تطوير خوارزمية جديدة لتقدير السعة في نظام WiMAX

ورقة بحث لرسالة ماجستير

م. طارق الأشهب
د. فريز عبود
د. عبد الكريم السالم

ملخص البحث:

يعتبر نظام WiMAX النقال أحد التقنيات المعتمدة في نظم الجيل الرابع 4G والذي يتميز بمعدل نقل بيانات عالي وخدمات غنية بالوسائط المتعددة. يعتمد نظام WiMAX النقال ذي المعيار IEEE 802.16e-2005 على مبدأ النفاذ المتعدد بالتقسيم الترددي المتعامد OFDMA والذي بدوره يستخدم عرض الحزمة بفعالية أكبر من خلال تقسيم القناة وتوفير إمكانية اختيار الحوامل الترددية في مجال الزمن والتردد. كما توفر تقنية WiMAX مجموعة غنية من الميزات مع المرونة في خيارات التطبيقات وتقديم الخدمات، وهي تدعم التعديل والترميز المتكيف وتقنيات الهوائيات المتعددة MIMO كما تدعم الاتصال ثنائي الاتجاه بالتقسيم الترددي FDD والتقسيم الزمني TDD.

يقدم هذا البحث خوارزمية جديدة لتقدير السعة في نظام WiMAX في كل من الوصلة الصاعدة UL والهابطة DL اعتماداً على نمذجة الحركة Traffic Modeling. تم تعريف معاملين هما Contention Ratio (CR) وSubscription Ratio Over (OSR) واللذان يلعبان دور هام جداً في عملية تخصيص موارد النظام وعملية الجدولة من أجل دعم جودة الخدمة QoS. عملية حذف الـحمل الزائد Overheads المضاف في كل من الطبقة الفيزيائية PHY وطبقة MAC تم شرحها خطوة خطوة من أجل تقدير عرض المجال الفعال أو المفيد Useful Bandwidth. وأخيراً تم تنفيذ الخوارزمية عملياً عن طريق لغة C# بهدف حساب السعة الفعلية لنظام WiMAX في كل من الوصلة الصاعدة UL والهابطة DL وعدد المستخدمين اللذين يمكن أن تدعمهم محطة القاعدة BS .

الكلمات المفتاحية: WiMAX, IEEE 802.16e, QoS, OSR, OFDM, OFDMA, Overheads

Improving New Algorithm for Capacity Estimation in WiMAX System

Paper Research of Master Thesis

Eng. Tarek AL Achhab
Dr. Fariz Abboud
Dr. Abdulkarim Assalem

Abstract:
Mobile WiMAX is one of the candidate technology for 4G wireless systems, promising high data rate and rich 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 offer of services. It supports adaptive modulation and coding, MIMO technique, time division duplexing (TDD) and frequency division duplexing (FDD).
This paper introduce an algorithm to achieve an acceptable approximation for Mobile WiMAX capacity in both downlink and uplink directions based on traffic modeling. For QoS support, two parameters (*CR* and *OSR*) are introduced that have a significant roll in system resource allocation and scheduling modeling. The step-by-step PHY and MAC overheads removal are explained for useful bandwidth estimations. Finally, a software program in c# has been developed for Mobile WiMAX capacity estimation in both DL and UL directions and number of users, which can be supported by WiMAX base station.
Keywords: WiMAX, IEEE 802.16e, QoS, OSR, OFDM, OFDMA, Overheads

1. مقدمة:

يعتبر المعيار IEEE 802.16e-2005 لنظام WiMAX المتنقل مجموعة من المعايير والتي تركز بشكل رئيسي على تطبيقات الطبقة الفيزيائية PHY وطبقة MAC بهدف تأمين التوافق بين محددات النظام المختلفة، وبالتالي فإن هناك مرونة كافية يتم أخذها بعين الاعتبار في كل التطبيقات وعلى رأسها تلك المتعلقة بتأمين الوصول مثل تخصيص الموارد وعمليات الجدولة حيث تم تصميمها بشكل مرن. لذلك فإن محاكاة النظام بشكل دقيق أمر صعب تحقيقه إضافة إلى ذلك فإن عملية تخصيص القناة الديناميكي والجدولة تجعل من الصعب إيجاد إجرائية من أجل تقدير سعة النظام الفعلية أو العملية. من جهة أخرى فإن حمل التأشير Signaling Overhead ليس ثابت وإنما يتغير مع عدد المستخدمين ونوع الخدمات التي يطلبها المستخدم بشكل لا يمكن التنبؤ به. إضافة لذلك فإن النظام يدعم مواصفات مختلفة لجودة الخدمة QoS وبالتالي فإن هناك طرق مختلفة لتأمين الخدمات مستخدمة في عملية تخصيص الموارد والجدولة اعتماداً على طلب المشترك. إن كل العوامل السابقة تجعل من الصعب جداً حساب معدل الإنتاجية الفعلي Actual Throughput لنظام WiMAX.

2 الطبقة الفيزيائية في نظام WiMAX:

تعتمد الطبقة الفيزيائية في نظام 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 والبث 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 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

OFDM بينما في التطبيقات النقالة والمعتمدة على المعيار IEEE 802.16e-2005 تستخدم تقنية OFDMA بحجوم 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 [2].

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 (Fs/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	**10.94**			
Useful symbol time (μs)	64	**91.4**			
Guard time assuming 12.5% (μs)	8	**11.4**			
OFDM symbol duration (μs)	72	**102.9**			
Number of OFDM symbols in 5 ms frame	69	**48.0**			

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

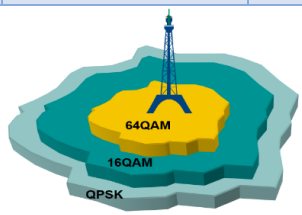
b. The mobile WiMAX subcarrier distribution listed is for downlink PUSC (partial usage of subcarrier).

3 التعديل والترميز في نظام WiMAX:

يدعم نظام WiMAX مخططات تعديل وترميز متنوعة كما هو موضح في الشكل(1) 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 WiMAX من أجل قناة الضجيج الأبيض الغاوصي الجمعي AWGN وقناة رايليه Rayleigh [3].

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

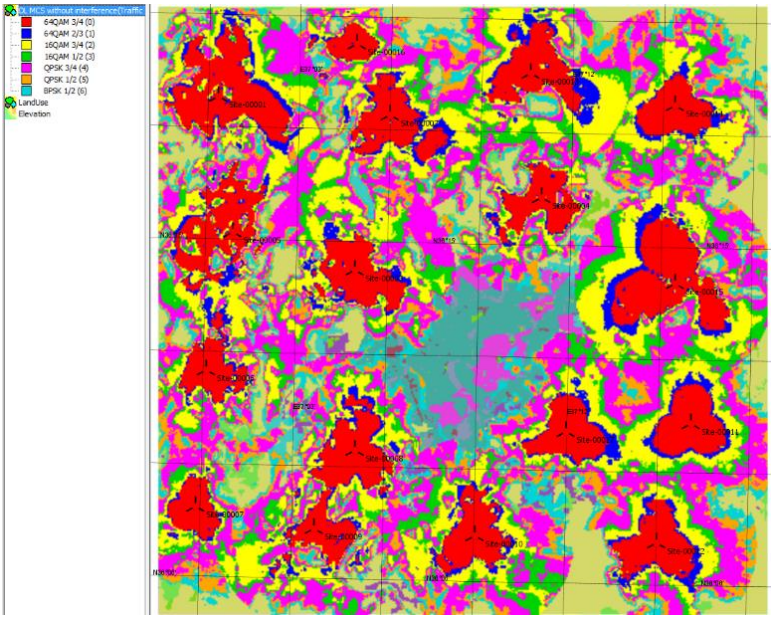


شكل(1) الترميز والتعديل المتكيف في نظام WiMAX

من أجل تحليل السعة لمحطة القاعدة BS فإن توزع أنواع التعديل ضمن منطقة التغطية لمحطة القاعدة يجب أن يكون متوفر. وفق تقنية التعديل والترميز المتكيف AMC فإن النظام يحاول تخصيص مستوى التعديل الأعلى لكل مستخدم للحصول على معدل النقل الأعظمي وذلك حسب نسبة الإشارة إلى الضجيج المتوفرة وبحيث يتم المحافظة على معدل الخطأ BER تحت عتبة محددة، فكلما كان المستخدم أبعد عن المحطة فإنه سيعاني من فقد مسار أعلى وبالتالي فإن الاستطاعة المستقبلة ستكون أقل أي أن الاحتمالية للمشترك لضمان حساسية استقبال أصغرية سوف ينقص. بمعنى آخر فإن مستويات التعديل الأعلى سوف تكون متوفرة للمشتركين الأقرب للمحطة لتحقيق حساسية المستقبل الأصغرية المطلوبة لمستوى التعديل المحدد. من جهة أخرى فإن دراسة فقد المسار يحتاج إلى رسم خرائط دقيقة للمنطقة المدروسة حيث في بعض الحالات يمكن أن يكون هناك عوائق في وجه المشترك تؤدي إلى نقصان الاستطاعة المستقبلة إلى ما دون الحساسية المطلوبة Required S_{RX} رغم أن المستقبل يكون قريب من المحطة القاعدية.

إضافة لذلك فإن توزع التعديل يعتمد أيضاً على إمكانيات المستخدمين الموجودين ضمن منطقة التغطية الذين يحاولون الاتصال بالشبكة. وبالتالي بناءً على ما سبق ومن أجل اشتقاق خوارزمية تحليلية لحساب السعة في نظام WiMAX سيتم استخدام مثال عملي عن توزع أنواع التعديل ضمن منطقة التغطية لمحطة القاعدة (جدول(3)) هذه التوزع هو من أجل الوصلة الهابطة في بيئة الــريف والتي تم الحصول عليها من خلال تخطيطنا شبكة WiMAX لريف مدينة حلب باستخدام نظام المعلومات الجغرافي GIS.

الشكل(2) يبين توزع محطات القاعدة في منطقة ريف حلب حيث نلاحظ أنماط التعديل والترميز والذي يعطي أفضل أداء للوصلة الهابطة بإهمال التداخل في كل نقطة من قطاعات التغطية لكل خلية. يمكن الحصول على نسب توزع هذه الأنماط والمبينة بالجدول(3).



شكل(2) توزع التعديل والترميز ضمن منطقة التغطية

جدول(3) توزع التعديل والترميز ضمن منطقة التغطية لخلية WiMAX

Modulation type	Coding Rate	Distribution	Number of bits/symbol(K)
64 QAM	3/4	45 %	6
64 QAM	2/3	10 %	6
16 QAM	3/4	30 %	4
16 QAM	1/2	5 %	4
QPSK	3/4	5 %	2
QPSK	1/2	2.5 %	2
BPSK	1/2	2.5 %	1

وفقاً لتوزع التعديل المبين في الجدول السابق وباستخدام العلاقة التالية يمكن حساب عرض المجال العام Raw Bandwidth للوصلة الهابطة:

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

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

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.

$$T_s = T_u + T_g = G.T_u + T_u = (1 + \mathrm{G}).T_u$$ معادلة(2)

إن عدد الحوامل الجزئية Subcarriers المخصصة لنقل البيانات N_{used} يعتمد على نمط تبديل الحوامل المستخدم ويختلف في كل من الوصلة الصاعدة والهابطة (حيث كما نعلم في الوصلة الهابطة DL يحدد المعيار نمط تبديل حوامل إلزامي في نظام WiMAX وهو PUSC. إضافة لذلك فإنه في إطار TDD Frame يكون عرض المجال الكلي المتوفر مشترك بين الإطارات الجزئية للوصلتين الهابطة والصاعدة، حيث كما نعلم في نمط

الازدواج بالتقسيم الزمني TDD تستخدم الوصلتين الصاعدة والهابطة نفس التردد ولكن يتم فصل الإطار الجزئي للوصلة الهابطة عن الصاعدة بفاصل زمني. وبالتالي لحساب عرض المجال العام يجب أخذ هذا التقسيم الزمني للإطارات بعين الاعتبار. مثلاً في الوصلة الهابطة لحساب عرض المجال BW_{Raw} من أجل عرض مجال 5MHz وبوجود نمط تبديل الحوامل PUSC فإن مقدار عدد الحوامل الجزئية المخصصة لنقل البيانات التي يجب أخذها بعين الاعتبار في المعادلة(1) هو $N_{used} = 360$ و القيمة النهائية لعرض المجال يتم ضربها بالنسبة $\frac{DL}{Total}$ و بالنسبة للوصلة الصاعدة يكون لدينا $N_{used} = 272$ ويتم ضرب نتيجة المعادلة (1) بالنسبة $\frac{UL}{Total}$ حيث: $Total = UL + DL$.

4 جودة الخدمة QoS:

في عملية تحليل السعة لنظام WiMAX يجب الأخذ بعين الاعتبار متطلبات الحركة للمستخدم User Traffic Demand والتطبيقات التي ستستخدمها بحيث تلبي كثافة المحطات القاعدية وبنية الشبكة ومصادرها المتطلبات. هناك أمر هام جداً في تأمين الخدمات وهو دعم جودة الخدمة QoS لكل اتصال خلال عرض المجال المطلوب. تم في الخوارزمية المقترحة لتقدير السعة وحساب عدد المستخدمين الاستفادة من قياسين (OSR & CR) وذلك لتطبيق التحكم بجودة الخدمة QoS على الحركة المتوقعة Expected Traffic.

- **نسبة التنافس Contention Ratio(CR):**

مع تزايد عدد المستخدمين يجب أن يكون هناك قياس لتزامن المستخدمين الذين يطلبون معدل بتات بنفس اللحظة أي عدد المستخدمين الذين يطلبون عرض المجال بنفس اللحظة وذلك لأن معظم المستخدمين لن يطلبوا بيانات بنفس اللحظة. بمعنى آخر فإن ذروة الطلب المطلق على المصادر المشتركة نادراً ما تحدث. إن تزامن المستخدمين يحدد بـــمعامل نسميه Contention Ratio (CR).

وفق الخوارزمية المقترحة في هذا البحث تم تعريف قيمتين لنسبة التنافس CR من أجل الجزء غير المضمون من عرض المجال. إن القيم النموذجية لنسبة التنافس تكون حوالي30(للمستخدمين في المنازل Residential Users حيث يكون لهم أولوية أقل) إلى 10 (للمستخدمين ذوي الأعمال Business Users) حيث يكون لهم أولوية أعلى ومعدل إنتاجية Throughput أعلى.

- **نسبة التحميلOver−Subscription Ratio (OSR):**

هي النسبة بين طلب المشتركين الكلي Total Subscriber Demand إلى السعة المرجعية للمحطة القاعدية وذلك عند أخذ التعديل والترميز المتكيف بعين الاعتبار.

معادلة(3) $$OSR = \frac{C_{tot}}{C_{ref}}$$

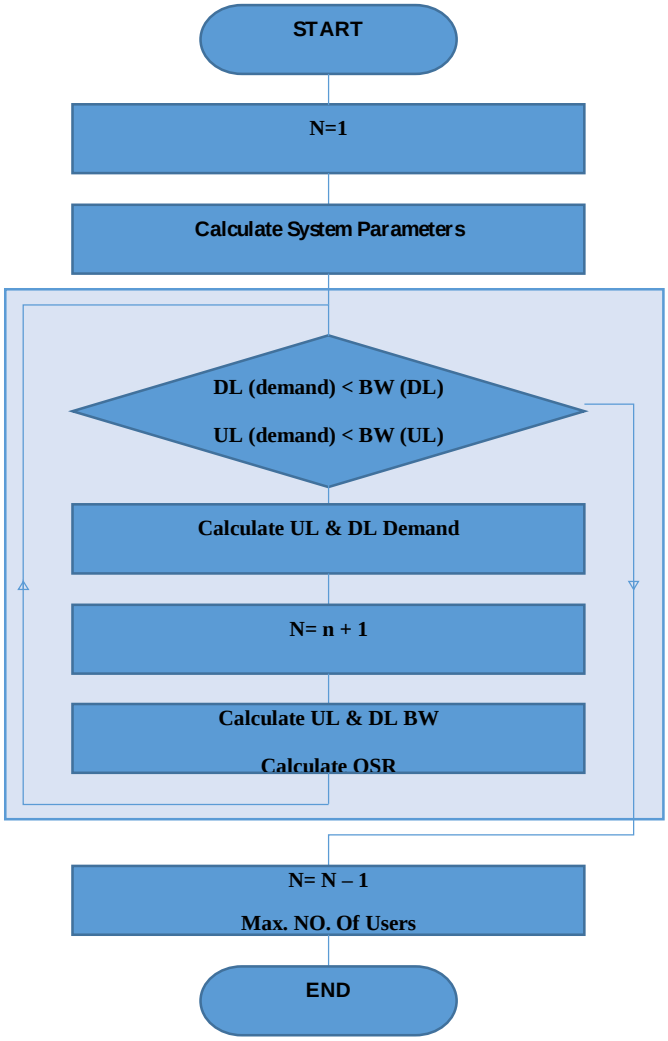
إن السعة المرجعية لمحطة القاعدة BS تقابل معدل البتات المتوفر عند نمط التعديل الأقل(BPSK).

5 تقدير العدد الأعظمي للمستخدمين ضمن خلية WiMAX:

الشكل(3) يوضح منهجية سير الخوارزمية المستخدمة لتقدير العدد الأعظمي للمستخدمين الذين يمكن دعمهم من قبل محطة القاعدة BS.

تبدأ الخوارزمية باعتبار وجود مستخدم وحيد ضمن الخلية يحاول الاتصال بالشبكة. في الخطوة التالية اعتماداً على نوعي المدخلات (معاملات النظام ومعاملات صنف الخدمة) يتم حساب معدل البيانات المطلوب الأصغري Minimum Demand Data rate وعرض المجال المتوفر Available BW في كل اتجاه (UL و*DL*). يتم مقارنة القيمتين التي تم الحصول عليها للتأكد من إمكانية تخديم هذه الحمل Load في كل من الوصلتين الهابطة والصاعدة، في حال وجود عرض مجال متوفر كافي فإن عدد المشتركين يتم زيادته بمقدار 1 ويتم إعادة عملية فحص توفر القناة Channel availability من خلال إعادة مقارنة معدل البيانات الإضافي الذي يطلبه هذا المستخدم الإضافي مع الــتحميل الزائد Overheads الذي يفرضه على عرض المجال المتوفر.

عندما يتجاوز معدل البيانات المطلوب الأصغري قيمة عرض المجال المتوفر بكل اتجاه تتوقف الخوارزمية وتعطي بالنتيجة عدد المستخدمين الأعظمي الذي يمكن تخديمه بنفس اللحظة ضمن الخلية. تم تحقيق الخوارزمية عن طريق لغة البرمجة C# وتم تحقيق حالات مختلفة اعتماداً على معاملات مختلفة للنظام وتم مناقشة نتائج رقمية وبيانية لكل حالة.



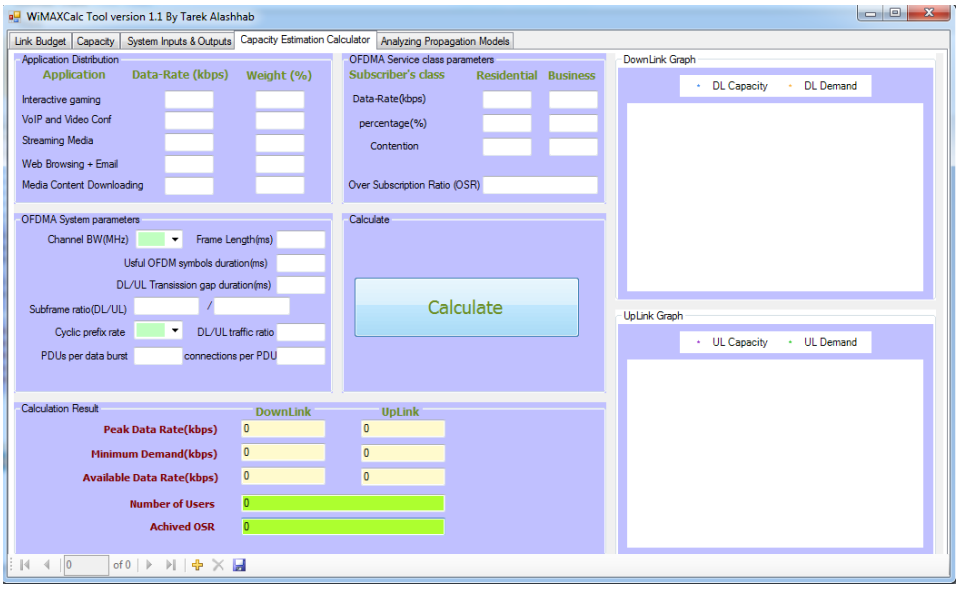
شكل(3) خوارزمية حساب عدد المستخدمين

ميزة إضافية تُضاف للخوارزمية وذلك لتأمين عملية التحكم بجودة الخدمة في عملية تخطيط السعة وهي معاملات OSR وقد تم تحقيقه في خوارزميتنا من خلال إعادة حساب قيمته في كل مرة يزداد فيها عدد المستخدمين ومقارنته مع قيمة عتبة محددة يتم إدخالها من قبل المستخدم (عملياً يتم ضبطها من قبل مزود الخدمة Service Provider) وهي تعتمد على عوامل مختلفة مثل أصناف الخدمة وتوزع التعديل والتطبيقات. إن تحديد وتعريف هذه القيم النموذجية لهذا المعامل هو خارج هدفنا البحث.

6 التطبيق العملي Practical application:

6-1 البرنامج الأساسي لتقدير السعة في نظام WiMAX:

يبين الشكل(4) الواجهة الرئيسية للبرنامج والتي تم تصميمها لتسهيل استثمار الأداة البرمجية. اعتماداً على مجموعة من المدخلات يقوم البرنامج بحساب مجموعة من النتائج مثل معدل البيانات الأعظمي Peak data rate، معدل البيانات الأصغري المطلوب Minimum demand وعرض المجال المتوفر، كما يوفر البرنامج إمكانية إظهار النتائج بشكل رسومي GUI.



شكل(4) الواجهة الرئيسية للبرنامج

من أجل المدخلات المبينة بالجدول (4) و (5) واعتماداً على الواجهة البرمجية المبينة بالشكل السابق تم دراسة حالات مختلفة حيث قمنا بدراسة تأثير الحمل الزائد على عرض المجال المفيد وبالتالي عدد المستخدمين المتصلين ودراسة آلية تأثير تغيير معاملات النظام (عرض المجال، البادئة الدورية. الخ) ومعاملات صنف الخدمة Service class على العدد الأعظمي للمستخدمين الذين يمكن دعمهم من قبل محطة القاعدة BS.

جدول(4) محددات صنف الخدمة

Subscriber class	Data rate	Percentage %	Contention ratio	Oversubscription ratio
Business class	2000	40	10	50
Residential class	512	60	30	50

جدول(5) محددات نظام WiMAX

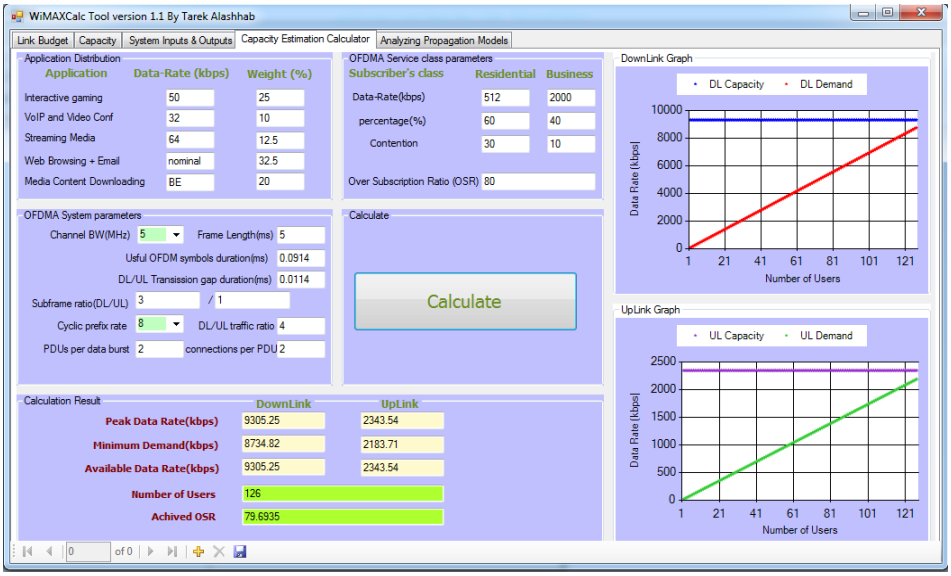
Channel bandwidth	Sub frame ratio	Cyclic prefix rate	DL/UL Ratio	PDU's Per Data Burst	Connections per PDU
5	1/3	1/8	4	2	2

2-6 تحليل أثر الحمل الزائد:

تمثل المعادلة(1) القيمة النظرية لمعدل نقل البيانات في الطبقة الفيزيائية. عملياً ولحساب معدل النقل الفعلي يجب أن نأخذ بعين الاعتبار بتات الحمل الزائد Overheads Bits التي تضاف في كل من الطبقة الفيزيائية وطبقة MAC، إن هذه البتات لا تحمل أية معلومات مفيدة وإنما تستخدم لأغراض التحكم والتزامن وتخصيص الموارد للمستخدمين وبالتالي من أجل تقدير عدد المستخدمين الذين يمكن دعمهم يجب حذف هذا الحمل الزائد. يتألف الحمل الزائد في الإطار الجزئي للوصلة الهابطة من البادئة preamble، ترويسة التحكم بالإطار FCH ورسائل DL-MAP وUL-MAP.

إن الجزء الأكثر تأثيراً على عرض المجال المفيد هي رسائل MAP والتي تؤدي إلى إدخال قدر كبير من الحمل الزائد وبالتالي تكون ذات تأثير كبير على عدد المستخدمين المتصلين، يتميز هذا الحمل الزائد MAP بأنه غير ثابت وإنما يتغير مع عدد المستخدمين

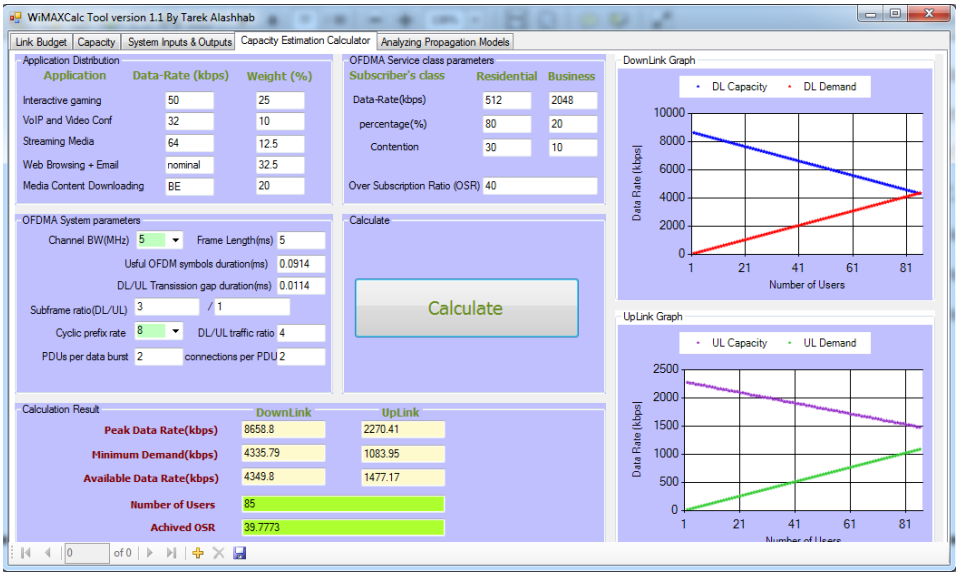
المتصلين. في خوارزميتنا لتقدير السعة تم حساب الحمل الزائد كتابع لعدد المستخدمين المتصلين ودراسة تأثير هذا الحمل على عرض المجال المفيد وبالتالي عدد المستخدمين المتصلين. الشكل(5) يبين النتائج التي تم التوصل لها مع وجود حمل زائد.



شكل(5) نتائج تقدير السعة مع وجود حمل زائد

إن عدد المستخدمين الذين يمكن دعمهم بهذه الحالة يساوي إلى 126 من أجل عرض مجال 5MHz، يلاحظ أن معدل البيانات الأعظمي المتوفر يبقى ثابت عند القيمة 9305.25 Kbps لعدم أخذ الحمل الزائد بعين الاعتبار.

الشكل(6) يبين النتائج التي حصلنا عليها مع أخذ التحميل الزائد بعين الاعتبار وطرحه من عرض المجال العام.



شكل(6) نتائج تقدير السعة مع حذف الحمل الزائد

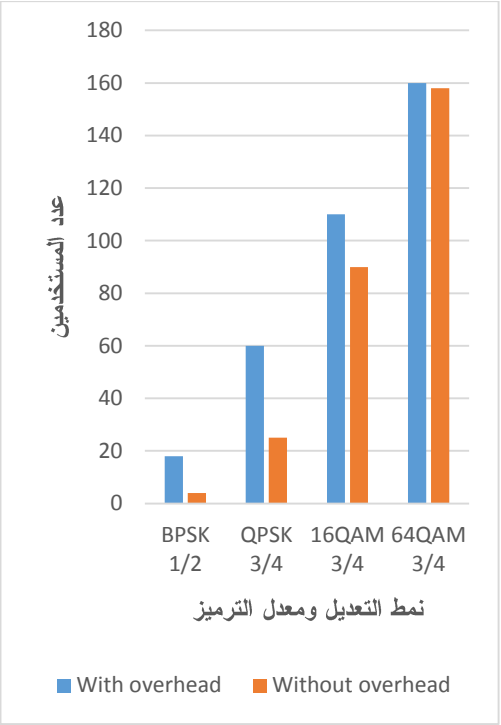
يلاحظ أن عدد المستخدمين الذين يمكن دعمهم من قبل المحطة القاعدية يساوي 85 مقارنة مع 126 في الحالة الأولى، يتبين في هذه الحالة تأثير الحمل الزائد على سعة الخلية في نظام WiMAX والذي كما يلاحظ يجب أخذه بعين الاعتبار عند تخطيط السعة في نظام WiMAX. الجدول(6) يوضح النتائج التي تم التوصل لها.

جدول(6) نتائج تقدير السعة في الوصلة الهابطة

	With Overheads	Without Overheads
Peak data rate(Kbps)	**9305.25**	**8658.8**
Minimum Demand(Kbps)	**8734.82**	**4335.79**
Available data rate(Kbps)	**9305.25**	**4349.8**
NO. Users	**126**	**85**

يلاحظ أن تأثير الحمل الزائد على عرض المجال الفعال من أجل نمط التعديل BPSK وQPSK يكون أكثر منه مقارنة مع بقية أنواع التعديل ومعدلات الترميز كما هو موضح بالشكل، يعود ذلك إلى أن معظم رسائل التحكم والمعلومات الخاصة بتخصيص الموارد للمستخدمين يتم إرسالها باستخدام كل من BPSKوQPSK لضمان وصولها إلى

المستخدم بشكل موثوق وخالي من الأخطاء نظراً لما تحتويه هذه الرسائل من معلومات هامة.



شكل(7) أثر الحمل الزائد من أجل أنماط تعديل ومعدل ترميز مختلفة

يبين الشكل(6) أن عدد المستخدمين الذين يمكن دعمهم بنفس اللحظة ضمن الخلية يساوي 85 مستخدم، بينما متطلبات عرض المجال للمستخدم رقم 86 تكون غير متاحة في الوصلة الهابطة.

إن معدل البيانات الأعظمي المتوفر في الوصلة الهابطة يساوي 8658.8 Kbps، مع زيادة عدد المستخدمين تنقص هذه القيمة حتى تصل لـــ 4349.8 Kbps عند وصول عدد المستخدمين إلى 85 مستخدم، ويكون معدل البيانات الأصغري المطلوب لتحقيق اتصال 85 مستخدم بنفس اللحظة مساوياً لـــ 4335.79 Kbps والذي كما يلاحظ يمكن توفيره من قيمة عرض المجال المتوفر في الوصلة الهابطة.

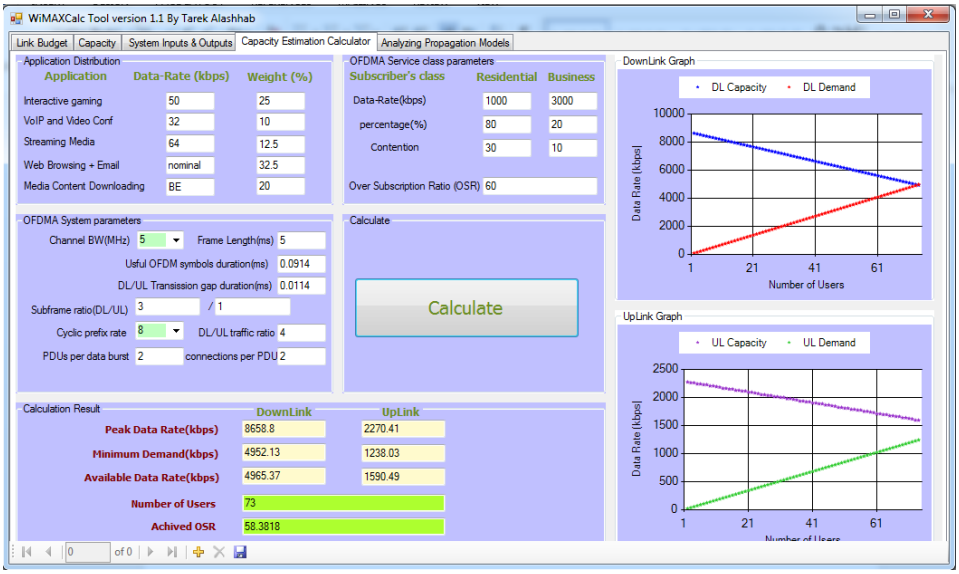
3-6 أثر تغيير معاملات صنف الخدمة على عدد المستخدمين:

في هذه الحالة تمت المحافظة على معاملات النظام كماهي في الحالة الأولى لكن مع تغيير معاملات صنف الخدمة Service class حيث تم منح قيمة معدل بيانات أعلى لكل من المستخدمين المنزليين residential user والمستخدمين ذوي الأعمال Business user.

تبين أن عدد المستخدمين الذين يمكن دعمهم في هذه الحالة أصبح أقل، حيث أن محطة القاعدة في الحالة الأولى ستدعم الطلب الجديد للمستخدمين فقط من أجل 73 مستخدم مقارنة مع 85 مستخدم في الحالة الأولى وبنفس معاملات النظام المستخدمة في الحالة الأولى. ويُلاحظ أن معدل البيانات الأعظمي peak data rate لم يتغير مقارنة بالحالة الأولى لأن معاملات النظام بقيت كماهي.

يتبين أيضاً أن قيمة OSR المحققة بالحالة الأولى أقل منها بالحالة الثانية حيث أن عدد المستخدمين الذين يمكن دعمهم أقل، إن قيمة OSR تتعلق بمعدل البيانات المقدم Offering data rate والذي يمكن تخديمه مع نمط التعديل الأقل BPSK. حيث أن الحالة الثانية تقدم معدل بيانات لكل مستخدم أعلى منها بالحالة الأولى وبالتالي فإنها تعاني من نسبة تحميل OSR أكبر.

في حال كانت القيمة المرغوبة (المطلوبة) لـــمعدل تزايد الحمولة OSR نفسها بالحالة الأولى عندها ستكون هذه القيمة هي العامل المحدد لعدد المستخدمين الأعظمي. كما ذكر سابقاً فإن تحديد وتعريف القيم النموذجية لهذا المعامل هي خارج هدف هذا البحث. الشكل(8) يوضح النتائج التي تم التوصل لها.



شكل(8) أثر تغيير معاملات صنف الخدمة على عدد المستخدمين

4-6 أثر تغيير محددات النظام على عدد المستخدمين

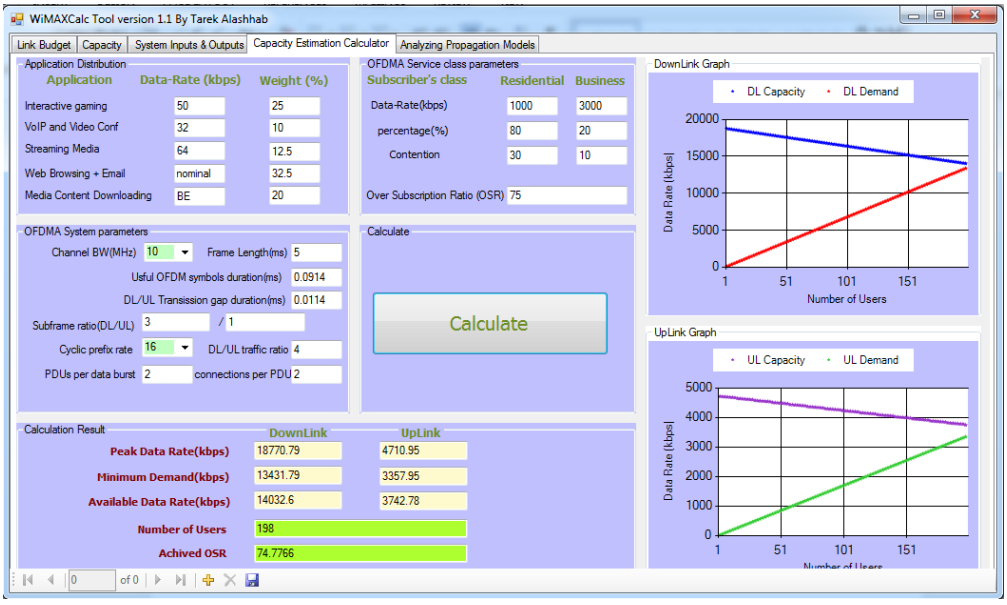
تم في هذه الحالة المحافظة على قيم معاملات صنف الخدمة كماهي في الحالة الثانية ولكن مع تغيير قيم معاملات النظام. حيث تم تغيير قيمة عرض المجال إلى 10 MHz وقيمة البادئة الدورية إلى 1/16.

يلاحظ في هذه الحالة زيادة عدد المستخدمين الذين يمكن أن تدعمهم محطة القاعدة إلى 198، حيث أن زيادة عرض المجال تؤدي إلى زيادة معدل الإنتاجية Throughput وبالتالي عدد المستخدمين كما أن تغيير قيمة البادئة الدورية إلى 1/16 يعني تقليل الـــتحميل الزائد Overhead التي يعاني منها النظام أي أن زمن الرمز المفيد يصبح أكبر (رموز أكثر) وبالتالي زيادة معدل الإنتاجية أيضاً مقارنة مع قيمة أكبر للبادئة الدورية. يمكن إجمال النتائج التي تم التوصل لها بالشكل(9).

حيث يتبين من الشكل(9) أن معدل البيانات الأعظمي المتوفر في الوصلة الهابطة يساوي 18770.79 Kbps، مع زيادة عدد المستخدمين تنقص هذه القيمة حتى تصل لـــ 14032.6 Kbps عند وصول عدد المستخدمين إلى 198 مستخدم، ويكون معدل البيانات الأصغري المطلوب لتحقيق اتصال 198 مستخدم بنفس اللحظة مساوياً لـــ

13431.79 Kbps والذي كما يلاحظ يمكن توفيره من قيمة عرض المجال المتوفر في الوصلة الهابطة.

كما ذُكر سابقاً فإن قيمة OSR المطلوبة يجب تغييرها أيضاً وإلا ستكون هذه القيمة هي العامل المحدد لعدد المستخدمين، حيث نلاحظ في هذه الحالة زيادة عدد المستخدمين الذين يمكن دعمهم من قبل المحطة نتيجة زيادة عرض المجال وتقليص فترة البادئة الدورية مما يعني زيادة الطلب أو معدل البيانات المقدم Offering data rate وبالتالي قيمة أكبر لـــ OSR.



شكل(9) أثر محددات النظام على عدد المستخدمين

تلخيص النتائج:

تم في هذا البحث تصميم أداة تخطيط برمجية فعالة من أجل تقدير السعة في نظام WiMAX، تم تقديم خوارزمية لحساب عرض المجال الفعال من خلال عملية حذف بتات التحميل الزائد Overheads المضافة في كل من الطبقة الفيزيائية PHY وطبقة MAC، من أجل تقدير معدل الإنتاجية في كل من الوصلة الهابطة والصاعدة تم استخدام نظام المعلومات الجغرافي وتوزيع محطات القاعدة على منطقة جغرافية محددة لإظهار

نسبة وجود كل نمط من أنماط التعديل ضمن منطقة التغطية للخلية. وجدنا أن محطة القاعدة في نظام WiMAX ومن أجل عرض مجال 5MHz تستطيع دعم 126 مستخدم بنفس اللحظة ضمن الخلية بدون أخذ التحميل الزائد Overheads بعين الاعتبار، عند حذف التحميل الزائد وحساب عرض المجال المفيد انخفض هذا العدد إلى 85. اعتماداً على أداة التخطيط تم دراسة تأثير بعض معاملات النظام ومعاملات صنف الخدمة على العدد الأعظمي للمستخدمين الذين يمكن أن تدعمهم المحطة القاعدية في نظام WiMAX. عند تغيير معاملات صنف الخدمة (منح قيم معدل بيانات أعلى للمستخدمين) وجدنا أن عدد المستخدمين الذين يمكن دعمهم بنفس اللحظة ضمن الخلية انخفض إلى 73 مستخدم. عند زيادة عرض المجال وتقليص فترة البادئة الدورية وصل عدد المستخدمين الذين يمكن دعمهم بنفس اللحظة ضمن الخلية إلى 198.

المراجع:

1. S. O. Ajose and O. L. Erhuen, *February* 2014- **Mobile WiMAX Network Planning and Optimization,** *Vol. 6, No. 1.*
2. Saeed AL-Rashdy, Qing Guo,2012-**Overhead Estimation over Capacity of Mobile WiMAX.**
3. Abdul Rehman, Tauheed Khan, Sunil Kumar Chaudhry, 2012-**Study of WiMAX Physical Layer under Adaptive modulation Technique using Simulink**, Volume 1 Issue 5 pp 005-011
4. Jeffrey G. Andrew, Arunabha Ghosh, Rias Muhamed, 2007-**Fundamentals of WiMAX: Understanding Broadband Wireless Access**.
5. WiMAX Forum, August 2006-**Mobile WiMAX – Part 1: A Technical Overview and Performance Evaluation**
6. 2006, SR Telecom Inc, August 2006- **WiMAX Capacity White Paper**, Canada.
7. Yan Zhang, 2009-**WiMAX Network Planning and Optimization**. USA: CRC Press

8. Mwesiga W. Barongo, 2008-**Dimensioning Mobile WiMAX in the Access and Core Network – A Case study** , located on:
http://lib.tkk.fi/Dipl/2008/urn012881.pdf
9. Bharathi Upase, Mythri Hunukumbure , Sunil Vadgama. October 2007- **Radio Network Dimensioning and Planning for WiMAX Networks**, P.435-450.
10. Nokia Siemens, 2008-**Planning and dimensioning Mobile**
11. Amir Masoud AHMADZADEH,2008-**Capacity and cell range estimation for multi traffic users in mobile WiMAX**.