

تخطيط شبكة WiMAX نقالة وفق المعيار IEEE 802.16e*

م. طارق الأشهب**

د. عبد الكريم السالم***

د. فريز عبود***

الملخص:

يعتبر نظام الـ WiMAX النقال أحد التكنولوجيات المرشحة للجيل الرابع اللاسلكي والذي يتميز بمعدل نقل بيانات عالي وخدمات غنية بالوسائط المتعددة. يستند نظام WiMAX النقال ذي المعيار IEEE 802.16e-2005 على مبدأ النفاذ المتعدد بالتقسيم الترددي المتعامد OFDMA والذي بدوره يستثمر عرض الحزمة بشكل كفؤ من خلال تقسيم القناة وتوفير اختيار الحاملات الترددية في مجال الزمن والتردد. كما توفر تقنية WiMAX مجموعة غنية من الميزات مع المرونة من أجل خيارات التطبيق وتقديم الخدمات، وهي تدعم التعديل والترميز المتكيف وتقنيات الهوائيات المتعددة كما تدعم الاتصال ثنائي الاتجاه بالتقسيم الترددي FDD والتقسيم الزمني TDD.

يقدم هذا البحث شرحاً عن الخطوات التي يجب أخذها بعين الاعتبار من أجل تخطيط شبكة WiMAX، حيث نقدم شرحاً للأداة البرمجية WiMAX.Calc Tool والتي تحتوي خوارزميات لحساب موازنة الوصلة وتحليل نماذج الانتشار وتحليل السعة من أجل تقدير عدد المحطات القاعدية اللازمة لتحقيق متطلبات التغطية والسعة. تسمح لنا أداة التخطيط بدراسة تأثير بعض المحددات في نظام WiMAX على نتائج التخطيط. النتائج التي حصلنا عليها مباشرة وإذا ما تم مكاملتها مع قياسات حقلية تجريبية يمكن تطوير هذه النتائج.

الكلمات المفتاحية: WiMAX, IEEE 802.16e, Sub-channelization, Propagation, PUSC, FUSC, OFDM, OFDMA

*أعد البحث في سياق رسالة الماجستير للطالب طارق الأشهب بإشراف الدكتور فريز عبود ومشاركة الدكتور عبد الكريم السالم.

** قسم الاتصالات -كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية -جامعة دمشق.

*** أستاذ -قسم هندسة الإلكترونيات والاتصالات -كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية -جامعة دمشق.

**** أستاذ -قسم هندسة الإلكترونيات والاتصالات -كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية -جامعة البعث.

Mobile WiMAX Planning Based On IEEE 802.16e

Eng. Tarek AL Achhab

D. Fariz Abboud

D. Abdulkarim Assalem

Abstract:

Mobile WiMAX is one of the candidate technology for 4G wireless systems, promising high data rate and affluent multimedia services. The Mobile WiMAX standard (IEEE 802.16e-2005) is based on Orthogonal Frequency Division Multiple Access (OFDMA), which allows a very efficient use of bandwidth in a wide frequency range, this is due to the fact that OFDMA uses multi-channel OFDM approach and provides subcarrier access in the time and the frequency domains. WiMAX offers a rich set of features with a lot of flexibility in terms of deployment options and potential service offerings. It supports adaptive modulation and coding, advanced antenna techniques, time division duplexing (TDD) and frequency division duplexing (FDD).

This paper introduce explanation of the steps, which must be considered for planning of WiMAX network. We introduce our WiMAX.Calc tool, which contains algorithms for link budget calculation, propagation models analysis and capacity analysis to estimate the number of base stations required for coverage and capacity. It allow us to study how several parameters of WiMAX influence the network planning results. Results are promising and with field measurements, we can improve these results.

Keywords: WiMAX, IEEE 802.16e, Sub-channelization. Propagation, PUSC, FUSC, OFDM, OFDMA

1. مقدمة:

WiMAX هي اختصار لـ World Wide Interoperability for Microwave Access المتوافق الشامل عالمياً للنفاد باستخدام الأمواج الميكروية. تعتمد WiMAX على معايير الشبكات المتوسطة اللاسلكية WMAN والتي وضعتها مجموعة IEEE 802.16 والمجموعة HYPERMAN والتابعة للمعهد الأوروبي ETSI. هناك عدة إصدارات أو معايير لتقنية الـ WiMAX: المعيار IEEE 802.16d هو المعيار الثابت والمعيار IEEE 802.16e هو المعيار النقال [1].

توفر تقنية الـ WiMAX مجموعة غنية من الميزات مع المرونة من أجل خيارات التطبيق وتقديم الخدمات، وهي تدعم الترميز والتعديل المتكيف وتقنيات الهوائيات المتقدمة، كما تدعم الاتصال ثنائي الاتجاه بالتقسيم الترددي FDD والتقسيم الزمني TDD وإعادة استخدام التردد الجزئي FFR [2].

مندى الـ WiMAX عبارة عن منظمة تم إنشائها من قبل مجموعة دول وشركات مشغلة ومصنعين ومنظمين في حزيران 2001 لتعزيز المطابقة وقابلية التشغيل البيئي لمنتجات المجال العريض اللاسلكية القائمة على معيار IEEE 802.16 [3].

2. الطبقة الفيزيائية في نظام WiMAX:

تعتمد الطبقة الفيزيائية في نظام الـ WiMAX على تقنية التجميع بالتقسيم الترددي المتعامد OFDM والتي تمثل مخطط إرسال لتوفير اتصالات لنقل البيانات والصورة والوسائط المتعددة بسرعة عالية كما أنها تستخدم من قبل عدة نظم تجارية عريضة المجال مثل خط المشترك الرقمي DSL والشبكات المحلية اللاسلكية Wi-Fi والبيث الرقمي للصورة DVB كما تعتبر تقنية OFDM فعالة من أجل الإرسال بمعدلات عالية في البيئة التي لا تحتاج لوجود خط نظر NLOS أو البيئة ذات المسارات المتعددة اللاسلكية [1].

تمتلك النسخ الثابتة والنقالة من نظم الـ WiMAX اختلافات طفيفة من حيث تنفيذ الطبقة الفيزيائية المعتمدة على تقنية OFDM، ففي التطبيقات الثابتة المعتمدة على المعيار IEEE 802.16-2004 تستخدم حجم تحويل فورييه السريع 256 لتحقيق إشارات الـ OFDM بينما في التطبيقات النقالة والمعتمدة على المعيار IEEE 802.16e-2005 تستخدم تقنية OFDMA بحجم مختلفة لتحويل فورييه السريع تتراوح بين 128 خانة إلى 2048 خانة. (جدول (1) يبين محددات OFDM لكل من الطبقة الفيزيائية المعتمدة على OFDM للتطبيقات الثابتة والطبقة الفيزيائية المعتمدة على OFDMA للتطبيقات المتنقلة [4].

جدول (1) محددات OFDM المستخدمة في نظام WiMAX

Parameter	Fixed WIMAX OFDM-PHY	Mobile WIMAX Scalable OFDMA-PHY ^a			
FFT size	256	128	512	1,024	2,048
Number of used data subcarriers ^b	192	72	360	720	1,440
Number of pilot subcarriers	8	12	60	120	240
Number of null/guardband subcarriers	56	44	92	184	368
Cyclic prefix or guard time (Tg/Tb)	1/32, 1/16, 1/8, 1/4				
Oversampling rate (Es/BW)	Depends on bandwidth: 7/6 for 256 OFDM, 8/7 for multiples of 1.75MHz, and 28/25 for multiples of 1.25MHz, 1.5MHz, 2MHz, or 2.75MHz.				
Channel bandwidth (MHz)	3.5	1.25	5	10	20
Subcarrier frequency spacing (kHz)	15.625				
Useful symbol time (μs)	64				
Guard time assuming 12.5% (μs)	8				
OFDM symbol duration (μs)	72				
Number of OFDM symbols in 5 ms frame	69				

a. Boldfaced values correspond to those of the initial mobile WiMAX system profiles.

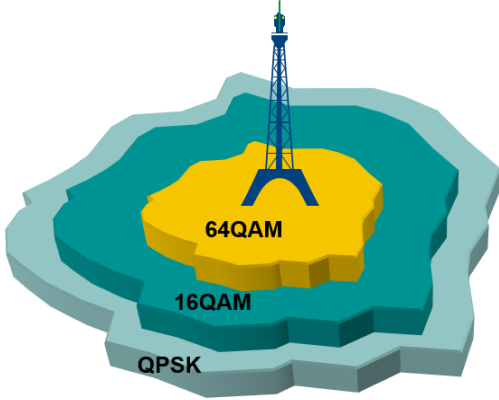
b. The mobile WiMAX subcarrier distribution listed is for downlink PUSC (partial usage of subcarrier).

3. تشكيل الأقنية الجزئية في نظام WiMAX:

في نظام الـ WiMAX تكون السعة الكلية المتوفرة في المحطة القاعدية BS تشاركية بين عدة مستخدمين على أساس الطلب وذلك باستخدام نمط الازدواج بالتقسيم الزمني الرشقي Burst TDM Scheme، عند استخدام نمط OFDMA-PHY في الطبقة الفيزيائية فإن الازدواج Multiplexing يتم إنجازه بشكل إضافي في المجال الترددي من خلال تخصيص مجموعات جزئية مختلفة من حوامل OFDM لمستخدمين مختلفين وهذه يتم من خلال ما يسمى تشكيل الأقنية الجزئية Sub-channelization. الشكل (1) يبين مقارنة بيت تقنية OFDM و OFDMA حيث نلاحظ أنه في الـ OFDM خلال

4. التعديل والترميز في نظام WiMAX:

يُدمج نظام الـ WiMAX مخططات تعديل وترميز متنوعة كما هو موضح بالشكل (2) حيث يتم استخدام عدة أنواع من مخططات التعديل والترميز ضمن نفس الخلية كتابع لنسبة الإشارة للضجيج SNR. الجدول (2) يوضح مجالات قيم SNR لمختلف أنواع الترميز والتعديل المستخدمة في نظام الـ WiMAX من أجل قناة الضجيج الأبيض الغاوسي الجمعي AWGN وقناة رايلييه Rayleigh [6].



شكل (2) الترميز والتعديل المتكيف في نظام WiMAX

جدول (2) الترميز والتعديل المتكيف كتابع لنسبة الإشارة للضجيج SNR

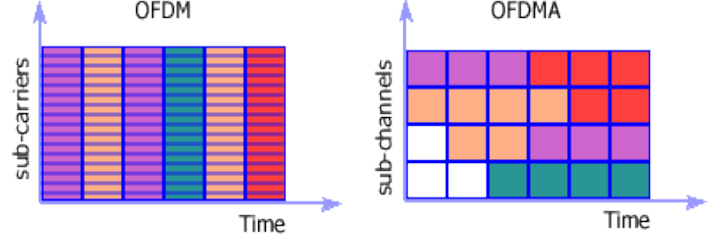
AMC	Rayleigh channel	AWGN Channel
BPSK	4 dB < SNR < 9 dB	7 dB < SNR < 11 dB
QPSK CC=1/2	9 dB < SNR < 15 dB	11 dB < SNR < 17 dB
QPSK CC=3/4	15 dB < SNR < 18 dB	17 dB < SNR < 19 dB
16-QAM CC=1/2	18 dB < SNR < 23 dB	19 dB < SNR < 22 dB
16-QAM CC=3/4	23 dB < SNR < 28 dB	22 dB < SNR < 25 dB
64-QAM CC=1/2	28 dB < SNR < 40 dB	25 dB < SNR < 29 dB
64-QAM CC=3/4	SNR > 40 dB	SNR > 29 dB

5. تخطيط وتحديد أبعاد شبكة WiMAX:

1-5 مقدمة:

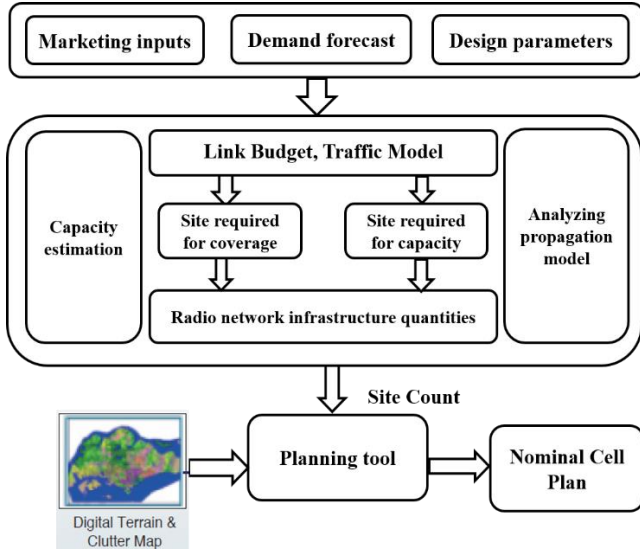
قبل تأسيس أي شبكة اتصالات فإنه من الضروري القيام بعملية تخطيط وتحديد أبعاد الشبكة. خلال هذه العملية يقوم مصمم الشبكة بجمع معلومات وبيانات تحليلية من أجل الحصول على تصميم أمثل للشبكة لتحسين وزيادة الأداء

زمن معين (حيز زمني) فقط مستخدم واحد يستطيع الإرسال باستخدام كامل الحوامل الجزئية المتاحة أما في الـ OFDMA خلال حيز زمني يكون لدينا عدة مستخدمين بنفس اللحظة وذلك عبر تخصيص حوامل جزئية مختلفة لكل مستخدم [1].



شكل (1) مقارنة بين تقنية OFDM و OFDMA

أن الطبقة الفيزيائية في نظام WiMAX النقال والتي تعتمد على تقنية OFDMA تسمح بتشكيل الأقفنية الجزئية في كلا الوصلتين الهابطة والصاعدة [5]. هناك طريقتين لتشكيل الأقفنية الجزئية: التنوع Diversity والتجاور Contiguous. في الطريقة الأولى يتم توزيع الحوامل الجزئية بشكل شبه عشوائي لتشكيل القناة الجزئية Sub-channel، توفر هذه الطريقة تباين ترددي ونقل من التداخل بين الخلايا، تعتبر هذه الطريقة هي الأفضل من أجل البيئات النقالة mobile environment حيث خصائص القناة تتغير بسرعة، تتضمن هذه الطريقة الاستخدام الكلي للحوامل الجزئية في الوصلة الهابطة DL FUSC، الاستخدام الجزئي للحوامل الجزئية في الوصلة الهابطة DL PUSC والاستخدام الجزئي للحوامل الجزئية في الوصلة الصاعدة UL PUSC، إضافة إلى طرق تخصيص اختيارية إضافية. في طريقة التجاور يتم تخصيص الأقفنية الجزئية باستخدام حوامل جزئية متجاورة في الطيف الترددي، تتضمن هذه الطريقة DL AMC، UL AMC، هذه الطريقة تمكن من استخدام التباين متعدد المستخدمين Multi-user Diversity أي تخصيص قنوات جزئية للمستخدمين اعتماداً على الاستجابة الترددية لهم، وبشكل عام تعتبر هذه الطريقة مناسبة أكثر للتطبيقات الثابتة أو البيئات ذات الحركة القليلة [1].



شكل (3) مراحل تخطيط وتحديد أبعاد شبكة WiMAX

2-5 تخطيط التغطية:

إن الهدف من عملية تخطيط التغطية هو إيجاد العدد الأمثل والمواقع الأمثلية للمحطات القاعدية ضمن المنطقة المدروسة وذلك لضمان تغطية مستمرة وفقاً لمتطلبات التصميم. إن تخطيط التغطية يتم تحقيقها عبر أداة تخطيط تتضمن خرائط رقمية مع معلومات طوبوغرافية عن المنطقة المدروسة. إن نماذج الانتشار تهدف إلى تحديد منطقة التغطية للخلية بناءً على مجموعة من محددات التخطيط (التردد، خصائص الهوائيات... الخ). التنبؤ الكلي للتغطية يتم تحديده من خلال الجمع بين الخرائط الرقمية ونموذج الانتشار المناسب [8].

خلال مرحلة تخطيط التغطية يتم إنجاز تحليل لموازنة الوصلة والتي تحدد فقد المسار الأعظمي المسموح به MAPL، وبالتالي اعتماداً على نموذج الانتشار المناسب يتم حساب نصف قطر الخلية الأعظمي ومساحة الخلية. عندها يتم ضمان أن أي مستخدم موجود ضمن منطقة تغطية الخلية سيستقبل إشارة من المحطة القاعدية أعلى من عتبة محددة تساوي إلى حساسية المستقبل. الجدول (3) يوضح مثالاً لموازنة الوصلة في نظام WiMAX المتكامل [9].

وتقليل المدة الزمنية والتكاليف المطلوبة عند التحقق العملي للشبكة [7]. إن تخطيط وتحديد أبعاد الشبكة هو الجزء الأهم في تصميم الشبكة وينظر له من ثلاثة جوانب مختلفة: التغطية Coverage، الخدمة Service والسعة Capacity. من أجل الحصول على تخطيط مناسب للشبكة يجب أن يتم تعريف بعض المعلومات الهامة [7]:

- المنطقة الجغرافية: يجب تعريف المنطقة الجغرافية من حيث المساحة ومن حيث طبيعة التضاريس (مدينة Urban، ريف Rural، ضاحية Suburban).
- يجب تحديد أنواع المشتركين الذين سيستخدمون الشبكة (مشترك منزلي، رجال أعمال)، إضافة إلى تحديد كيفية توزيعهم ضمن الشبكة.
- تحديد الخدمات التي سيطلبها المشتركين مثل النفاذ عريض الحزمة للإنترنت، نقل الصوت عبر بروتوكول الإنترنت VOIP، وغيرها من الخدمات التي تقدمها شبكة WiMAX.
- تحديد الطيف المتاح والذي يسمح لشبكة WiMAX بالعمل خلاله.
- معلومات من أجل رسم الخرائط وذلك لتوضيح مناطق الخدمة ومناطق التغطية عبر خرائط رقمية. باستخدام المعلومات السابقة يتم إنجاز عملية تخطيط وتحديد أبعاد التغطية، السعة والخدمة لشبكة WiMAX.
- الشكل (3) يبين إجراءات تخطيط الشبكة الراديوية في نظام WiMAX، تبدأ بمرحلة تحديد متطلبات التصميم، ثم عملية تحديد أبعاد الشبكة والتي تهدف إلى تقدير عدد المحطات القاعدية اللازمة لتحقيق التغطية للمنطقة المدروسة والتي تلبي متطلبات السعة، المرحلة الثالثة يتم توزيع المحطات القاعدية على المنطقة المدروسة اعتماداً على نظام المعلومات الجغرافي GIS وتوفر خرائط رقمية للمنطقة المدروسة حيث يتم إظهار نتائج التغطية ومناطق الخدمة وتحليل أداء النظام.

جدول (3) موازنة الوصلة في نظام واي ماكس المتنقل

Parameters	Downlink MAP	Downlink Traffic	Uplink Traffic
Total Tx Power (dBm)	36	36	23
Tx Antenna gain (dBi)	18	18	0
Tx feeder loss (dB)	0.5	0.5	0
Rx antenna gain (dBi)	0	0	18
Rx feeder loss (dB)	0	0	0.5
System bandwidth (MHz)	10	10	10
FFT size	1024	1024	1024
Total number of OFDMA symbols in frame	47	47	47
TDD downlink/uplink division (number of OFDMA symbols)		32	15
MCS (modulation and coding scheme)	QPSK-1/2	QPSK-1/2	QPSK-1/2
Frame overheads (number of symbols)		5	3
Symbols for data transmission		27	12
Permutation zone	downlink PUSC	downlink PUSC	uplink PUSC
N used (number of used subcarriers)	841	841	841
Frequency reuse	3	3	3
Rx diversity	2Rx MRC	2x2 STC	2Rx MRC
BLER	1%	20 %	20 %
MAC headers (excluding FCH and MAP, %)		2.5%	2.5%
Maximum MCS throughput (kbps)		2920	1048.32
Target cell edge user throughput (kbps)		512	128.00
Percentage of cell capacity needed for one user		19.05%	18%
Effective sector bandwidth (MHz)	9.2	9.2	9.2
Noise figure (dB)	6	6	3
Effective noise power (dBm)	-98.36	-98.36	-101.36
Uplink subchannellization gain (dB)			8.45
Required SINR (dB)	6.2	1.89	2.85
Interference margin (dB)	1	1	1
Link budget (interference + noise limited, dB)	146.9	152.3	147.8

3-5 تخطيط السعة:

بعد إنجاز عملية تخطيط التغطية يجب إتمام مرحلة تخطيط السعة. إن تخطيط السعة يتم إنجازه لضمان أن السعة المقدمة للمشاركين توافق المتطلبات وذلك وفقاً لعدد المشتركين ونوع الخدمات وحركة البيانات المرسله عبر الشبكة [7].

إن عملية تحليل السعة في نظام WiMAX تعتمد بشكل رئيسي على حساب معدل الإنتاجية الوسطي ضمن الخلية. يدعم المعيار IEEE 802.16 الترميز والتعديل المتكيف والذي يعطي بنية حلقيه لحساب السعة. يعتمد معدل الإنتاجية على نسبة وجود نمط التعديل ضمن منطقة الخلية. إن القيمة النظرية لمعدل الإنتاجية مع الأخذ بعين الاعتبار الترميز والتعديل المتكيف يحسب من العلاقة:

$$BW_{Raw} = \frac{N_{used} \cdot \sum(\%P.K.OCR)}{T_s} \quad (1)$$

حيث N_{used} عدد الحوامل الجزئية المخصصة لنقل البيانات والتي تعتمد على عرض مجال القناة ونمط تخصيص الحوامل واتجاه الوصلة (DL,UL).

$\%P$: تشير إلى نسبة وجود مستوى التعديل ضمن منطقة التغطية

K : عدد البتات بكل رمز و OCR معدل الترميز الكلي
 T_s زمن الرمز الكلي

6 التطبيق العملي

1-6 أداة التخطيط WiMAX.Calc tool:

سنقدم الآن شرحاً للأداة WiMAX.Calc Tool التي قمنا بتطويرها باستخدام خوارزميات عالية التعقيد قمنا ببرمجتها باستخدام لغة البرمجة عالية المستوى C# حيث تقوم هذه الأداة بعملية تحليل كامل لنظام WiMAX وتقدير عدد أبراج التغطية اللازم لتخديم منطقة محددة وفقاً لطبيعة هذه المنطقة ولعدد المستخدمين المتوقع تواجده فيها اعتماداً على مجموعة من المحددات.

توفر أداة التخطيط إمكانية لتقييم أداء النظام من خلال عملية تحليل تأثير تغيير بعض محددات النظام على عدد المحطات

القاعدية اللازم، فمثلاً يمكن أن تستخدم لتقييم كيف يتغير عدد المحطات القاعدية مع تغير الرمز التكراري من 2 إلى 4 أو كيف يتغير عدد المحطات عند استخدام ربح تشكيل الأقفنية الجزئية في الوصلة الصاعدة UL Sub-channeling Gain إضافة إلى كيفية تأثير ارتفاع الهوائيات في المرسل والمستقبل على نصف قطر الخلية.

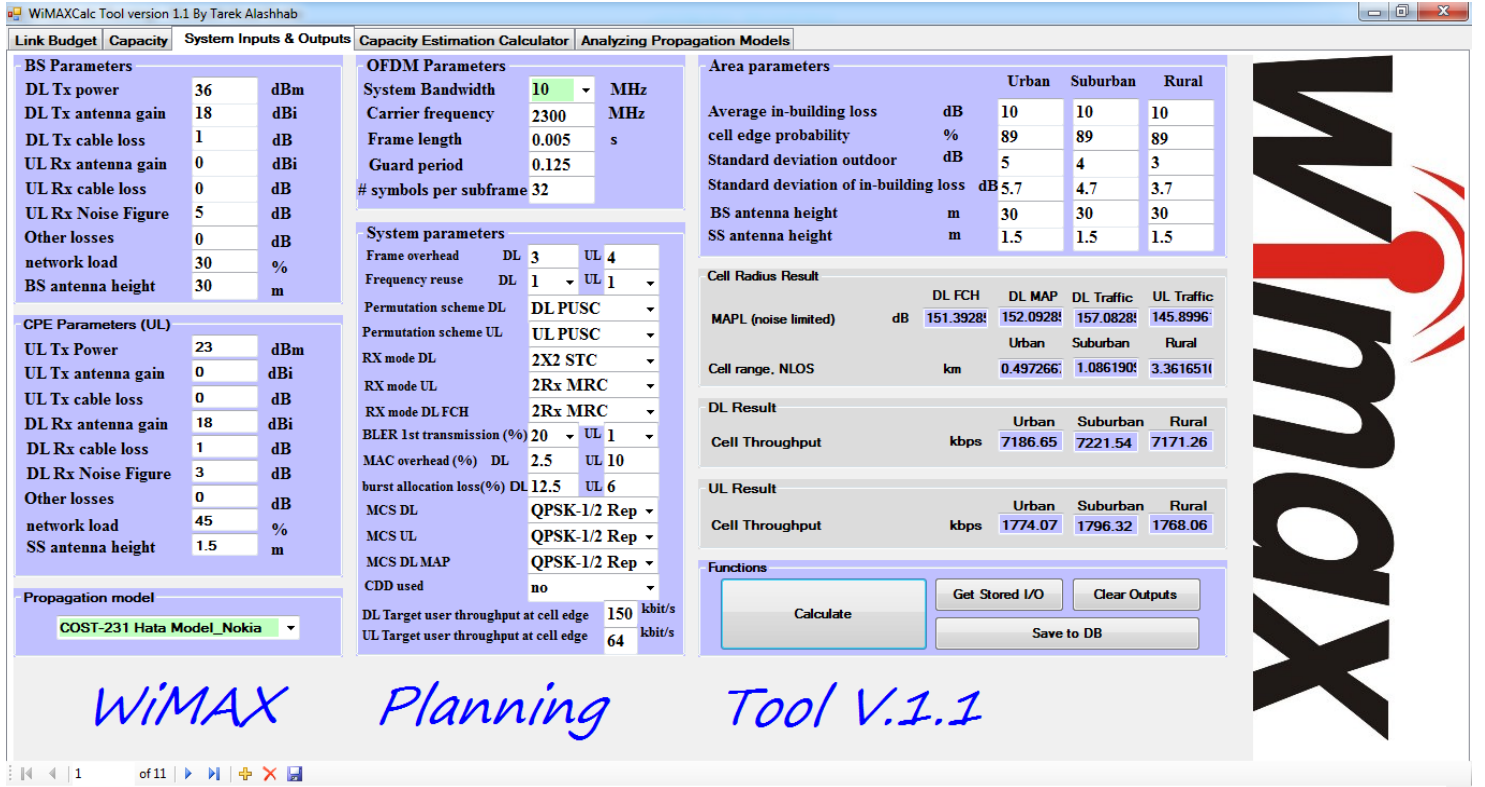
تدعم أداة التخطيط مجموعة من نماذج الانتشار المستخدمة بشكل واسع في نظام WiMAX:

- 9999 propagation model
- Stanford University Interim (SUI) Propagation model
- Okumura-Hata propagation model (COST-231 Hata)
- Walfish-Ikegami propagation model

تتيح الأداة إمكانية تحليل ومقارنة نماذج الانتشار المختلفة واختيار نموذج الانتشار الأمثل حسب طبيعة المنطقة المدروسة.

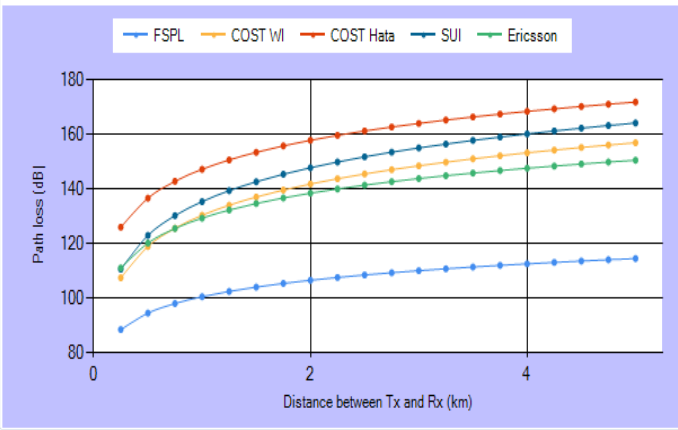
الشكل (4) يبين الواجهة الرئيسية للبرنامج وتتضمن مجموعة من البلوكات:

1. القسم الخاص بإدخال محددات المحطة القاعدية
2. القسم الخاص بإدخال محددات محطة المشترك.
3. القسم الخاص باختيار نموذج الانتشار.
4. القسم الخاص بإدخال محددات OFDM.
5. القسم الخاص بإدخال محددات المنطقة المدروسة.
6. القسم الخاص بإظهار النتائج
7. العمليات التي يقوم بها البرنامج. بالضغط على الزر Calculate يتم إظهار النتائج، كما يتضمن البرنامج إمكانية تخزين النتائج ضمن قاعدة معطيات حيث يمكن استدعاء هذه النتائج من خلال الزر Get stored I/O



شكل (4) الواجهة الرئيسية للبرنامج

Path loss in urban environment



شكل (5) نماذج الانتشار المختلفة في بيئة المدن

وبأخذ متوسط قيم فقد المسار لكل نموذج نجد الشكل التالي الذي يؤكد صحة الاستنتاج بأن نموذج Ericsson 9999 هو الخيار الأمثل لمناطق المدن، شكل (6).

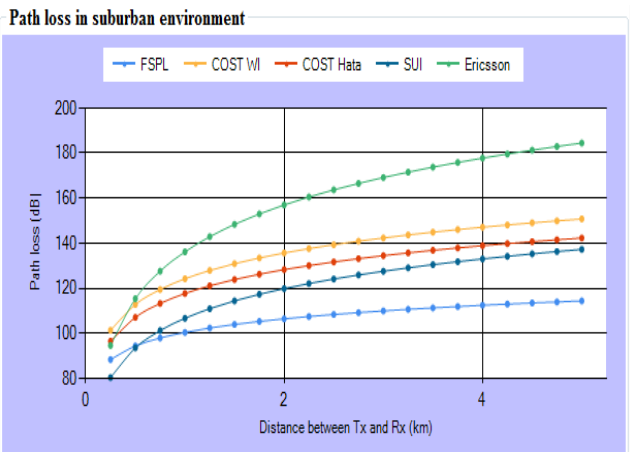
2-6 اختيار نموذج الانتشار الأمثل حسب طبيعة المنطقة المدروسة:

نعتمد في هذه المرحلة على الأداة WiMAX.Calc Tool خلال الجزء البرمجي التحليلي الخاص باختيار نموذج الانتشار الأمثل وبعد القيام بمجموعة من التجارب وقيم مختلفة للتردد الحامل وارتفاعات الهوائيات في كل من المرسل والمستقبل وعلى مسافات مختلفة بينهما وجدنا النتائج التالية:

- في مناطق المدن نلاحظ أن نموذج Ericsson 9999 يعطي فقداً في المسار أقل من تلك التي تعطيها النماذج المتبقية ضمن الظروف نفسها، بينما وبشكل معاكس نلاحظ أن نموذج COST-231 Hata هو صاحب فقد المسار الأكبر بين النماذج؛ ومنه نستنتج أن نموذج Ericsson 9999 هو الخيار الأمثل لمناطق المدن كما هو موضح في الشكل (5):

وبإجراء مقارنة بين الحصول على أقل فقد في المسار وبين الحصول على أكبر نصف قطر خلية لتقليل عدد الأبراج نختار نموذج الانتشار الذي يعطينا فقد المسار الأقل وهو في حالتنا هذه Ericsson 9999 حيث نصف قطر الخلية هو 0.183 km.

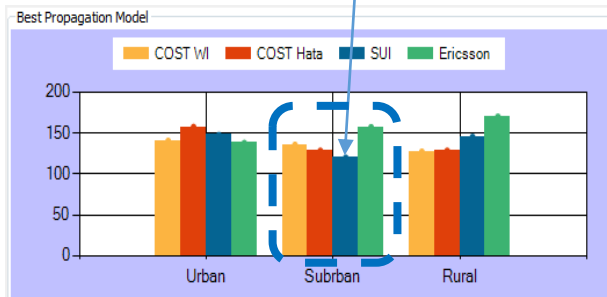
- في مناطق الضواحي نلاحظ أن نموذج SUI يعطي فقداً في المسار أقل من تلك التي تعطيها النماذج المتبقية ضمن الظروف نفسها، بينما ويشكل معاكس نلاحظ أن نموذج Ericsson 9999 هو صاحب فقد المسار الأكبر ويقوم كبيرة بشكل ملحوظ مقارنة بالنماذج الأخرى، ومنه نستنتج أن نموذج SUI هو الخيار الأمثل لمناطق الضواحي كما هو موضح في الشكل (8).



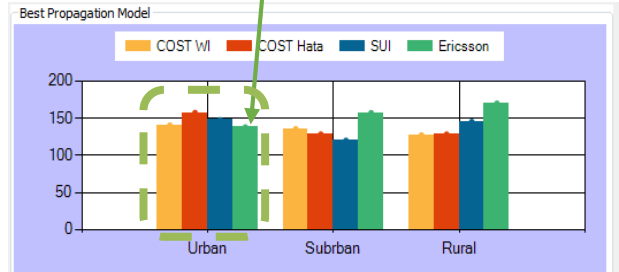
شكل (8) نماذج الانتشار المختلفة في بيئة الضاحية

وبأخذ متوسط قيم فقد المسار لكل نموذج كما هو موضح بالشكل (9) نتأكد من صحة الاستنتاج بأن نموذج SUI هو الخيار الأمثل لمناطق الضواحي:

SUI is the best choice in Suburban environment



9999 Ericsson is the best choice in Urban



شكل (6) متوسط فقد المسار في بيئة المدينة

وعند تطبيق نموذج الانتشار الملائم وهو Ericsson 9999 لحساب فقد المسار الأعظمي ونصف قطر الخلية في مناطق المدينة نحصل على النتائج التالية:

شكل (7) نصف القطر ومعدل الإنتاجية في بيئة المدينة

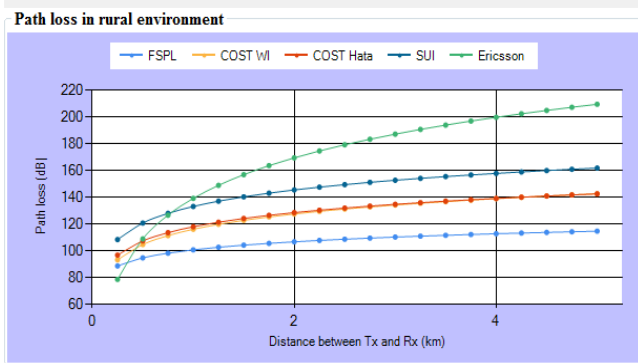
Cell Radius Result				
	DL FCH	DL MAP	DL Traffic	UL Traffic
MAPL (noise limited)	dB 150.3928	151.0928	148.4528	149.8223
		Urban	Suburban	Rural
Cell range, NLOS	km	0.183169	0.475803	1.452143
DL Result				
		Urban	Suburban	Rural
Cell Throughput	kbps	7028.77	7079.33	7008.84
UL Result				
		Urban	Suburban	Rural
Cell Throughput	kbps	1774.07	1796.32	1768.06

بينما نحصل عند تطبيق بقية نماذج الانتشار على النتائج التالية:

جدول (4) نصف قطر الخلية في بيئة المدينة من أجل نماذج انتشار مختلفة

Propagation model	Cell range(km)
COST-231 Hata	0.268
9999 Ericsson	0.183
COST Walfish-Ikegami	0.5294
SUI	0.294

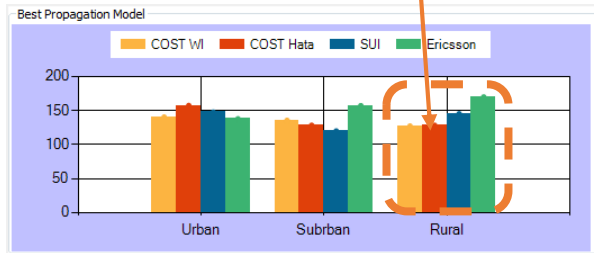
COST-231 Hata هو الخيار الأمثل للمناطق الريفية كما هو موضح في الشكل (11).



شكل (11) نماذج الانتشار المختلفة في بيئة الريف

وبأخذ متوسط قيم فقد المسار لكل نموذج كما هو موضح بالشكل (12) نتأكد من صحة الاستنتاج بأن نموذج COST-231 Hata هو الخيار الأمثل للمناطق الريفية:

COST-231 Hata is the best choice in Rural



شكل (12) متوسط فقد المسار في بيئة الريف

وعند تطبيق نموذج الانتشار COST-231 Hata لحساب فقد المسار الأعظمي ونصف قطر الخلية في المناطق الريفية نحصل على النتائج الموضحة بالشكل (13):

شكل (13) نصف قطر الخلية ومعدل الإنتاجية في بيئة الريف

Cell Radius Result					
	DL FCH	DL MAP	DL Traffic	UL Traffic	
MAPL (noise limited)	dB	150.3928	151.0928	148.4528	149.8223
		Urban	Suburban	Rural	
Cell range, NLOS	km	0.268238	0.797273	3.234281	
DL Result					
		Urban	Suburban	Rural	
Cell Throughput	kbps	7028.77	7079.33	7008.84	
UL Result					
		Urban	Suburban	Rural	
Cell Throughput	kbps	1774.07	1796.32	1768.06	

شكل (9) متوسط فقد المسار في بيئة الضاحية

وعند تطبيق نموذج الانتشار SUI لحساب فقد المسار الأعظمي ونصف قطر الخلية في مناطق الضواحي نحصل على النتائج الموضحة بالشكل (10):

شكل (10) نصف قطر الخلية ومعدل الإنتاجية في بيئة الضاحية

Cell Radius Result					
	DL FCH	DL MAP	DL Traffic	UL Traffic	
MAPL (noise limited)	dB	150.3928	151.0928	148.4528	149.8223
		Urban	Suburban	Rural	
Cell range, NLOS	km	0.294156	0.450614	0.942814	
DL Result					
		Urban	Suburban	Rural	
Cell Throughput	kbps	7028.77	7079.33	7008.84	
UL Result					
		Urban	Suburban	Rural	
Cell Throughput	kbps	1774.07	1796.32	1768.06	

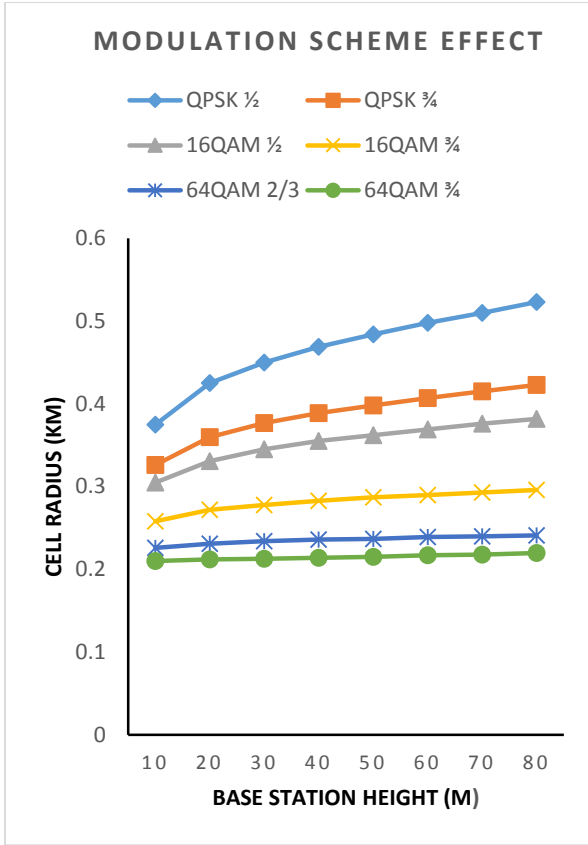
بينما نحصل عند تطبيق بقية نماذج الانتشار على النتائج الموضحة بالجدول (5):

جدول (5) نصف قطر الخلية في بيئة الضاحية من أجل نماذج انتشار مختلفة

Propagation model	Cell range(km)
COST-231 Hata	0.797
9999 Ericsson	0.4758
COST Walfish-Ikegami	0.764
SUI	0.450

وبإجراء مقارنة بين الحصول على أقل فقد في المسار وبين الحصول على أكبر نصف قطر خلية لتقليل عدد الأبراج نختار نموذج الانتشار الذي يعطينا فقد المسار الأقل وهو في حالتنا هذه SUI حيث نصف قطر الخلية هو 0.450 km.

- في المناطق الريفية نلاحظ أن نموذج COST 231 Hata يعطي فقداً في المسار أقل من تلك التي تعطيها النماذج المتبقية ضمن الظروف نفسها، بينما وبشكل معاكس نلاحظ أن نموذج 9999 Ericsson هو صاحب فقد المسار الأكبر وقيم كبيرة بشكل ملحوظ مقارنة بالنماذج الأخرى، ومنه نستنتج أن نموذج



شكل (14) تأثير ارتفاع المحطة القاعدية ونمط التعديل والترميز على نصف قطر الخلية

الاستنتاج:

- يزداد نصف قطر الخلية مع زيادة ارتفاع المحطة القاعدية.
- يتغير نصف قطر الخلية من أجل أنماط تعديل مختلفة. نمط التعديل BPSK يملك أعلى قيمة لنصف قطر الخلية بينما QAM يملك أقل قيمة.
- إن كل نمط تعديل يملك قيمة محددة من نسبة الإشارة إلى الضجيج SNR وبالتالي حساسية استقبال محددة والتي تعتبر العامل الرئيسي في حساب فقد المسار الأعظمي المسموح به MAPL، لذلك يتغير نصف قطر الخلية بين أنواع التعديل المختلفة.

4-6 تأثير نوع البيئة على نصف قطر الخلية:

عند التردد 2.5GHz، عرض مجال BW=10MHz ونمط تعديل QPSK1/2 (التعديل عند حافة الخلية) قمنا بحساب نصف قطر الخلية من أجل بيئات مختلفة وارتفاعات مختلفة للمحطة القاعدية. وجدنا النتائج التالية:

بينما نحصل عند تطبيق بقية نماذج الانتشار على النتائج الموضحة بالجدول (6).

جدول (6) نصف قطر الخلية في بيئة الريف من أجل نماذج انتشار

مختلفة

Propagation model	Cell range(km)
COST-231 Hata	3.234
9999 Ericsson	1.452
COST Walfish-Ikegami	0.970
SUI	0.9428

وبإجراء مقارنة بين الحصول على أقل فقد في المسار وبين الحصول على أكبر نصف قطر خلية لتقليل عدد الأبراج نختار نموذج الانتشار الذي يعطينا فقد المسار الأقل وهو في حالتنا هذه COST-231 Hata حيث نصف قطر الخلية هو 3.234 km

3-6 دراسة تأثير ارتفاع المحطة القاعدية ونمط التعديل والترميز على نصف قطر الخلية:

عند التردد 2.5GHz، عرض مجال BW=10MHz ومن أجل بيئة الضاحية قمنا بحساب نصف قطر الخلية من أجل قيم مختلفة لارتفاع المحطة القاعدية وعند أنماط تعديل ومعدلات ترميز مختلفة. وجدنا النتائج التالية:

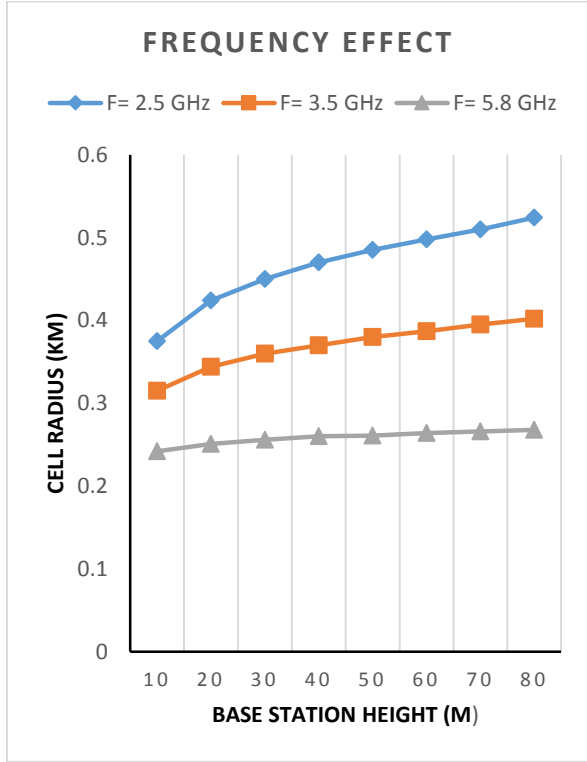
جدول (7) نصف قطر الخلية من أجل أنماط تعديل ومعدلات ترميز

مختلفة

$H_{bs}(Km)$	10	20	30	40	50	60
QPSK 1/2	0.375	0.425	0.450	0.469	0.484	0.498
QPSK 3/4	0.326	0.360	0.377	0.389	0.398	0.407
16QAM 1/2	0.305	0.331	0.345	0.355	0.362	0.369
16QAM 3/4	0.258	0.272	0.278	0.283	0.287	0.290
64QAM 2/3	0.226	0.231	0.234	0.236	0.237	0.239
64QAM 3/4	0.210	0.212	0.213	0.214	0.215	0.217

جدول (9) نصف قطر الخلية من أجل ترددات مختلفة

$H_{bs}(Km)$	10	20	30	40	50	60
F= 2.5 GHz	0.375	0.424	0.450	0.470	0.485	0.498
F= 3.5 GHz	0.315	0.344	0.360	0.370	0.380	0.387
F= 5.8 GHz	0.242	0.251	0.256	0.260	0.261	0.264



شكل (16) تأثير التردد على نصف قطر الخلية

الاستنتاج:

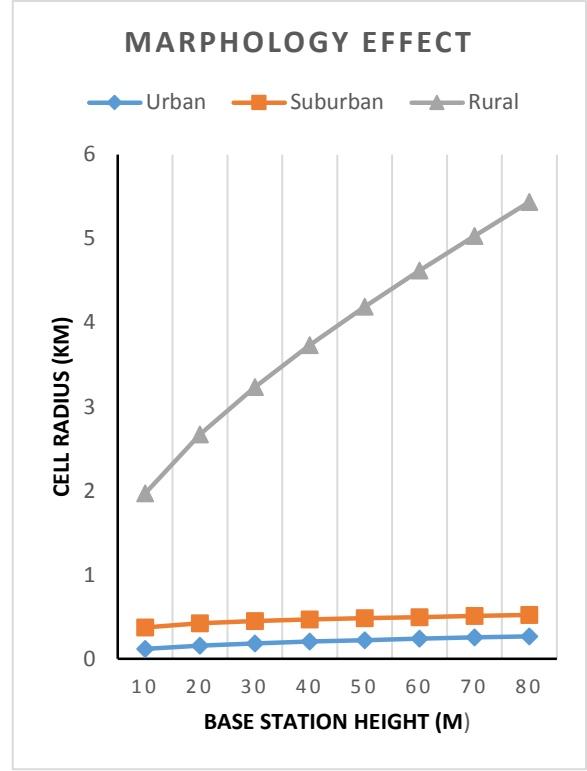
- عند زيادة التردد فإن نصف قطر الخلية ينقص وذلك بسبب:
- عامل تصحيح التردد في معادلة نموذج الانتشار يزداد عند زيادة التردد.
- زيادة التردد يؤدي إلى نقصان بطول الموجة والذي يسبب نقصان بنصف قطر الخلية.

6-6 تأثير تشكيل الأقيسة الجزئية في الوصلة الصاعدة على نصف قطر الخلية:

عند التردد 2.5 GHz، عرض مجال BW=10MHz، بيئة الريف، نمط تعديل QPSK 1/2، قمنا بحساب نصف قطر الخلية ووجدنا النتائج التالية:

جدول (8) نصف قطر الخلية من أجل بيئات مختلفة

$H_{bs}(Km)$	10	20	30	40	50	60
Urban	0.120	0.156	0.183	0.205	0.223	0.240
Suburban	0.375	0.424	0.450	0.470	0.485	0.498
Rural	1.97	2.67	3.234	3.733	4.19	4.62



شكل (15) تأثير نوع البيئة على نصف قطر الخلية

نستنتج ما يلي:

- يختلف نصف قطر الخلية من أجل بيئات مختلفة. بيئة الريف تملك أكبر قيمة لنصف قطر الخلية كون الفقد في هذه البيئات أقل مقارنة بباقي البيئات.

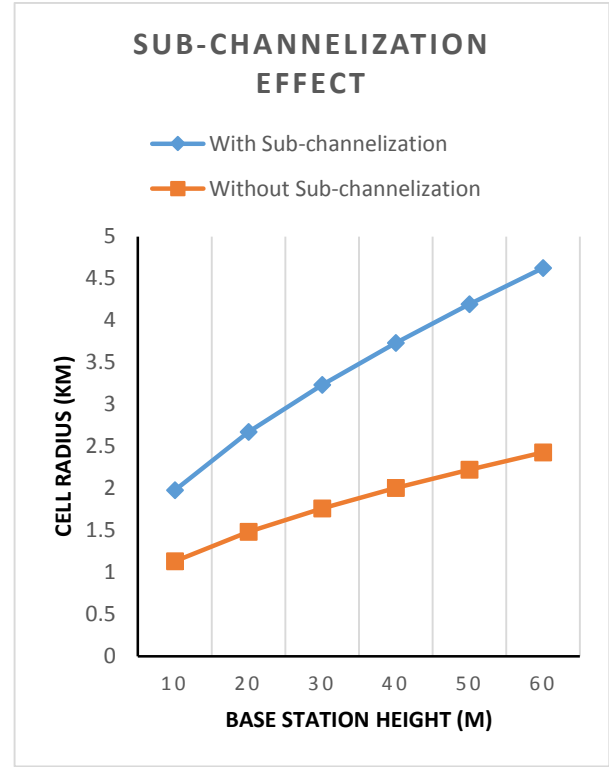
5-6 تأثير التردد على نصف قطر الخلية:

عند عرض مجال BW=10 MHz، نمط تعديل QPSK 1/2، بيئة الضاحية، قمنا بحساب نصف قطر الخلية من أجل قيم مختلفة للتردد فوجدنا النتائج التالية:

منطقة حسب طبيعتها (مدينة، ضاحية، ريف)، اعتماداً على أداة التخطيط تم دراسة تأثير بعض محددات النظام على نصف قطر الخلية. استخلصت عدة نتائج منها زيادة نصف قطر الخلية مع نقصان مستوى التعديل وزيادة ارتفاع المحطة القاعدية، بينما ينقص نصف قطر الخلية مع زيادة التردد، كذلك زيادة نصف قطر الخلية مع استخدام تشكيل الأفقية الجزئية في الوصلة الصاعدة.

جدول (10) نصف قطر الخلية مع وبدون استخدام تشكيل الأفقية الجزئية في الوصلة الصاعدة

$H_{bs}(Km)$	10	20	30	40	50	60
With sub-channelization	1.9	2.67	3.23	3.73	4.19	4.62
Without sub-channelization	1.13	1.48	1.76	2.0	2.22	2.42



شكل (16) تأثير تشكيل الأفقية الجزئية في الوصلة الصاعدة

نستنتج:

عند استخدام تشكيل الأفقية الجزئية في الوصلة الصاعدة فإن المستخدم يركز استطاعة الإرسال فقط ضمن الأفقية الجزئية المخصصة له وبالتالي نحصل على ربح إضافي يدخل في موازنة الوصلة فيزداد نصف قطر الخلية وبالتالي نحصل على تحسين ملحوظ في مساحة التغطية للمحطة القاعدية.

7 الخاتمة:

قدم هذا البحث تطوير أداة تخطيط برمجية من أجل تحديد أبعاد شبكة WiMAX، تمت مقارنة نماذج الانتشار الواسعة الاستخدام في نظام WiMAX واختيار النموذج الأمثل لكل

المراجع:

1. Jeffrey G. Andrew, Arunabha Ghosh, Rias Muhamed, "Fundamentals of WiMAX: Understanding Broadband Wireless Access", 2007.
2. Ohrtman Frank,"WiMAX Building 802.16 Wireless Network", McGraw-Hill, 2005.
3. www.wimaxforum.com
4. Huawei, " WiMAX RF Planning Guide ", 2009
5. WiMAX Forum, "Mobile WiMAX – Part 1: A Technical Overview and Performance Evaluation", August 2006.
6. Abdul Rehman, Tauheed Khan, Sunil Kumar Chaudhry, " Study of WiMAX Physical Layer under Adaptive modulation Technique using Simulink ", Volume 1 Issue 5 pp 005-011, 2012.
7. Yan Zhang. *WiMAX Network Planning and Optimization*. USA: CRC Press, 2009.
8. Mwesiga W. Barongo "Dimensioning Mobile WiMAX in the Access and Core Network – A Case study", 2008, located on:
<http://lib.tkk.fi/Dipl/2008/urn012881.pdf>
9. Nokia Siemens, " Planning and dimensioning Mobile WiMAX radio network ", 2008.

