

## تقييم أداء التسليم الشاقولي بين الشبكات WiFi و WiMax باستخدام تقنية التسليم المستقل عن الوسط MIH

الدكتور محمد صالحاني\*

هبة يوسف\*\*

(تاريخ الإيداع 31 / 5 / 2016. قُبِلَ للنشر في 27 / 7 / 2016)

### □ ملخص □

تتجه الأبحاث الحالية نحو المزيد من التطوير في الشبكات اللاسلكية، وذلك نتيجة النمو في احتياجات المستخدمين كدعم تطبيقات الزمن الحقيقي، وجودة الخدمة وخصوصاً معدل نقل عالي للبيانات، وغيرها. ما دفع بمزودي خدمة الشبكات العمل على مكاملة العديد من موارد الشبكات المختلفة، والسعي لدعم خدمة الاتصال في أي مكان وزمان.

من هنا تأتي أهمية هذا البحث الذي يهدف إلى دراسة عملية التسليم الشاقولي (Vertical Handover) كخطوة مهمة وضرورية لتأمين حركة العقد المتحركة MN (Mobile Nodes) بين الشبكات اللاسلكية WiFi و WiMax باستخدام المعيار IEEE802.21، أو ما يسمى تقنية التسليم المستقل عن الوسط MIH (Media Independent Handover)، والذي طُوِّر في كانون الثاني 2009. في هذا البحث، تم تقييم أداء التسليم الشاقولي بين هاتين الشبكتين آخذين بالاعتبار عدة معاملات مثل: ضياع البيانات، والتأخير الناتج عن عملية التسليم، ومعدل التدفق. وذلك باستخدام المحاكى ((NS2 (Network Simulator version 2)) والذي يتضمن دعم لتقنية MIH من قبل المعهد الوطني للمعايير والتقانة (National Institute of Standard and Technology (NIST)).

**الكلمات المفتاحية:** المعيار IEEE802.21، التسليم المستقل عن الوسط MIH، التسليم الشاقولي VHO، الشبكات اللاسلكية المحلية WiFi، الشبكات عريضة الحزمة WiMax.

\*أستاذ مساعد - قسم هندسة الحواسيب والأتمتة - كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية - جامعة دمشق - دمشق - سورية.  
\*\* طالبة دراسات عليا (ماجستير) - قسم هندسة الحواسيب والأتمتة - كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية - جامعة دمشق - سورية.

## Evaluation of Vertical Handover Performance between WiFi and WiMax Networks using Media Independent Handover

Dr. MohamadSalhani\*  
Hiba Yousef\*\*

(Received 31 / 5 / 2016. Accepted 27 / 7 / 2016)

### □ ABSTRACT □

The current researches are moving towards more development in order to provide the growing the needs of users such as support real-time applications, quality of service, particularly; the high data rate transfer and other. That prompts the network service providers to integrate many properties for different networks resource, and support providing the service "anywhere and anytime".

Hence, the importance of this research, which aims to study the vertical handover as very important and necessary step to provide the mobility of mobile nodes between the different networks by using Media Independent Handover (MIH) IEEE802.21standard which is developed in January 2009. In this paper, the performance of vertical handover between these two networks is evaluated taking into account many parameters such as packet loss, handover latency, and throughput, using NS2 simulator (Network Simulator version2) which includes a support for MIH technology by the National Institute of Standard and Technology (NIST).

**Keywords:**IEEE802.21Standard, MIH, Vertical Handover (VHO),WiFi, WiMax.

---

\*Associate Professor, Department of Computer and Automation Engineering, Faculty of Mechanical and Electrical Engineering, Damascus University, Damascus, Syria,.

\*\*Postgraduate Student, Department of Computer and Automation Engineering, Faculty of Mechanical and Electrical Engineering, Damascus University, Damascus, Syria.

**مقدمة:**

تتيح الشبكات اللاسلكية والأنظمة المحمولة للمستخدمين إمكانية الاتصال ومعالجة المعلومات دون أي قيود على المكان والزمان، كما يجب ألا تؤثر حالة المستخدم ثابتاً كان أم متحركاً على جودة الخدمة أو على قدرة المستخدم على استخدام موارد الشبكة. مما يتطلب حدوث عمليات تسليم شاقولي بين الشبكات المختلفة للحفاظ على استمرارية الخدمة، إلا أن ذلك قد يؤدي إلى انخفاض في الأداء أثناء عمليات التسليم بسبب الطبيعة المختلفة للشبكات. وقد ركزت العديد من الأبحاث على دراسة عملية التسليم الشاقولي VHO باستخدام تقنية التسليم المستقل عن الوسط MIH كحل للقيام بعمليات تسليم أمثل بين مختلف الشبكات الموجودة حالياً.

**أهمية البحث وأهدافه:**

تتحدى العقدة المحمولة (Mobile Node) MN أثناء حركتها في منطقة جغرافية ما من العديد من العوامل ويسبب هذا انخفاض في جودة الخدمة نتيجة ضعف قوة الإشارة المستقبلية من نقطة النفاذ المتصلة بها Point of Access (PoA)، وقد تتطلب التطبيقات التي تستخدمها العقدة المحمولة MN ضرورة الاتصال بشبكة أخرى توفر معدل نقل أعلى للبيانات، مما يدفع العقدة المحمولة للقيام بعملية التسليم بين الشبكات المختلفة. وقد يترتب على حدوث عملية التسليم ضياع عدد من الرزم، إضافةً للتأخير الزمني وانخفاض الجودة في نقل البيانات نتيجة تغير المسار لشبكة أخرى ذات خواص مختلفة لا تدعم عرض المجال أو السرعة اللازمة للطرفية المتحركة. يهدف هذا البحث إلى تقييم أداء عملية التسليم الشاقولي VHO وذلك عندما تتحرك العقدة المحمولة MN بين الشبكتين اللاسلكيتين: (WiFi (IEEE 802.11 والشبكة (WiMax (IEEE 802.16e، وذلك باستخدام تقنية التسليم المستقل عن الوسط MIH وبالاعتماد على عدة معاملات (بارامترات).

**طرائق البحث ومواده:**

تتم طريقة البحث وفق الخطوات الآتية:  
- وضع سيناريو لمحاكاة عملية التسليم الشاقولي للعقدة المحمولة من شبكة إلى شبكة أخرى مختلفة باستخدام تقنية التسليم المستقل عن الوسط MIH.  
- استخدام المحاكى NS2 مفتوح المصدر في التنفيذ البرمجي، وإضافة العديد من البرمجيات الضرورية التي طورها المعهد الوطني للمعايير والتقانة NIST والتي لا يدعمها المحاكى NS2 أساساً.  
- تقييم الأداء واستخلاص النتائج وصولاً إلى التوصيات.

**علاقة البحث بالأبحاث المماثلة :**

اهتمت العديد من الأبحاث بدراسة وتقييم أداء عملية التسليم الشاقولي VHO بين الشبكات المختلفة باستخدام تقنية التسليم المستقل عن الوسط MIH. وقد تطرقت هذه الأبحاث إلى تحسين الأداء من خلال تخفيض زمن التأخير الناتج عن عملية التسليم بالاعتماد على دراسة الحدث توجه الوصلة نحو الانهيار LGD (Link Going Down) وتوليدته في الوقت المناسب [1].

بينما اتجهت أبحاث أخرى لتحسين الأداء بالاعتماد على تقليل عمليات التسليم غير الضرورية من خلال تطوير خوارزمية اتخاذ قرار التسليم واختيار الشبكة الهدف (الوجهة)، وإضافة معاملات عدة إلى جانب قوة الإشارة المستقبلية [2] RSS. كما عمل الباحثون في [3] على زيادة معدل التدفق من خلال تقليل زمن التسليم وضياعات الرزم وذلك بتحديد "عتبة للطاقة"، حيث يتم توليد الحدث توجه الوصلة نحو الانهيار عند تجاوزها هذه العتبة، مما ساهم في تحسين أداء عملية التسليم. بالمقابل، قدم الباحثون في [4] شرح بسيط عن المعيار IEEE802.21، وتقييم أداءه، وتقييم الوثوقية والفعالية للمحاكي NS2 في محاكاة سيناريوهات المعيار IEEE802.21، وتم ملاحظة انخفاض معدل ضياع الرزم والتأخير عند استخدام التقنية MIH.

انطلاقاً من الدراسة المرجعية لأهم الأبحاث حول عملية التسليم، سنتطرق لدراسة أداء عملية التسليم الشاقولي وتحسن الأداء عند استخدام المعيار IEEE802.21 أثناء انتقال العقدة المحمولة MN بين شبكتي WiFi و WiMax وسنقوم بتقييم الأداء من خلال دراسة عدد من المعاملات مثل معدل التدفق Throughput، وضياع الرزم Packet loss وتأخير التسليم HO latency .

### الشبكات اللاسلكية المحلية WLAN :

أصدر معهد مهندسي الكهرباء والإلكترون Institute of Electrical and Electronics Engineers المعيار IEEE 802.11 في العام 1997، والذي يصف الطبقة الفيزيائية Physical Layer وطبقة التحكم في النفاذ إلى الوسائط Media Access Control (MAC) للشبكات اللاسلكية المحلية WLAN [5]. تستخدم هذه الشبكات المجال الترددي المخصص للتطبيقات الصناعية والعلمية والطبية . وقد جرى تطوير هذا المعيار وصولاً لعدة أنماط منه وتم إدخال العديد من التحسينات عليه كما هو مبين في الجدول (1) .

الجدول (1) التحسينات التي أدخلت على المعيار IEEE 802.11 [5].

المعيار	الإصدار	المجال الترددي	سرعة نقل البيانات العظمى	المساحة المغطاة داخل الأبنية
802.11	1997	2.4GHz	2Mbps	20m
802.11a	1999	5GHz	54 Mbps	35m
802.11b	1999	2.4GHz	11 Mbps	38m
802.11g	2003	2.4GHz	54 Mbps	38m
802.11n	2009	2.4GHz/5GHz	150 Mbps	70m

تمتاز هذه الشبكات بسهولة الإنشاء وانخفاض التكاليف، إضافة لسرعة النقل العالية نسبياً للبيانات، ما أسهم بروج هذا النوع من الشبكات وانتشارها في العديد من الشركات والجامعات والمنازل .

### شبكات WiMax النقالة :

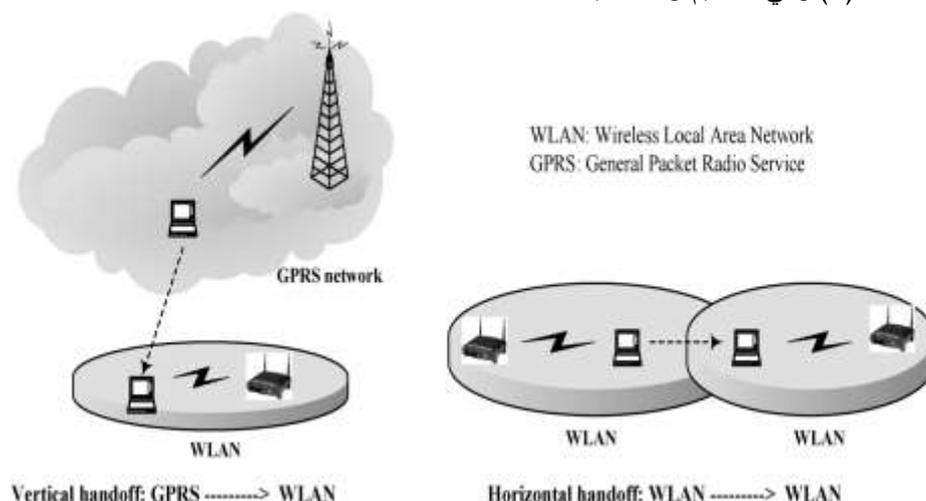
اختصاراً لـ Worldwide Interoperability for Microwave Access، وهي الشبكات التي تعتمد على المعيار 802.16e-2005، وتُعرف أيضاً بـ 802.16e. تُعتبر هذه الشبكات ذات معدل نقل بيانات مرتفع وتدعم الحركة mobility، إضافة لتغطية مساحة جغرافية كبيرة نسبياً تصل نظرياً إلى 50 كيلومتر [5] .

## تقنية التسليم المستقل عن الوسط MIH Technology :

### 1-تعريف التسليم Handover :

يُعرف التسليم على أنه عملية المحافظة على جلسة الاتصال الفعالة للمستخدم ( user's active session ) عندما تغير العقدة المحمولة (MN) نقطة النفاذ الخاصة بها (PoA)- نتيجة لانخفاض في جودة الإشارة - إلى شبكة أو محطة قاعدية (Base Station) BS أخرى ضمن منطقة جغرافية ما سعياً منها للحصول على إشارة ذات جودة أفضل أو إلى محطة قاعدية ذات جودة خدمة أفضل للتطبيق الحالي وذلك للحفاظ على استمرارية الاتصال (الخدمة). يقسم التسليم وفقاً لطبيعة الشبكة (نوع التقنية (التقانة)) إلى نوعين :

- **التسليم الأفقي Horizontal Handover** : يقصد به التسليم الذي يجري بين نقطتي نفاذ تستخدمان نفس التقانة، مثل التسليم من شبكة WiFi إلى شبكة WiFi أخرى .
  - **التسليم الشاقولي Vertical Handover** : يقصد به التسليم الذي يجري بين نقطتي نفاذ مختلفتين من حيث التقانة، كالتسليم من شبكة WiFi إلى شبكة WiMax وبالعكس.
- يبين الشكل (1) نوعي التسليم وفقاً لطبيعة الشبكة .



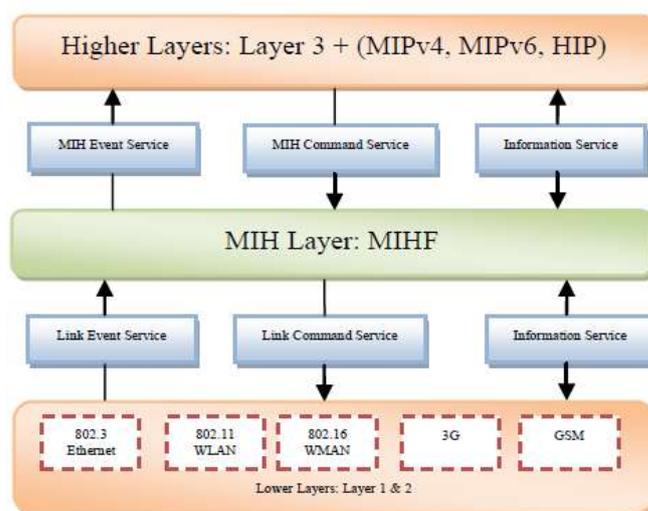
الشكل (1) نوعي التسليم وفقاً لطبيعة الشبكة .

### 2 مقاييس أداء عملية التسليم :

وهي مجموعة المعاملات المستخدمة لقياس تأثير عملية التسليم HO على أداء العقدة المحمولة وأهمها [6]:

- 1 تأخير التسليم (Handover Latency): وهو الوقت المستغرق لإتمام عملية التسليم.
- 2 معدل ضياع الرزم (Packet Loss): وبحسب هذا المعامل كنسبة بين الرزم التي لم تصل للمستقبل نتيجة خطأ ما وبين العدد الكلي للرزم التي تم إرسالها أثناء عملية التسليم.
- 3 عامل انقطاع الاتصال (Disconnection factor): وهو النسبة بين زمن الفصل عندما تكون العقدة المحمولة غير قادرة على استقبال أي بيانات وبين زمن التأخير الناتج عن عملية الفصل.
- 4 التغير في الترتيب (Reordering-Out-of-Order): وهو عدد الرزم الخارجة عن تسلسلها في طرف الاستقبال عن ما أرسلت به في طرف الإرسال. يحدث هذا التغير في الترتيب في حالة التسليم من نمط "اتصل قبل أن





الشكل (3) خدمات المعيار [8] IEEE802.21.

### ❖ خدمة الأحداث المستقلة عن الوسط

تشمل هذه الخدمة جميع الأحداث والقوادم المولدة من الطبقة الأولى والثانية باتجاه الطبقة الثالثة فما فوق، وبناءً على هذه الأحداث يتم توجيه الأوامر من الطبقات العليا إلى الطبقات الدنيا . بالواقع، تقسم هذه الأحداث إلى نوعين رئيسيين [8] :

- أحداث الوصلة Link Events : وتنتجها طبقة وصلة المعطيات Data link، وترسل إلى واجهة التواصل MIH user مروراً بالطبقة MIHF .
- أحداث التسليم المستقل عن الوسط MIH Events : من الممكن أن يقوم تابع التسليم المستقل عن الوسط MIHF نفسه بتوليد مجموعة من الأحداث Events وإرسالها إلى الطبقات العليا، أو أن يقوم بتمرير مايرده من أحداث إلى الطبقات العليا.

### ❖ خدمة الأوامر المستقلة عن الوسط

تسمح هذه الخدمة للطبقات العليا بالتحكم بالطبقات الدنيا . يتمثل الهدف الرئيسي لهذه الخدمة في إعطاء الأوامر المتعلقة بعملية التسليم، مثل إعطاء الأمر للطبقات الدنيا بالشروع في عملية التسليم إلى الشبكة الهدف . وتقسّم هذه الأوامر إلى نوعين :

- أوامر الوصلة Link Command : وهي مجموعة الأوامر الصادرة عن MIH user لتابع التسليم المستقل عن الوسط MIHF .

- أوامر التسليم المستقل عن الوسط MIH Command : وهي أوامر صادرة عن تابع الانتقال المستقل عن الوسط MIHF والتي تسمح بالاستفسار عن موارد الشبكة الهدف .

### ❖ خدمة المعلومات المستقلة عن الوسط

تعمل خدمة المعلومات المستقلة عن الوسط على اكتشاف المعلومات الخاصة بالشبكات المجاورة الموجودة ضمن مساحات جغرافية معينة بهدف تسهيل عملية اتخاذ القرار بالتسليم بين هذه الشبكات . كما تؤمن هذه الخدمة طريق ثنائي الاتجاه بين الطبقات العليا والدنيا لتبادل المعلومات الستاتيكية (محددات الجودة، الكلفة، عناوين الشبكات المجاورة...) والديناميكية (معدل البيانات والعتبة،...) فيما بينها لاتخاذ قرارات تسليم أكثر فعالية.

### الدراسة التجريبية:

يتمثل الهدف الرئيسي من عملية المحاكاة في دراسة أداء عملية التسليم الشاقولي VHO باستخدام تقنية التسليم المستقل عن الوسط MIH بالاعتماد على عدد من المعاملات، وذلك عندما تتحرك العقدة المحمولة MN في منطقة مغطاة بالكامل أو بشكل جزئي من قبل شبكتين لاسلكيتين هما شبكة WiFi(802.11b) وشبكة WiMax(802.16e). اعتمدنا في هذه الدراسة المحاكى [9] NS-2 version 2.29 . جرى تنصيب المحاكى NS-2 على نظام التشغيل Linux Ubuntu 11.04، إلا أن المحاكى NS-2 لا يدعم محاكاة الشبكات اللاسلكية WiMax، كما لا يدعم البروتوكول MIPv6، إضافة إلى عدم دعمه للمعيار IEEE802.21 . شكل هذا أهم العقبات والصعوبات التي واجهت الدراسة مما تطلب الكثير من الجهد لإيجاد الحل الأمثل، والذي تمثل بدمج عدد من الإضافات المقدمة من المعهد الوطني للمعايير والتقانة NIST . طور المعهد الوطني للمعايير والتقانة مجموعة من الوحدات Modules لدمجها مع المحاكى NS2، وقد استخدمنا في هذه الدراسة الوحدتين التاليتين :

وحدة المعيار IEEE802.16 module لدعم شبكة WiMax.

وحدة الحركية Mobility module لدعم حركية العقد في النظام المقترح .

تتيح الوحدة الأولى IEEE802.16 إمكانية محاكاة الشبكات اللاسلكية [10] WiMax، في حين تتضمن الوحدة الثانية مجموعة هامة من المعايير والبروتوكولات الضرورية لمحاكاة عملية التسليم HO بنوعيه الأفقي والشاقولي، ومن بين هذه المعايير والبروتوكولات نورد مايلي [11]:

-البروتوكول Mobile IPv6 .

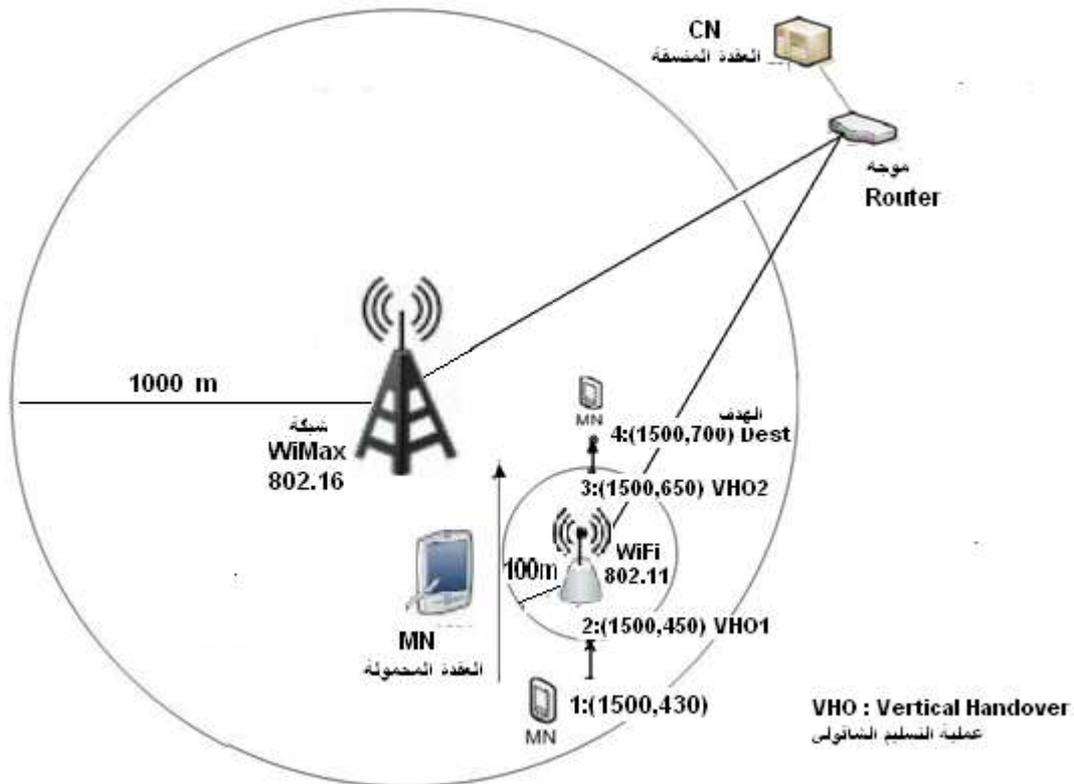
-المعيار IEEE802.21.

-وحدة اكتشاف الجوار Neighbor Discovery Module .

-المعيار IEEE802.16e .

-السيناريو المقترح للمحاكاة :

تتألف بيئة المحاكاة من منطقة جغرافية أبعادها 3000m X 3000m ، يقع برج الشبكة (المحطة القاعدية BS) WiMax في النقطة الجغرافية (x=1000, y=1000)، ويغطي هذا البرج مساحة جغرافية دائرية نصف قطرها 1000m . كما تقع نقطة النفاذ AP (Access Point) لشبكة WiFi في النقطة الجغرافية (x=1500, y=550) ، وتغطي مساحة جغرافية دائرية نصف قطرها 100m، كما هو مبين في الشكل (4) .



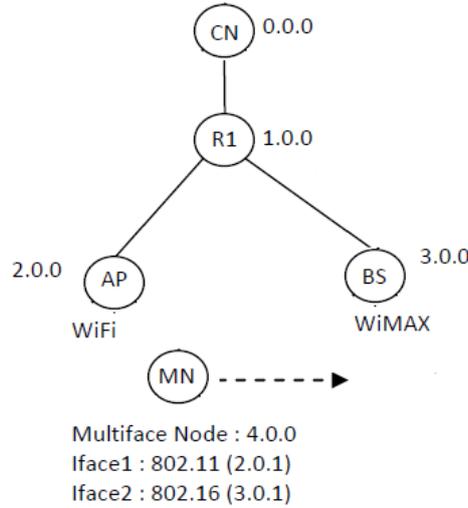
الشكل (4) سيناريو المحاكاة المقترح.

وفق السيناريو المقترح للمحاكاة، ويفرض أن العقدة المحمولة متصلة بالمحطة القاعدية للشبكة WiMax، وتتحرك بسرعة ثابتة 10m/s متجهة بشكل مستقيم من النقطة (1) نحو النقطة الهدف (4) عابرة الشبكة WiFi، وفي هكذا سيناريو للحركة فإنه على العقدة المحمولة MN القيام بعملية تسليم، هما :

1 - عملية التسليم الأولى (VHO1) من الشبكة WiMax إلى الشبكة WiFi عند النقطة (2).

2 - عملية التسليم الثانية (VHO2) من الشبكة WiFi إلى الشبكة WiMax عند النقطة (3).

يبين الشكل (5) التوصيل الشبكي لبيئة المحاكاة المقترحة، والذي يتضمن شبكتي WiFi و WiMax تتبعان لمزودي خدمة مختلفين ويتصل هذين المزودين بالعقدة المنسقة CN (Correspondent Node) عبر الموجه R1، وتتبع العقدة المنسقة بدورها إلى مزود خدمة ثالث، كما يبين الشكل أيضاً توزيع العناوين من خلال البروتوكول IPv6.



الشكل (5) التوصيل الشبكي للسيناريو المقترح للمحاكاة.

تم استخدام العديد من المعاملات في عملية المحاكاة لكلٍ من الشبكتين WiFi و WiMax، نورد أهمها في الجدول الآتي (2):

الجدول (2) أهم المعاملات المستخدمة في عملية المحاكاة المقترحة.

IEEE 802.11b	
IEEE802.11 Data Rate	11 Mbps
Coverage Area	100 m
Frequency	2.4 GHz
Transmission Power (pt_)	0.027 W
Receiving Threshold (RXThresh_)	$2.64504 \times 10^{-10}$ W
IEEE802.16e	
Coverage Area	1000 m
Frequency	3.5GHz
Transmission Power (pt_)	15 W
Receiving Threshold (RXThresh_)	$7.59375 \times 10^{-11}$ W

### -عملية التسليم VHO1 (من الشبكة WiMax إلى الشبكة WiFi) :

بمتابعة حركة سيرة العقدة المحمولة MN وأثناء حركتها من النقطة (1) باتجاه النقطة (2) وفق السيناريو المقترح، تبدأ العقدة المحمولة باكتشاف وتحسس أطر الإرشاد الخاصة بشبكة WiFi (استطاعة الرزم المستقبلية أكبر من قيمة العتبة)، مما يجعل تحويل الاتصال إلى الشبكة WiFi أنسب للحفاظ على استمرارية جودة الخدمة. يتم توجيه أمر من MIH user تابع الانتقال المستقل عن الوسط MIHF للعقدة المحمولة للبدء بعملية التسليم VHO1، ويتم البدء بعملية التسليم على مستوى الطبقة الثالثة 3HO وإعلام البروتوكول MIPv6 المسؤول عن تحويل الاتصال للشبكة الجديدة والبدء باستقبال الرزم من خلالها وذلك عند الزمن 13 ثانية تقريباً من زمن المحاكاة، كما يبينه الشكل (6) .

تسمح إضافة الوحدة Mobility NIST لنقطة النفاذ AP/BS بالعمل كموجه نفاذ AR (Access Router). حيث يعمل موجه النفاذ هذا على البث الدوري لرزمة الإعلان عن الموجه RA (Router Advertisement) وهي رسائل يتم بثها دورياً من قبل نقاط النفاذ APs أو BSs لإعلام العقدة المحمولة حول بادئة الشبكة وغيرها. كما يمكن للعقدة المحمولة المتحركة إلى منطقة تغطية جديدة إرسال رزمة حث الموجه RS (Router Solicitation) لاكتشاف نقطة نفاذ AP أو BS جديدة ولحث موجه النفاذ على إرسال رزمة الإعلان عن الموجه RA .

يتم الحصول على عنوان شبكي IP جديد باستخدام "خوارزمية كشف العناوين المتكررة المتقدمة" لضمان عدم حصول العقدة المحمولة على عنوان شبكي مستخدم من قبل عقدة أخرى.

ويتم تبادل رسائل حث الموجه RS والإعلان عن الموجه RA بين كل من العقدة المنسقة CN والعقدة المحمولة لتعديل عنوان العقدة المحمولة وفقاً للشبكة الجديدة وتوليد الحدث Link up .

تستخدم العقدة المحمولة كلا الواجهتين (واجهة WiFi وواجهة WiMax ) كون التسليم من نمط (break-before-make) لحين انتهاء عملية التسليم VHO1 .

**-عملية التسليم VHO2 (التسليم من الشبكة WiFi إلى الشبكة WiMax ) :**

تتابع العقدة المحمولة حركتها المستقيمة ضمن شبكة WiFi نحو النقطة (3)، وعندما تبدأ استطاعة الرزم المستقبلية بالانخفاض تدريجياً عند الاقتراب من حدود المنطقة المغطاة لاسلكياً ضمن الشبكة ، يتم توليد الحدث توجه الوصلة نحو الانهيار LGD (Link Going Down) عند استلام أول رزمة ذات استطاعة تساوي قيمة العتبة ( Pr- limit \* RXThresh- ) . وهي عتبة الطاقة الدنيا التي سيقوم بعدها MIHF بإرسال الحدث LGD للطبقات العليا، حيث RXThresh- عتبة حساسية المستقبل وهي الحد الأدنى للطاقة لاستلام رزمة بدون أخطاء . عندها يرسل MIHF الحدث LGD للطبقات العليا وتبدأ العقدة المحمولة عملية التسليم VHO2 .

تقوم العقدة المحمولة بعملية المسح Scan بحثاً عن نقاط نفاذ جديدة قبل مغادرتها المنطقة المغطاة بنقطة النفاذ الحالية . وتبدأ عملية التسليم على مستوى الطبقة 3HO . ا. حدود الزمن 31.297 ثانية تقريباً من زمن المحاكاة (لاحظ الشكل (6))، ويتم تبادل رسائل حث الموجه RS والإعلان عن الموجه RA بين كل من العقدة المنسقة CN والعقدة المحمولة لتعديل عنوان العقدة المحمولة وفقاً للشبكة الجديدة وإعادة توجيه الرزم لعنوان العقدة المحمولة الجديدة.

## النتائج والمناقشة:

أهم المعاملات التي تمت دراستها خلال عملية المحاكاة هي معدل التدفق، وفقد الرزم، وتأخير التسليم.

### a. معدل التدفق Throughput :

وهو مقياس لمعدل نقل المعطيات بوحدة الزمن، ويعرّف أيضاً على أنه الجزء من سعة القناة الكلية المستخدم

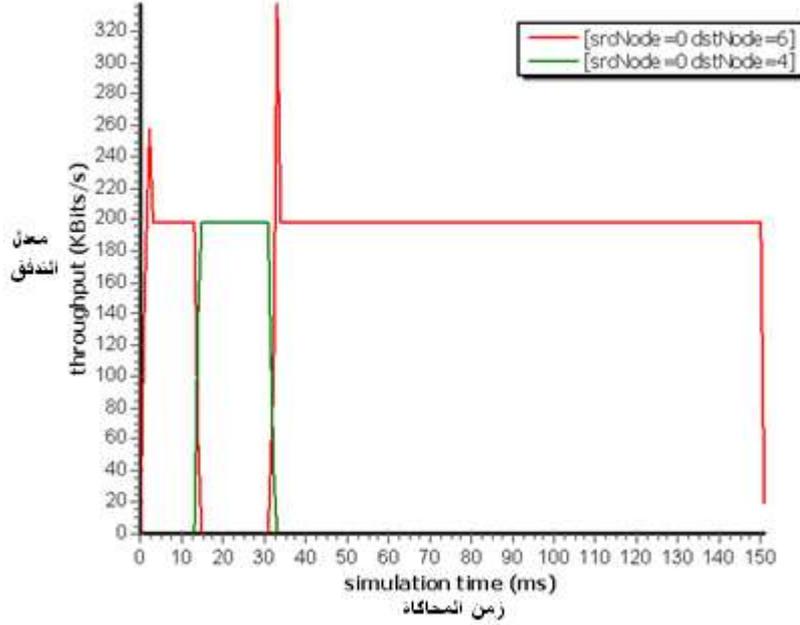
من أجل إرسال المعطيات وفق:

$$\text{Throughput} = (\text{received size of data} / (\text{End\_time} - \text{Start\_time}))$$

يُظهر الشكل (6) عملية المحاكاة لمعدل تدفق المعطيات خلال عمليات التسليم وأثناء فترة المحاكاة، حيث تتحرك العقدة المتحركة من النقطة (1) إلى (4) وتقوم بعملية تسليم شاقولي كما أشرنا. يبين الشكل وجود معدل تدفق جيد خلال فترة التسليم الشاقولي VHO مع انخفاض بنسبة حوالي 40 بالمئة خلال عملية التسليم ، وعند لحظة انتهاء

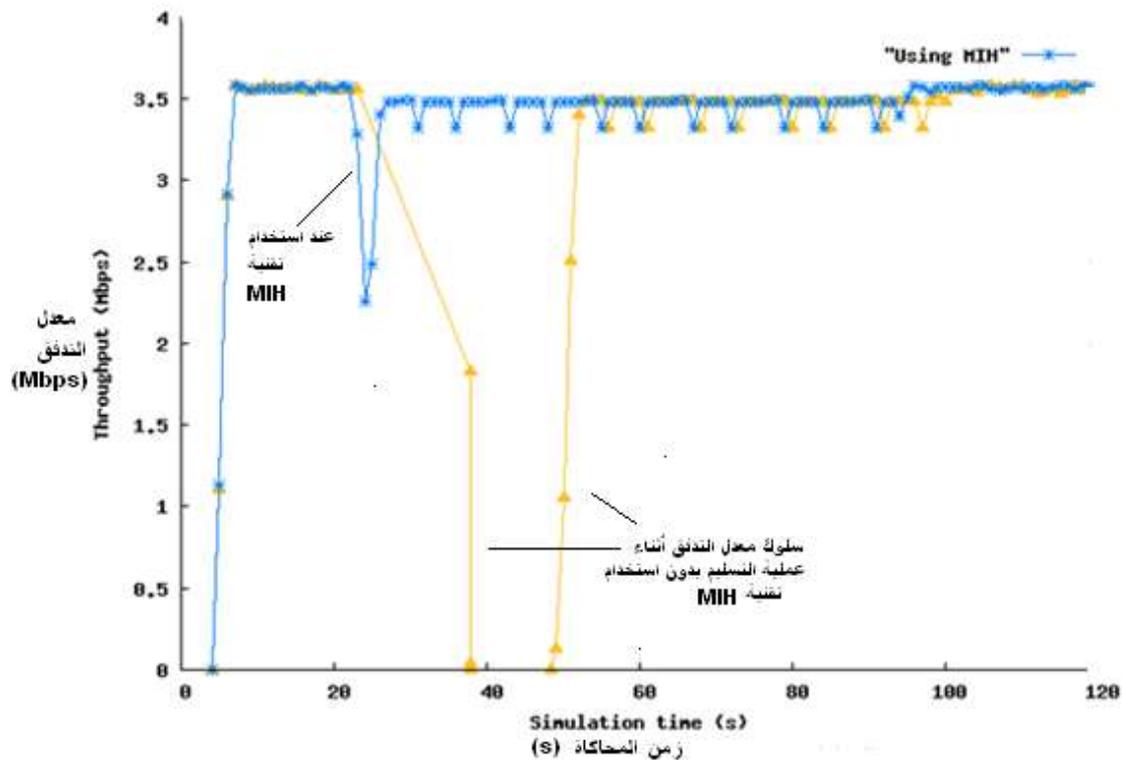
عملية التسليم يصل معدل التدفق للذروة ثم يعود لمستواه الطبيعي عند حوالي 200kbps. يعزى ذلك إلى أن العقدة المحمولة MN تحصل على مستوى عالٍ من قوة الإشارة المستقبلية (high signal strength) من الشبكة الجديدة التي تم الانتقال إليها عند بداية دخول العقدة المتحركة إلى الشبكة الهدف.

زمنياً يمكن تقسيم المخطط البياني إلى ثلاث فترات: الأولى اتصال العقدة المحمولة بالشبكة WiFi (لحظة الاتصال يكون هناك قوة إشارة كبيرة فيزداد معدل النقل)، في الفترة الثانية يتم فيها عبور العقدة للشبكة WiFi وبمعدل نقل مستقر، ثم تبدأ الفترة الثالثة بانتقال العقدة إلى الشبكة WiMax وبمعدل نقل أعلى (وذلك كون RSS قوة الإشارة المستقبلية منها أكبر) ثم ما يلبث معدل النقل أن يستقر.



الشكل (6) معدل التدفق خلال عملية التسليم .

يبين الشكل (7) وفقاً للمرجع [3] مقارنة بين معدل التدفق Throughput في كلا الحالتين: حالة استخدام التسليم المستقل عن الوسط MIH أثناء عملية التسليم VHO وحالة عدم استخدامه، حيث نلاحظ الانخفاض الكبير في معدل تدفق البيانات أثناء عملية التسليم بين شبكتي WiFi و WiMax في حالة عدم استخدام التقنية MIH، بالإضافة إلى التأخير الزمني الكبير الناتج عن عملية التسليم (handover latency) حيث يزداد الزمن اللازم لإتمام عملية التسليم ويستغرق حوالي 9 ثواني (من 38 ثانية بدء عملية التسليم لحوالي 47 ثانية لإتمامها) كما يبين الشكل (7) وهو وقت كبير جداً، وهذا ما يسبب ضياع أكبر في البيانات وبالتالي انخفاضاً أكبر في أداء عملية التسليم وعدم تحقيق استمرارية للخدمة مقارنةً بما هو عليه الحال عند استخدام التقنية MIH، حيث نلاحظ أنه لا يحدث هبوط كبير بمعدل تدفق البيانات ولا تصل قيمتها للصفر أثناء عملية التسليم إنما تعاني من انخفاض صغير بقيمة معدل التدفق (من حوالي 3.5 Mbps لـ 2.3 Mbps) وذلك لفترة قصيرة من الزمن (1.75 ثواني) ثم تعود للاستقرار بعد إتمام عملية التسليم، مما يعني فقد رزم أقل و تأخير أقل عند التسليم.



الشكل (7) مقارنة معدل التدفق خلال عملية التسليم [3].

#### b. فقد الرزم Packet Loss :

يُعرف فقد الرزم (packet loss) على أنه عدد الرزم التي تم إرسالها ولم تصل إلى المستقبل.

$$\text{Packet lossnum} = \text{num of sent packets} - \text{num of received packets}$$

يزداد معدل فقد الرزم خلال عملية التسليم كما يبينه الشكل (8)، وكون البروتوكول TCP يدعم نقل البيانات

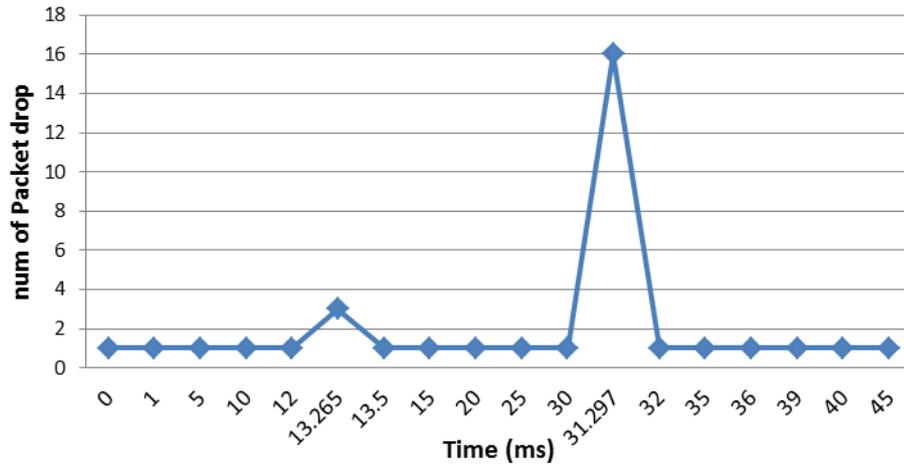
الموثوق، فإن أغلب الفقد يكون خلال عمليتي التسليم كما يوضحه الشكل.

كما أن فقد الرزم عند التسليم VHO2 (التسليم من شبكة WiFi إلى الشبكة WiMax) أكبر مما هو عليه أثناء

عملية التسليم VHO1 (التسليم من شبكة WiFi إلى الشبكة WiMax)، وذلك كون شبكة WiFi لاتدعم الحركية

mobility بصورة جيدة مقارنة بشبكة IEEE802.16eWiMax، حيث أن قدرة الشبكة WiMax أكبر على تجميع

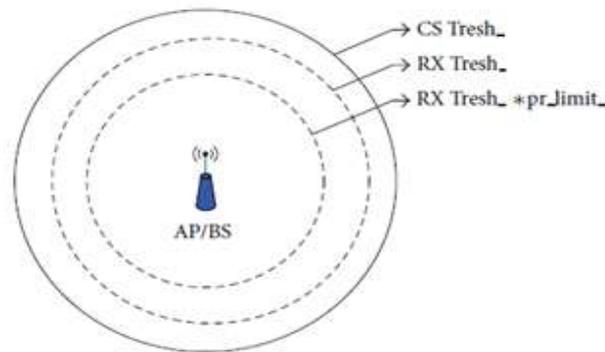
البيانات لديها (بعملية buffering قبل نقلها إلى الشبكة WiFi) من قدرة الشبكة WiFi.



الشكل (8) فقد الرزم بدلالة الزمن .

والسؤال المطروح هنا كيف يمكننا التقليل من فقد الرزم أثناء عمليات التسليم ؟ بالواقع يُعتبر توقيت الحدث LGD مهم جداً في عملية التسليم كونه يفيد في التنبؤ بقرب مغادرة العقدة المحمولة MN للمنطقة الجغرافية المغطاة لاسلكياً، وذلك لتجنب حدوث انقطاع كبير في الخدمة. بالواقع، يتم تقسيم المنطقة الجغرافية المغطاة لاسلكياً بهدف تحقيق عملية المحاكاة اعتماداً على ثلاث عتبات كما يبينه الشكل (9)، [4]:

- عتبة تحسس الحامل (  $CS_{Thresh\_}$  ) : تُعرّف هذه العتبة الحد الأدنى من الطاقة اللازم لتحسس ورود رزمة، وتجعل هذه العتبة طبقة التحكم بالنفوذ إلى الوسائط MAC تنتقل من وضع الراحة Idle إلى وضع الانشغال Busy.
- عتبة حساسية المستقبل (  $Rx_{Thresh\_}$  ) : وتُعرّف الحد الأدنى من الطاقة من أجل استلام رزمة بدون أخطاء.
- عتبة الطاقة الدنيا: تحدد بالعلاقة (  $Pr\_limit\_$  ) \* (  $RX_{Thresh\_}$  ) ، وهي عتبة الطاقة الدنيا التي ستقوم بعدها طبقة MIHF بإرسال الحدث LGD للطبقات العليا .



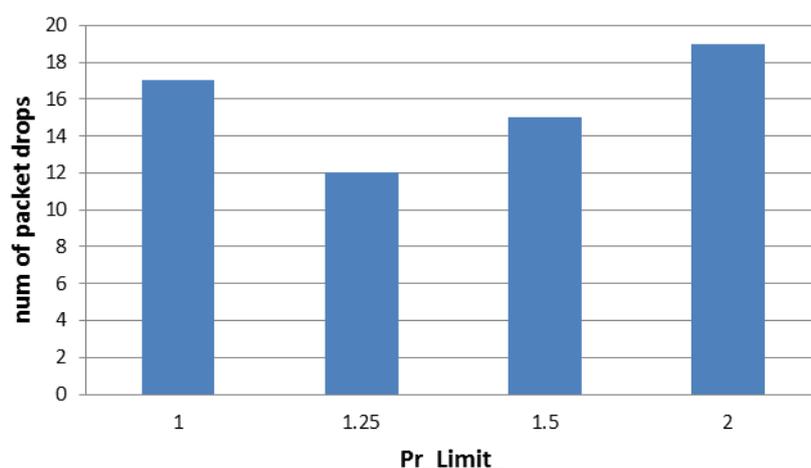
الشكل (9) عتبات الطاقة المحددة [4] .

وبالتالي تعد قيمة المعامل  $Pr\_limit\_$  مهمة جداً للحصول على زمن تسليم أصغري وضياعات أقل. يبين الشكل (10) معدل فقد الرزم خلال عملية التسليم بتغير قيمة هذا المعامل وفق ما يلي:

- عند إعطاء هذا المعامل قيمة كبيرة نسبياً ( $Pr\_limit\_ = 2$ )، وذلك لضمان إرسال الحدث توجه الوصلة نحو الانهيار مبلوئاً إلى الطبقات العليا، فإن ذلك سيؤدي إلى عمليات تسليم مبكرة وغير ضرورية وزيادة كبيرة في ضياعات الرزم.

- أما عندما تكون قيمته ( $Pr\_limit\_ = 1$ ) فإننا نحصل على الحدث انهيار الوصلة LD فوراً دون الحدث توجه للوصلة نحو الانهيار، مما يتطلب الكثير من الضياعات وذلك لأن العقدة المحملة MN ستفقد الاتصال بنقطة النفاذ الحالية دون أن يتسنى لها الوقت الكافي للبحث عن نقاط النفاذ الجديدة.

مما سبق نجد أنه يجب أن تتحدد القيمة للمعامل  $Pr\_limit\_$  بين 1 و 2 للحصول على ضياعات مقبولة، وقد تم في بحثنا اعتماد القيمة 1.25، وهي نفس النتيجة التي خلصت إليها الدراسة في البحث [1].



الشكل (10) فقد الرزم بدلالة المعامل  $Pr\_limit\_$ .

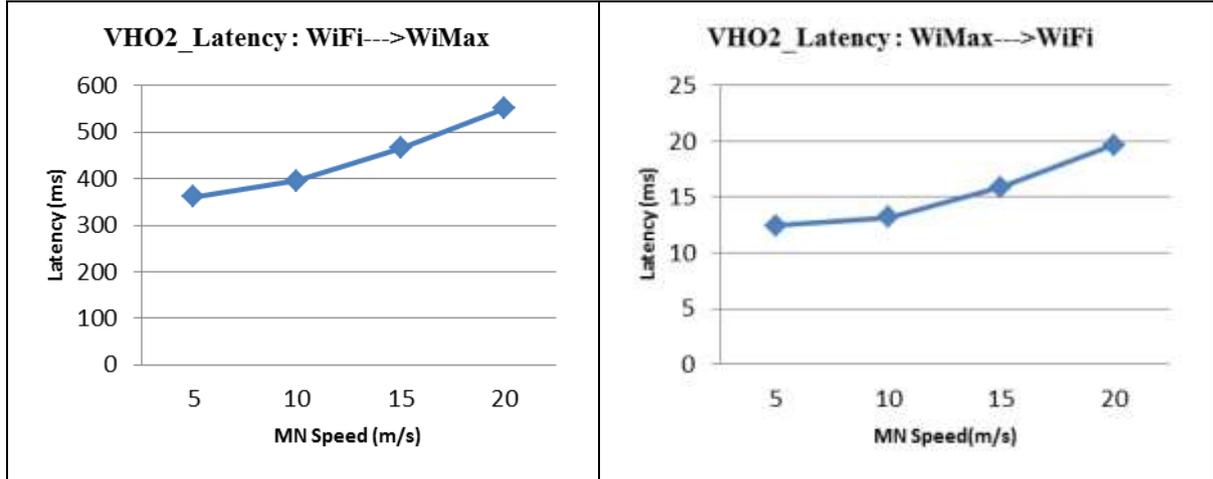
### c. تأخير التسليم HO Latency :

وهو الفترة الزمنية من لحظة بدء عملية التسليم وحتى انتهائها. وتأخير التسليم بمفهوم الـ MIH هو الفترة الزمنية من أول حدث توجه وصلة نحو الانهيار LGD يتم توليده حتى نهاية التسليم، ويقسم هذا التأخير الزمني إلى التأخير الزمني الناتج عن الطبقتين L2 و L3 وفق ما يلي [12]:

$$HO\ Latency = L2\ HO\ delay + L3\ HO\ delay$$

- التأخير الزمني (L2 HO delay) : ناتج عن عملية المسح للشبكة الجديدة وإجرائية الدخول إلى هذه الشبكة.  
 - التأخير الزمني (L3 HO delay) : ناتج عن مرحلة اكتشاف موجه النفاذ الجديد (new access router discovery) ومرحلة تحديث بيانات الموجه.

تظهر المنحنيات المبينة في الشكل (11) العلاقة بين سرعة العقدة المحملة والتأخير الزمني الناتج عن عملية التسليم في كل من حالتين التسليم VHO1 و VHO2.



الشكل (11) العلاقة بين سرعة العقدة المحمولة والتأخير الزمني الناتج عن التسليم في VHO1 و VHO1 .

تبين المنحنيات ازدياد قيمة التأخير الزمني الناتج عن عملية التسليم بزيادة سرعة العقدة المحمولة . كما نلاحظ أن قيمة التأخير الزمني الناتج عن عملية التسليم من شبكة WiFi إلى شبكة WiMax أكبر بكثير من قيمة التأخير الزمني الناتج عن عملية التسليم بالاتجاه المقابل. حيث تصل مدة التأخير الزمني الناتج عن التسليم قرابة 0.4 ثانية عندما تتحرك العقدة المحمولة بسرعة 10m/s منتقلة من شبكة من شبكة WiFi إلى شبكة WiMax وهو زمن طويل نسبياً، بينما تبلغ قيمة التأخير الزمني الناتج عن التسليم من شبكة WiMax إلى شبكة WiFi عند هذه النقطة قرابة 0.013 ثانية. يفسر ذلك أن العقدة المحمولة- العابرة للشبكة WiFi - تبقى ضمن حدود تغطية WiMax في مثالنا المقترح للدراسة (حيث لا يوجد فقد للإشارة ولاتوليد للحدث LGD)، لذا تستهلك العقدة زمناً أقل لإنجاز عملية التسليم باتجاه الشبكة WiMax.

### الاستنتاجات والتوصيات:

خلص البحث إلى الاستنتاجات الآتية:

- ✓ بينت النتائج التحسن الملموس في الأداء عند استخدام تقنية التسليم المستقل عن الوسط MIH في تأمين انتقال سلس seamless HO للعقدة المحمولة MN بما يضمن عدم انقطاع الاتصال أو انخفاض مستوى جودة الخدمة.
- ✓ أظهرت النتائج تحسن معدل التدفق Throughput عند استخدام تقنية التسليم المستقل عن الوسط MIH.
- ✓ بينت النتائج أهمية تحديد توقيت الشروع في عملية التسليم لتجنب حدوث انقطاع كبير في الخدمة. نوصي بضرورة تطوير خوارزمية لأمتلة عملية اتخاذ القرار لاختيار الشبكة الهدف أثناء التسليم من خلال إدخال المزيد من المعاملات التي تساهم في تقديم المزيد من المعلومات اللازمة للقيام بعملية تسليم ضرورية وفي الوقت المناسب وجودة خدمة أفضل. كما نؤكد على أهمية دراسة سرعة العقدة المحمولة وتأثيرها على أداء عملية التسليم وتحديد الشبكة الهدف.

## المراجع:

1. HAJAR, M. CHAHINE, M. HAMDAN, R. "Reducing Handover Latency Time in Next Generation Wireless Networks Using IEEE802.21", Master Thesis, 2013.
2. PAYASWINI, P, MANJAJIAH, D.H "Dynamic Vertical Handoff Algorithm Using Media Independent Handover Service for Heterogeneous Network", MECS I.J. Information Technology and Computer Science, 2014, 12, 46-52
3. CHANG1, L . CHU2, H. LEE1, T. WANG1, C. LIAWJ. "A Handover Mechanism Using IEEE 802.21 in Heterogeneous 3G and Wireless Networks".
4. MARQUES, H. RIBEIRO, J. MARQUES, P.; RODRIGUEZ, J. "Simulation of 802.21 Handovers Using ns-2" 2010.
5. DOUGLAS, C. "Computer Networks and Internets", Book, 5th edition, 2008.
6. MONTAVONT, N. ROUIL, R. GOLMIE, N. "Effects of router configuration and link layer trigger parameters on handover performance", 2005.
7. JEFFERY, G. ANDREWS, ARUNABHA GHOSH, RIAS MUHAMED, "Fundamentals of WiMAX", Prentice Hall, 2007.
8. KIM, M. MOON, T. CHO, S. "A Study on IEEE 802.21 MIH Frameworks in Heterogeneous Wireless Networks". The 11th International Conference on Advanced, 2009 .
9. "The network simulator tool," ns-2, <http://nslam.isi.edu/nslam/> .
10. "The Network Simulator NS-2, NIST add-on , IEEE802.16 model (MAC+PHY)," National Institute of Standards and Technology (NIST) , January 2009, Draft, 1.2.1, Retrieved from :  
[http://www-x.antd.nist.gov/seamlessandsecure/req\\_802.16.html](http://www-x.antd.nist.gov/seamlessandsecure/req_802.16.html).
11. "The Network Simulator NS-2, NIST add-on , IEEE802.21 model (based on IEEE P802.21/D03.00), 2007 ," National Institute of Standards and Technology (NIST) , January 2007 , Retrieved from:  
[http://www-x.antd.nist.gov/seamlessandsecure/req\\_mobility.html](http://www-x.antd.nist.gov/seamlessandsecure/req_mobility.html) .
12. HESHAM, S. "Mobile IPv6: Mobility in a Wireless Internet", Book, Addison-Wesley Professional, April 15, 2004.
13. BATHICH , A.D.BABA , M.IBRAHIM, M. " IEEE 802.21 Based Vertical Handover in WiFi and WiMax Network ," 2012.
14. Oliva, A. Melia, T. Banchs, A. Soto, I. Vidal, A. "IEEE802.21 (Media Independent Handover services) Overview.
15. PAYASWINI, P, MANAJIAH, D.H, " Simulation and Performance analysis of Vertical Handoff between WiFi and WiMax using Media Independent Handover Services ", February 2014.