

Improve WiMAX performance using directional antennas and resource management algorithms

Hussam Ahmad Banna

Faculty of Mechanical and Electrical Engineering || Al-Baath University || Syria

Abstract: using directed antennas in a WiMAX network, with the standard method of connection between the SS subscriber station and the RS Relay station which was based on the distance between nodes, becomes useless. Hence, we need for a new method of linking different from its being dependent on distance, It is not necessary for a user to link with nearest relay station.

Since the new method will not adopt a standard based on distance, it was necessary to consider a set of new standards aimed at comprehensively improving network efficiency, such as increasing throughput, reducing network delay and reducing interference during link assignment SS-RS.

The first search expansion algorithm has been proposed to form a tree structure that directs the communication path between subscriber and base station through relay stations in a multi-hop network scenario.

Then a second algorithm was proposed that works to achieve load balancing between relay stations, and finally a third algorithm was proposed that directs the stations' radiation according to the path of minimum interference.

the opnet modular program was used to implement and analyze the performance of the proposed algorithms, and the results showed a remarkable improvement in throughput and minimizing delay, which are the two main metrics of measuring network performance.

Keywords: First Search Breadth Algorithm, pointing antennas, relay stations, multi-hop network, throughput, delay.

تحسين أداء شبكات Wi-MAX باستخدام الهوائيات الموجهة وخوارزميات إدارة الموارد

حسام أحمد بنا

كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية || جامعة البعث || سوريا

المستخلص: عند استخدام الهوائيات الموجهة في شبكة WiMAX يصبح غير مجدي استخدام الطريقة القياسية المعتمدة على المسافة لربط طرفية المستخدم subscriber station مع محطة الترحيل Relay station مما يستدعي تطوير طريق أخرى. يقترح البحث لربط العقد طرق لا تعتمد على المسافة، بهدف التحسين الشامل لأداء الشبكة (زيادة الإنتاجية، تقليل تأخير الشبكة وتقليل التداخل عند تخصيص الموارد الراديوية) من خلال اعتماد خوارزميات للتحكم بالطوبولوجيا والتداخل وموازنة الحمولة بحيث نرفع الحد الأدنى لمعدل بيانات الشبكة مع الحفاظ على تخديم جميع المستخدمين SSs. الخوارزميات المقترحة مناسبة للاستخدام عندما يكون لكل المشتركين SS معدل بيانات ثابت مع عدالة وإنصاف في توزيع الموارد. إن معدل بيانات الارتباط سيكون معتمداً على توجيهية الهوائي المستخدم فإذا كان عرض الحزمة مرناً ومتغيراً يمكن لكل RS دعم معدل بيانات مختلف.

تم اقتراح خوارزمية البحث عن الأفضل أولاً لتشكيل بنية شجرية توجه مسار الاتصال بين المشترك والمحطة القاعدية عبر محطات الترحيل في شبكة متعددة القفزات، ولتحسين أداء هذه الخوارزمية ومعالجة التحميل الزائد على بعض العقد تم اقتراح خوارزمية مطورة تضمن تحقيق توازن أفضل للحمولة، كما تم اقتراح تطويرات لتوجيه إشعاع المحطات وفق المسار الأقل تداخلاً. تم استخدام برنامج opnet modular لتنفيذ وتحليل أداء الخوارزميات المقترحة وبينت النتائج تحسن واضح في الإنتاجية throughput وتقليل التأخير delay كأهم المعايير المعتمدة في قياس أداء الشبكات.

الكلمات المفتاحية: خوارزمية البحث عن الأفضل أولاً، الهوائيات الموجهة، محطات الترحيل، الشبكة متعددة القفزات، الإنتاجية، التأخير.

1- مقدمة.

مع النمو المتزايد لمتطلبات المشتركين من الخدمات العالية الجودة والمنخفضة التأخير يسعى مزودي الخدمة للانتقال إلى شبكات 5G والشبكات الهجينة Heterogeneous networks التي تتمتع برؤية تقنية جيدة لتوفير سعة منطقة لاسلكية محسنة وقدرات خدمة متنوعة [1] وبحيث تتكامل شبكات LTE في عملها مع شبكات Wi-Fi وشبكات mmW [2]، [3].

ولتحسين أداء شبكات LTE (Wi-max) في مناطق التغطية الواسعة وتقليل عمليات المناولة التي تستهلك الموارد الراديوية للشبكة تم زيادة عدد عقد الترحيل Relay-Node بما يضمن تحسين التغطية وكان لابد من تطوير تقنيات وخوارزميات متقدمة لإدارة المصادر الراديوية بما يضمن جودة الخدمة بما فيها معدلات عالية للبيانات وقيم محدودة للتأخير مع دعم أكبر عدد من المشتركين، يضاف إلى ذلك تحسين الكفاءة الطيفية والكفاءة الطاقية ومواجهة الاختناقات والازدحام الذي يتزايد بشكل أسي مع حركة البيانات.

2- مشكلة البحث:

في شبكة WiMAX متعددة القفزات المبنية وفق المعيار القياسي 802.16e standard يتم استخدام مسار اتصال ثابت حيث يتم الربط اعتماداً على المسافة بين المستخدم والمحطة التي سيرتبط بها. عند استخدام الهوائيات الموجهة فإن ثبات مسار الاتصال واعتماد معيار المسافة لربط العقد يقلل من فعاليتها حيث أن الحمل المروري يكون متوازناً ضمن الشبكة من أجل متطلبات نقل ثابتة وغير متكيف مع تبدل متطلبات النقل مما يقلل من إنتاجية الشبكة.

3- فرضيات البحث:

تمت الدراسة على شبكة WiMAX من أجل سيناريوات متعددة القفزات multi-hop network scenario حيث يفترض بكل عقدة ترحيل أن تملك واجهتين راديويتين واحدة مع المحطة القاعدية BS radio 1 والثانية مع المشترك SS radio 1 [4]

تم تزويد محطات الترحيل بالخوارزميات المقترحة وهوائيات موجهة ذات عرض حزمة 45 degrees وريحتها 20dbi.

يفترض البحث أن الخوارزميات المقترحة مناسبة للاستخدام عندما يكون لكل المشتركين SS معدل بيانات ثابت مع عدالة وإنصاف في توزيع الموارد.

حيث تقوم المحطة القاعدية باختيار عقد المشتركين ومنحهم الارتباط معها على اعتبار أن نمط الطلب على حركة المرور ثابت لجميع عقد المستخدمين SS وقد تم اعتبار نسبة الطلب على الوصلة الصاعدة إلى الوصلة الهابطة هي 3:1.

تقوم كل محطة ترحيل بتوجيه حزم إشعاع هوائياتها نحو العقدة الأب التي تتبع هي لها من جهة ونحو العقد الأبناء الذين يتبعون لها من جهة ثانية كما تستخدم نفس القناة التي تم تعيينها من قبل المحطة الأب.

4- هدف البحث:

يهدف البحث إلى تخصيص القنوات لكل مستخدم بحيث يتصل مع المحطة القاعدية الأساس root-BS وفق أفضل مسار من بين المسارات الممكنة عن طريق التحكم باتجاه حزمة إشعاع هوائيات محطات الترحيل التي تربط المستخدم مع المحطة القاعدية عبرها في سيناريو متعدد القفزات مبني على أساس طبولوجيا الشجرة، حيث تم اقتراح خوارزميات بحث متعددة المستويات تمكنا من اختيار المسار الأفضل للربط وتضمن تحسين جودة الخدمة والحصول على توازن أفضل للحمولة في كل محطة ترحيل واقعة على هذا المسار وبأقل قيمة للتداخل بين القنوات.

5- أهمية البحث:

يعتبر التحكم في طبولوجيا الشبكة عن طريق التحكم بهوائيات البث نهجاً مفيداً ومناسباً لزيادة السعة وتحسين الإنتاجية ومن ناحية ثانية فإن موازنة حمل الشبكة وتقليل الازدحام المروري ضروري لتحقيق أكبر فائدة من التحكم بالطبولوجيا. وقد عملت معظم الأبحاث على معالجة هذين الأمرين بشكل منفصل كل على حدا. تم في هذه الدراسة اقتراح نماذج تتكامل فيها خوارزميات التحكم بالطبولوجيا اعتماداً على منظومة هوائيات متكيفة مع موازنة حمل الشبكة وتقليل الازدحام معاً، كما تم تعزيز أداء هذه الخوارزميات بتشغيل خوارزمية التحكم الواعي للتداخل التي تقوم بتخصيص كل اتصال بقناة ترددية مناسبة بحيث تكون قيم التداخل أقل ما يمكن.

6- خوارزميات إدارة الموارد:

6-1 خوارزمية البحث عن الأفضل أولاً best first search algorithm (الخوارزمية A*):

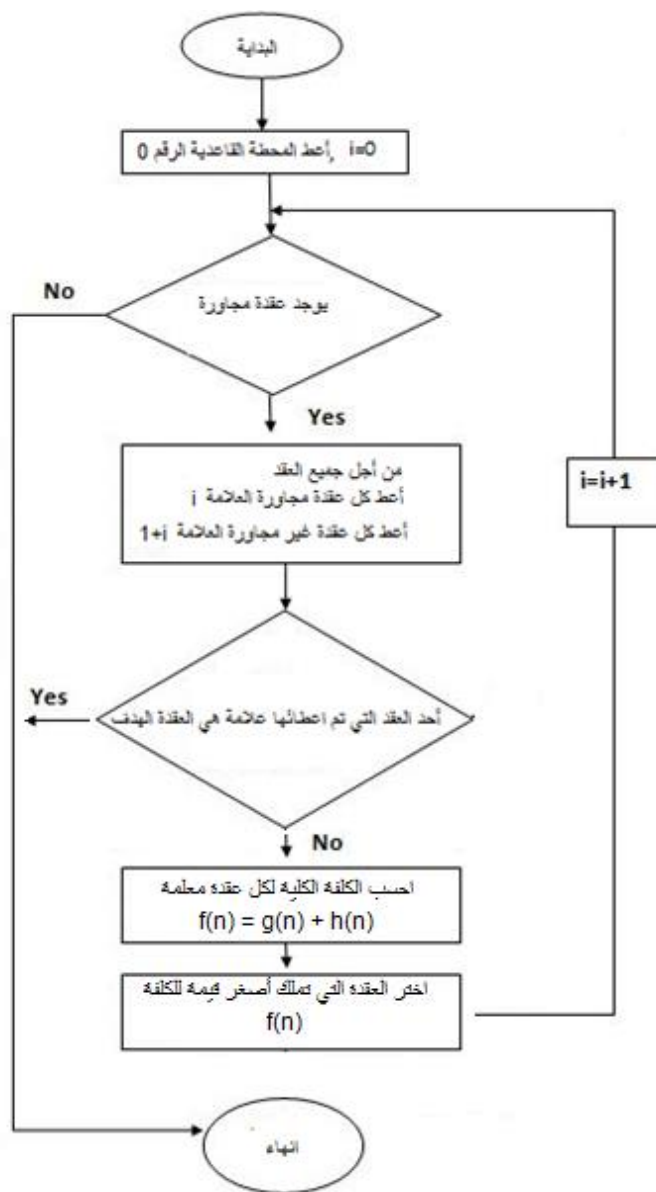
تم تجهيز المحطة القاعدية ومحطات الترحيل لتعمل وفق الخوارزمية A* من أجل الوصلة الهابطة للاتصال. بعد أن يطلب المحمول الاتصال مع المحطة القاعدية تعيد المحطة بارمترات الاتصال إلى هذا المشترك بحيث يتم إعداد الوصلة وفق أفضل مسار بينهما اعتماداً على خوارزمية البحث A*. تعتبر المحطة القاعدية المعنية هي عقدة الأصل التي تبدأ عندها الخوارزمية. تمثل المعادلة التالية محور الخوارزمية:

$$f(n) = g(n) + h(n) \dots\dots\dots 1$$

n: هي رقم العقدة في نهاية المسارين عقديتين

g(n): مجموع كلفة المسارات التي تصل من عقدة المنطلق (عقدة البدء) إلى العقدة n

$h(n)$: هو تابع الكشف الذي يخمن كلفة المسار الأفضل بين العقدة n وعقدة المستقر (العقدة الهدف) والذي يتم ضبطه بدقة ليعبر عن أحد البارامترات الهامة كمعامل الازدحام أو التداخل. ومخطط التدفق المبسط لهذه الخوارزمية موضح بالشكل-1:



الشكل-1 مخطط تدفق خوارزمية البحث عن الأفضل

في خوارزمية البحث قد نواجه حصول تحميل زائد على بعض العقد الآباء في حين تبقى عقد أخرى تحت التحميل لذلك تم اقتراح آلية لتوزيع الحمولة بشكل متوازن على العقد الآباء.

6-2 خوارزمية موازنة الحمل Load Balancing Algorithm- LBA:

تقوم هذه الآلية بتحديد التخصيص النهائي للعقد الأبناء المتاح لهم الارتباط مع كل عقدة من العقد الآباء ضمن البنية الشجرية بطريقة تجعل الحمولة موزعة بشكل متوازن على العقد الآباء.

في هذه الخوارزمية يسمح لأي عقدة من العقد الأبناء أن تبدل العقدة الأب إلى عقدة أب ثانية بشرط أن تكون العقدة الأب الجديدة واقعة ضمن نفس مستوى القفزة same hop-level ولا يسمح بالتبديل إلى عقدة أب واقعة في مستوى قفز مختلف عن مستوى العقدة الأب الأساسية. تمتلك خوارزمية موازنة الحمل المقترحة التي ينفذها المتحكم عدة خطوات حيث تقلع هذه الخوارزمية في فترات زمنية محددة من قبل النظام وتتبع عدة خطوات.

6-2-1 يتم في الخطوة الأولى

حساب قيمة حركة البيانات traffic(Ti) لكل محطة من المحطات الآباء والتي تساوي مجموع حركات بيانات جميع الأبناء المتصلة بهذه المحطة لحظة القياس (T_{STAJ}) وبفرض لدينا m طرفية ابن متصلة عندها نكتب [5]:

$$T_i = \sum_{j=1}^m T_{STAJ} \dots\dots\dots 2$$

يُحسب معامل أو مؤشر التوازن [5] (β)

$$\beta = \frac{(\sum_{i=1}^n T_i)^2}{n * \sum_{i=1}^n T_i^2} \dots\dots\dots 3$$

T_i حركة بيانات المحطة الأب (i) أما n يرمز إلى عدد المحطات الآباء المتواجدين ضمن نفس مستوى القفزة same hop-level التي تتشارك منطقة التراكب التي نحسب فيها قيمة β. تتغير قيمة مؤشر التوازن β ضمن المجال [1/n, 1] فبفرض لدينا خمس محطات آباء متراكبة أي 5=n وبفرض أن لهم نفس قيمة حركة البيانات في لحظة القياس أي T₁=T₂=... T_n=T وفان القيمة العظمى لمؤشر توازن الحمل تحسب كما يأتي [5]:

$$\beta = \frac{(T_1+T_2+\dots+T_5)^2}{n*(T_1^2+T_2^2+\dots+T_5^2)} = \frac{(5T)^2}{5*5T^2} = 1$$

أما عندما يكون الحمل غير متوازن كأن تكون المحطة الأب الأولى محملة كثيرًا مقارنة ببقية المحطات على سبيل المثال أي (T₁ >> T₂, ..., T₅) فإننا نهمل قيمة (T₂ T₅) وبالتالي تكون القيمة الصغرى لمؤشر التوازن هي:

$$\beta = \frac{(T_1+T_2+\dots+T_5)^2}{n*(T_1^2+T_2^2+\dots+T_5^2)} = \frac{(T_1)^2}{n*(T_1)^2} = \frac{1}{n} = \frac{1}{5}$$

وعليه فالقيمة المثالية لمؤشر التوازن β هي الواحد حيث يكون للمحطات الآباء كلها حركة البيانات نفسها وهي حالة مثالية تسعى خوارزمية موازنة الحمل للوصول إليها.

6-2-2 في الخطوة الثانية

يتم تحديد حالة كل محطة ترحيل من المحطات الآباء الواقعين في نفس مستوى القفزة، أي نحدد المحطة التي يجب عليها التخلي عن طرفية ما (المحطة ذات التحميل الزائد) لتسلمها لمحطة مجاورة تشترك معها في منطقة التراكب ولم تصل إلى التحميل الزائد ولكي نصل إلى الهدف المطلوب يجب أن نقوم بحساب المعاملات التالية:

الحمل الوسطي للشبكة ANL: Average Network load

وهو المتوسط الحسابي لحركة بيانات المحطات الآباء ضمن نفس مستوى القفزة وتحسب قيمته بالمعادلة التالية

$$ANL = \frac{T_1+T_2+T_3+\dots}{i} \dots\dots 4$$

حيث (i) هو العدد الكلي للمحطات في نفس مستوى القفزة سواء كانت مشتركة بمنطقة تراكب واحدة أم لا.

العتبة العليا δ_h والعتبة الدنيا δ_L :

يتم حساب العتبات لمعرفة حالة كل محطة، حيث تحسب العتبة العليا δ_h وفق المعادلة:

$$\delta_h = ANL + \alpha * ANL \dots\dots\dots 5$$

حيث أن α هو بارامتر التسامح المستخدم للمعايرة والتحكم بجودة الحل أي القيمة المقبولة لانحراف معامل التوازن عن الحالة المثالية $\beta=1$ وبتغير قيمة α تتغير حدود منطقة التوازن، فلزيادة جودة الحل نسعى إلى تقليل قيمتها على حساب زيادة عمليات التسليم بين المحطات، أي على حساب التأخير الزمني والذي لا يصح أن يزداد عن حد معين بالنسبة إلى تطبيقات الزمن الحقيقي.

في حين تحسب العتبة الدنيا δ_L وفق المعادلة:

$$\delta_L = ANL - \alpha * ANL \dots\dots\dots 6$$

كل محطة لها حركة بيانات أكبر من العتبة الأولى، تعد محطة فوق التحميل وعلما التخلي عن طرفية أو أكثر، وترفض هذه المحطة أي طرفية جديدة كما ترفض استقبال أي طرفية موجودة سابقا وتحاول الخوارزمية نقلها من محطة ذات تحميل زائد وتسمى هذه الطرفية بالمنتقلة transferring station.

كل محطة لها قيمة حركة بيانات تقع بين العتبة العليا والدنيا فإنها تعد محطة متوازنة balanced، ولا تستقبل هذه المحطة إلا الطرفيات الجديدة التي تدخلها حديثا ولن تقبل الطرفيات المنقولة.

وكل محطة لها حركة بيانات تقع تحت العتبة الدنيا، تعد محطة قاعدية تحت التحميل، وتقبل هذه المحطة أي نوع من الطرفيات (الجديدة والمنتقلة).

6-2-3 الخطوة الثالثة هي الاختيار selection:

بعد أن أصبح لدينا عدة طرفيات تشترك بأنها واقعة ضمن منطقة التراكب نفسها وتتصل بالمحطة ذات التحميل الزائد، وتختلف بالتطبيق الذي تقوم بإجرائه (حركة البيانات) فعلينا اختيار المحطة الأفضل ليتم نقلها ولتحقيق ذلك نقوم أولا بحساب Δ ثم باختيار أفضل مرشح كما يلي:

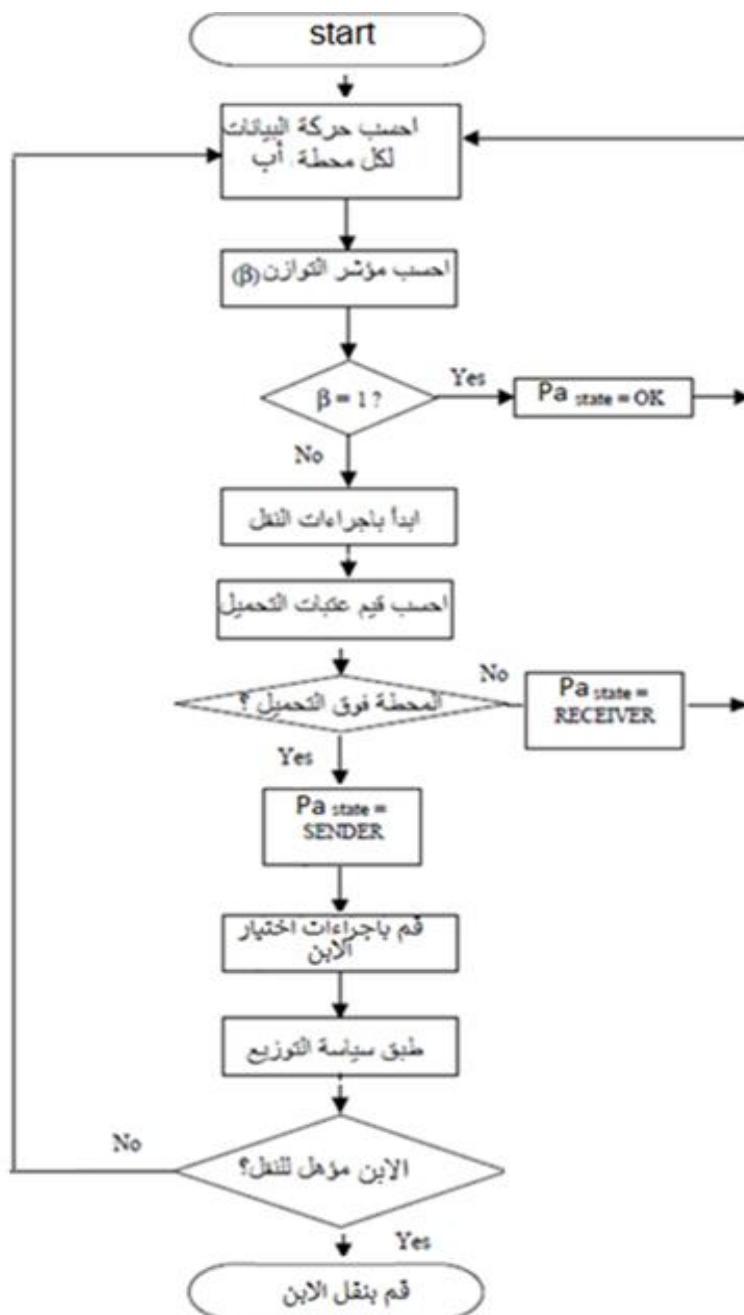
$\Delta = T_{BS} - ANL$ تعرف دلتا بأنها الفرق بين حركة مرور المحطة فوق التحميل والحمل الوسطي. في حين يعرف أفضل مرشح بأنه إحدى أفضل الطرفيات المرشحة للنقل من المحطة ذات التحميل الزائد باتجاه أخرى تحت التحميل، ويحدد بحساب الفرق (بالقيمة المطلقة) بين حركة مروره وبين قيمة الدلتا أي

$$BC_j = |T_{BCj} - \Delta| \dots\dots\dots 7$$

يحسب ذلك للطرفيات المرشحة كلها ثم نختار الطرفية التي تعطي أقل قيمة ل BC_j وتكون هي أفضل مرشح للنقل.

6-2-4 الخطوة الرابعة هي تطبيق سياسة التوزيع distribution policy:

الهدف منها التأكد من صحة الاختيار قبل اتخاذ القرار بنقل الطرفية المرشحة ؛ وذلك لتجنب ظاهرة الأخذ والرد التي قد تحدث عندما تقوم طرفية ما بإجرائية التسليم ثم تعود إلى المحطة التي كانت متصلة بها (أي أن قرار التسليم كان متسرعًا وخاطئًا) تطبق هذه السياسة من خلال حساب مؤشر التوازن الجديد β_{new} فيما لو نقلت الطرفية المرشحة من المحطة المخدومة ذات التحميل الزائد إلى المحطة الهدف التي هي تحت التحميل فان كان $\beta_{new} > \beta_{old}$ فان قرار الاختيار صحيح ويطلب النظام من المحطة المرشحة القيام بعملية التسليم وفق بروتوكول محدد.



الشكل-2 مخطط تدفق خوارزمية توازن الحمولة

6-3 خوارزمية التحكم الواعي للتداخل لتخصيص القناة control Interference algorithm

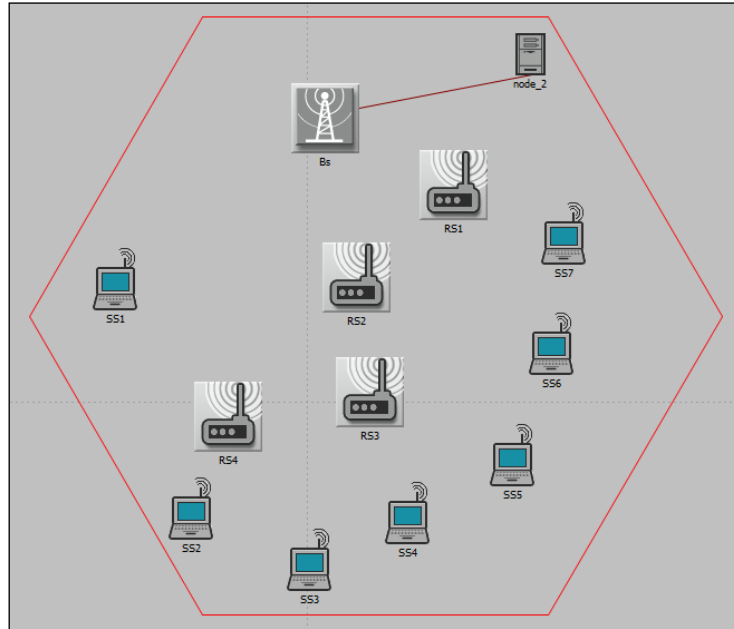
- أولاً نخصص بالتسلسل جميع القنوات المتاحة من الطيف الترددي ولتكن M قناة، ثم نحدد قناة واحدة فقط للوصلة المعنية والتي ستكون قيد الاستخدام لتلك الوصلة حسب المعايير التالية بالترتيب [6]:
- 1- حدد مجموعة القنوات التي لا يكون مخروط التداخل لها متراكب مع الوصلات الفعالة قيد العمل حالياً
 - 2- حدد من تلك المجموعة القناة التي تكون أقل استخداماً
 - 3- إذا كانت مخاريط التداخل متراكبة جميعها اختر مجموعة القنوات التي تملك أصغر مساحة تداخل
 - 4- حدد القناة التي تمتلك أقل قيمة لحمولة النقل وستكون هي القناة المطلوبة ذات التداخل الأقل.

7- المحاكاة والنتائج:

لدراسة التحسينات التي تقدمها الخوارزميات المقترحة تم استخدام modular opnet لتنفيذ وتحليل أداء هذه الخوارزميات وذلك من اجل سيناريو شبكة متعددة القفزات حيث تم اجراء عملية المحاكاة على التصميم القياسي للشبكة أولاً، ثم أعيدت بعد إضافة الخوارزميات والتحسينات المقترحة ومن ثم تمت مقارنة النتائج في كلا الحالتين

7-1 سيناريو المحاكاة:

لدينا سيناريو متعدد القفزات لشبكة WiMAX مبنية وفق المعيار القياسي 802.16e standard مكونة من محطة قاعدية واحدة وثلاث محطات ترحيل وخمس أجهزة متحركة، كما هو موضح بالشكل-3 حيث تم في البداية دراسة هذا النموذج من أجل الإعدادات القياسية التي يوفرها المعيار المذكور ثم تمت إعادة عملية المحاكاة بعد إدخال الخوارزميات المقترحة إلى عقد الشبكة ومقارنة النتائج التي تم التوصل إليها في الحالتين.



الشكل-3 سيناريو اختبار الخوارزميات المطورة

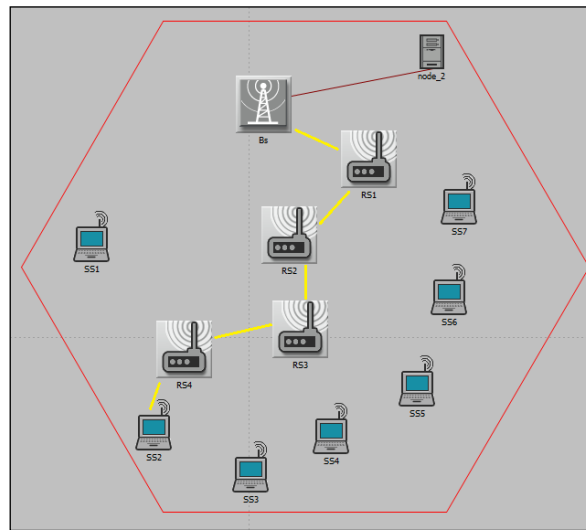
7-1-1 المحاكاة قبل تطبيق الخوارزميات المقترحة:

تم استخدام الهوائيات القياسية التي يزود بها المعيار 802.16e standard وهي هوائيات Omni-directional antenna ولم يتم تزويد محطات الترحيل والمحطات القاعدية بالخوارزميات المقترحة. تم ضبط بارامترات العمل وفق المعيار القياسي وأعطيت القيم المبينة في الجدول-1:

الجدول-1 بارامترات المحاكاة

Request packet size	1500 Bytes
Response packet size	500 Bytes
Requests per second	10
Transport protocol	UDP
Frame duration (millisecond)	5
Symbol duration (microsecond)	100.8
BS transmitter power (W)	0.158
SS transmitter power (W)	0.1
Number of channels	5
Spectrum band	5.0 GHz
Duplexing technique	TDD
Bandwidth of a channel	20 MHz
UL/DL frame boundary	75 % (UL) – 25% (DL)
Scheduling type	UGS
UL usage mod	pusc
DL usage mod	Fusc

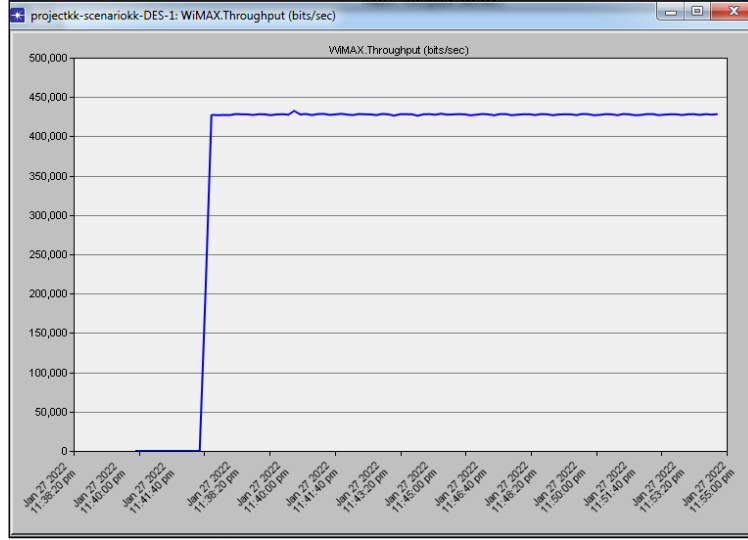
بفرض أن المستخدم SS2 يطلب الاتصال من المحطة القاعدية فإنه وفق المعيار القياسي ستحصل العملية بحيث يكون مسار الاتصال عبر محطة الترحيل الأقرب ثم الأبعد وهكذا فإن الارتباط سيتم في أربع قفزات كما يبين الشكل-4:



الشكل-4 مسار الاتصال بين SS2 وBS وفق المعيار القياسي

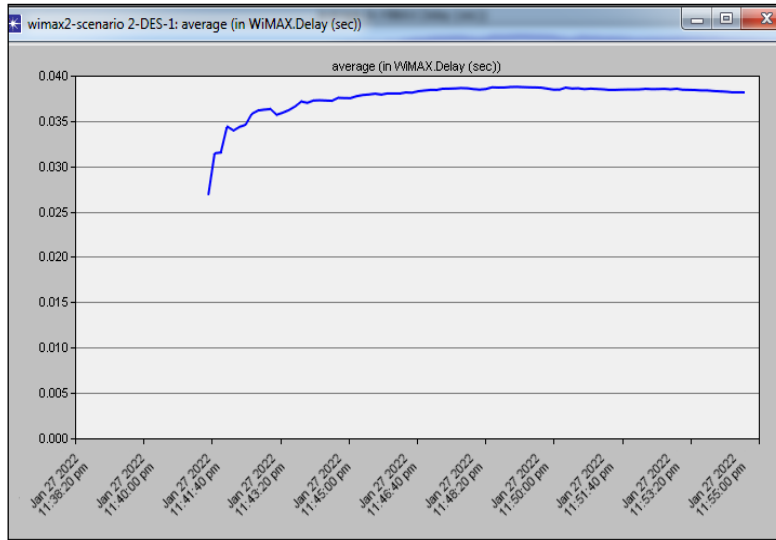
بإجراء محاكاة لهذه الشبكة باستخدام المحاكى opnet modular 14.5 وبزمن محاكاة قدره 15minutes

نحصل على النتائج التالية:



الشكل-5 قيم الإنتاجية قبل تطبيق الخوارزميات المقترحة

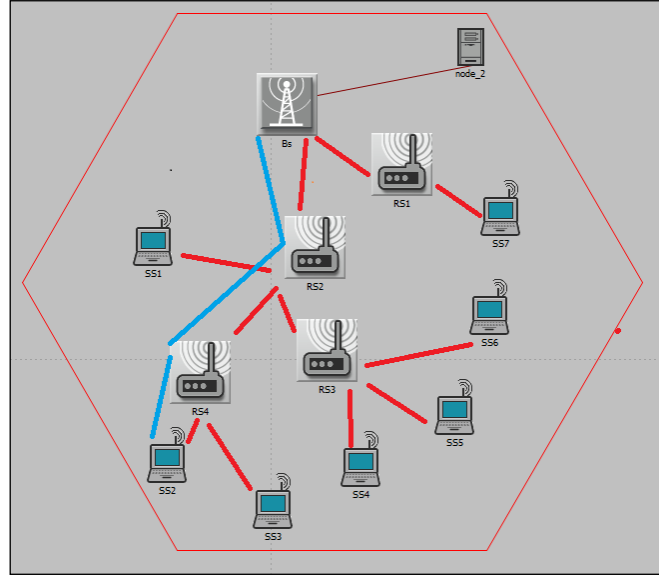
ويبين الشكل-6 مقدار التأخير في الشبكة قبل تطبيق الخوارزميات المقترحة:



الشكل-6 قيم التأخير قبل تطبيق الخوارزميات المقترحة

7-1-2 المحاكاة بعد تطبيق الخوارزميات المقترحة:

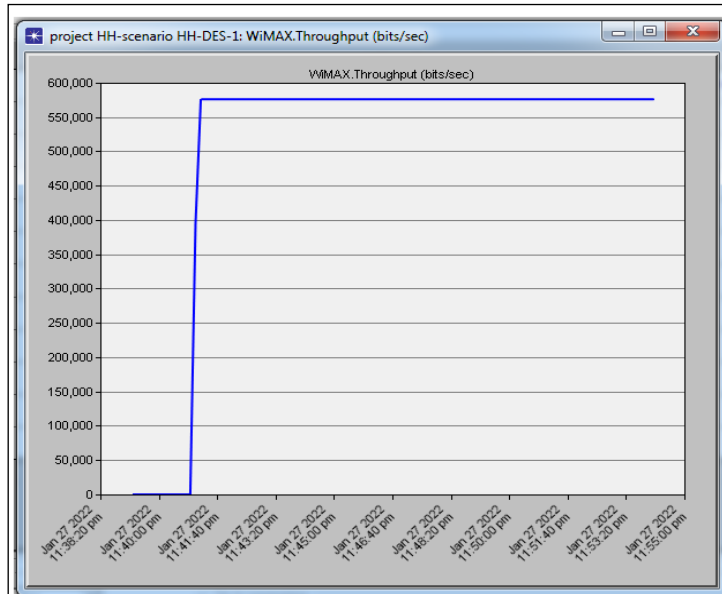
تم تزويد المحطة القاعدية ومحطات الترحيل بهوائيات موجهة beam width--- 45 degrees وربحها 20dbi وتم ضبط عناصر الشبكة لتعمل وفق الخوارزميات المقترحة. من أجل نفس الحالة السابقة حيث يطلب المستخدم mobile-2 تأسيس اتصاله، ستعيد المحطة بارمترات الاتصال إلى المستخدم وفق قناة متعددة القفزات سيتم إنشائها اعتمادا على خوارزميات العمل التي تم تزويد عناصر الشبكة بها. وستكون المسارات الناتجة عن تطبيق الخوارزميات كما هو موضح في الشكل-7 الذي يبين آلية حدوث الربط بين المستخدم mobile-2 والمحطة القاعدية عندما يتم العمل وفق الخوارزميات التي تم اقتراحها:



الشكل-7 تشكيل شجرة الاتصال باعتماد الخوارزميات المطورة

بإجراء المحاكاة لهذا السيناريو باستخدام المحاكى 14.5 opnet modular وبزمن محاكاة قدره 15minutes تم

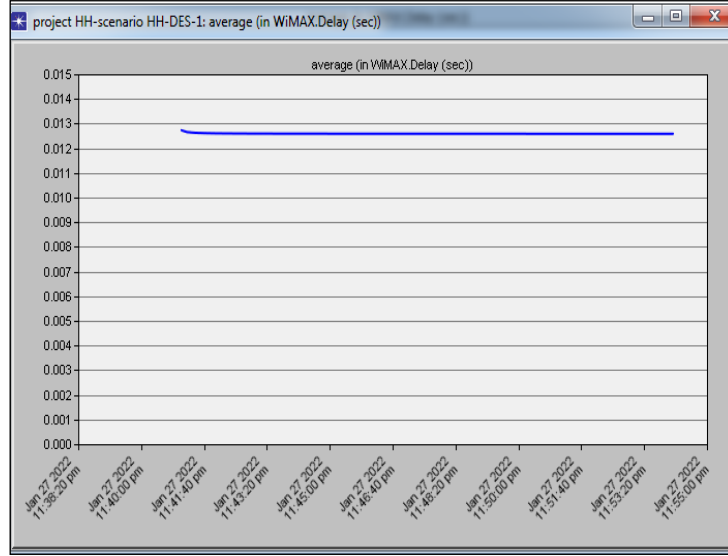
الحصول على النتائج التالية:



الشكل-8 الإنتاجية بعد تطبيق الخوارزميات المقترحة

في الشكل-9 تظهر قيم التأخير التي حصلنا عليها بعد تطبيق الخوارزميات المطورة واستخدام الهوائيات

الموجبة

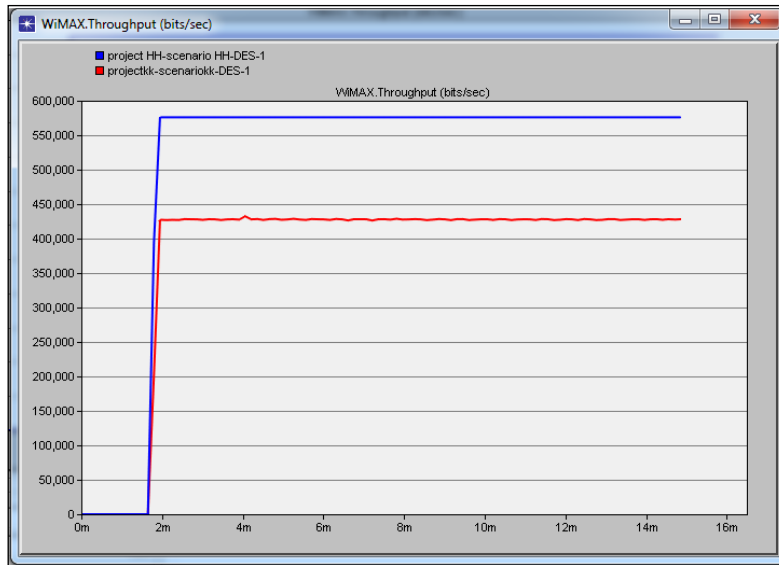


الشكل-9 قيم التأخير بعد تطبيق الخوارزميات المقترحة

نلاحظ أنه عند استخدام النهج القياسي 802.16e لتخصيص الموارد وإنشاء الطبولوجيا فان العديد من المشتركين يحتاج إلى 3 أو 4 قفزات ليرتبط مع المحطة القاعدية. في حين أنه عند استخدام الخوارزميات المطورة والهوائيات الموجهة لن يحتاج أي مشترك لأكثر من قفزين ليجري اتصالاته وهذا يحسن الأداء ويقلل التأخير.

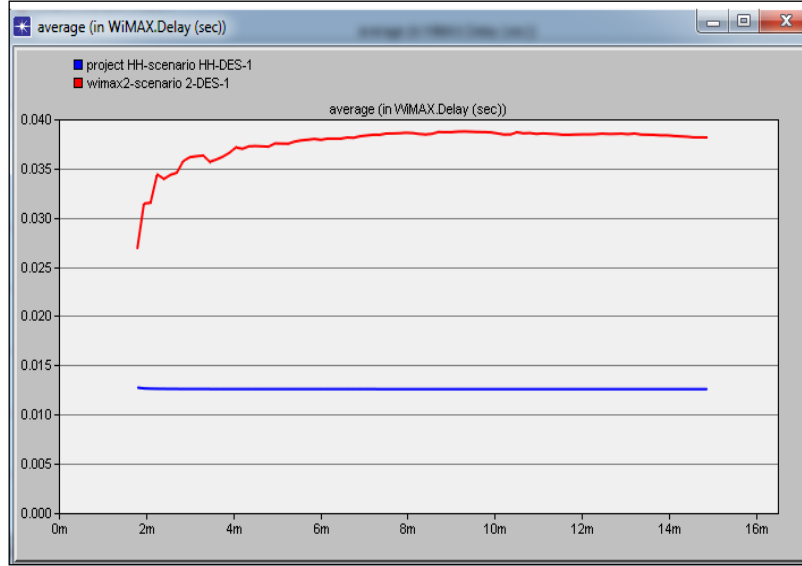
8- مناقشة النتائج:

يبين الشكل-10 قيم الإنتاجية التي حصلنا عليها عند استخدام المعيار القياسي 802.16e standard قبل تطبيق التطوير المقترح والقيم التي نتجت بعد تطبيق الخوارزميات المطورة واستخدام الهوائيات الموجهة حيث يظهر أن قيمة الإنتاجية تحسنت بمقدار يزيد عن 1.5Mbps بعد استخدام الهوائيات الموجهة والخوارزميات المقترحة.



الشكل-10 قيم الإنتاجية قبل وبعد تطبيق الخوارزميات المطورة

الشكل-11 يبين قيم التأخير لكلا الحالتين (قبل وبعد تطبيق التطويرات المقترحة) حيث نلاحظ انخفاض متوسط التأخير من قيمة تزيد عن 35ms في الحالة الأولى إلى أقل من 15ms في الحالة الثانية عند استخدام الهوائيات الموجهة والخوارزميات المقترحة.



الشكل-11 مقارنة قيم التأخير قبل وبعد تطبيق الخوارزميات المطورة

9- الخلاصة:

تم في هذا البحث اقتراح خوارزمية مطورة لتخصيص الموارد وربط الطرفيات في شبكات LTE(Wimax) والوصول إلى بنية شجرية تضمن أقل عدد من القفزات وتداخلاً أقل مع موازنة أفضل للحمولة باعتماد خوارزمية بحث على عدة مستويات يتكامل عملها مع استخدام هوائيات موجهة في عقد الشبكة وقد بينت النتائج ما يلي:

- 1- استخدام الهوائيات الموجهة والخوارزميات المطورة التي تم اقتراحها لبناء الطبولوجيا في سيناريو شبكات LTE(Wi-max) متعدد القفزات يحسن الإنتاجية بنسبة تتجاوز 34% عن قيمتها في الحالة القياسية.
- 2- استخدام الهوائيات الموجهة والخوارزميات المطورة التي تم اقتراحها لبناء الطبولوجيا في سيناريو شبكات LTE(Wi-max) متعدد القفزات يقلل من التأخير الزمني بنسبة تزيد عن 26% مما هي عليه في الحالة القياسية.
- 3- استخدام الهوائيات الموجهة والخوارزميات المطورة التي تم اقتراحها لبناء الطبولوجيا في سيناريو شبكات LTE(Wi-max) متعدد القفزات يقلل عدد القفزات التي يحتاجها المشتركين للوصول إلى موارد الشبكة إلى أكثر من النصف.

10- التوصيات.

من أجل حل المشكلات المتعلقة بسيناريوهات WiMAX متعددة القفزات بشكل أكثر شمولية، نقترح دراسة خوارزميات تخصيص الموارد المذكورة من أجل سيناريوهات تكون فيها محطة الترحيل متحركة وقادرة على القيام بعمليات تسليم الاتصال لمحطات الترحيل المجاورة.

REFERENCES:

- [1] D. Fang, Y. Qian and R. Q. Hu, "Security for 5G Mobile Wireless Networks," in IEEE Access, vol. 6, pp. 4850-4874, 2018. doi: 10.1109/ACCESS.2017.2779146
- [2] X. Yan, Y. A. Sekercioglu, and S. Narayanan, "A survey of vertical handover decision algorithms in Fourth Generation heterogeneous wireless networks," vol. 54, no. 11, 2 August 2010, pp. 1848-1863, Computer network.
- [3] N. Nasser, A. Hasswa, H. Hassanein, "Handoffs in fourth generation heterogeneous networks," IEEE Communications Magazine, vol. 44, no. 10, Oct. 2006, pp. 96–103, ISSN: 0163-6804, doi: 10.1109/MCOM.2006.1710420, IEEE
- [4] Quality of Service in WiMAX Mesh Networks, by Dustin Dunkle April 2009
- [5] V. Aleo Load Distribution In IEEE 802.11 Cells ,Master of Science Thesis, KTH, Royal Institute of Technology, March 2003.
- [6] LoutfiNuaymi, "WiMAX Technology for Broadband Wireless Access", John Wiley and Sons, Inc., New York, 2007.
- [7] M. Azni and M. A. Ouamri "Overshooting and Cost Minimization in LTE Cellular Network Using Non-dominant Sorting Genetic Algorithm based Laplace Crossover.," International Conference on Future Networks and Distributed Systems., pp. 1-6, 2019.
- [8] J. Benseny, J. Töyli , H. Hämmäinen and A. Arcia-Moret, "The mitigating role of regulation on the concentric patterns of broadband diffusion. The case of Finland," Telematics and Informatics, vol. 41, pp. 139-155, 2019.
- [9] "Resource Allocation Algorithm Using Directional Antennas in WiMAX" by Neeraj Gurdasani , November 2009.
- [10] "Part 16: Air Interface for Fixed Broadband Wireless Access Systems—Amendment 2: Physical and Medium Access Control Layers for Combined Fixed and Mobile Operation in Licensed Bands," IEEE Std.802.16e, Dec. 2005.