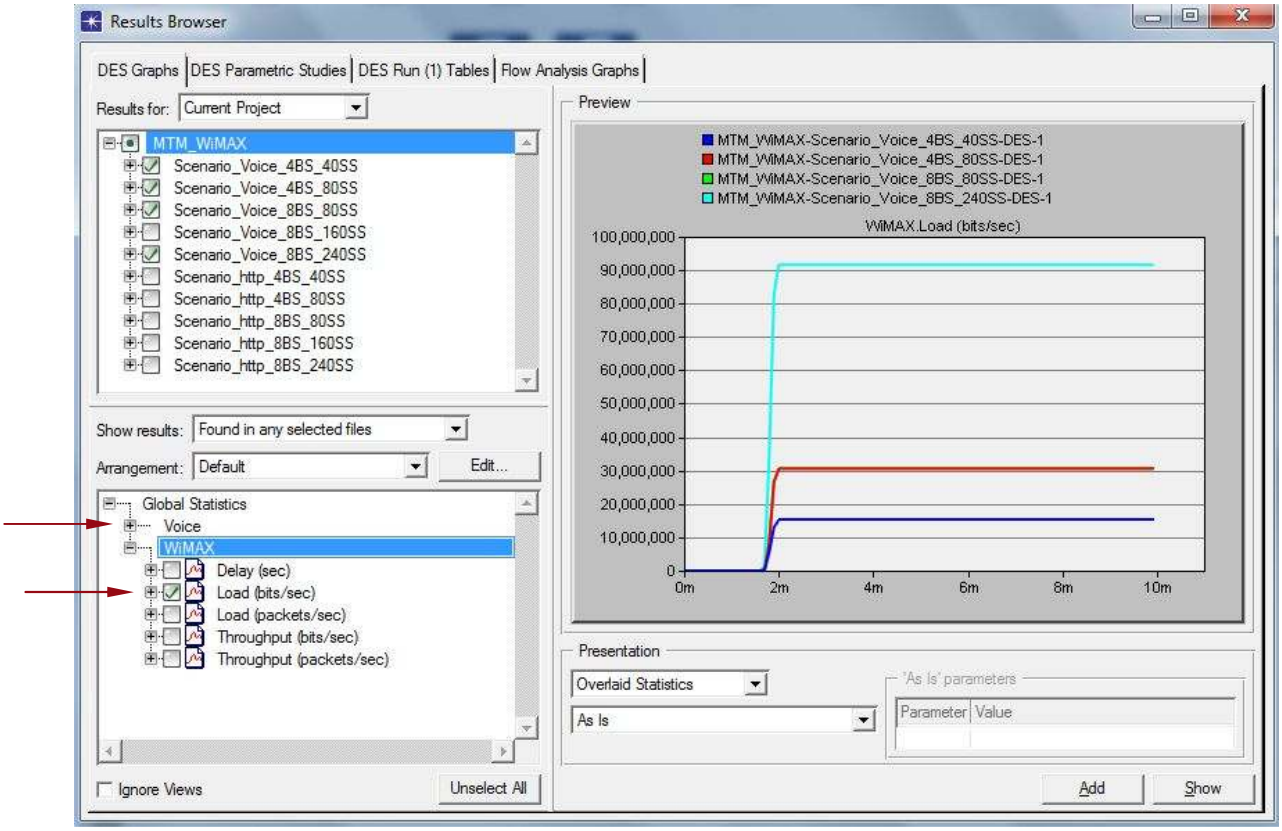


الشكل (26.2): نتيجة اختبار ومقارنة محدد التأخير الزمني في السيناريوهات الأربعة في حالة تطبيق VoIP

بينت نتيجة المحاكاة على محدد التأخير الزمني في حالة تطبيق VoIP، أن السيناريو الأول والثاني والرابع حققوا تقريباً معدل تأخير زمني متقارب جداً في معظم مراحل المحاكاة، بينما حقق السيناريو الثالث تأخير زمني أكبر من السيناريوهات الثلاثة الباقية عندما زدنا عدد المحطات القاعدية إلى 8 محطات مع 80 محطة مشترك.

3- الحمل Load :

يُبين الشكل (27.2) أدناه نتيجة اختبار ومقارنة الحمل في كل من السيناريوهات الأربعة.



الشكل (27.2): نتيجة اختبار ومقارنة محدد الحمل في السيناريوهات الأربعة في حالة تطبيق VoIP

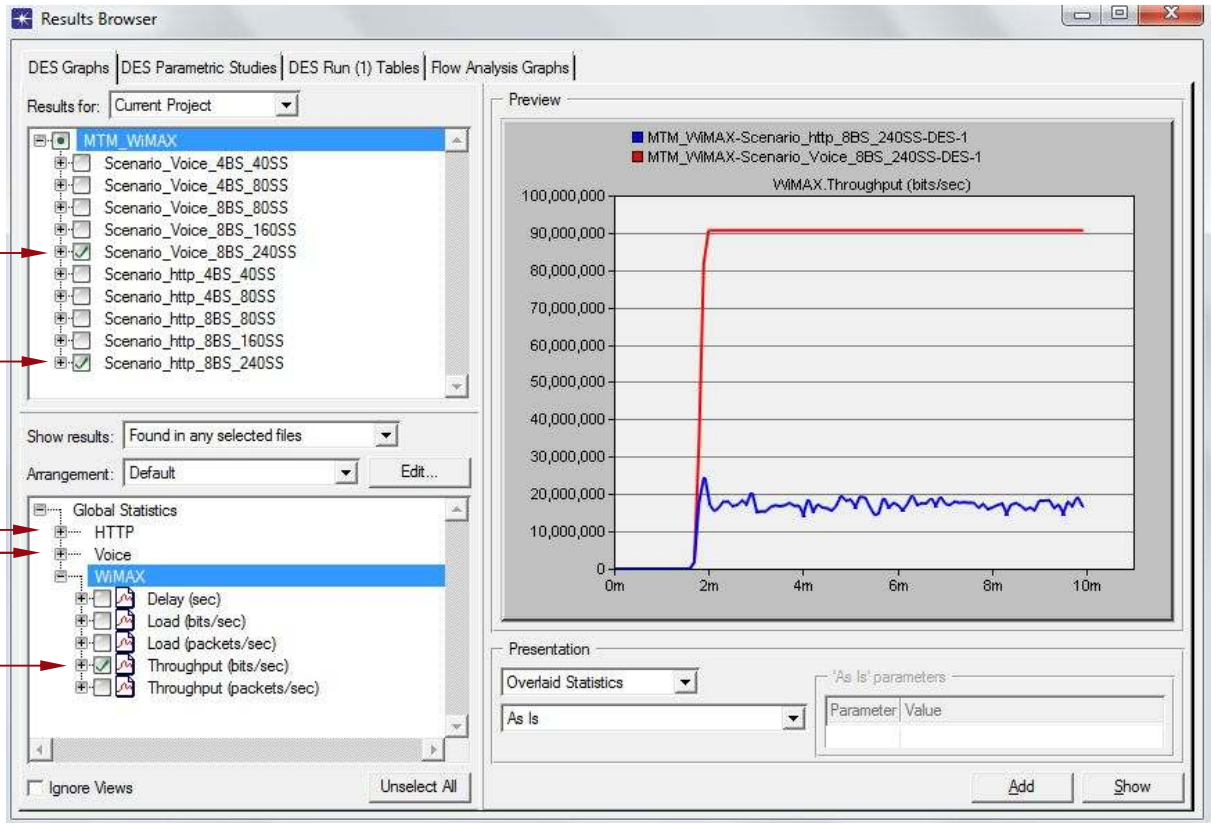
لاحظنا من نتيجة المحاكاة على محدد الحمل في حالة تطبيق VoIP كما يظهر في الشكل أعلاه، أن الحمل زاد في السيناريو الثاني بمقدار الضعف تقريباً عن السيناريو الأول عندما قمنا بزيادة عدد محطات المشتركين إلى 80 محطة بدلاً من 40 محطة والإبقاء على 4 محطات قاعدية. و لاحظنا أننا عندما قمنا بزيادة عدد المحطات القاعدية في السيناريو الثالث بمقدار الضعف لتصبح 8 محطات قاعدية و 80 محطة مشترك، فإن الحمل لم يختلف كثيراً عن السيناريو الثاني الذي استخدمنا فيه 4 محطات قاعدية. كما زاد الحمل بشكل كبير في السيناريو الرابع عندما قمنا بزيادة عدد محطات المشتركين لتصبح 240 محطة ترتبط مع 8 محطات قاعدية.

لاحظنا من نتيجة المحاكاة على كافة السيناريوهات بالنسبة لتطبيقي HTTP و VoIP، أن النتائج تقاربت من حيث الشكل العام بين التطبيقين، ولكن النسب تفاوتت بشكل ملحوظ بين كل من التطبيقين من أجل كل سيناريو بالنسبة لكل محدد من محددات الأداء وجودة الخدمة التي جرى اختبارها (Delay – Throughput – Load).

كمثال على تقارب النتائج واختلاف النسب بين التطبيقين من أجل كل سيناريو، سنقارن فيما يلي نتائج محاكاة كل محدد من المحددات الثلاثة في السيناريو الرابع مع كل من تطبيقي HTTP و VoIP، حيث يتألف هذا السيناريو من 8 محطات قاعدية و 240 محطة مشترك، حيث يرتبط بكل محطة قاعدية 30 محطة مشترك.

1- الإنتاجية :

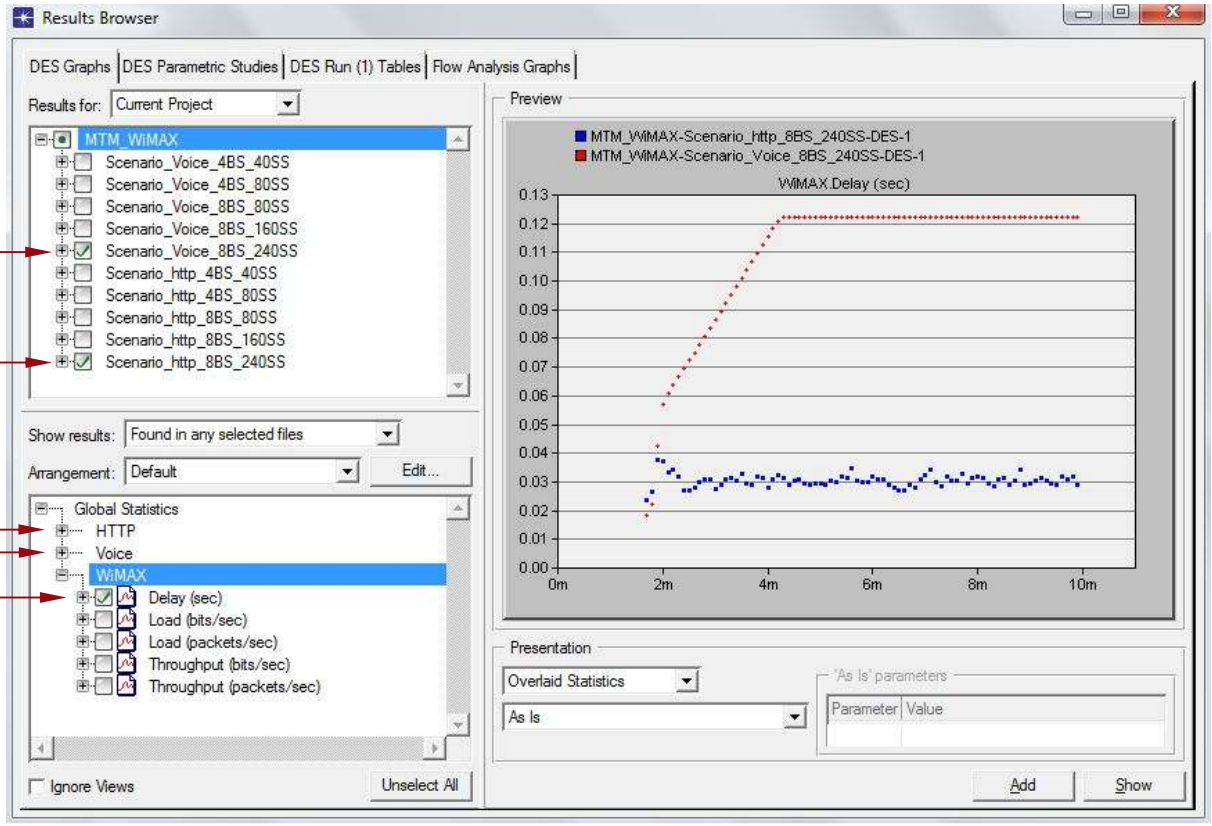
بينت نتيجة المحاكاة على محدد الإنتاجية في السيناريو الرابع بالنسبة للتطبيقين بنفس الشروط والمواصفات للمحطات القاعدية ومحطات المشتركين، أن الإنتاجية في حالة تطبيق HTTP بلغت حوالي 25Mbps، بينما زادت عن ذلك كثيراً مع تطبيق VoIP حيث بلغت أكثر من 90Mbps. كما هو مبين في الشكل (28.2) أدناه.



الشكل (28.2): نتيجة اختبار ومقارنة محدد الإنتاجية في السيناريو الرابع مع كل من تطبيقي HTTP و VoIP.

2- التأخير الزمني :

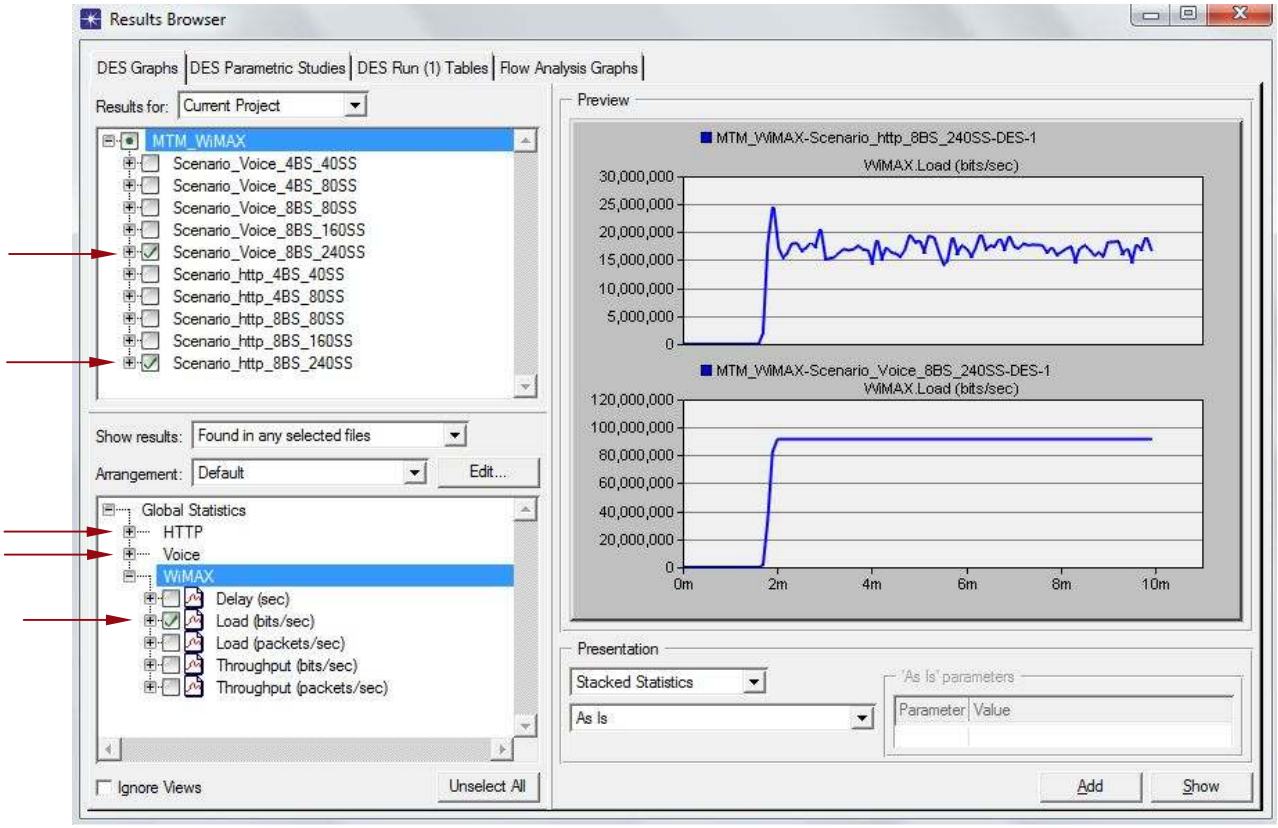
أظهرت نتيجة المحاكاة على محدد التأخير الزمني في السيناريو الرابع بالنسبة للتطبيقين، أن التأخير الزمني في حالة تطبيق HTTP أقل منه في حالة تطبيق VoIP وفق نفس الشروط والمواصفات للمحطات القاعدية ومحطات المشتركين. كما هو مبين في الشكل (29.2) أدناه.



الشكل (29.2): نتيجة اختبار ومقارنة محدد التأخير الزمني في السيناريو الرابع مع كل من تطبيقي HTTP و VoIP.

3- الحمل :

أظهرت نتيجة المحاكاة على محدد الحمل في السيناريو الرابع بالنسبة للتطبيقين، أن الحمل في حالة تطبيق HTTP كان أيضاً أقل منه في حالة تطبيق VoIP وفق نفس الشروط والمواصفات للمحطات القاعدية ومحطات المشتركين. كما هو مُبين في الشكل (30.2) أدناه.



الشكل (30.2): نتيجة اختبار ومقارنة محدد الحمل في السيناريو الرابع مع كل من تطبيقي HTTP و VoIP.

8.2 دراسة الجدوى الاقتصادية للمشروع:

سنقوم بدراسة الجدوى الاقتصادية للمشروع خلال خمس سنوات وفقاً لمواصفات النظام التي جرى تحديدها في المشروع المقترح، ووفقاً لعدد مشتركي الشبكة المحتملين، مع الأخذ بعين الاعتبار طلبات المستخدمين على مختلف فئات السعات.

سيجري في نهاية هذه الدراسة احتساب صافي الأرباح خلال السنوات الخمسة ومن ثم استنتاج القيمة الحالية الصافية للمشروع NPV للتأكد أن المشروع مجدي من الناحية الاقتصادية، اعتماداً على معدل خصم بنسبة 10%.

سنعتبر في دراسة الجدوى الاقتصادية، وعلى ضوء الجدول الزمني الذي جرى تحديده لتنفيذ كافة مراحل المشروع، أن المرحلة الاستثمارية ستبدأ بعد المشروع التجريبي مباشرةً. حيث سيجري خلال السنة الأولى توفير الخدمة في كامل مدينة دمشق. ويجري في السنة الثانية توفير الخدمة في دمشق وريفها وكامل المنطقة الجنوبية. ويجري في السنة الثالثة توسيع نطاق التغطية لتشمل المنطقة الوسطى من سوريا (حمص–حماه–إدلب). وفي السنة الرابعة يجري توفير الخدمة أيضاً في محافظات حلب واللاذقية وطرطوس، ويجري في السنة الخامسة توفير الخدمة في محافظات دير الزور والحسكة والرقة، وذلك وفق الجدول الزمني الذي جرى تحديده لإنجاز المشروع.

وعليه وفق ماذكر سابقاً، يكون عدد المشتركين المحتملين في شبكة WiMAX خلال السنوات الخمسة:

السنة الأولى: عدد مستخدمي ADSL الحاليين في دمشق + 25%
السنة الثانية: عدد مستخدمي ADSL في (دمشق–ريف دمشق–السويداء–درعا–القنيطرة) + 25%
السنة الثالثة: مستخدمي ADSL في (دمشق وريفها–والمنطقة الجنوبية–حمص–حماه–إدلب) + 25%
السنة الرابعة: مستخدمي ADSL في (دمشق وريفها–المنطقة الجنوبية–حمص–حماه–إدلب–حلب–اللاذقية–طرطوس) + 25%
السنة الخامسة: مستخدمي ADSL في (دمشق وريفها–المنطقة الجنوبية–المنطقة الوسطى–دير الزور–الحسكة–الرقة) + 25%.

وعليه وفقاً للجدول (7.2) الوارد سابقاً والذي يوضح عدد مستخدمي ADSL الفعليين في مختلف المحافظات السورية، يكون مشتركي WiMAX المحتملين خلال السنوات الخمسة كما يلي:

الجدول (10.2): مشتركي WiMAX المحتملين خلال خمس سنوات من مراحل المشروع

Potential Subs in 5 Years	خمس سنوات				
	السنة الخامسة	السنة الرابعة	السنة الثالثة	السنة الثانية	السنة الأولى
	578205	560994	383624	316165	208775

الإيرادات:

يجري تقديم خدمات WiMAX عالمياً بسعر أكبر من سعر خدمات ADSL، وأقل من سعر خدمات 3G.[77]

سنعتبر في هذا المشروع، وبهدف تشجيع المشتركين على تجريب الخدمة، أنه سيجري طرح خدمات WiMAX بنفس سعر خدمات ADSL الحالية في سوريا، كما هو مبيَّن في الجدول (11.2)[78]، وسنقوم بتخفيض الأسعار بنسبة 15% لكل فئات السعات كل سنتين، أي في السنة الثالثة سيكون هناك تخفيض أول وفي السنة الخامسة أيضاً سيكون هناك تخفيض آخر.

الجدول (11.2): أجور خدمة الإنترنت عريض النطاق عن طريق ADSL في سوريا

فئة السرعة	الأجر (ل.س في الشهر)
256Kbps	800
512Kbps	1000
1Mbps	1600
2Mbps	2800
4Mbps	5000
8Mbps	9500
16Mbps	17000
24Mbps	25000

[77] عرودكي، هشام. (2012). محاضرة حول إدارة شركات الاتصالات. المعهد العالي لإدارة الأعمال. دمشق.

[78] الشركة السورية للاتصالات. التسعيرة الجديدة لخدمات ADSL اعتباراً من 1/9/2014. استرجعت بتاريخ 30/11/2014 من: http://www.ste.gov.sy/index.php?d=8&id=159

التكاليف:

في التكاليف الرأسمالية لدينا تكلفة الرخصة الابتدائية وهي تُدفع لمرة واحدة لصالح الهيئة الناظمة لخدمات الشبكة، ولدينا أيضاً تكلفة المحطات القاعدية والقطاعات ومحطات المشتركين الداخلية والخارجية، وتكلفة استئجار المكان المخصص للمحطات القاعدية وتركيبها.[79]

حيث تبلغ تكلفة المحطة القاعدية الواحدة حوالي $10500، وكل قطاع حوالي $1100، وتبلغ تكلفة محطة المشترك الداخلية indoor CPE حوالي $155، والمحطة الخارجية outdoor CPE حوالي $260.[80] حيث سنعتبر أن أسعار هذه التجهيزات ستنخفض بنسبة 15% كل سنتين، أي سيطرأ عليها تخفيض في السنة الثالثة والسنة الخامسة.[81]

سنعتبر في هذه الدراسة أن المشتركين الذين سيجري تركيب تجهيزات CPE خارجية لديهم هم مشتركي السعات العالية اعتباراً من 4Mbps، وباقي المشتركين بالسعات الأقل يمكن أن يستخدموا تجهيزات CPE الداخلية.

وفي التكاليف التشغيلية لدينا تكلفة سنوية مقابل الترددات المستخدمة وهي تُدفع كل سنة لصالح الهيئة الناظمة لخدمات الشبكة، وطبعاً لدينا تكاليف مقابل الدعاية والإعلان وأجور الموظفين وتكاليف الصيانة.

لا يوجد قيم ثابتة بالنسبة لتكاليف الدعاية والإعلان والصيانة وأجور الموظفين، حيث يعتمد تحديد هذه النسب في معظم الأحيان على إستراتيجية الشركة المُشغلة، لذلك سنقوم في هذه الدراسة بوضع هذه النسب بحيث تكون واقعية وفق الرؤية للمشروع المُقترح.

لا يوجد حالياً سعر محدد لرخصة تركيب وتشغيل شبكة WiMAX في سوريا، لذلك سنقوم في هذه الدراسة بمقاربة سعر الرخصة الابتدائية لتركيب وتشغيل شبكة WiMAX في هذا المشروع وفقاً للرخصة الابتدائية التي جرى دفعها من قبل شركتي الاتصالات الخلوية (سيريتل و MTN) لتركيب وتشغيل شبكة GSM في سوريا، وهي:[82]

- 600000 دولار لكل 1 MHz من عرض القناة المستخدمة.
- 50000 دولار لكل 1 MHz من عرض القناة المستخدمة.

---

[79] مقاربة مع المبالغ التي تدفعها شركتي الاتصالات الخلوية في سوريا (سيريتل و MTN) مقابل استئجار المكان المخصص للمحطات القاعدية.

[80] LTE/WiMAX2.3, 2.5, 3.3, 3.5, 3.6 GHz International Price List. (2014). Telrad. Retrived on 1/12/2014 from: http://www.crystalcomltd.com/pricing/dir-tso-2664/Telrad_Price_List.pdf

[81] Smura, Timo. (2006, March). Techno-economic analysis of telecom investment projects. Helsinki University of Technology. Finland

[82] الهيئة الناظمة لخدمات الشبكة. مديرية الترددات. مقاربة مع المبالغ التي يتم دفعها حالياً من قبل شركات الاتصالات الخلوية سيريتل و MTN مقابل الرخصة الإبتدائية وأجور الترددات.

وبما أننا سنستخدم عرض القناة 20 MHz، هذا يعني:

- كلفة الرخصة الابتدائية: 600000 × 20 = 12 مليون دولار (تدفع لمرة واحدة).
- كلفة الترددات السنوية: 50000 × 20 = 1 مليون دولار

الجدول (12.2): إيراد المشروع خلال خمس سنوات من المشتركين المحتملين بالفئات 256Kbps,512Kbps

	الإيرادات	خلال خمس سنوات				
		A	B	C	D	E
	المشتركون المحتملون	السنة الأولى	السنة الثانية	السنة الثالثة	السنة الرابعة	السنة الخامسة
		208775	316165	383624	560994	578205
	BW-256K					
1	المشتركين %	~ 22%				
2	العدد	45931	69557	84398	123419	127205
3	السعر/شهر	800	800	680	680	578
4	حجم التحميل	1000	1000	1000	1000	1000
5	الإيراد الشهري	36,744,800	55,645,600	57,390,640	83,924,920	73,524,490
6	**الإيراد السنوي**	**440,937,600**	**667,747,200**	**688,687,680**	**1,007,099,040**	**882,293,880**
	BW-512K					
7	المشتركين %	~ 53%				
8	العدد	110651	167568	203321	297327	306449
9	السعر/شهر	1000	1000	850	850	723
10	حجم التحميل	2000	2000	2000	2000	2000
11	الإيراد الشهري	110,651,000	167,568,000	172,822,850	252,727,950	221,562,627
12	**الإيراد السنوي**	**1,327,812,000**	**2,010,816,000**	**2,073,874,200**	**3,032,735,400**	**2,658,751,524**

Price-15% in YR3&YR5

MB/month

Price-15% in YR3&YR5

MB/month

الجدول (13.2): إيراد المشروع خلال خمس سنوات من المشتركين المحتملين بالفئات 1Mbps,2Mbps

	الإيرادات	خلال خمس سنوات				
		A	B	C	D	E
	المشتركون المحتملون	السنة الأولى	السنة الثانية	السنة الثالثة	السنة الرابعة	السنة الخامسة
		208775	316165	383624	560994	578205
	BW-1M					
1	المشتركين %	~ 21%				
2	العدد	43843	66395	80562	117809	121424
3	السعر/شهر	1600	1600	1360	1360	1156
4	حجم التحميل	5000	5000	5000	5000	5000
5	الإيراد الشهري	70,148,800	106,232,000	109,564,320	160,220,240	140,366,144
6	**الإيراد السنوي**	**841,785,600**	**1,274,784,000**	**1,314,771,840**	**1,922,642,880**	**1,684,393,728**
	BW-2M					
7	المشتركين %	~ 3%				
8	العدد	6264	9485	11509	16830	17347
9	السعر/شهر	2800	2800	2380	2380	2023
10	حجم التحميل	8000	8000	8000	8000	8000
11	الإيراد الشهري	17,539,200	26,558,000	27,391,420	40,055,400	35,092,981
12	**الإيراد السنوي**	**210,470,400**	**318,696,000**	**328,697,040**	**480,664,800**	**421,115,772**

Price-15% in YR3&YR5

MB/month

الجدول (14.2): إيراد المشروع خلال خمس سنوات من المشتركين المحتملين بالفئات 4Mbps,8Mbps

	الإيرادات	خلال خمس سنوات				
		A	B	C	D	E
	المشتركون المحتملون	السنة الأولى	السنة الثانية	السنة الثالثة	السنة الرابعة	السنة الخامسة
		208775	316165	383624	560994	578205
	BW-4M					
1	المشتركين %	~ 0.669%				
2	العدد	1397	2116	2567	3754	3869
3	السعر/شهر	5000	5000	4250	4250	3613
4	حجم التحميل	12000	12000	12000	12000	12000
5	الإيراد الشهري	6,985,000	10,580,000	10,909,750	15,954,500	13,978,697
6	**الإيراد السنوي**	**83,820,000**	**126,960,000**	**130,917,000**	**191,454,000**	**167,744,364**
	BW-8M					
7	المشتركين %	~ 0.267%				
8	العدد	558	845	1025	1498	1544
9	السعر/شهر	9500	9500	8075	8075	6864
10	حجم التحميل	Un limited	Un limited	Un limited	Un limited	Un limited
11	الإيراد الشهري	5,301,000	8,027,500	8,276,875	12,096,350	10,598,016
12	**الإيراد السنوي**	**63,612,000**	**96,330,000**	**99,322,500**	**145,156,200**	**127,176,192**

Price-15% in YR3&YR5

MB/month

Price-15% in YR3&YR5

MB/month

الجدول (15.2): إيراد المشروع خلال خمس سنوات من المشتركين المحتملين بالفئات 16Mbps,24Mbps

	الإيرادات	خلال خمس سنوات				
		A	B	C	D	E
	المشتركون المحتملون	السنة الأولى	السنة الثانية	السنة الثالثة	السنة الرابعة	السنة الخامسة
		208775	316165	383624	560994	578205
	BW-16M					
1	المشتركين %	~ 0.004%				
2	العدد	9	13	16	23	24
3	السعر/شهر	17000	17000	14450	14450	12283
4	حجم التحميل	Un limited	Un limited	Un limited	Un limited	Un limited
5	الإيراد الشهري	153000	221000	231200	332350	294792
6	**الإيراد السنوي**	**1,836,000**	**2,652,000**	**2,774,400**	**3,988,200**	**3,537,504**
	BW-24M					
7	المشتركين %	~ 0.0003%				
8	العدد	1	1	2	2	2
9	السعر/شهر	25000	25000	21250	21250	18063
10	حجم التحميل	Un limited	Un limited	Un limited	Un limited	Un limited
11	الإيراد الشهري	25000	25000	42500	42500	36126
12	**الإيراد السنوي**	**300,000**	**300,000**	**510,000**	**510,000**	**433,512**

Price-15% in YR3&YR5

MB/month

Price-15% in YR3&YR5

MB/month

الجدول (16.2): التكاليف الرأسمالية للمشروع خلال خمس سنوات

		خلال خمس سنوات				التكاليف
		E	D	C	B	A	
		السنة الخامسة	السنة الرابعة	السنة الثالثة	السنة الثانية	السنة الأولى	CAPEX
				USD = 150 S.P			
	1	0	0	0	0	1800000000	**الرخصة الابتدائية**
$\sum(subs*BW)/75/c_r$	2	708	687	471	390	258	عدد القطاعات
1100$ - 15% each 2Yrs (1100,935,795)$	3	84,429,000	9,6351,750	66,057,750	64,350,000	42,570,000	**تكلفة القطاعات**
S.No/4	4	177	172	118	98	65	عدد المحطات القاعدية
10500$ - 15% each 2Yrs (10500,8925,7587)$	5	201,434,850	230,265,000	157,972,500	154,350,000	102,375,000	**تكلفة المحطات BS**
1000$ / BS	6	26,550,000	25,800,000	17,700,000	14,700,000	9,750,000	**تكلفة التركيب**
200000 S.P / BS	7	35,400,000	34,400,000	23,600,000	19,600,000	13,000,000	**تكلفة استئجار المكان**
	8	200,000,000	250,000,000	250,000,000	250,000,000	200,000,000	**المسح الفني**
	9	يُستثنى في كل سنة المحطات التي تم تركيبها في السنة التي سبقتها، حيث تخصص محطات outdoor للفئة من 4Mbps فما فوق (وهي نسبة 1% تقريباً من إجمالي المشتركين) وتخصيص محطات indoor للفئات الأقل من 4Mbps (وهي بنسبة 99% من إجمالي المشتركين)					محطات المشترك
155$ - 15% each 2Yrs(155,132,112)$	10	17038	175596	66784	106316	206687	Indoor CPEs
	11	286,238,400	3,476,800,800	1,322,323,200	2,471,847,000	4,805,472,750	**تكلفة Indoor**
260$ - 15% each 2Yrs(260,221,188)$	12	173	1774	675	1074	2088	Outdoor CPEs
	13	4,878,600	58,808,100	22,376,250	41,886,000	81,432,000	**تكلفة Outdoor**
بالمقاربة مع تكلفة تنفيذ مشروع CCBS في السورية للاتصالات	14	150,000,000	150,000,000	200,000,000	200,000,000	200,000,000	**تكلفة باقي عناصر الشبكة مع الروابط بينها** NOCs,CSOs,FMCs,CCs
	15	**988,930,850**	**4,322,425,650**	**2,060,029,700**	**3,216,733,000**	**7,254,599,750**	**إجمالي التكاليف الرأسمالية**

الجدول (17.2): التكاليف التشغيلية للمشروع خلال خمس سنوات

	التكاليف	خلال خمس سنوات				
		A	B	C	D	E
	OPEX	السنة الأولى	السنة الثانية	السنة الثالثة	السنة الرابعة	السنة الخامسة
		USD = 150 S.P				
1	أجور الترددات اللاسلكية	150,000,000	150,000,000	150,000,000	150,000,000	150,000,000
2	الموظفين	347	526	639	934	963
3	أجور الموظفين	145,740,000	220,920,000	268,380,000	392,280,000	404,460,000
4	الدعاية والإعلان 2% of gross revenue in YR1 dropping to 1 in Y4,5	2%	2%	2%	1%	1%
5	صيانة وتشغيل التجهيزات 10% / YR of BS CAPEX	59,411,472	89,965,704	92,791,093	67,842,505	59,454,464
6	التخطيط والدراسات 2% / YR of gross revenue	15,469,500	23,340,000	24,173,025	35,241,675	31,241,385
7	إجمالي التكاليف التشغيلية	59,411,472	89,965,704	109,165,992	161,744,496	164,528,160
		430,032,444	**574,191,408**	**628,135,211**	**713,206,685**	**704,610,314**

1 employee / 600 line

35000 S.P/month

BS CAPEX=BSs cost+sectors cost+installation

الجدول (18.2): إجمالي الإيرادات للمشروع خلال السنوات الخمسة

إجمالي الإيرادات	**2,970,573,600**	**4,498,285,200**	**4,639,554,660**	**6,784,250,520**	**5,945,446,476**	
ARPU	1185.715723	1185.637563	1007.8346438	1007.77229	856.88272198	S.P متوسط الإيراد لكل مشترك

الجدول (19.2): إجمالي التكاليف للمشروع خلال السنوات الخمسة

إجمالي التكاليف	**7,684,632,194**	**3,790,924,408**	**2,688,164,911**	**5,035,632,335**	**1,693,541,164**	CAPEX + OPEX

الجدول (20.2): الربح الصافي خلال السنوات الخمسة، والقيمة الحالية الصافية للمشروع

Cash Flow	**-4,714,058,594**	**707,360,792**	**1,951,389,749**	**1,748,618,185**	**4,251,905,312**	Total revenue-Total CAPEX-Total OPEX
Rate	**10%**					
NPV						
NPV/YR	**-4,285,507,812.73**	**643,055,265.45**	**1,773,990,680.91**	**1,589,652,895.45**	**3,865,368,465.45**	
NPV	**1,599,624,304.39**	القيمة الحالية الصافية				

نلاحظ أن ناتج القيمة الحالية الصافية NPV للمشروع ككل هو رقم موجب، وهذا يعني أن المشروع مجدي اقتصاديا.

9.2. ملخص الفصل:

جرى في بداية الفصل تقديم لمحة بسيطة عن سوق الاتصالات في سوريا. وركز هذا الفصل على تقديم تصور لمشروع تصميم شبكة اتصالات تعمل بتقنية WiMAX، بحيث تؤمن النفاذ عريض النطاق إلى الإنترنت لاسلكياً على كامل الأراضي السورية. حيث جرى استعراض بنية الهندسية لشبكة WiMAX التي تتألف من مجموعة من العناصر، حيث تعمل جميع هذه العناصر ضمن ثلاثة أجزاء تُؤلف بمجموعها البنية الهندسية العامة لشبكة WiMAX، وهي شبكة خدمات النفاذ ASN، ووصلات Backhaul التي تكون عبارة عن وصلات سلكية أو لاسلكية، ومركز تشغيل الشبكة NOC، ومجموعة من العناصر الأساسية الأخرى. ثم جرى مناقشة البنية والتصور الهيكلي لعناصر ومكونات شبكة WiMAX في سوريا، من حيث العناصر الأساسية للشبكة التي لابد من تواجدها لتنظيم وإدارة وتكامل عمل الشبكة من حيث أعمال التركيب والتشغيل والصيانة، وتنظيم آليات حصول المشتركين على الخدمة. حيث بالإضافة إلى الأجزاء الثلاثة الأساسية المكونة للبنية العامة لشبكة WiMAX، هناك عناصر لابد من تواجدها في الحل الفني للمشروع المقترح لكي تسهم في تكامل عمل المشروع وضمان تغطية الجوانب الإدارية والفنية للمشروع. وهذه العناصر هي: مراكز خدمة المشتركين CSOs وعددها 80 مركزاً، مهمتها تقديم الخدمات للمشتركين وتقديم التسهيلات اللازمة لتسجيل المشتركين وحصولهم على الخدمات المطلوبة. ومراكز إدارة أعطال الشبكة FMCs وعددها 30 مركزاً، مهمتها متابعة أعمال التركيب والتشغيل والصيانة لكافة عناصر الشبكة، ومراكز الاتصال CC وعددها 5 مراكز، مهمتها الإجابة على كافة استعلامات المشتركين وطلباتهم وإعادة توجيهها بالشكل الصحيح. كما جرى في هذا الفصل استعراض التجهيزات الفنية لكل عنصر من عناصر الشبكة، وكيفية توزعها الجغرافي والعددي ضمن المحافظات السورية. وجرى شرح الترابط الشبكي بين كافة أجزاء وعناصر الشبكة، حيث يقوم الربط الشبكي في الحل الفني وفق التصور الذي جرى وضعه لهيكلية الشبكة في المشروع المقترح على الربط اللاسلكي بين المحطات القاعدية فيما بينها ومع محطات المشتركين، وعلى الربط السلكي بين العناصر الأخرى عن طريق الدارات المؤجرة من خلال شبكة تبادل البيانات الوطنية PDN، أو عن طريق الألياف الضوئية من خلال شبكة الألياف الضوئية الفقارية OTN. حيث يجري ربط المحطات القاعدية في كل محافظة مع المحطة أو المحطات القاعدية الأساسية في تلك المحافظة بخط نظر LOS. وتُربط أيضاً المحطة القاعدية الأساسية مع مركز تشغيل الشبكة NOC عن طريق ليف ضوئي بسعة مناسبة. ويجري ربط كل من مركزي تشغيل الشبكة NOCs مع بوابات الإنترنت المناسبة بالسعات الملائمة. كما يجري ربط جميع مراكز خدمات المشتركين ومراكز إدارة الأعطال ومراكز الاتصال في كافة المحافظات، إلى مركزي تشغيل الشبكة في مدينتي دمشق و حلب عن

طريق دارات E1(2Mbps) مؤجرة مع شبكة تبادل البيانات الوطنية. ويجري ربط مركزي تشغيل الشبكة في كل من مدينتي دمشق وحلب مع بعضهما البعض من خلال خطي ربط بسعة STM-1(155Mbps)، أحدهما احتياط للآخر. يُخصصان لعمليات تبادل البيانات بين المركزين. كما يرتبط كل من المركزين مع أقرب نقطة تواجد POP من خلال خطي ربط مباشر FastEthernet10/100، أحدهما احتياط للآخر. وجرى وضع شكل توضيحي لترابط كافة أجزاء وعناصر الشبكة.

كما جرى في هذا الفصل التطرق إلى سعة ومتطلبات نظام WiMAX في سوريا، حيث جرى حساب عدد القطاعات والمحطات القاعدية اللازمة لتغطية منطقة المهاجرين في مدينة دمشق وتأمين الخدمة لعدد محدد من المشتركين المحتملين. كما جرى تحديد عدد المحطات القاعدية وعدد القطاعات اللازمة لتأمين الخدمة لكافة المشتركين المحتملين بمختلف فئات السعات المتوقع طلبها في كل محافظة من المحافظات السورية. كما جرى إجراء محاكاة لشبكة WiMAX من خلال ثمانية سيناريوهات باستخدام تطبيقي HTTP و VoIP، بهدف اختبار ومقارنة محدد الإنتاجية throughput، التأخير الزمني transmission delay، والحمل load باستخدام أداة محاكاة الشبكات السلكية واللاسلكية المعروفة OPNET modeler v14.5. حيث جرى ملاحظة تفاوتت النتائج بين التطبيقين في جميع السيناريوهات بالنسبة لكل محدد.

جرى أيضاً إجراء دراسة الجدوى الاقتصادية للمشروع خلال خمس سنوات، حيث جرى احتساب الإيرادات من المشتركين المحتملين بكافة فئات السعات لكل سنة ولجميع السنوات، وجرى احتساب التكاليف الرأسمالية والتشغيلية اللازمة لإنجاز المشروع خلال السنوات الخمسة، ومن ثم جرى احتساب صافي الأرباح في كل سنة وصولاً إلى استنتاج القيمة الحالية الصافية والتي كانت قيمة موجبة، دلالة على أن المشروع مجدي اقتصادياً للاستثمار به.

الفصـــــل الثالث

النتائج والتوصيات

Results & Recommendations

1.4. النتائج Results:

يُمكن أن تشكل هذه الدراسة رديفاً للدراسات المستقبلية التي قد تسعى لتناول موضوع تقنية WiMAX وتوطينها، أو توطين أي من تقانات الجيل الرابع للاتصالات في سوريا بهدف توفير خدمات النفاذ اللاسلكي عريض النطاق.

ونعرض فيما يلي أهم النتائج التي توصلت إليها الدراسة الحالية:

1) تقنية WiMAX، هي إحدى تقنيات الجيل الرابع للاتصالات، قدمت حلاً لكثير من مشاكل محدودية الأداء في السرعة، والتغطية، والتكلفة الزائدة التي تعاني منها معظم تقنيات النفاذ عريض النطاق الأُخرى، وذلك من خلال بعض المزايا الأساسية مثل:

- قدرتها على توفير معدل عالي لنقل البيانات يصل حتى 100Mbps في حالة المحطات المتنقلة، ويُمكن أن يصل إلى 1Gbps في حالة المحطات الثابتة.
- إمكانية تغطية مساحات واسعة تصل إلى ($7850\ Km^2$)، حيث يمكن أن يصل شعاع إشارة WiMAX إلى مسافة 50 Km ابتداءً من المحطة القاعدية في حالة الإرسال بخط نظر LOS.
- سرعة التنفيذ وإمكانية تجنب التكلفة العالية، نظراً لعدم الحاجة إلى بنية تحتية معقدة من الكابلات والتوصيلات التي تتطلب الكثير من الوقت والجهد.

2) تُعتبر تقنية WiMAX من التقنيات الملائمة لتوطينها في سوريا، كونها تمتاز بالهيكلية المرنة والعديد من المزايا التقنية التي تجعلها قابلة للتركيب والتشغيل في معظم المناطق الحضرية والريفية على اختلاف التضاريس الجغرافية. حيث لدينا في سوريا الكثير من المناطق ذات التضاريس الجغرافية الصعبة من جبال وغابات ووديان والتي يصعب على الشبكات السلكية التقليدية الوصول إليها وستكون مكلفة جداً وتتطلب الكثير من الوقت والجهد. لذلك نعتقد أنه من الممكن تركيب وتشغيل شبكة WiMAX في مختلف المدن والأرياف السورية.

3) تُعتبر تقنية WiMAX منافس قوي لغيرها من تقنيات النفاذ عريض النطاق الموجودة حالياً في سوريا، حيث:

- تتفوق هذه التقنية على تقنية خط المشترك الرقمي DSL، من حيث قدرتها على تأمين معدل أعلى لنقل البيانات. ويمكن أن تشكل بديلاً جيداً لتقنية DSL خصوصاً في

الأرياف والمناطق ذات التضاريس الجغرافية الصعبة التي سيكون من الصعب والمكلف جداً إيصال الشبكات السلكية إليها.

- تتفوق تقنية WiMAX على تقنية الاتصالات اللاسلكية Wi-Fi من حيث مجالات التغطية ومعدل نقل البيانات. حيث تمثل WiMAX إحدى أنواع شبكات المنطقة الإقليمية اللاسلكية WMAN، فهي ليست بديلاً عن تقنية Wi-Fi التي تمثل أحد أنواع الشبكات المحلية اللاسلكية WLAN، ولكنها جاءت لتملأ الفجوة وتكون صلة الوصل للربط بين ملايين الشبكات اللاسلكية Wi-Fi المنتشرة في كل مكان من جهة، وبين هذه الشبكات وشبكات الإنترنت من جهةٍ ثانية.
- تتفوق تقنية WiMAX على تقنية 3G وتقنية الألياف الضوئية FTTH,FTTB في بعض الميزات، فهي تحقق معدل نقل بيانات أعلى مما تحققه شبكات 3G. وتعتبر أكثر فاعلية من حيث التكلفة. وعلى الرغم من أن تقنية الألياف الضوئية يمكن أن تحقق معدلات نقل بيانات أعلى من تقنية WiMAX وفقاً لأنواع التجهيزات على طرفي الليف الضوئي، ولكن شبكات الألياف الضوئية بأنواعها حتى المنزل FTTH أو حتى المكتب FTTO أو حتى البناء FTTB تعتبر مكلفة جداً من حيث أعمال الحفر والتركيب والصيانة التي تتطلبها بالمقارنة مع شبكات WiMAX، وتعتبر غير فعالة وغير مجدية اقتصادياً في الأرياف والمناطق ذات التضاريس الجغرافية الصعبة.

4) تتكون البنية الهندسية لشبكة WiMAX من ثلاثة أجزاء أساسية، هي الجزء الخاص بشبكة خدمات النفاذ ASN، والجزء الخاص بوصلات Backhaul، والجزء الخاص بمركز تشغيل الشبكة NOC. ووفقاً للتصميم المُقترح للشبكة في سوريا سيكون هناك عناصر أخرى ضرورية ومُكملة للشبكة، كمراكز الاتصال CCs، ومراكز خدمة المشتركين CSOs، ومراكز إدارة الأعطال FMCs.

حيث تُعتبر شبكة الألياف الضوئية الفقارية OTN، وشبكة تبادل البيانات الوطنية PDN، هما الحاملان الأساسيان لشبكة WiMAX في سوريا. حيث تقومان بدور الوسيط الناقل لحركة البيانات بين مختلف عناصر ومكونات الشبكة في جميع المحافظات السورية.

5) تتطلب تغطية مساحة كافة المحافظات السورية بشبكة WiMAX (تغطية من حيث المساحة)، عدد من المحطات القاعدية. حيث يختلف عدد المحطات القاعدية المطلوبة وفق مبدأ الإرسال المستخدم. لذلك فإننا نحتاج إلى:

- 32 محطة قاعدية، في حالة الإرسال بخط نظر LOS.
- 937 محطة قاعدية، في حالة الإرسال بدون خط نظر NLOS.

حيث للعمل وفق مبدأ الإرسال بخط النظر يجب أن تكون المساحة مكشوفة ويوجد خط نظر مباشر بين المرسل والمستقبل. بينما يمكن العمل وفق مبدأ الإرسال بدون خط نظر، وذلك في حالة وجود عوائق طبيعية أو غير طبيعية بين المرسل والمستقبل. لذلك فإنه لا يمكن تغطية كامل مساحة المحافظات السورية وفق مبدأ واحد للإرسال، حيث لابد من الدمج بين نوعي الإرسال بخط النظر وبدون خط نظر وذلك تبعاً لطبيعة التضاريس والكثافة العمرانية والسكانية في المنطقة المراد تغطيتها، وهو ما تحدده عمليات المسح الفني، التي تعتبر من أهم الأعمال عند البدء بتنفيذ مشروع شبكة WiMAX في سوريا. حيث تؤدي عمليات المسح الفني الناجحة إلى تحديد نوع الإرسال المناسب في كل منطقة، والعدد الفعلي اللازم من المحطات القاعدية، دون زيادة لا حاجة لها، وهذا سيؤدي بالضرورة إلى خفض تكاليف شراء تلك المحطات وبالتالي تكاليف التركيب والتشغيل والربط والصيانة، وبمعنى آخر خفض التكاليف الرأسمالية والتشغيلية وتكلفة المشروع ككل.

6) نحتاج لتلبية طلبات 9748 مشترك محتمل في شبكة WiMAX ضمن منطقة المهاجرين في دمشق، إلى 13 قطاع على الأقل، وإلى 4 محطات قاعدية. حيث نحتاج إلى:

- قطاعين على الأكثر لتلبية طلبات 5145 مشترك محتمل بالسعة من فئة 256Kbps.
- 5 قطاعات على الأكثر لتلبية طلبات 5167 مشترك محتمل بالسعة من فئة 512Kbps.
- 4 قطاعات على الأكثر لتلبية طلبات 2048 مشترك محتمل بالسعة من فئة 1Mbps.
- قطاعين على الأكثر لتلبية طلبات 239 مشترك محتمل بالسعة من فئة 2Mbps.
- قطاع واحد على الأكثر لتلبية طلبات 66 مشترك محتمل بالسعة من فئة 4Mbps.
- قطاع واحد على الأكثر لتلبية طلبات 27 مشترك محتمل بالسعة من فئة 8Mbps.
- قطاع واحد على الأكثر لتلبية طلب مشترك واحد محتمل بالسعة من فئة 16Mbps.
- قطاع واحد على الأكثر لتلبية طلب مشترك واحد محتمل بالسعة من فئة 24Mbps.

7) نحتاج لتلبية طلبات 578205 مشترك محتمل بشبكة WiMAX في سوريا وفق عدد المشتركين المحتملين في كل محافظة بمختلف فئات السعات المُتوقع طلبها، إلى:

- 66 محطة قاعدية بأربع قطاعات ومحطة قاعدية واحدة بقطاعين لتلبية طلبات 208775 مشترك محتمل في محافظة دمشق.
- 27 محطة قاعدية بأربع قطاعات ومحطة قاعدية بثلاث قطاعات لتلبية طلبات 86867 مشترك محتمل في محافظة ريف دمشق.
- 26 محطة قاعدية بأربع قطاعات ومحطة قاعدية واحدة بقطاع واحد لتلبية طلبات 81945 مشترك محتمل في محافظة حلب.
- 18 محطة قاعدية بأربع قطاعات ومحطة قاعدية واحدة بقطاع واحد لتلبية طلبات 57096 مشترك محتمل في محافظة اللاذقية.
- 12 محطة قاعدية بأربع قطاعات ومحطة قاعدية واحدة بقطاع واحد لتلبية طلبات 38329 مشترك محتمل في محافظة طرطوس.
- 10 محطات قاعدية بأربع قطاعات ومحطة قاعدية واحدة بقطاعين لتلبية طلبات 32836 مشترك محتمل في محافظة حمص.
- 9 محطات قاعدية بأربع قطاعات ومحطة قاعدية واحدة بثلاث قطاعات لتلبية طلبات 30180 مشترك محتمل في محافظة حماه.
- 5 محطات قاعدية بأربع قطاعات لتلبية طلبات 15647 مشترك محتمل في محافظة السويداء.
- محطتين قاعديتين بأربع قطاعات ومحطة قاعدية واحدة بقطاع واحد لتلبية طلبات 6922 مشترك محتمل في محافظة دير الزور.
- محطتين قاعديتين بأربع قطاعات لتلبية طلبات 5677 مشترك محتمل في محافظة الحسكة.
- محطة قاعدية واحدة بأربع قطاعات ومحطة قاعدية واحدة بقطاعين لتلبية طلبات 4612 مشترك محتمل في محافظة الرقة.
- محطة قاعدية واحدة بأربع قطاعات ومحطة قاعدية واحدة بقطاعين لتلبية طلبات 4443 مشترك محتمل في محافظة إدلب.

- محطة قاعدية واحدة بأربع قطاعات ومحطة قاعدية واحدة بقطاع واحد لتلبية طلبات 3859 مشترك محتمل في محافظة درعا.
- محطة قاعدية واحدة بقطاعين لتلبية طلبات 1017 مشترك محتمل في محافظة القنيطرة.

8) توصلت الدراسة إلى عدد من النتائج فيما يخص بعض محددات الأداء وجودة الخدمة في شبكة WiMAX. وذلك بعد إجراء محاكاة للشبكة من خلال ثمانية سيناريوهات باستخدام تطبيقي HTTP و VoIP، بهدف اختبار ومقارنة محددات الإنتاجية throughput، التأخير الزمني transmission delay، والحمل load. حيث جرى في السيناريوهات الأربعة الأولى اختبار ومقارنة هذه المحددات باستخدام تطبيق HTTP. وجرى في السيناريوهات الأربعة التالية اختبار ومقارنة المحددات ذاتها في الشبكة باستخدام تطبيق VoIP، وذلك وفقاً لاختلاف عدد المحطات القاعدية ومحطات المشتركين في كل سيناريو. وجرى الحصول على النتائج التالية :

<u>في حالة تطبيق HTTP</u>:

- زادت الإنتاجية بشكل ملحوظ كلما زدنا عدد محطات المشتركين، مع حصول زيادة طفيفة في الإنتاجية عندما قمنا بمضاعفة عدد المحطات القاعدية في كل سيناريو.

حيث لاحظنا من نتيجة المحاكاة على محدد الإنتاجية في حالة تطبيق HTTP، أنه في السيناريو الأول بوجود 4 محطات قاعدية و 40 محطة مشترك، بلغت الإنتاجية حوالي 5Mbps، وعندما قمنا في السيناريو الثاني بزيادة عدد محطات المشتركين بمقدار الضعف لتصبح 80 محطة بدلاً من 40 محطة والإبقاء على 4 محطات قاعدية، فقد زادت الإنتاجية بمقدار الضعف تقريباً عن السيناريو الأول. ولاحظنا أننا عندما قمنا بزيادة عدد المحطات القاعدية في السيناريو الثالث بمقدار الضعف لتصبح 8 محطات قاعدية بدلاً من 4 محطات و 80 محطة مشترك، فإن الإنتاجية لم تختلف كثيراً عن السيناريو الثاني الذي استخدمنا فيه 4 محطات قاعدية. كما لاحظنا أنه عندما قمنا بزيادة عدد محطات المشتركين لتصبح 240 محطة ترتبط مع 8 محطات قاعدية فقد زادت الإنتاجية بشكل ملحوظ بمقدار ضعفين ونصف تقريباً عن السيناريو الثالث.

- حقق محدد التأخير الزمني معدلات أكبر عند زيادة عدد محطات المشتركين، بينما حقق معدلات أقل عند زيادة عدد المحطات القاعدية.

حيث لاحظنا من نتيجة المحاكاة على محدد التأخير الزمني في حالة تطبيق HTTP، أن السيناريو الثاني حقق تأخير زمني أكبر من السيناريو الأول عندما زدنا عدد محطات المشتركين إلى 80 محطة وأبقينا على 4 محطات قاعدية. بينما حقق السيناريو الثالث تأخير زمني أقل من السيناريو الأول والثاني عندما زدنا عدد المحطات القاعدية إلى 8 محطات مع 80 محطة مشترك. وتحقق أكبر تأخير زمني في السيناريو الرابع بوجود 8 محطات قاعدية و 240 محطة مشترك.

- ارتفع محدد الحمل بشكل ملحوظ كلما زدنا عدد محطات المشتركين، مع حصول زيادة طفيفة عندما قمنا بمضاعفة عدد المحطات القاعدية في كل سيناريو.

حيث لاحظنا من نتيجة المحاكاة على محدد الحمل في حالة تطبيق HTTP، أن الحمل ازداد في السيناريو الثاني بمقدار الضعف تقريباً عن السيناريو الأول عندما قمنا بزيادة عدد محطات المشتركين إلى 80 محطة بدلاً من 40 محطة والإبقاء على 4 محطات قاعدية. و لاحظنا أننا عندما قمنا بزيادة عدد المحطات القاعدية في السيناريو الثالث بمقدار الضعف لتصبح 8 محطات قاعدية و 80 محطة مشترك، فإن الحمل لم يختلف كثيراً عن السيناريو الثاني الذي استخدمنا فيه 4 محطات قاعدية. كما ازداد الحمل بشكل كبير في السيناريو الرابع عندما قمنا بزيادة عدد محطات المشتركين لتصبح 240 محطة ترتبط مع 8 محطات قاعدية.

في حالة تطبيق VoIP:

- ازدادت الإنتاجية بشكل ملحوظ كلما زدنا عدد محطات المشتركين، مع حصول زيادة طفيفة في الإنتاجية عندما قمنا بمضاعفة عدد المحطات القاعدية في كل سيناريو.

حيث بينت نتيجة المحاكاة على محدد الإنتاجية في حالة تطبيق VoIP، أن الإنتاجية في السيناريو الأول بلغت حوالي 15Mbps في حالة 4 محطات قاعدية و 40 محطة مشترك، وعندما قمنا في السيناريو الثاني بزيادة عدد محطات المشتركين بمقدار الضعف لتصبح 80 محطة بدلاً من 40 محطة والإبقاء على 4 محطات قاعدية، فقد ازدادت الإنتاجية بمقدار الضعف تقريباً عن السيناريو الأول. و لاحظنا أننا عندما قمنا بزيادة عدد المحطات القاعدية في السيناريو الثالث بمقدار الضعف لتصبح 8 محطات قاعدية بدلاً من 4 محطات و 80 محطة مشترك، فإن الإنتاجية لم تختلف كثيراً عن السيناريو الثاني الذي استخدمنا فيه 4 محطات قاعدية. كما لاحظنا أننا عندما قمنا في السيناريو الرابع بزيادة عدد محطات المشتركين لتصبح 240 محطة ترتبط مع 8 محطات قاعدية فقد ازدادت الإنتاجية بشكل ملحوظ بمقدار ضعفين ونصف تقريباً عن السيناريو الثالث وبلغت أكثر من 90Mbps.

- بينت نتيجة المحاكاة على محدد التأخير الزمني في حالة تطبيق VoIP، أن السيناريو الأول (4BS-40SS)، والسيناريو الثاني (4BS-80SS)، والرابع (8BS-240SS)، حققوا تقريباً معدل تأخير زمني متقارب جداً في معظم مراحل المحاكاة، بينما حقق السيناريو الثالث تأخير زمني أكبر من السيناريوهات الثلاثة الباقية عندما زدنا عدد المحطات القاعدية عن السيناريو الثاني لتصبح 8 محطات مع 80 محطة مشترك.

- ارتفع محدد الحمل بشكل ملحوظ كلما زدنا عدد محطات المشتركين، مع حصول زيادة طفيفة عندما قمنا بمضاعفة عدد المحطات القاعدية في كل سيناريو.

حيث لاحظنا أن محدد الحمل ازداد في السيناريو الثاني (4BS-80SS) بمقدار الضعف تقريباً عن السيناريو الأول (4BS-40SS) عندما قمنا بزيادة عدد محطات المشتركين إلى 80 محطة بدلاً من 40 محطة والإبقاء على 4 محطات قاعدية. ولاحظنا أنه عندما قمنا بزيادة عدد المحطات القاعدية في السيناريو الثالث بمقدار الضعف لتصبح 8 محطات قاعدية و 80 محطة مشترك، فإن الحمل لم يختلف كثيراً عن السيناريو الثاني الذي استخدمنا فيه 4 محطات قاعدية. كما ازداد الحمل بشكل كبير

في السيناريو الرابع عندما قمنا بزيادة عدد محطات المشتركين لتصبح 240 محطة ترتبط مع 8 محطات قاعدية.

لاحظنا من نتيجة المحاكاة على كافة السيناريوهات بالنسبة لتطبيقي HTTP و VoIP، أن النتائج تقاربت من حيث الشكل العام بين التطبيقين، ولكن النسب تفاوتت بشكل ملحوظ بين كل من التطبيقين من أجل كل سيناريو بالنسبة لكل محدد من محددات الأداء وجودة الخدمة التي جرى اختبارها (Delay – Throughput – Load).

كمثال على تقارب النتائج من حيث الشكل العام وتفاوت النسب بين التطبيقين، فقد قمنا بمقارنة نتيجة محاكاة كل محدد من المحددات الثلاثة في السيناريو الرابع مع كل من التطبيقين. حيث يتألف هذا السيناريو من 8 محطات قاعدية و 240 محطة مشترك، يرتبط بكل محطة قاعدية 30 محطة مشترك. وحصلنا على النتائج التالية :

- بينت نتيجة المحاكاة على محدد الإنتاجية في السيناريو الرابع بالنسبة للتطبيقين بنفس الشروط والمواصفات للمحطات القاعدية ومحطات المشتركين، أن الإنتاجية في حالة تطبيق HTTP بلغت حوالي 25Mbps، بينما ازدادت عن ذلك كثيراً مع تطبيق VoIP حيث بلغت أكثر من 90Mbps.
- أظهرت نتيجة المحاكاة على محدد التأخير الزمني في السيناريو الرابع بالنسبة للتطبيقين، أن التأخير الزمني في حالة تطبيق HTTP أقل منه في حالة تطبيق VoIP وفق نفس الشروط والمواصفات للمحطات القاعدية ومحطات المشتركين.
- أظهرت نتيجة المحاكاة على محدد الحمل في السيناريو الرابع بالنسبة للتطبيقين، أن الحمل في حالة تطبيق HTTP كان أيضاً أقل منه في حالة تطبيق VoIP وفق نفس الشروط والمواصفات للمحطات القاعدية ومحطات المشتركين.

9) خَلُصت دراسة الجدوى الاقتصادية للمشروع خلال خمس سنوات إلى عدة نتائج:

- بلغ إجمالي الإيرادات في السنة الأولى 2,970,573,600 ل.س لقاء الخدمة المقدمة للمشتركين المحتملين في هذه السنة وعددهم 208775 موزعين على مختلف فئات السعات.

وبلغ إجمالي التكاليف الرأسمالية CAPEX في هذه السنة 7,254,599,750 ل.س.

وبلغ إجمالي التكاليف التشغيلية OPEX في هذه السنة 430,032,444 ل.س.

وبلغت الخسارة في هذه السنة 4,714,058,594− ل.س.

- بلغ إجمالي الإيرادات في السنة الثانية 4,498,285,200 ل.س لقاء الخدمة المقدمة للمشتركين المحتملين في هذه السنة وعددهم 316165 موزعين على مختلف فئات السعات.

وبلغ إجمالي التكاليف الرأسمالية CAPEX في هذه السنة 3,216,733,000 ل.س.

وبلغ إجمالي التكاليف التشغيلية OPEX في هذه السنة 574,191,408 ل.س.

وبلغ الربح في هذه السنة 707,360,792 ل.س.

- بلغ إجمالي الإيرادات في السنة الثالثة 4,639,554,660 ل.س لقاء الخدمة المقدمة للمشتركين المحتملين في هذه السنة وعددهم 383624 موزعين على مختلف فئات السعات.

وبلغ إجمالي التكاليف الرأسمالية CAPEX في هذه السنة 2,060,029,700 ل.س.

وبلغ إجمالي التكاليف التشغيلية OPEX في هذه السنة 628,135,211 ل.س.

وبلغ الربح في هذه السنة 1,951,389,749 ل.س.

- بلغ إجمالي الإيرادات في السنة الرابعة 6,784,250,520 ل.س لقاء الخدمة المقدمة للمشتركين المحتملين في هذه السنة وعددهم 560994 موزعين على مختلف فئات السعات.

وبلغ إجمالي التكاليف الرأسمالية CAPEX في هذه السنة 4,322,425,650 ل.س.

وبلغ إجمالي التكاليف التشغيلية OPEX في هذه السنة 713,206,685 ل.س.

وبلغ الربح في هذه السنة 1,748,618,185 ل.س.

- بلغ إجمالي الإيرادات في السنة الخامسة 5,945,446,476 ل.س لقاء الخدمة المقدمة للمشتركين المحتملين في هذه السنة وعددهم 578205 موزعين على مختلف فئات السعات.

وبلغ إجمالي التكاليف الرأسمالية CAPEX في هذه السنة 988,930,850 ل.س.

وبلغ إجمالي التكاليف التشغيلية OPEX في هذه السنة 704,610,314 ل.س.

وبلغ الربح في هذه السنة 4,251,905,312 ل.س.

- القيمة الحالية الصافية NPV للمشروع ككل بعد خمس سنوات هي 1,599,624,304.39 وهي قيمة موجبة، مما يعني أن المشروع مجدي من الناحية الاقتصادية.

2.4. التوصيات Recommendations:

تقترح الدراسة على ضوء النتائج التي جرى عرضها سابقاً، عدد من الاقتراحات. وذلك بهدف المساهمة في الدفع نحو توطين تقنية WiMAX في سوريا، وتحقيق القيم المضافة والإيجابيات التي يمكن أن تتأتى من تطبيق هذه التقنية:

1) نقترح أن يجري النظر في إمكانية اتخاذ الإجراءات اللازمة من قبل الجهات المعنية، للبدء بالخطوات العملية اللازمة والاتجاه نحو نقل وتوطين تقنية WiMAX في سوريا.

2) نقترح أن يجري دراسة وتقييم الدراسة الحالية، وتطوير المشروع المُقترح لتصميم وبناء شبكة WiMAX في سوريا، من قبل المختصين في الجهات المختصة، مثل الشركة السورية للاتصالات والهيئة الناظمة لخدمات الشبكة، من حيث:

- العناصر والمكونات الأساسية التي جرى تحديدها للشبكة: شبكة خدمات النفاذ ASN، مراكز تشغيل الشبكة NOCs، مراكز الاتصال CCs، مراكز خدمات المشتركين CSOs، مراكز إدارة أعطال الشبكة FMCs، ومكوناتها الفنية.
- آلية التوزيع والترابط الشبكي التي جرى اقتراحها للربط بين مختلف عناصر ومكونات الشبكة الأساسية والفرعية.
- مراحل ومتطلبات المشروع المقترح والمخطط الزمني لكل مرحلة.

3) نقترح في حال الشروع بإنشاء شبكة WiMAX في سوريا، أن يجري البدء بمشروع تجريبي على نطاق صغير يشمل منطقة أو مدينة صغيرة، بحيث يجري تشغيل الخدمة لفترة من الزمن. يجري خلال هذه الفترة مراقبة أداء الشبكة والتعرف على معظم الصعوبات والمشاكل التقنية التي يمكن أن تطرأ على الشبكة أو الخدمات المقدمة، تمهيداً لتوسيع التغطية على مناطق ومدن ومحافظات أخرى.

4) نقترح أن يجري إيلاء الاهتمام والوقت الكافي لأعمال المسح الفني (Technical Survey) لكافة المناطق في جميع المحافظات، قبل البدء بإنشاء الشبكة وخلال جميع مراحل المشروع. نظراً لأهميتها البالغة في تحديد كافة المتطلبات والإعدادات اللازمة للشبكة، للحصول على الخدمة الجيدة وتجنب أي نفقات إضافية لا داعي لها.

الملاحق (Appendices)

الملحق رقم (1):

مقابلة

التاريخ:

المكان: الشركة السورية للاتصالات – مديرية تبادل البيانات PDN

العنوان: دمشق – الميدان – بناء الاتصالات

النوع: مقابلة فردية مع المهندس المسؤول عن حجز دارات الإنترنت في شبكة البيانات الوطنية PDN.

مدة المقابلة: ساعتين

بعد أن قمت بالتعريف بموضوع الرسالة التي أقوم بإعدادها لنيل درجة الماجستير في إدارة التقانة. حيث تم استقبالي برحابة صدر، وابداء كل الاستعداد للمساعدة. وتم مناقشة العديد من الأفكار التي تفيدني في الدراسة الحالية ويمكن أن ألخص ماتم مناقشته كمايلي:

السؤال:

ماهي شبكة تبادل البيانات الوطنية PDN، ومما تتكون وكيف يمكن الاستفادة من هذه الشبكة بمايخدم نشر شبكة WiMAX؟

الجواب:

تلعب شبكة تبادل البيانات الوطنية PDN دور الوسيط (العمود الفقري) الذي يؤمن صلة الوصل بين كافة مراكز الشركة السورية للاتصالات والمراكز التابعة لها، وتقوم بحمل كافة الخدمات التي تستهلك حزم عالية من البيانات (دارات الحزم العريضة المتناظرة والغير متناظرة والدارات المؤجرة).

بشكل أساسي فإن شبكة تبادل البيانات الوطنية السورية PDN محمولة على شبكة الألياف الضوئية OTN من خلال مجموعة من الروابط الأساسية والفرعية. حيث تقوم شبكة PDN على جزأين أساسيين، الجزء الأول هو مركز الشبكة Core، حيث يوجد أكثر من مركز للشبكة ترتبط مع بعضها بألياف ضوئية بسعات عالية (دمشق وحلب). والجزء الثاني هو نقاط التواجد POPs، والموجودة في كافة المراكز الرئيسية للشبكة السورية للاتصالات في جميع المحافظات بحيث تشمل كافة المناطق فيها.

يمكن أن توفر شبكة PDN إحدى الطرق لتأمين الربط بين مختلف عناصر شبكة WiMAX في سوريا، عن طريق دارات ربط مع نقاط التواجد POPs المنتشرة في كل المحافظات. حيث تشكل وسط آمن لنقل وتبادل البيانات بين مختلف عناصر الشبكة.

انتهت المقابلة

الملحق رقم (2):

مقابلة

التاريخ: 2014/7/23

المكان: الشركة السورية للاتصالات – الإدارة الفنية – دائرة الاتصالات الضوئية – الطابق 8

العنوان: دمشق – شارع فايز منصور – آخر أوتستراد المزة

النوع: مقابلة شخصية مع المهندس سعيد يوسف، وهو مهندس اتصالات في دائرة الاتصالات الضوئية مُختص بإدارة مشاريع نشر الشبكات الضوئية الفقارية OTN.

مدة المقابلة: ساعتين

بعد أن جرى التعريف بموضوع الرسالة التي أقوم بإعدادها لنيل درجة الماجستير في إدارة التقانة. حيث جرى استقبالي بكل رحابة صدر وإبداء كل الاستعداد للمساعدة. جرى مناقشة العديد من الأفكار التي تُقدم الدعم للدراسة الحالية.ويمكن أن أُلخصها كما يلي:

السؤال الأول:

أرجو إفادتي بشرح عن الشبكات الضوئية في سوريا وآليات عملها وارتباطاتها، وما هي سرعات نقل البيانات المتاحة والتي يمكن الحصول عليها من خلال الشبكة؟

الجواب:

تُشكل الشبكة الضوئية في سوريا البنية التحتية الأساسية أو ما يُطلق عليه بالشبكة الفقارية Backbone، فهي تعتبر الحامل الأساسي لمعظم الشبكات الأساسية الأخرى، مثل شبكة تبادل البيانات الوطنية PDN، ومختلف الشبكات والروابط العامة والخاصة.

تقوم الشبكة الضوئية من حيث المبدأ على الألياف الضوئية التي تكون على شكل مجموعات ضمن الكبلات الضوئية، التي تشكل بمجموعها وارتباطاتها الشبكة الضوئية. حيث تتألف هذه الشبكة من عدد من الحلقات التي تشترك فيما بينها في عدد من النقاط الأساسية، بحيث يمكن تأمين الربط بين أي نقطتين في بداية الشبكة ونهايتها. وتمتاز من خلال هذا التصميم بميزة الحماية الذاتية أو التعافي(الاندمال) الذاتي Self-healing التي تضمن تعويض (Restoration) الحركة عند تعرض أحد محاور الكابلات الضوئية للانقطاع في أي جزء من الشبكة.

يجري تخصيص الدارات leased line عن طريق الشبكة الضوئية لمختلف القطاعات والفعاليات الخاصة والعامة في أي منطقة في سوريا، وبسرعات نقل بيانات مختلفة وفقاً لمتطلبات الجهة المستفيدة.

حيث يوضح الجدول الآتي معظم السعات (الروافد) المتاحة التي يجري حجزها عن طريق الشبكة الضوئية من خلال دارات مخصصة بين نقطتين:

Leased line type	Speed
E1	2 Mbit/s
E3	34 Mbit/s
STM-1	155 Mbit/s
STM-4	622 Mbit/s
STM-16	2.5 Gbit/s

مستويات الروافد حسب المقاييس الأوربية ETSI(European Telecommunications standardizations Institute)

السؤال الثاني:

من خلال خبرتكم في شبكات الاتصالات، هل وكيف يمكن الاستفادة من الشبكة الضوئية في نشر شبكة اتصالات لاسلكية تعمل بتقنية WiMAX في سوريا؟

الجواب:

بالطبع يمكن الاستفادة من الشبكة الضوئية لهذا الغرض، فكما قلنا سابقاً فإن شبكة الاتصالات الضوئية هي المنصة (Platform) الفقارية والحامل الأساسي لمعظم الشبكات الأخرى.

يمكن من خلال الشبكة الضوئية ربط معظم نقاط الشبكة التي تحتاج إلى سعات كبيرة لنقل الحركة فيمابينها، من خلال أنواع الدارات التي ذكرناها، ويمكن أن يكون هذا الربط بمثابة ربط احتياطي للربط اللاسلكي بين المحطات عند الحاجة.

وبشكل أساسي ربط المحطات القاعدية مع مركز البيانات Data Center، وربط مراكز البيانات مع بعضها يحتاج إلى سعات عالية وإلى وثوقية عالية لنوع الربط المستخدم، وهذا ماتحققه الشبكة الضوئية من خلال دارات محجوزة أو من خلال الربط المباشر عن طريق ليف ضوئي، حيث تُحدد سرعة نقل البيانات خلاله وفقاً للتجهيزات الضوئية المركبة على طرفي الليف.

الأمر المهم قبل نشر الشبكة هو أعمال المسح الفني(Technical Survey) لكافة المناطق، بهدف معرفة عدد المحطات القاعدية اللازمة لكل منطقة وتحديد أي من تلك المحطات يجب أن يتم ربطها مع مراكز إدارة الشبكة(Network Management System) عن طريق شبكة الألياف الضوئية، وهو أمر ضروري جداً لتحديد المتطلبات الأساسية من الشبكة الضوئية.

انتهت المقابلة

الملحق رقم (3):

مقابلة

التاريخ: 2014/10/19

المكان: الشركة السورية للاتصالات – الإدارة المعلوماتية – الطابق 12

العنوان: دمشق – شارع فايز منصور – آخر أوتستراد المزة

النوع: مقابلة شخصية مع مدير الإدارة المعلوماتية في الشركة السورية للاتصالات.

مدة المقابلة: ساعة

بعد أن قمت بالتعريف بموضوع الرسالة التي أقوم بإعدادها لنيل درجة الماجستير في إدارة التقانة. حيث جرى استقبالي بكل رحابة صدر وإبداء كل الاستعداد للمساعدة. وجرى مناقشة العديد من الأفكار التي تفيدني في الدراسة ويمكن أن أُلخصها كما يلي:

السؤال:

ماهي متطلبات بناء شبكة لتقديم خدمات الإنترنت عريض النطاق، بحيث تشمل كامل المحافظات السورية، مع ضمان سهولة الحصول على الخدمة ؟

الجواب:

من حيث المبدأ، لتوفير الخدمة في كافة الأماكن لابد أن يجري دراسة جميع المناطق عن طريق القيام بمسح فني شامل يجري فيه معرفة طبيعة المنطقة والكثافة السكانية ونوع التضاريس فيها، وذلك بهدف تحديد المتطلبات الفنية لتغطية المنطقة المدروسة.

ثم يجري العمل وفقاً لتلك المتطلبات. ولضمان سهولة الحصول على الخدمة، يجب أن يكون هناك شبكة موحدة وقاعدة بيانات مركزية، ولابد من تكامل عمل كافة عناصر ومكونات الشبكة والقائمين عليها من خلال مراكز متخصصة، تدعم بعضها بعضاً للوصول إلى حالة التكامل في عمل الشبكة ككل، بحيث يكون هناك مراكز مخصصة لخدمة المواطنين والتعامل مع طلباتهم للاشتراك بالخدمة. ومراكز مخصصة للإجابة على تساؤلاتهم وتقديم الإيضاحات اللازمة عن الخدمة من خلال الاتصال الهاتفي. (وهي متوفرة في الشركة ضمن مشروع رعاية الزبائن والفوترة CCBS). ومراكز أخرى متخصصة في إدارة والتعامل مع أعطال الشبكة التي يمكن أن تحدث من جهة المشترك أو من جهة تجهيزات الشبكة نفسها، وبالطبع فإن أهم مركز في مثل هذه الشبكات هو المركز المسؤول عن إدارة الشبكة وحفظ كافة البيانات. وهو يضم بدوره المخدمات وقواعد البيانات والتطبيقات اللازمة والتجهيزات الشبكية الخاصة بالمنظومة. ويُفضل في مثل هذا النوع من

الشبكات أن يتواجد مركزين لادارة الشبكة يعملان معاً، ويمكن أن يتم تقسيم العمل بينهما أو يمكن أن يعمل أحدهما بمثابة احتياط للآخر، بحيث يتم تحويل كامل الحركة إليه عند حدوث أي طارئ للمركز الأساسي.

انتهت المقابلة

م. أيمن طالب

الملحق رقم (4):

مقابلة

التاريخ: 2014/10/21

المكان: الشركة السورية للاتصالات – الإدارة المعلوماتية – مركز البيانات لمشروع CCBS

العنوان: دمشق – مشروع دمر – بناء الاتصالات

النوع: مقابلة شخصية مع مدير النظم وقواعد البيانات في مشروع CCBS.

مدة المقابلة: ساعتين ونصف

بعد أن قمت بالتعريف بموضوع الرسالة التي أقوم بإعدادها لنيل درجة الماجستير في إدارة التقانة. حيث جرى إبداء كل الاستعداد للمساعدة. وجرى مناقشة العديد من الأفكار التي تفيدني في الدراسة الحالية ويمكن أن أُلخص ما جرى مناقشته كما يلي:

السؤال الأول:

برأيكم، هل هناك تشابه بين عناصر ومكونات شبكة مشروع CCBS الذي نفذته مؤخراً الشركة السورية للاتصالات وبين شبكة WiMAX تشمل كامل الأراضي السورية ؟

الجواب:

بالطبع هناك تشابه كبير من حيث المبدأ والشكل العام، حيث كلا المشروعين يهدف لتقديم خدمات معينة بطريقة ما. في مشروع CCBS يجري تقديم خدمات الهاتف الثابت بهدف تسهيل حصول المشتركين على الخدمة من أي مركز خدمة زبائن، وهذا ما يوفره وجود شبكة موحدة تضم كافة المقاسم الإلكترونية في سوريا، وبالتأكيد يستوجب الأمر وجود قواعد بيانات شاملة تضم كامل بيانات المشتركين والشبكة ككل.

من حيث عناصر ومكونات الشبكة أعتقد أن شبكة WiMAX بالتأكيد ستضم عناصر خاصة بطبيعة هذه الشبكة مثل الأبراج ومحطات الإرسال والاستقبال وغير ذلك وفقاً لخصوصية تلك الشبكة، ولكن سيكون هناك ذات العناصر في كلا الشبكتين تقريباً من حيث ضرورة تواجد مراكز لاستضافة المخدمات اللازمة لقواعد البيانات والتطبيقات وكافة الشبكات الفرعية اللازمة (Data Center)، ومراكز لخدمة المشتركين، ومراكز لإدارة والتعامل مع أعطال الشبكة، وبالطبع مراكز اتصال وهي ضرورية في كافة المشاريع التي تعنى بتقديم الخدمات، وأعتقد أن مشروع شبكة WiMAX هو كذلك بامتياز، ووجود مثل هذه المراكز سيكون أمر ضروري جداً.

السؤال الثاني:

ماهي المكونات الأساسية لمركز البيانات Data Center، وكيف يجري الربط بين مراكز البيانات والعناصر الأخرى في مشروع CCBS ؟

الجواب:

يتكون مركز البيانات بشكل أساسي من مجموعة من المخدمات التي تستضيف قواعد البيانات والتطبيقات الأساسية، ومجموعة من المخدمات التي تستضيف أي تطبيقات وبرامج أخرى ضرورية لإدارة التجهيزات والشبكة بشكل عام، ويتكون أيضاً من مجموعة من التجهيزات الشبكية اللازمة لربط المخدمات مع بعضها وربط مركز البيانات مع عناصر الشبكة الأخرى، مثل المبدلات والراوترات والجدران النارية.

يجري الربط بين مراكز البيانات وعناصر الشبكة الأخرى عن طريق شبكة تبادل البيانات الوطنية PDN وذلك من خلال أقرب نقطة تواجد للشبكة POP.

كما يجري الربط بين مراكز البيانات أيضاً من خلال شبكة تبادل البيانات الوطنية ولكن من خلال وصل مباشر إلى شبكة PDN بوصلة Ethernet من خلال نقطة التواجد الأقرب nearest POP. مع توفر خط ربط ثاني بسرعة STM-1 من أجل عمليات تبادل البيانات (Replication) ويُفضل لزيادة الوثوقية توفر ليف ضوئي مستقل يربط بين مراكز البيانات لتأمين نقل البيانات بالسرعة المطلوبة.

لدينا في الشركة السورية للاتصالات ضمن مشروع رعاية الزبائن والفوترة مركز بيانات موقعه مدينة دمشق وهو المركز الأساسي، ولدينا مركز آخر في مدينة حلب، حيث يعمل مركز بيانات حلب بمثابة مركز احتياط (Disaster Recovery Center)، حيث في حالة تعرض المركز الأول لأي مشكلة تقنية شاملة أو جزئية يكون المركز الثاني قادراً على حمل جزء معين من الحركة ريثما يجري إصلاح المشكلة التقنية الحاصلة في مركز دمشق. وبالطبع يجري ربط كلا المركزين مع باقي عناصر الشبكة من خلال شبكة تبادل البيانات الوطنية PDN، ونستعمل في هذه الحالة دارات مؤجرة بسرعة 2Mbit/s أو دارات GSHDSL أو يمكن في بعض المراكز الريفية البعيدة أن نستعمل خطوط ISDN.

السؤال الثالث:

كيف جرى توزيع مختلف عناصر الشبكة في مشروع CCBS ضمن المحافظات السورية، أقصد مراكز البيانات ومراكز الاتصال وإدارة الأعطال ومراكز خدمة الزبائن، وإلى أي مدى يمكنني الاستفادة من ذات التوزيع في شبكة WiMAX ؟

الجواب:

لقد جرى إنجاز مشروع CCBS في سوريا بالتعاون مع شركة ألكاتيل–لوسنت، التي كانت مسؤولة عن تنفيذ المشروع وتحديد مختلف المتطلبات، حيث جرى بالتعاون مع الفرق المختصة من الشركة السورية

للاتصالات تحديد أماكن توزع مختلف عناصر الشبكة. بالنسبة لمراكز خدمات الزبائن CSOs وعددها 300 مركز فهي تمثل المراكز الهاتفية المنتشرة في جميع المحافظات والمدن والبلدات، وقد تم تجهيزها وربطها مع مراكز البيانات لتأمين الوصل إلى قواعد البيانات والتطبيقات اللازمة لتأمين عملها في خدمة زبائن الهاتف الثابت وكافة متطلباتهم. أيضاً بالنسبة لمركزي البيانات فقد تم التوصل إلى تحديد موقعهما ليكونا في مدينتي دمشق وحلب، وتم تحديد مواقع مراكز الاتصال وعددها 6 مراكز لتكون في محافظات (دمشق-حلب-حمص-طرطوس)، وهي مرتبطة مع بعضها البعض وكل منها مرتبط مع مركزي البيانات عن طريق شبكة PDN. ومراكز إدارة الأعطال وعددها 10 مراكز لتكون في محافظات (دمشق-حلب-حمص-اللاذقية-حماه-دير الزور-الحسكة).

الأهم في توزيع هذه المراكز وخصوصاً مركزي البيانات، هو مكان تواجدها، أعني أنه يفضل أن تكون في ذات مكان تواجد أحد نقاط النفاذ إلى شبكة PDN، بهدف تسهيل الربط مع الشبكة وإمكانية الحصول على سرعة عالية 100Mbit/s عن طريق خط Ethernet مباشر مع نقطة التواجد POP، وبتكلفة أقل بكثير مما سيتطلبه تأمين هذه السرعة عن طريق الربط بدارة STM-1(155Mbit/s)، مثلاً.

في الواقع أعتقد أنه يمكنك الاستفادة من ذات التوزيع فيما يخص عناصر شبكة WiMAX التي تتقاطع مع شبكة CCBS وهي (CCs – DCs – CSOs – FMCs)، أما باقي عناصر شبكة WiMAX كمحطات الإرسال والاستقبال فأعتقد أنه سيكون لها طريقة معينة في آلية التوزيع والربط اللاسلكي.

الجولات التي تم القيام بها:

تم القيام بعدد من الجولات في مركز بيانات مشروع CCBS في دمشق، حيث تم التعرف على كافة مكونات المركز من مخدمات وشبكات (مبدلات – راوترات – جدران نارية) ووحدات التخزين وغيرها.

وتم القيام بجولة في مركز خدمة الزبائن CSO الكائن في مركز هاتف مشروع دمر، حيث تم الاطلاع على آلية العمل، وتم أيضاً التعرف على مكونات المركز وتجهيزاته الشبكية وآلية الربط مع مركز البيانات، والتي تتم عن طريق دارة GSHDSL بسرعة 2Mbitls.

وتم القيام بجولة في مركز الاتصال CC في مركز هاتف دويلعة، حيث تم الاطلاع على آلية العمل والتعرف على مكونات المركز وآلية ربطه مع مركز البيانات، والتي تتم عن طريق 4 دارات مؤجرة E1(2Mbit/s) مربوطة مباشرة مع نقطة التواجد POP التابعة لشبكة PDN في نفس المركز، بالإضافة إلى خط ISDN بمثابة خط احتياطي.

انتهت المقابلة

المراجع (References)

1. المراجع العربية:

1. الإتحاد الدولي للاتصالات، قمة توصيل العالم العربي. (آذار، 2012). اعتماد تكنولوجيا المعلومات والاتصالات وآفاقها في المنطقة العربية. الدوحة. قطر.
2. المجلس الاقتصادي والاجتماعي. (آذار، 2013). خدمات الإنترنت ذات النطاق العريض من أجل مجتمع رقمي شامل. الأمم المتحدة. جنيف.
3. الشركة السورية للاتصالات. (أيار، 2005). الإنترنت عبر شبكة البيانات الوطنية PDN. تقرير برنامج دعم قطاع الاتصالات TSSP.
4. الشركة السورية للاتصالات. (2011). النشرة الشهرية الدورية عن المؤسسة العامة للاتصالات. استرجعت بتاريخ 2014/11/10 من: http://www.ste.gov.sy/index.php?m=7
5. الشركة السورية للاتصالات. (2011). التقرير السنوي.
6. الشركة السورية للاتصالات. مديرية تبادل المعطيات. قاعدة البيانات. استخرجت بتاريخ 2/11/2014.
7. الشركة السورية للاتصالات. إدارة المعلوماتية. قاعدة البيانات الخاصة بدارات الإنترنت ADSL. استخرجت بتاريخ 18/11/2014.
8. الشركة السورية للاتصالات. التسعيرة الجديدة لخدمات ADSL اعتباراً من 1/9/2014. استرجعت بتاريخ 30/11/2014 من: http://www.ste.gov.sy/index.php?d=8&id=159
9. الهيئة الناظمة لخدمات الشبكة. مديرية الترددات. مقاربة مع المبالغ التي يتم دفعها حالياً من قبل شركات الاتصالات الخلوية سيريتل و MTN مقابل الرخصة الإبتدائية وأجور الترددات.
10. خارطة الجمهورية العربية السورية. دار الشرق العربي. سورية – حلب – ص.ب:415.
11. عرودكي، هشام. (2012). محاضرة حول إدارة شركات الاتصالات. المعهد العالي لإدارة الأعمال. دمشق.
12. مقاربة مع المبالغ التي تدفع من قبل شركتي الاتصالات الخلوية في سوريا (سيريتل و MTN) مقابل استئجار المكان المخصص للمحطات القاعدية.

2. المراجع الأجنبية:

1. A report by the Broadband Commission Working Group on Education. (2013, January). Technology, Broadband, and Education: Advancing the Education for All Agenda. ITU, UNESCO. Paris.
2. Ahson, S., Ilyas, M. (2008). WiMAX Applications. Taylor & Francis Group. USA.
3. Andrews, J. D., Ghosh, A., & Muhamed, R. (2007, February). Fundamentals of WiMAX: understanding broadband wireless networking. Prentice Hall. USA.
4. Azizul Hasan, Mohammad. (2007, June). Performance Evaluation of WiMAX/IEEE 802.16 OFDM Physical Layer. Master Thesis, Helsinki University of Technology, Finland
5. Bai, Ling. (2007, May). Analysis of the Market for WiMAX Services. Master Thesis, Technology University of Denmark, Denmark.
6. Banerji, S., Chowdhury, R. S. (2013, May). Wi-Fi & WiMAX: A Comparative Study. Indian Journal of Engineering. Vol.2, Issue. 5, pp. 51-54. India.
7. Bau Castillo, J. M. (2012, April). WiMAX: Technology and Market. Master thesis, Beijing University, China.
8. Belhouchet, L., Ebdelli, H. (2010, January). Session 3: LTE Overview - Design Targets and Multiple Access Technologies. ITU/BDT Arab Regional workshop on 4G Wireless Systems/LTE Technology. Tunisia.
9. Berge, Ayvazian. (2013, November). WIMAX ADVANCED TO HARMONIZE WITH TD-LTE IN 2.3, 2.5 AND 3.5 GHZ. White Paper, Sponsored by WiMAX Forum.
10. Choubey, N. S., Kharat, M. U. (2008). Overview of 3G and WiMAX Technology. The Pacific Journal of Science and Technology. Vol. 9, Issue 1, pp.59-65.
11. Cinar, H., Cibuk, M., & Balik H. H. (2012). History and Evaluation of Mobile Wimax. Bitlis Eren University, Turkey.
12. Cordova, H., Boets, P., & Van Biesen, L. (2005, September). Analysis and Applications of WI-MAX Standard: Forecasting the trends. The Eleventh International Conference on Mobile Computing and Networking, Cologue, Germany.
13. Etemad, K., Lai, .M .Y. (2010). WiMAX Technology and Network Evolution. Published by John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey & Canada.
14. Gao, Feng. (2009, May). Atechnical and Market study for WiMAX. Master Thesis, Helsinki University of Technology, Finland.
15. George, M. Foote. (2006, March). WiMAX and the Future Telecommunications System. 2006 Telecom, Cable, & Wireless Conference. Austin, Texas.
16. Ghazisaidi, N., Maier, M. (2010, April). Techno-economic analysis of EPON and WiMAX for future Fiber-Wireless (FiWi) networks. Computer Networks Journal . Vol. 54, Issue 15, pp.2640-2650. Canada.
17. Ghonge, M. M., Gupta, S. G. (2013, August). COMPARATIVE STUDY OF WLAN, WPAN, WIMAX TECHNOLOGIES. International Journal of Research in Advent Technology (IJRAT). Vol. 1, No. 1, pp. 10-18.

18. Gunasekaran, V., Harmantzis, F. C. (2005). Affordable Infrastructure for Deploying WiMAX Systems: Mesh v. Non Mesh. Stevens Institute of Technology. USA.

19. Gyan, P., Sadhana, P. (2011). WiMAX Technology and Its Applications. International Journal of Engineering Research and Applications. Vol. 1, Issue 2, pp.327-336.

20. Hwang, K., Vemuri, V. R. (2002). Broadband Wireless Access (BWA) Networks: A Tutorial. University of California, Davis.

21. Ibikunle, Frank. (2009).WiMAX: appropriate technology to provide last mile access to ICTs infrastructure and services in rural areas, Covenant University, Ota, Nigeria.

22. International Telecommunication Union (ITU). Birth of Broadband - Frequently Asked Questions. (2003, September). retrieved June 3,2014 from: https://www.itu.int/osg/spu/publications/birthofbroadband/faq.html.

23. International Telecommunication Union (ITU). Telecommunications indicators update. Mobile-cellular telephone subscriptions 2000-2013-1. retrieved June 7,2014 from: http://www.itu.int/ITU-D/ict/statistics/.

24. Joshi, K. C., Thapliyal, M.P. (2005, May). WiMAX (Worldwide Interoperability for Microwave Access): a Broadband Wireless Product in Emerging Markets. International Journal of Computer Science. Vol. 8, Issue 3, pp.588-591.

25. Jubair, G. F. A., Hasan, M. I., & Obaid Ullah Md. (2009, August). Performance Evaluation of IEEE 802.16e (Mobile WiMAX) in OFDM Physical Layer. Master Thesis, Blekinge Institute of Technology, Sweden.

26. Karanasios, S., Allen, D. (2010, October). WiMAX for Development. Journal of International Technology for Development. Vol. 16, Issue. 4, pp. 320-328. United Kingdom.

27. Katz, Raul. (2012, April). Impact of Broadband on the Economy: Research to Date and Policy Issues. ITU-Telecommunication Development Sector. Geneva.

28. Kumar, Atul. (2010, September). WiMAX Technology. School of Engineering, Cochin University of Science & Technology, India.

29. Kuran, M. S., Tugcu, T. (2007). A survey on emerging broadband wireless access technologies. Istanbul, Turkey.

30. Lokesh, .C., Nataraj, .K. R. (2012, December). Implementation of an OFDM FFT Kernel for WiMAX. International Journal Of Computational Engineering Research. Vol. 2, Issue. 8, pp. 74-81.

31. LTE/WiMAX2.3, 2.5, 3.3, 3.5, 3.6 GHz International Price List. (2014). Telrad. retrived December 1,2014 from: http://www.crystalcomltd.com/pricing/dir-tso-2664/Telrad_Price_List.pdf

32. Market Report. (2006, March). The broadband boom continues: Worldwide subscribers pass 200 million. Telecommunications and networks. retrieved June 7,2014 from: http://marketreportfinder.com/report/technologies_electronics/telecommunications_networks/the_broadband_boom_continues_worldwide_subscribers_pass_200_million710_83_2d.html.

33. Medhn, Samuel. (2012, September). Cooperative MIMO System for WiMAX Technology. Master Thesis, Addis Ababa University, Ethiopia.

34. Mohamad, .A, Rahman, K. A. A. (2008). WiMAX Coverage in Malaysia.

35. Nieminen, Jari. (2007, March). Techno-Economics of Mobile WiMAX. Finland.

36. Nongjun, Li. (2011, May). Overview of WiMax Technical and Application Analysis. Bachelor Thesis, Turku University of Applied Sciences, Finland.

37. Nottebohm, O., Manyika, J., Bughin, J., Chui, M., & Syed, A. R. (2012, January). Online and Upcoming: The Internet's Impact on Aspiring Countries. McKinsey & Company.

38. Nuaymi, Loutfi. (2007). WiMAX: Technology for Broadband Wireless Access. John Wiley & Sons, Ltd. France.

39. Pathak, S., Batra, S. (2012, October). Next Generation 4G WiMAX Networks-IEEE 802.16 Standard. Department of Telecommunication, SRM University. India.

40. Qiang, C. Z. W., Rossotto, C. M., & Kimura, K. (2009, January). Economic Impacts of Broadband (chapter 3). World Bank, Information and Communications for Development. Washington, DC.

41. Saiful Islam, M., Tawhidul Alam, M. (2009, January), WiMAX: an analysis of the existing technology and compare with the cellular networks. Master Thesis, Blekinge institute of technology. Sweden.

42. Scarfon, K., Tibbs, C., & Sexton, M. (2010, September). Guide to Securing WiMAX Wireless Communications. National Institute of Standards and Technology. USA.

43. Shah, S. H. A., Iqpal, M., & Hussain, T. (2009, August). COMPARISON BETWEEN WiMAX AND 3GPP LTE. Master of Science in Electrical Engineering. Blekinge Institute of Technology. Sweden.

44. Siddiqui, M. A., Mithu, M. H. (2009, January). Broadband Wireless Access based on WiMAX Technology With business analysis. BRAC University. Dhaka, Bangladesh.

45. Singh, Inderpal. (2013, September). WiMAX: Design & Features. International Conference on Advance Research in Computer Science, Electrical and Electronics Engineering. Pattaya, Thailand.

46. Smura, Timo. (2005). Competitive Potential of WiMAX in The Broadband Access Market: A Techno-Economic Analysis. Helsinki University of Technology. Finland.

47. Smura, Timo (2006, March). Techno-economic analysis of telecom investment projects. Helsinki University of Technology. Finland.

48. Telesystem Innovations Inc. (2010). Fundamentals of WiMAX: A Technology Primer. Canada.

49. Understanding the WiMAX Bussiness Module. (2010). retrieved July 15,2014 from: http://technowizz.wordpress.com/2010/01/08/wimax-business-model/.

50. Usgurlu, U. B. (n.d). WiFi VS WiMAX: Comparison of the basic features of Wi-Fi (802.11b/g) - WiMAX (802.16). Baskent University. Turkey.

51. Wagle, S. S., Ade, M., & Ullah, M. G. (2011, January). Network Transition from WiMAX to LTE. JOURNAL OF COMPUTING. Vol.3, Issue. 1, pp. 66-70. USA.

52. Wang, Jialing. (2004, March). Will WiMAX+WLAN Constitute a Substitute to 3G? – A Techno-Economic Case Study. Master Thesis, Radio Communication Systems Laboratory Department of Signals, Sensors and Systems, Sweden.

53. White Paper. (2005, October). Can WiMAX Address Your Applications?. Westech Communications Inc. on behalf of the WiMAX Forum.

54. White Paper. (2004). Understanding Wi-Fi and WiMAX as Metro-Access Solutions. Intel. USA.

55. White Paper. (2007). The Business of WiMAX: Impact of Technology, Architecture & Spectrum on the WiMAX Business Case. Motorola. U.S.

56. White Paper. (2010). WiMAX Benefits, Applications & Solutions. EION Wireless. USA.

57. White Paper. (2010). Compact base stations: a new step in the evolution of base station design. on behalf of Design Art Networks Ltd and PureWave Networks Inc. Senza Fili Consulting. USA.

58. White Paper: WiMAX Spectrum (2004, November). RF spectrum utilization in WiMAX. Fujitsu.

59. White Paper. (2011). WiMAX Equipment Market Grew 85% in 2010 to $1.7B. WiMAX Forum.

60. WiMAX FORUM. (2004, October). Business Case Models for Fixed Broadband Wireless Access based on WiMAX Technology and the 802.16 Standard.

61. WiMAX FORUM. (2005, June). WiMAX: The Business Case for Fixed Wireless Access in Emerging Markets.

62. WiMAX FORUM. LTE and WIMAX Comparison at a Glance. retrieved December 8,2014 from: http://www.3g4g.co.uk/Lte/LTE_WiMAX_WP_0810_WimaxForum.pdf

63. Zhang, Yan. (2008). WiMAX Network Planning and Optimization. Taylor & Francis Group, LLC. USA.

Syrian Arab Republic

Ministry of Higher Education

Syrian Virtual University

الجمهورية العربية السورية

وزارة التعليم العالي

الجامعة الافتراضية السورية

Research Title

The adoption of fourth-generation wireless networks using WiMAX technology
Implement a wireless network over all Syria

Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements for a Master Degree in Technology Management

By

Median Samieh Jahjah Bahsas

Supervisor

Dr. Ali Hassan

2015