Study the Effect of The Announcement Traffic Indication Messages Window ATIM Size on the Performance of the Ad-hoc Networks in Power Saving Mode PSM

Dr. Mohammed Hijazieh*
Mais Sultanah**

(Received 28 / 10 / 2019. Accepted 5 / 1 / 2020)

□ ABSTRACT □

The researches were interested in power saving in IEEE 802.11 standard in both of infrastructure networks and ad-hoc networks, where the power saving is one of the critical issues affecting wireless local area networks WLANs performance, especially ad-hoc networks, because each mobile device operates on the power of its limited battery.

In ad-hoc networks which are called the independent basic service set IBSS the power is saved by power saving mode PSM algorithm which depends on dividing the time into a number of Beacon intervals BIs, these intervals begin with a small period called announcement traffic indication messages window ATIM period during which all the nodes are in the active mode.

In this article, we study the effect of the announcement traffic indication messages window ATIM size on the performance of the wireless networks in terms of power consumption and throughput of the wireless network through several scenarios in the power saving mode PSM that differs in terms of the number of nodes used in the wireless network and the size of ATIM window.

Keywords: IEEE802.11 Standard, Ad-hoc Networks, Local Area Networks WLANs, Power Saving Mode, Announcement Traffic Indication Messages window ATIM, J-SIM Simulator.

* **Associate Professor, Department of Computers and Automatic Control, Faculty of Mechanical and Electrical Engineering, Tishreen University, Lattakia, Syria.**

** **Postgraduate Student (Doctorate), Department of Computers and Automatic Control, Faculty of Mechanical and Electrical Engineering, Tishreen University, Lattakia , Syria.**

دراسة تأثير حجم نافذة رسائل إعلان إشارات المرور ATIM على أداء شبكات Ad-hoc في وضع توفير الطاقة PSM

د. محمد مصطفى حجازية*

ميس أحمد سلطانه**

(تاريخ الإيداع 28 / 10 / 2019. قُبِل للنشر في 5/ 1 / 2020)

□ ملخّص □

اهتم الباحثون بموضوع توفير الطاقة في معيار IEEE 802.11 في كل من الشبكات ذات البنية التحتية Infrastructure وشبكات Ad-hoc حيث يعد موضوع توفير الطاقة من القضايا الحرجة والمؤثرة على أداء الشبكات المحلية اللاسلكية WLANs وخصوصا في شبكات Ad-hoc وذلك لأن كل جهاز جوال يعمل بالاعتماد على طاقة بطاريته المحدودة.

يتم توفير الطاقة في شبكات Ad-hoc والتي تسمى مجموعة الخدمة الأساسية المستقلة IBSS باستخدام خوارزمية وضع توفير الطاقة PSM التي تعتمد على تقسيم الزمن إلى عدد من الفواصل الزمنية لإطار المرشد اللاسلكي BIs وتبدأ هذه الفواصل بفترة زمنية صغيرة للإعلان عن أطر التحكم تسمى بفترة نافذة رسائل إعلان إشارات المرور ATIM تكون خلالها كافة العقد في وضع النشاط.

تم في هذه المقالة دراسة تأثير اختلاف حجم نافذة ATIM على أداء الشبكة اللاسلكية من ناحية الطاقة المستهلكة ومردود الشبكة اللاسلكية وذلك من خلال عدة سيناريوهات في وضع توفير الطاقة PSM تختلف فيما بينها من ناحية عدد العقد المستخدمة في الشبكة اللاسلكية وحجم نافذة ATIM .

الكلمات المفتاحية: معيار IEEE802.11 ، شبكات Ad-hoc ،الشبكات المحلية اللاسلكية WLANs، وضع توفير الطاقة PSM، نافذة رسائل إعلان إشارات المرور ATIM، محاكي J-SIM .

* **أستاذ مساعد ، قسم هندسة الحاسبات والتحكم الآلي، كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية، جامعة تشرين، اللاذقية، سورية.**

** **طالبة دراسات عليا (دكتوراه)، قسم هندسة الحاسبات والتحكم الآلي، كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية، جامعة تشرين، اللاذقية، سورية.**

مقدمة:

يعد معيار IEEE 802.11 واحدا من أكثر المعايير المستخدمة في تقنيات الشبكات اللاسلكية للأجهزة الجوالة بحيث يمتاز هذا المعيار بدعم التجوال وانخفاض كلفة التجهيزات المستخدمة فيه بالإضافة إلى الاهتمام بتقليل استهلاك الطاقة حيث يعرف هذا المعيار عدة خوارزميات لتوفير الطاقة في شبكات Ad-hoc والشبكات ذات البنية التحتية Infrastructure تشترك فيما بينها بدخول العقد في حالة خمول عند عدم وجود بيانات ليتم إرسالها واستقبالها في الشبكة.

يتم استخدام وضع توفير الطاقة (Power Saving Mode) PSM في تابع التنسيق الموزع (Distributed Coordination Function) DCF للوصول إلى القناة في طبقة التحكم بالوصول للوسط الناقل (Medium MAC Access Control) [1] وذلك في نمط مجموعة الخدمة الأساسية المستقلة IBSS ويعتمد هذا الوضع على التبديل بشكل دوري بين حالتي الاستيقاظ Awake والخمول Doze خلال فترة الفاصل الزمني للمرشد اللاسلكي فبمجرد دخول محطة في وضع توفير الطاقة PSM يجب عليها أن تبقى في حالة استيقاظ بشكل دوري ولفترة ثابتة من الزمن تسمى نافذة (Announcement Traffic Indication Messages Window) ATIM [2]لترى إن كان هنالك محطات تريد أن تقوم بالإرسال اليها خلال هذه الفترة أو لترسل إطار تحكم للإعلان عن رغبتها بالإرسال إلى العقد الأخرى. إن كافة العقد في وضع توفير الطاقة يجب أن تستخدم نفس الحجم نافذة رسائل إعلان إشارات المرور ATIM بالإضافة الى الحجم الثابت للفاصل الزمني لإطار المرشد اللاسلكي ويعتبر اختيار حجم نافذة ATIM ذو تأثير مهم على ادخار الطاقة وعلى مردود العقد الجوالة [3] بالتالي فإن الحجم الثابت لنافذة ATIM لا ينجز مردودا جيدا في كافة حالات حمل الشبكة اللاسلكية.

أهمية البحث وأهدافه:

يهدف البحث إلى دراسة وضع توفير الطاقة PSM في تابع التنسيق الموزع DCF في شبكات Ad-hoc ودراسة تأثير اختلاف حجم نافذة رسائل إعلان إشارات المرور ATIM على أداء الشبكة اللاسلكية باستخدام عدة سيناريوهات تختلف فيما بينها بعدد العقد في الشبكة وذلك لتحسين وضع توفير الطاقة في معيار IEEE802.11 في الحالات المختلفة لحمل الشبكة اللاسلكية.

طرائق البحث ومواده:

يقوم البحث على وضع عدة سيناريوهات لشبكة لاسلكية IEEE802.11 ضمن وضع توفير الطاقة ومحاكاة هذه السيناريوهات باستخدام برنامج J-SIM بوجود عدد مختلف من العقد للشبكة اللاسلكية وباختلاف حجم نافذة رسائل إعلان إشارات المرور ATIM وذلك لتحديد الحجم الأمثل لنافذة ATIM الذي يحقق المردود الأعلى مع مراعاة أقل استهلاك ممكن لطاقة العقد ضمن الشبكة اللاسلكية.

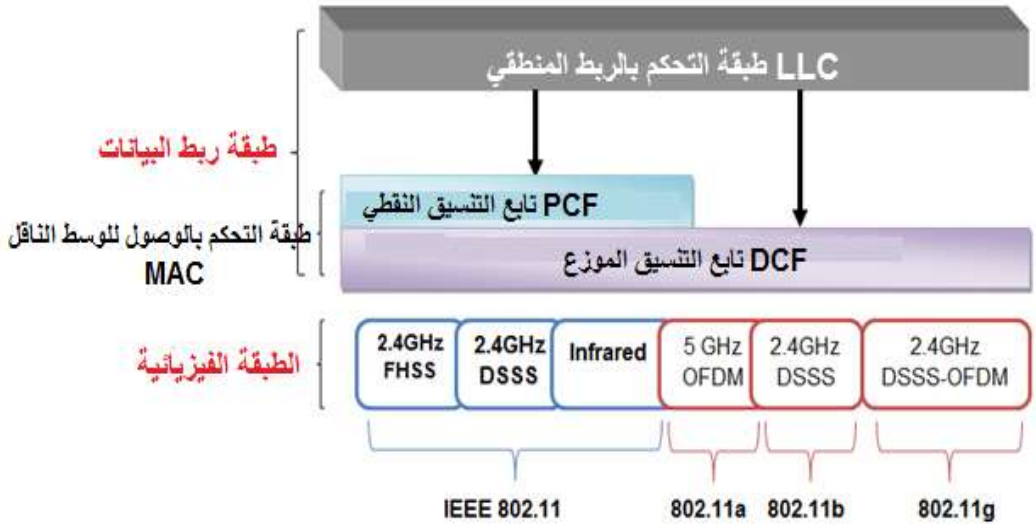
1- معيار IEEE802.11:

إن معيار IEEE 802.11 يعد من أكثر معايير الشبكات المحلية اللاسلكية انتشارا ويغطي الطبقتين الأولى والثانية من النموذج المعياري (Open Systems Interconnection) OSI وهما الطبقة الفيزيائية وطبقة ربط البيانات التي

تتكون من طبقتين فرعيتين هما طبقة التحكم بالربط المنطقي (LLC (Logical Link Control وطبقة التحكم بالوصول الى الوصول الى الوسط الناقل MAC .

كذلك يمتلك معيار IEEE 802.11 نمطين للشبكات المحلية اللاسلكية WLANs وهما نمط Ad-hoc [4] الذي يتم العمل به عندما يريد جهاز الاتصال بجهاز أخر بدون الحاجة إلى جهاز وسيط ونمط البنية التحتية Infrastructure الذي يحتاج لوجود نقطة وصول Access Point حتى تتمكن المحطات الجوالة من التواصل فيما بينها.

تم تطوير معيار IEEE802.11 إلى مجموعة من المعايير الجديدة والتي تختلف فيما بينها بالتقنيات المستخدمة لترميز وارسال البيانات مثل تقنية الطيف الموزع عبر تغيير التردد (FHSS) Frequency Hopping Spread Spectrum و تقنية الطيف الموزع عبر التتابع المباشر Direct Sequence Spread Spectrum (DSSS) وغيرها من التقنيات الأخرى كما هو مبين في الشكل (1-1).



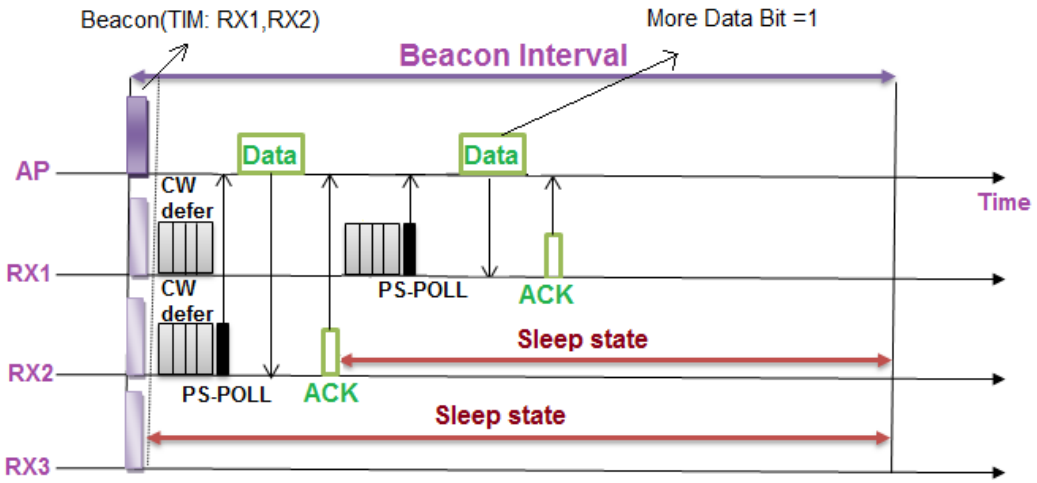
الشكل(1-1) بنية معيار IEEE802.11

1-1 وضع توفير الطاقة في تابع التنسيق النقطيPCF:

يتم العمل بتابع التنسيق النقطي في الشبكات ذات البنية التحتية infrastructure التي تحتاج لوجود نقطة وصول AP، وفي وضع توفير الطاقة PS(Power Saving) المستخدم في هذا التابع يمكن لأي عقدة إما أن تكون في وضع الخمول Doze بحيث لا تستطيع أن تقوم بإرسال واستقبال أطر البيانات أو في وضع النشاط Active. تعلم نقطة الوصول AP وضع إدارة الطاقة الخاص بكل عقدة متصلة معها وموجودة ضمن الشبكة [5]، كما أنها تستطيع إبقاء مؤقتات كافة المحطات متزامنة بما بينها وذلك عن طريق مفهوم تابع تزامن التوقيت TSF (Timing Synchronization Function) [6] وتقوم نقطة الوصول وبشكل دوري بإرسال إطار مرشدها اللاسلكي Beacon عند كل بداية لفترة تسمى الفاصل الزمني للمرشد اللاسلكي beacon interval بحيث تستيقظ كافة العقد وبشكل دوري في بداية تلك الفترة لتتلقى إطار المرشد اللاسلكي.

تضع نقطة الوصول في كل إطار مرشد لاسلكي تقوم بإرساله حقل يسمى بخريطة اشارة المرور(Traffic Indication Map) TIM وذلك لإخبار المحطات الهدف بالبيانات المخزنة لدى نقطة الوصول والتي ترغب بإرسالها إلى تلك العقد وعندما تتلقى العقد الأخرى هذا الإطار فهي تتحقق فيما إذا كانت من ضمن العقد الهدف التي تمتلك نقطة الوصول بيانات لتقوم بإرسالها اليها حيث تبقى العقدة عندها في حالة استيقاظ أما العقد التي لا تتواجد عناوينها ضمن حقل خريطة اشارة المرور TIM فإن هذه العقد تدخل في حالة الخمول لتقوم بتوفير طاقتها [7] كما هو مبين في الشكل (1-2) حيث تستقبل العقد RX1وRX2وRX3 إطار المرشد اللاسلكي وتتفحص حقل TIM الذي يحوي فقط عناوين المحطتين RX1 و RX2 بالتالي فإن المحطة RX3 تدخل في وضع الخمول لعدم وجود بيانات مخزنة ليتم ارسلها اليها أما باقي المحطات فتبقى في حالة نشاط وتطبق خوارزمية فاصل التراجع الأسي الثنائية Binary Exponential Back-off (BEB)Algorithm والعقدة التي اختارت أقل قيمة لعداد فاصل التراجع والتي هي هنا العقدة RX2 تقوم بإرسال إطار PS-POLL(Power Save-POLL) وعندها تقوم نقطة الوصول بإرسال إطار البياناتData لتلك العقدة لتتلقى بعدها رسالة إقرار المصادقة ACK وتدخل بعدها العقدة RX2 في وضع الخمول لعدم وجود بيانات مخزنة أخرى لتقوم باستقبالها.

العقدة RX1 وعند انتهاء عداد فاصل التراجع تقوم بإرسال إطار PS-POLL لنقطة الوصول ويتم بعدها تبادل إرسال إطاري البيانات وإقرار المصادقة وهنا العقدة RX1 لا تدخل في وضع الخمول بل تبقى في حالة نشاط لأن قيمة حقل خانة المزيد من البيانات(More Data Bit) MDB في إطار البيانات المرسل من قبل نقطة الوصول مساوي للواحد أي يوجد هناك المزيد من البيانات المخزنة في نقطة الوصول سيتم إرسالها إلى العقدة RX1.



الشكل (1-2) وضع توفير الطاقة في معيار IEEE802.11 في شبكات Infrastructure

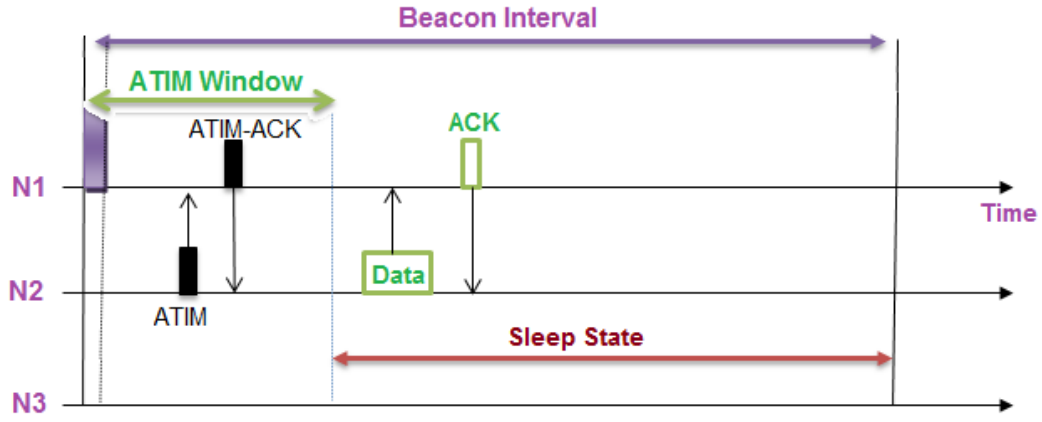
2-1 وضع توفير الطاقة في تابع التنسيق الموزع DCF:

يعتمد مفهوم توفير الطاقة في شبكات Ad-hoc أيضا على التبديل بشكل دوري بين حالتي الاستيقاظ والخمول حيث يتم تقسيم الزمن في وضع توفير الطاقة PSM في تابع التنسيق الموزع DCF الى عدد من الفواصل الزمنية تسمى الفاصل الزمني لإطار لمرشد اللاسلكي Beacon Interval [8].

إن كافة المحطات تكون متزامنة مع العقد المجاورة لها ويتم تحقيق هذا التزامن عن طريق تابع تزامن التوقيت TSF (Timing Synchronization Function) الذي يستخدم إطار المرشد اللاسلكي Beacon لإرسال ختم الزمن Time Stamp [9]. عندما تدخل العقدة الجوالة في وضع توفير الطاقة PSM يجب عليها أن تبقى في حالة استيقاظ لفترة قصيرة من الزمن تسمى نافذة ATIM وذلك بشكل دوري ليتم تبادل إرسال أطر التحكم للإعلان عن الإرسال في الفترة التي تلي فترة نافذة ATIM حيث في بداية كل فاصل زمني للمرشد اللاسلكي Beacon Interval تتنازع هذه العقد الجوالة لإرسال مرشدها اللاسلكي Beacon عن طريق خوارزمية فاصل التراجع الأسي الثنائية BEB وعند نجاح محطة ما بإرسال مرشدها اللاسلكي تقوم باقي المحطات بضبط مؤقتها المحلي للفترة الموجودة في حقل Time Stamp في إطار المرشد اللاسلكي الواصل إليه.

يبين الشكل (1-3) وضع توفير الطاقة في شبكة Ad-hoc حيث يوجد ثلاث عقد جوالة N1وN2وN3 وكافة هذه العقد تكون في حالة نشاط خلال فترة نافذة ATIM.

نلاحظ نجاح المحطة N1 في إرسال إطار مرشدها اللاسلكي لباقي العقد، أيضا نلاحظ وجود بيانات في العقدة N2 تريد إرسالها للعقدة N1 لذلك ترسل العقدة N2 إطار تحكم يسمى ATIM إلى العقدة N1 لتستجيب لها العقدة N1 بإرسال إطار تحكم آخر هو إقرار مصادقة ATIM-ACK وتبقى هاتين المحطتين في وضع النشاط حتى نهاية فترة الفاصل الزمني للمرشد اللاسلكي لتتمكنا من إرسال واستقبال البيانات DATA-ACK ، أما المحطة N3 نلاحظ دخولها في وضع الخمول حين انتهاء فترة ATIM لأنها لم ترسل ولم تتلقى أي إطار تحكم خلال فترة نافذة ATIM بالتالي تدخل وضع الخمول وذلك توفيرا للطاقة.



الشكل (1-3) وضع توفير الطاقة PSM في معيار IEEE 802.11 في شبكات Ad-hoc

2- المحاكاة:

تمت المحاكاة باستخدام محاكي J-SIM (Java-based simulation) [10] والذي يستخدم لبناء النماذج الرقمية الكمية وتحليلها مع مراعاة البيانات المرجعية التجريبية ويعتبر بيئة تطوير تطبيقية بالاعتماد على بنية برمجية قائمة على المكونات [11] بالإضافة إلى أنه مصدر مفتوح .

تم وضع ثلاثة سيناريوهات للشبكة اللاسلكية ، طول مدة المحاكاة في كل سيناريو 500 ثانية وتختلف هذه السيناريوهات عن بعضها بعدد العقد في الشبكة اللاسلكية والذي يتراوح ما بين 15-45 عقدة لاسلكية تتوضع بشكل عشوائي بمساحة $200\times200\ m^2$ وبمجال إرسال 250 m كما هو مبين في الجدول (1-2). السيناريو الأول

يتكون من 15 عقدة والسيناريو الثاني من 30 عقدة والسيناريو الثالث من 40 عقدة متنقلة. تم استخدام نموذج مرور المعدل الثابت للبتات CBR بحجم ثابت لأطر البيانات 512 بايت وبطول ثابت للفاصل الزمني لإطار المرشد اللاسلكي BI يبلغ 100 ميلي ثانية مع حجم متفاوت لنافذة الإعلان عن إشارات المرور ATIM ما بين 20 حتى 40 ميلي ثانية حيث يتزايد بمقدار 10 ميلي ثانية وذلك في كل من السيناريوهات الثلاثة، ومن أجل قياس الطاقة المستهلكة في كل سيناريو تم اعتبار القيمة الكلية والبدائية للطاقة في كل عقدة 1000 واط وقيمة الطاقة المستهلكة في الإرسال 0.660 واط وقيمة الطاقة المستهلكة في الاستقبال 0.395 واط وقيمة الطاقة المستهلكة في وضع الفراغ 0.035 واط.

جدول (2-1) بارامترات الشبكة اللاسلكية

البارامتر	القيمة	البارامتر	القيمة
مدة المحاكاة	500 sec	حجم الإطار	512 bytes
طولBI	100 ms	نوع المرور	CBR
حجم نافذةATIM	40-20 ms	مجال الإرسال	250 m
توزع العقد	عشوائي	مساحة الإرسال	200×200 m^2
عدد العقد	10-40	طاقة وضع الفراغ المستهلكة	0.035 W
طاقة الإرسال المستهلكة	0.660 W	طاقة الاستقبال المستهلكة	0.395 W

النتائج والمناقشة:

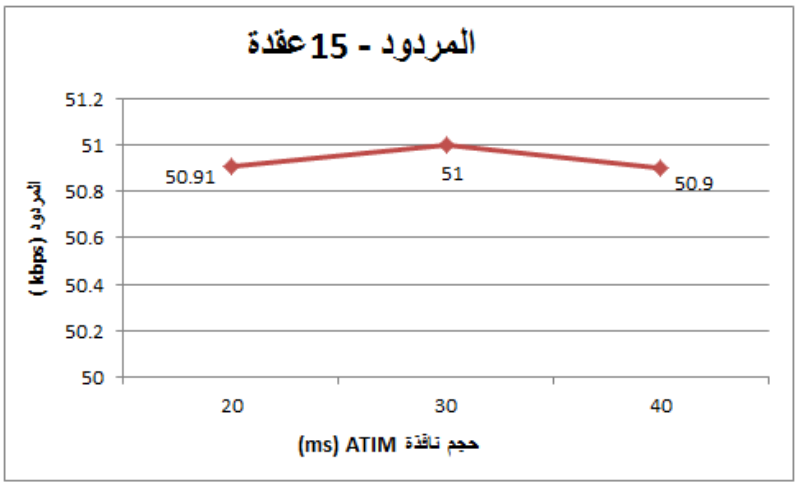
1- السيناريو الأول:

تمت محاكاة الشبكة اللاسلكية في السيناريو الأول الذي يتكون من 15 عقدة لاسلكية متنقلة وكذلك تمت دراسة أداء الشبكة من ناحيتي المردود والطاقة المستهلكة. يعبر المردود عن كمية البيانات المستهلكة خلال فترة زمنية محددة وواحدته كيلو بت بالثانية وتم حساب المردود باستخدام العلاقة :

Throughput(Kbps)= (recvdSize/(stopTime-startTime)) *(8/1000)

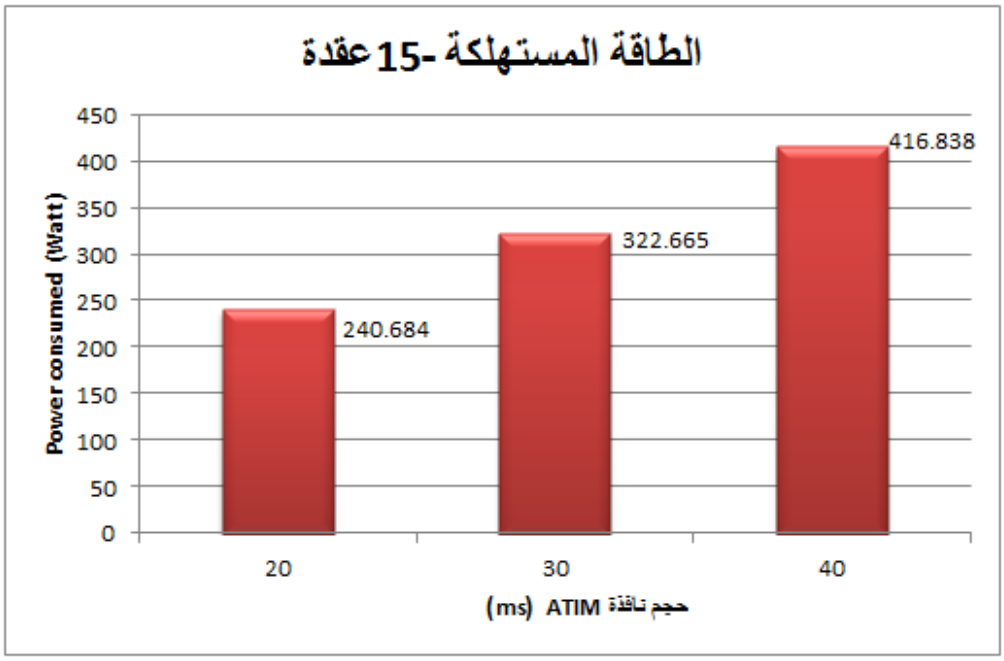
ويساوي حجم البيانات المستقبلة على الزمن الكلي.

يبين الشكل (3-1) المردود مقابل حجم نافذة ATIM الذي يبلغ 20 و30 و40 ميلي ثانية حيث تم اختيار هذه القيم الوسطية الحجم للنافذة ولم يتم اختيار قيم صغيرة جدا أو كبيرة جدا. تظهر نتائج المحاكاة تقارب كبير في قيم المردود باختلاف حجم نافذة ATIM لتتراوح ما بين 50.91 و51 كيلو بت في الثانية ويعود ذلك لانخفاض الحمل في الشبكة اللاسلكية وعدم وجود الكثير من البيانات ليتم تبادلها، حيث تمكنت العقد خلال نوافذ ATIM المساوية 20 ميلي ثانية فقط من إرسال كافة أطر الإعلان عن الإرسال المطلوبة (أطر التحكم) وتم تبادل البيانات في الفترة التي تليها أما خلال نوافذ ATIM المساوية 30 و40 ميلي ثانية أيضا ستتمكن العقد من إرسال أطر



الشكل (3–1) المردود في وضع توفير الطاقة PSM القياسي في السيناريو الأول (15 عقدة)

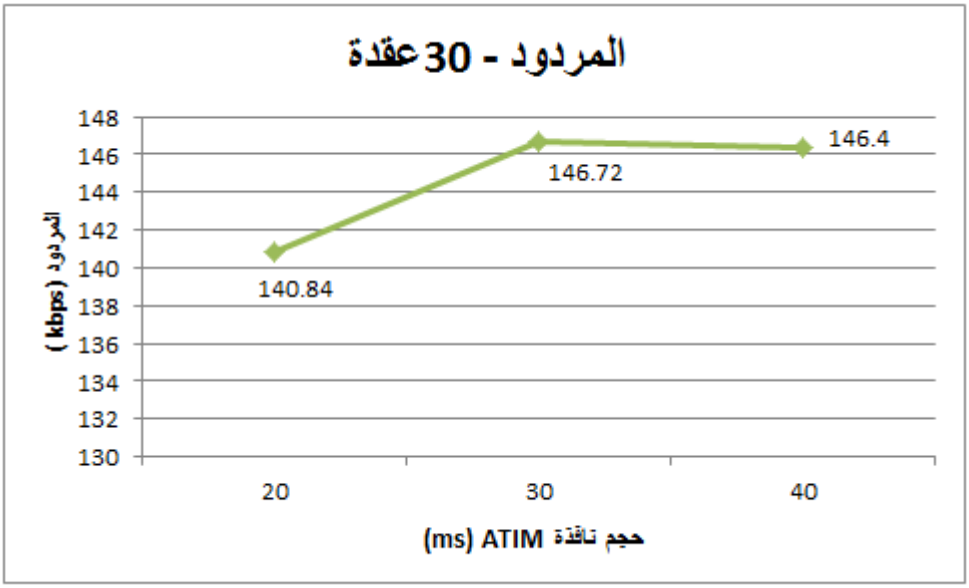
التحكم المطلوبة مع وجود زيادة في زمن ATIM ولكن هذه الزيادة تتسبب باستهلاك مزيد من الطاقة كما هو مبين في الشكل (3–2) الذي يظهر زيادة استهلاك الطاقة مع ازدياد حجم نافذة ATIM حيث بلغت الطاقة المستهلكة للعقد في الشبكة 240.684 واط مع الحجم الأصغر للنافذة 20 ميلي ثانية لتزداد حتى 322.665 واط مع حجم نافذة 30 ميلي ثانية وتصبح بأعلى قيمة 416.838 واط مع حجم نافذة 40 ميلي ثانية وذلك لأن كافة العقد خلال فترة نافذة ATIM تبقى في حالة استيقاظ وهذا ما يفسر استهلاك المزيد من الطاقة خلال فترات ATIM العالية، بالتالي إن الحجم الأفضل للنافذة في هذا السيناريو هو 20 ميلي ثانية وذلك لأنه يحقق استهلاك أقل للطاقة مع المحافظة على المردود في الشبكة اللاسلكية.



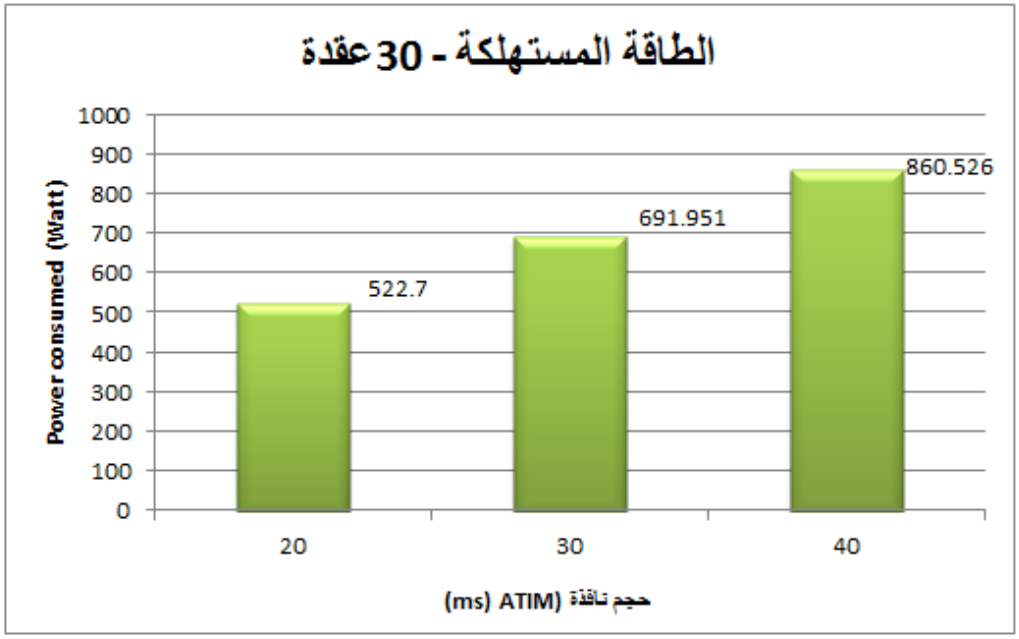
الشكل (3–2) استهلاك الطاقة في وضع توفير الطاقة PSM القياسي في السيناريو الأول (15 عقدة)

1- السيناريو الثاني:

يتكون السيناريو الثاني من 30 عقدة ويبين الشكل (3-3) نتائج المردود مقابل حجم نافذة ATIM الذي يبلغ 20 و30 و40 ميلي ثانية ، حيث بلغ المردود قيمة 140.84 كيلو بت بالثانية عند حجم نافذة ATIM مساوي 20 ميلي ثانية وازداد المردود بازدياد حجم النافذة إلى 30 و40 ميلي ثانية حتى وصل 146.72 و146.4 على التوالي وذلك لأن ازدياد عدد العقد في الشبكة اللاسلكية وازدياد الحمولة يتطلب حجم أكبر من نافذة ATIM ليتم الإعلان عن كافة أطر التحكم المطلوبة ليتم تبادل كافة أطر البيانات خلال الفترة التي تلي فترة نافذة ATIM، كما يظهر الشكل (3-4) مخطط الطاقة المستهلكة للعقد في الشبكة حيث بلغت 522.7 واط مع الحجم الأصغر للنافذة 20 ميلي ثانية وبلغت 691.951 واط مع حجم نافذة 30 ميلي ثانية وبلغت أعلى قيمة 860.526 واط مع حجم نافذة 40 ميلي ثانية. يتبين لدينا من خلال النتائج أن الحجم الأفضل لنافذة ATIM في هذا السيناريو المتكون من 30 عقدة هو 30 ميلي ثانية حيث إنه يحقق مردود عالي مع استهلاك متوسط للطاقة مقارنة بباقي الحجوم واستهلاك أقل مقارنة بحجم نافذة مساوي 40 ميلي ثانية الذي يحقق مردود مقارب ولكن استهلاك أعلى للطاقة .



الشكل (3-3) المردود في وضع توفير الطاقة PSM القياسي في السيناريو الثاني (30عقدة)

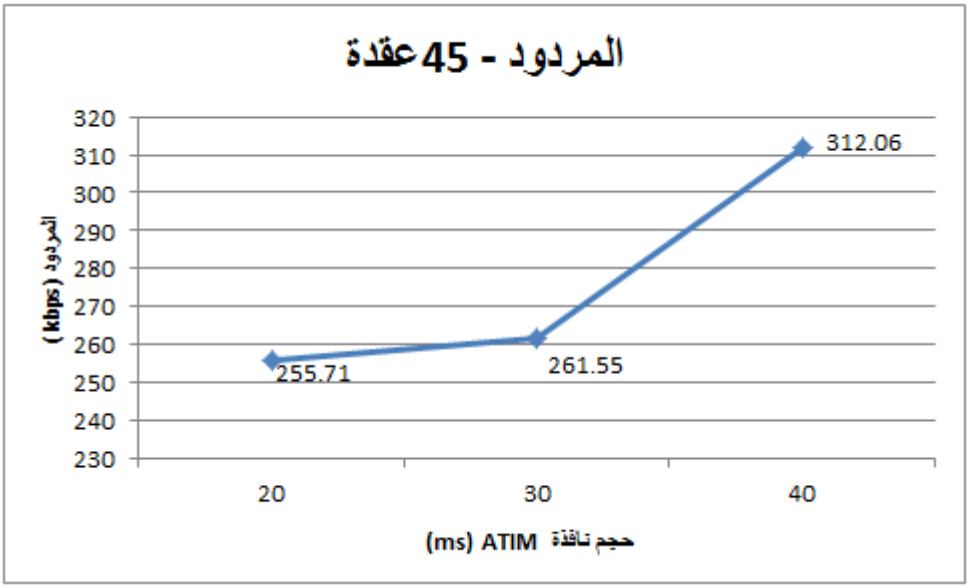


الشكل (3-4) استهلاك الطاقة في وضع توفير الطاقة PSM القياسي في السيناريو الثاني (30عقدة)

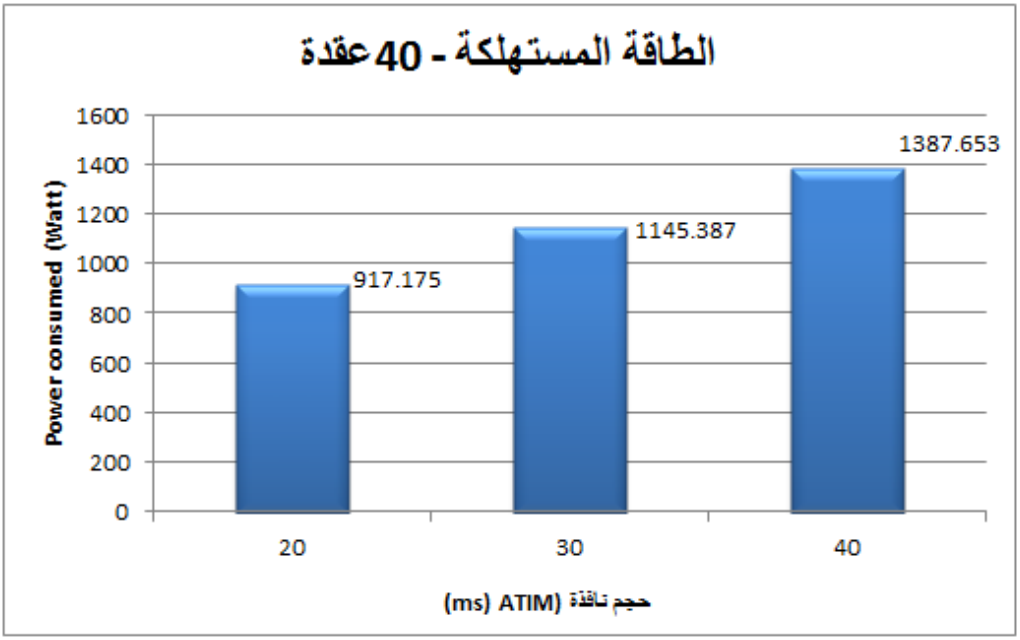
3-1 السيناريو الثالث:

أظهرت نتائج السيناريو الثالث الذي يتكون من 45 عقدة لاسلكية تفوق المردود عند حجم نافذة ATIM مساوي 40 ميلي ثانية حيث بلغ 312.06 كيلو بت بالثانية كما هو مبين في الشكل(3-5) وبلغت قيمة المردود 261.55 كيلو بت بالثانية عند حجم نافذة ATIM مساوي 30 ميلي ثانية و 255.71 كيلو بت بالثانية عند حجم نافذة ATIM مساوي 30 ميلي ثانية ويعود ذلك إلى أن الحجم المنخفض لنافذة ATIM عند حمل الشبكة المرتفع يؤدي إلى عدم وصول كافة أطر الإعلان عن الإرسال خلال فترة نافذة ATIM وبالتالي عدم إرسال أطر البيانات الواجب إرسالها في الفترة التي تلي نافذة ATIM وبالتالي انخفاض المردود.

يظهر الشكل (3-6) الطاقة المستهلكة للعقد في الشبكة حيث بلغت 917.175 واط مع الحجم الأصغر للنافذة 20 ميلي ثانية وبلغت 1145.387 واط مع حجم نافذة 30 ميلي ثانية وبلغت أعلى قيمة 1387.653 واط مع حجم نافذة 40 ميلي ثانية.



الشكل (3-5) المردود في وضع توفير الطاقة PSM القياسي في السيناريو الثالث (45عقدة)



الشكل (3-6) استهلاك الطاقة في وضع توفير الطاقة PSM القياسي في السيناريو الثالث (45عقدة)

الاستنتاجات والتوصيات:

تم في هذه المقالة دراسة وضع توفير الطاقة PSM في معيار IEEE802.11 باستخدام ثلاث سيناريوهات تتضمن حالات مختلفة لحمل الشبكة اللاسلكية باختلاف عدد العقد في الشبكة وباختلاف حجم نافذة الإعلان عن إشارات المرور ATIM حيث إن المردود في وضع توفير الطاقة يتعلق بحجم نافذة ATIM وبحمل الشبكة اللاسلكية.

تم اختيار قيمة ثابتة للفاصل الزمني لإطار المرشد اللاسلكي BI تساوي 100 ميلي ثانية وتم اختيار قيم وسطية لحجم نافذة ATIM تساوي 20,30,40 ميلي ثانية حيث إن اختيار حجوم صغيرة جدا أو كبيرة جدا للنافذة يؤدي إلى انخفاض المردود بسبب عدم توفر الزمن الكافي لإرسال أطر التحكم في حال حجم النافذة الصغير جدا أو عدم توفر الزمن الكافي لإرسال أطر البيانات في حال حجم النافذة الكبير جدا.

في حال عدد العقد المنخفض في الشبكة وبوجود حمل منخفض حققت نافذة ATIM ذات القيمة الأصغر 20 ميلي ثانية المردود المطلوب مع أقل نسبة لاستهلاك الطاقة أما عند ارتفاع عدد العقد ل30 عقدة حققت نافذة ATIM ذات القيمة الوسطى 30 ميلي ثانية المردود المرغوب مع قيمة متوسطة للطاقة المستهلكة وعند ارتفاع عدد العقد حتى 40 عقدة حققت نافذة ATIM ذات الحجم الأكبر 40 ميلي ثانية المردود المرغوب حيث إن حجم نافذة ATIM يجب ألا يكون صغير في حال حمل الشبكة المرتفع حتى تتمكن العقد من الإعلان عن كافة إرسالاتها باستخدام أطر التحكم خلال فترة نافذة ATIM ، وذلك على الرغم من ارتفاع نسبة استهلاك الطاقة لأن كافة العقد المتنقلة ستبقى في حالة استيقاظ طول مدة ATIM وبالتالي استهلاك المزيد من الطاقة.

وبذلك أظهرت النتائج أن الحجم الثابت لنافذة ATIM لا يحقق المردود المطلوب في كافة حالات الشبكة اللاسلكية حيث يجب اختيار حجم لنافذة ATIM يحقق أقل نسبة ممكنة لاستهلاك الطاقة و بدون أن يؤدي إلى انخفاض مردود الشبكة اللاسلكية.

References:

[1] SWAIN, P ; CHAKRABORTY, S; NANDI, P; BHADURI, P . *Performance modeling and analysis of IEEE802.11 IBSS PSM in different traffic conditions* .IEEE Transactions on Mobile Computing 14 (8), 2015 ,1644-1658.

[2] MALEKSHAN, K. R ; ZHUANG, W; LOSTANLEN , Y. *An Energy Efficient MAC Protocol for Fully Connected Wireless Ad Hoc Networks* . IEEE Transactions On Wireless Communications, VOL. 13, NO. 10, 2014, 5729 - 5740.

[3] JUNG, E. S ; VAIDYA, N. H. *Improving IEEE 802.11 power saving mechanism.* Wireless Networks U.S.A. Vol. 14, 2008, 375-391.

[4] BASAGNI, S. ; CONTI, M. ; GIORDANO, S. ; STOJMENOVICE, I. *Mobile AD HOC Networking*. First Edition, Wiley-IEEE Press, USA, 2004, 461.

[5] BELGHITH, AB. ; BELGHITH, AY. ; MOLNAR, M. *Enhancing PSM Efficiencies in Infrastructure 802.11 Network*. International Journal of Computing and Information Sciences (IJCIS), U.S.A .Vol.4, No.1 , 2007, 13-23.

[6] LAN MAN Standards Committee of the IEEE Computer Society. Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications. ANSI/IEEE Std. 802.11,1999 Edition.

[7] JUNG, D. ; KIM, R. ; LIM, H. *Power-saving strategy for balancing energy and delay performance in WLANs* . In WLANs. Computer Communications 50, 2014, 3-9 .

[8]] JIA, X. ; WU , J. ; HE, Y. *Mobile Ad-hoc and Sensor Networks*. First International Conference. Springer, Germany. 2005, 1136 .

[9] CHIO, J. M ; KO, Y. B. ; KIM, J. H. *Enhanced Power Saving Scheme for IEEE 802.11 DCF Based Wireless Networks* .In IFIP Personal Wireless Communications (PWC) 2003 Italy, VOL 20775, 2003,835-840.

[10] J-SIM Simulator.(last visited in 1-10-2019) on-line at https://sites.google.com/site/jsimofficial/.
[11] GUPTA, S. G ; GHONGE, M. M ; THAKARE, P. D; JAWANDHIYA, P. *Open-Source Network Simulation Tools: An Overview* .IJARCET ,VOL 2,Issue 4, 2013,1629-1635.