مجلة جامعة تشرين للبحوث والدراسات العلمية _ سلسلة العلوم الهندسية المجلد (41) العدد (1) 2019
Tishreen University Journal for Research and Scientific Studies - Engineering Sciences Series Vol. (41) No. (1) 2019

Analytical Study of Power Saving Mode PSM in Ad-hoc Networks

Dr.Mohammed Hijazieh*
Mais Sultanah**

(Received 4 / 11 / 2018. Accepted 27 / 12 / 2018)

□ ABSTRACT □

The issue of increasing the power consumption of mobile nodes in Wireless Local Area Networks WLANs is one of the most important challenges facing Ad-Hoc networks due to the limited capacity of energy sources used in these mobile devices, as the low power of the mobile nodes affects the communication activities of these nodes within the wireless network.

The power saving mode PSM used in the IEEE802.11 standard is one of the most popular techniques in the wireless LAN, which coordinates the different power situations of connected wireless devices so that the mobile nodes can enter into doze status most of the time and they don't return to the activity status except during specific intervals and periodically at each start of announcement traffic indication messages window ATIM.

I this paper, a study of power saving mode and its challenges were provided in ad-hoc networks as well as a brief analytical study was provided on how to improve the power saving mode in IEEE802.11 in different situations of network load.

Key Words: IEEE802.11 Standard , DCF Function, Ad-hoc Networks, Local Area Networks WLANs, Power Saving Mode, Announcement Traffic Indication Messages window ATIM

* **Associate Professor, Department of Computers and automatic control, Faculty of Mechanical and electrical engineering, Tishreen University, Lattakia, Syria.**
****Postgraduate Student (Doctoral) , Department of Computers and automatic control, Faculty of mechanical and electrical engineering, Tishreen University, Lattakia , Syria.**

مجلة جامعة تشرين للبحوث والدراسات العلمية _ سلسلة العلوم الهندسية المجلد (41) العدد (1) 2019
Tishreen University Journal for Research and Scientific Studies - Engineering Sciences Series Vol. (41) No. (1) 2019

دراسة تحليلية لوضع توفير الطاقة PSM في شبكات Ad-hoc

الدكتور محمد حجازية*

ميس سلطانة**

(تاريخ الإيداع 4 / 11 / 2018. قُبِل للنشر في 27/ 12 / 2018)

□ ملخّص □

تعتبر مسألة زيادة استهلاك الطاقة للعقد الجوالة في الشبكات المحلية اللاسلكية WLANs من أهم التحديات التي تواجه شبكات Ad-hoc نظرا لمحدودية سعات مصادر الطاقة المستخدمة في هذه الأجهزة الإلكترونية الجوالة ، حيث إن انخفاض طاقة العقد الجوالة يؤثر على نشاطات التواصل بين هذه العقد ضمن الشبكة اللاسلكية.

يعد وضع توفير الطاقة PSM المستخدم في معيار IEEE802.11 واحدا من أكثر التقنيات شعبية في الشبكات المحلية اللاسلكية والذي ينسق حالات الطاقة المختلفة للأجهزة اللاسلكية المتصلة بحيث يمكن العقد الجوالة من الدخول في حالة الخمول Doze معظم الوقت ولا تعود هذه العقد لحالة النشاط إلا خلال فترات زمنية محددة وبشكل دوري عند كل بداية لنافذة رسائل إعلان إشارات المرور ATIM.

تم في هذا البحث تقديم دراسة عن وضع توفير الطاقة وتحدياته في شبكات ad-hoc بالإضافة إلى تقديم دراسة تحليلية ملخصة عن كيفية تحسين وضع توفير الطاقة في معيار IEEE802.11 في حالات مختلفة لحمل الشبكة.

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

*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:

ظهر في الآونة الأخيرة اهتمام متزايد بتطوير شبكات Ad-hoc في مجال الشبكات اللاسلكية من قبل مصنعي تجهيزات الشبكات اللاسلكية والشركات التجاريّة ويعود الفضل في هذا الاهتمام إلى موثوقية هذه الشبكات وسهولة استخدامها وانخفاض تكلفة تجهيزاتها. يعد معيار IEEE 802.11 من أكثر المعايير انتشارا ويعرف هذا المعيار تقنيتين للوصول الى الوسط الناقل [1] هما التابع الأساسي ويسمى تابع التنسيق الموزع (Distributed Coordination Function) DCF المستخدم في شبكات Ad-hoc والتابع الاختياري ويسمى تابع التنسيق النقطي (Point Coordination Function) PCF المستخدم في الشبكات ذات البنية التحتية ،كما يوفر تابع التنسيق الموزع DCF وضعين لإدارة الطاقة هما الوضع النشط والذي تبقى فيه العقد بحالة نشاط مستمر ووضع توفير الطاقة (Power Saving Mode) PSM والذي تدخل فيه العقد في حالة خمول لمعظم الوقت ، حيث إن تحويل الأجهزة إلى حالات الطاقة المنخفضة عندما لا يتم استخدام هذه الأجهزة في الارسال والاستقبال يعتبر تقنية مهمة لحفظ الطاقة في الأجهزة اللاسلكية المعتمدة على البطاريات للحصول على الطاقة [2] كما ويعتبر اختيار حجم نافذة رسائل إعلان إشارات المرور (Announcement Traffic Indication Messages window)ATIM ذو تأثير مهم على ادخار الطاقة وعلى مردود العقد الجوالة [3] ويظهر هذا التأثير باختلاف عدد العقد في الشبكة وباختلاف حمل الشبكة اللاسلكية .

أهمية البحث وأهدافه:

يهدف البحث إلى دراسة وضع توفير الطاقة PSM في معيار IEEE802.11 في شبكات Ad-hoc وتقديم دراسة تحليلية عن كيفية تحسين وضع توفير الطاقة في معيار IEEE802.11 في حالات مختلفة لحمل الشبكة وذلك من خلال فترة نافذة ATIM أو من خلال الفترة التي تلي نافذة ATIM والتي تعتمد على تبادل البيانات بين العقد النشطة في الشبكة اللاسلكية.

طرائق البحث ومواده:

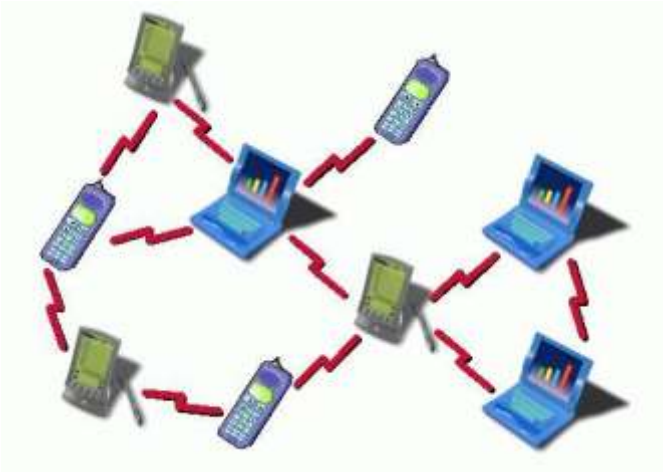
1- شبكات Ad-hoc:

يمتلك معيار IEEE 802.11 نمطين للشبكات المحلية اللاسلكية WLANs وهما نمط البنية التحتية Infrastructure Mode الذي يحتاج لوجود نقطة وصول Access Point حتى تتمكن المحطات الجوالة من التواصل فيما بينها كما هو مبين في الشكل (1-1) ونمط Ad-hoc Mode [4] الذي يتم العمل به عندما يريد جهاز الاتصال بجهاز أخر بدون الحاجة إلى جهاز وسيط.

إن شبكات Ad-hoc اللاسلكية هي شبكات محلية تستخدم لوصل الأجهزة بين بعضها البعض دون الحاجة إلى وجود أي بنية تحتية Infrastructure لتنظيم تبادل البيانات كما هو مبين في الشكل (1-2) بحيث يمكن لأي جهاز متصل بالشبكة أن يقوم بتمرير البيانات مباشرة إلى أي جهاز آخر موجود في هذه الشبكة لأن هذه الشبكات تعتمد على الأجهزة المتصلة بالشبكة فقط فكل جهاز ضمن الشبكة يكون جزء من البنية التحتية للشبكة ، كما تتميز هذه الشبكات

ببساطة التصميم من ناحية التجهيزات والادارة بالإضافة إلى الديناميكية بحيث تسمح شبكات Ad-hoc للمستخدمين بحرية الحركة.

الشكل(1-1) شبكة البنية التحتية Infrastructure



الشكل(1-2) نموذج لشبكة Ad-hoc

2- حالات الطاقة في شبكات WLAN:

- **حالة الاستيقاظ Awake:** ويحصل في هذه الحالة استهلاك لطاقة العقد الجوالة بحيث يتم تشغيل واجهة المحطة اللاسلكية وتكون قادرة على الإرسال والاستقبال بحيث تكون المحطة إما في حالة إرسال Transmit أو في حالة استقبال Receive أو في حالة فراغ Idle.
- **حالة الخمول** Doze: يتم إغلاق واجهة المحطة اللاسلكية بحيث لا تكون قادرة على الإرسال ولا على الاستقبال وبالتالي يتم توفير استهلاك الطاقة.

3- أنماط استهلاك الطاقة في شبكات Ad-hoc:

3-1 نمط الإرسال Transmission Mode :

تدخل العقد في نمط الإرسال عندما تقوم بإرسال الرزم للعقد الأخرى في الشبكة اللاسلكية ، حيث إن هذه العقد تتطلب طاقة لإرسال هذه الرزم تسمى طاقة الإرسال Transmission Energy [5] ويرمز لها $T_{(x)}$ وتعتمد هذه الطاقة على حجم الرزم المرسلة وتزداد بازدياد حجوم هذه الرزم .

3-2 نمط الاستقبال Reception Mode :

تدخل العقدة في نمط الاستقبال عندما تقوم باستقبال رزمة ما من قبل العقد المصدر. تسمى الطاقة اللازمة لاستقبال رزم البيانات بطاقة الاستقبال Reception Energy [6] ويرمز لها $R_{(X)}$.

3-2 نمط التحسس Overhearing Mode :

تدخل العقدة في نمط التحسس عندما تتلقى رزمة غير معنونه لها [7] وتسمى هذه الطاقة بطاقة التحسس Overhearing Energy بحيث تستهلك العقدة في هذا النمط نفس كمية الطاقة المستهلكة في نمط الاستقبال.

3-4 نمط الفراغ Idle Mode:

تدخل العقدة في هذا النمط عند عدم وجود أي رزم لتقوم باستقبالها وعندما لا تمتلك أي رزم لإرسالها [8] وبالرغم من عدم وجود أي إرسال أو استقبال من قبل هذه العقد إلا أنها تقوم باستهلاك الطاقة في هذا النمط لأن العقدة تكون في حالة استماع للوسط الحامل Listen وبشكل مستمر.

تسمى طاقة هذا النمط بطاقة الفراغ Idle Energy وتعتبر هذه الطاقة من الطاقات الضائعة التي ينبغي التقليل منها.

4- وضع توفير الطاقة في تابع التنسيق الموزع DCF:

في شبكات Ad-Hoc يتم تقسيم الزمن في وضع توفير الطاقة PSM الى عدد محدد من الفترات الزمنية التي تسمى الفاصل الزمني للمرشد اللاسلكي Beacon Interval [9].

يعتمد مفهوم توفير الطاقة في الشبكات المحلية اللاسلكية على التبديل بشكل دوري بين حالتي الاستيقاظ Awake والخمول Doze خلال فترة الفاصل الزمني للمرشد اللاسلكي Beacon Interval كما هو مبين في الشكل (4-1).

بمجرد دخول محطة في وضع توفير الطاقة PSM (Power Saving Mode) يجب عليها أن تبقى في حالة استيقاظ بشكل دوري ولفترة قصيرة من الزمن تسمى نافذة ATIM (Ad-hoc Traffic Indication Message Window) لترى إن كان هنالك محطات تريد أن تقوم بالإرسال اليها خلال هذه الفترة.

كما أن كافة المحطات تكون متزامنة مع العقد المجاورة لها للتبديل بين حالتي الخمول والاستيقاظ بشكل دوري ويتم تحقيق هذا التزامن عن طريق تابع تزامن التوقيت TSF (Timing Synchronization Function) الذي يستخدم إطار المرشد اللاسلكي Beacon لإرسال ختم الزمن [10].

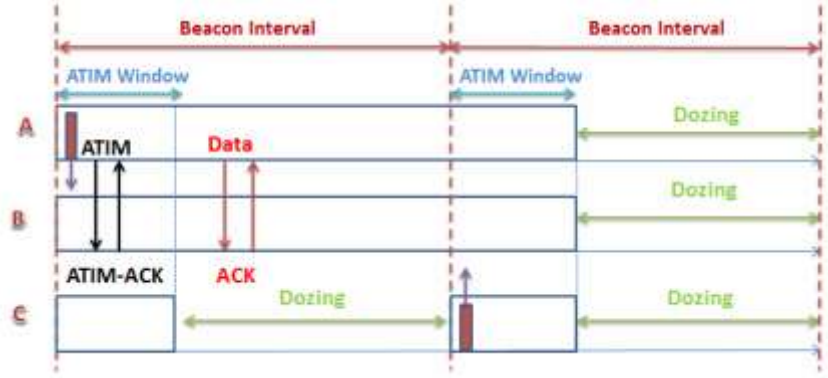
كل عقدة مسؤولة عن إنشاء مرشد لاسلكي Beacon في بداية كل فاصل زمني للمرشد اللاسلكي Beacon Interval وتتنازع هذه العقد الجوالة لإرسال مرشدها اللاسلكي الذي يحوي على الختم الزمني المحلي الخاص بالعقدة Time stamp عن طريق خوارزمية فاصل التراجع الأسي الثنائية BEB.

وبمجرد فوز أحد المحطات بإرسال مرشدها اللاسلكي تقوم باقي المحطات بإلغاء ارسال مرشدها وتضبط مؤقتها المحلي لفترة Time Stamp الموجود في المرشد اللاسلكي الذي نجح في الوصول لباقي العقد.

تستخدم نافذة ATIM للإعلان عن وجود رزم بيانات منتظرة عن طريق استخدام إطار التحكم ATIM-Frame

الذي ترسله العقدة التي تمتلك بيانات الى العقدة الهدف وتستجيب لها العقدة الهدف بإرسال إطار المصادقة ATIM-ACK ولا يتم إرسال أي رزم للبيانات خلال هذه الفترة [11] .

حيث إن كافة العقد التي ترسل أو تتلقى إحدى إطاري التحكم تبقى في حالة استيقاظ مستمر حتى نهاية الفاصل الزمني للمرشد اللاسلكي لتتمكن هذه المحطات من إرسال وتلقي البيانات في الفترة التي تلي نافذة ATIM . نلاحظ في الشكل (4-1) كافة العقد A,B,C تكون مستيقظة خلال فترة ATIM Window . العقدة A تمتلك بيانات لإرسالها الى العقدة B فتقوم بإرسال إطار تحكم ATIM Frame وتستجيب المحطة B بإرسال إطار تحكم ATIM-ACK . عند انتهاء زمن نافذة ATIM تدخل المحطات التي لا تمتلك بيانات لإرسالها كالمحطة C في حالة الخمولDoze وذلك من أجل التقليل من استهلاك الطاقة، بينما تبقى العقدتين A و B في حالة استيقاظ لحين انتهاء زمن فاصل المرشد اللاسلكي من أجل ارسال واستلام البياناتData .



الشكل (4-1) وضع توفير الطاقة PSM في معيار IEEE 802.11

5- مساوئ بروتوكول وضع توفير الطاقة في شبكات Ad-hoc:

5-1 الحجم الثابت لنافذة ATIM: حيث يكون حجم النافذة ثابت في كافة العقد الجوالة في الشبكة اللاسلكية لمعيار IEEE802.11 في وضع توفير الطاقة ويتم تحديد حجم النافذة عند إنشاء شبكة Ad-hoc كما أن حجم نافذة ATIMيؤثر على مردود الشبكة اللاسلكية وعلى معدل استهلاك الطاقة [12].

5- 2 زيادة فترة التحسس Overhearing:عند نجاح المحطات في ارسال أو استقبال إطار ATIM وإطار ATIM-ACK خلال فترة نافذة ATIM عندها يتوجب على هذه المحطات أن تبقى في حالة استيقاظ مستمرة لطول مدة الفترة الزمنية لإطار المرشد اللاسلكي Beacon Interval وهذا ما يسبب استهلاك المزيد من الطاقة ومن غير الضروري عندما يكون حمل الشبكة اللاسلكية منخفضا وخصوصا عندما يكون حجم الفترة الزمنية لإطار المرشد اللاسلكي كبير.

5-3 إعادة إرسال أطر ATIM:

يحصل إعادة إرسال في وضع توفير الطاقة PSM في تابع DCF عند حصول تصادم في الرزم المرسلة وهذا ما يسبب استهلاك المزيد من الطاقة عند إعادة الإرسال وانخفاض المردود ، كما قد يحصل إعادة إرسال عندما تقوم محطة ما ضمن وضع توفير الطاقة PSM بإرسال إطار ATIM إلى محطة أخرى ليست ضمن وضع توفير الطاقة وتلك المحطة لن تجيبها بإرسال إقرار مصادقة ATIM-ACK وهذا ما يسبب إعادة إرسال غير ضرورية تسبب استهلاك المزيد من الطاقة ضمن وضع توفير الطاقة PSM.

4-5 زيادة التأخير الناتج عن خوارزمية فاصل التراجع الأسي الثنائية Back-off:

يتم اختيار قيم عداد فاصل التراجع المستخدم في خوارزمية فاصل التراجع الأسي الثنائية Binary Exponential Back-off Algorithm بشكل عشوائي ما بين [0,cw-1] [13] وعند اختيار قيم كبيرة يؤدي ذلك إلى تأخير إرسال الأطر وزيادة فترة تحسس العقدة وبالتالي هذا ما يؤدي إلى انخفاض المردود واستهلاك المزيد من الطاقة.

الدراسات المرجعية:

قام الباحثون باقتراح تقنيات متعددة لتطوير وضع توفير الطاقة PSM بهدف تقليل استهلاك الطاقة مع المحافظة على مردود الشبكة حيث يوجد عدة دراسات مرجعية تمكنت من توفير الطاقة باختلاف حمل الشبكة اللاسلكية.

طريقة توفير الطاقة بالاعتماد على حركة المرور TIPS (Traffic Indication-based Power Saving) تمكنت من توفير الطاقة بشكل فعال عند انخفاض الحمل في الشبكة اللاسلكية.

أما طريقة توفير الطاقة مع ادراك العقد المجاورة NA-PSM (Neighborhood Aware-PSM) اعتمدت على تقليل استهلاك الطاقة من خلال تقليل عدد أطر التحكم المتبادلة خلال فترة نافذة ATIM وتظهر فعاليتها في حال حمل الشبكة المرتفع كما في تقنية عدادات فاصل التراجع BCs (Back-off Counters) والتي تعتمد على حجز عداد فاصل التراجع من قبل العقد المرسلة وبالتالي توفير الطاقة خلال الفترة التي تلي نافذة ATIM.

6-1 توفير الطاقة في حالة حمل الشبكة المنخفض:

6- 1-1 طريقة توفير الطاقة بالاعتماد على حركة المرور TIPS

في طريقة TIPS [10] تستطيع العقد الجوالة خلال وضع توفير الطاقة بأن تتفاوت في مدة استيقاظها وذلك بالاعتماد على حركة المرور في الشبكة اللاسلكية، حيث تتمكن هذه العقد من الدخول في وضع الخمول Doze مبكرا بدون أن تبقى بحالة نشاط مستمر طول فترة نافذة ATIM وذلك في حال علمت بعدم وجود بيانات مخزنة للإرسال.

اعتمدت هذه الطريقة على تقسيم فترة نافذة ATIM الى فترتين زمنيتين الفترة الأولى تسمى الحيز الزمني السابق ETS (Earlier Time Slot) والفترة الثانية تسمى الحيز الزمني اللاحق LTS(Later Time Slot) حيث تستطيع المحطة الدخول في وضع الخمول Doze بشكل مبكر بدون أن تبقى بحالة نشاط طوال فترة ATIM. تمت الاستفادة من حالة Buffer مرسل إطار المرشد اللاسلكي، ففي حال وجود البيانات عند العقدة المرسلة لإطار المرشد اللاسلكي فإنها تحاول ارسال إطار مرشدها خلال فترة الحيز الزمني السابق ETS أما في حال عدم وجود بيانات لإرسالها فإن هذه العقدة تقوم بتأجيل ارسال مرشدها اللاسلكي لفترة الحيز الزمني اللاحق LTS ، وبالتالي فعند عدم قيام أي محطة بإرسال مرشدها اللاسلكي خلال فترة ETS فإن كافة العقد ستفترض عدم وجود محطات تخزن بيانات لترسلها خلال فترة الفاصل الزمني للمرشد اللاسلكي بالتالي تبدل هذه العقد حالتها الى حالة الخمول مباشرة بعد استقبالها لاطار المرشد اللاسلكي خلال فترة LTS . في هذه الدراسة تم اختيار حجم كل من فترة LTS وETS بالاعتماد على القيمة العظمى لنافذة التنازع CW_{max} المستخدمة في خوارزمية فاصل التراجع الأسي الثنائية للمرشد اللاسلكي قبل إرساله، فالمحطة التي تمتلك بيانات لإرسالها تضبط عداد فاصل التراجع لفترة تتراوح ما بين $[0, CW_{max}]$ قبل إرسال مرشدها أما المحطات التي لا تمتلك بيانات لتقوم بإرسالها تقوم بضبط عداد فاصل التراجع لفترة تتراوح ما بين $[CW_{max} , 2\ CW_{max}]$.

6-1-2 طريقة توفير الطاقة بالتنبؤ القائم على السجل History based prediction

اعتمدت هذه الدراسة [14] في توفير الطاقة أيضا على حركة المرور في الشبكة اللاسلكية حيث تظهر فعالية هذه الطريقة عندما يكون حمل الشبكة منخفض ولا يوجد بيانات ليتم ارسالها طول الوقت.
بحيث يتم اقتطاع نافذة ATIM إلى حيز زمني بدائي بحجم صغير والعقد التي تمتلك بيانات لإرسالها تقوم بإرسال رسالة فارغة خلال هذا الحيز الزمني حيث ان العقدة المرسلة وكافة العقد المستقبلة سوف تبقى في حالة استيقاظ لنهاية نافذة ATIM من أجل أن تتبادل إطاري ATIM و ATIM-ACK أما باقي العقد تدخل في حالة الخمول بمجرد انتهاء الحيز الزمني بوقت مبكر وقبل انتهاء نافذة ATIM وذلك عند عدم وجود بيانات لإرسالها.

عندما يتم استقبال الرسالة الفارغة خلال الحيز الزمني والتي تشير الى وجود عقدة تريد الإرسال تقوم باقي العقد التي ترغب بالإرسال بضبط زمن T_{value} وهو الفترة الزمنية التي يجب على العقد أن تمتنع خلالها عن محاولة ارسال إطار ATIM عندما تكون القناة فارغة بحيث تقوم العقد بضبط مؤقتها لطول مدة T_{value} :

$$T_{value}=(2\times DIFS)+(2\times T_{slot}\times CW)+(2\times PropagationDelay)+SIFS+T_{ATIM}+T_{ACK}$$

ويبدأ المؤقت بالعد التنازلي وفي حال وصل لقيمة الصفر أي لم يحصل أي دخول للوسط فتستطيع عندها العقدة ارسال اطار تحكم ATIM معلنة عن إرسالها وإلا وفي حال تحسست العقدة إطار ATIM أو ATIM-ACK تقوم بإعادة ضبط مؤقتها للقيمة البدائية أي أنه عقدة واحدة فقط ستستطيع أن ترسل وتتلقى إطار ATIM خلال فترة نافذة ATIM .أيضا تم في هذه الدراسة اقتراح طريقة التنبؤ القائم على السجل وهذه الطريقة تمكن من ارسال اطار البيانات عبر أكثر من قفزة من المصدر الى المستقر ضمن نفس الفاصل الزمني للمرشد اللاسلكي بحيث ليس هنالك حاجة الى عدد من الفواصل تبعا لعدد القفزات وبالتالي تقلل الطريقة من التأخير ومن استهلاك الطاقة.

6-2 توفير الطاقة في حالة حمل الشبكة المرتفع:

6- 2-1 تقنية توفير الطاقة مع إدراك العقد المجاورة NA-PSM :

تختلف تقنية توفير الطاقة مع إدراك العقد المجاورة [15] عن تقنية توفير الطاقة PSM الأصلية بأن العقد تستطيع ارسال بياناتها من دون الحاجة للإعلان عن ارسالها باستخدام أطر التحكم خلال فترة نافذة ATIM . كل عقدة في هذه الطريقة تمتلك جدول عن العقد النشطة المجاورة لها ويسمى جدول العقد المجاورة النشيطة ANT Active) (Neighbors Table ويحوي هذا الجدول على هوية كافة العقد التي ستبقى في حالة استيقاظ طول فترة الفاصل الزمني للمرشد اللاسلكي. يتم تهيئة هذا الجدول ليكون فارغا بداية كل فاصل زمني وبمجرد تحسس العقدة لإحدى إطاري التحكم فإنها تضيف هوية العقدة المرسلة لهذه الأطر الى جدولها وفي حال أرادت ارسال بياناتها الى أحد هذه العقد الموجودة في الجدول إنها فتقوم بإرسالها عند انتهاء فترة نافذة ATIM .تمكن هذه الطريقة العقد المرسلة من إدراك حالة العقد المجاورة لها فيما إذا كانت في وضع خمول أو نشاط.

تم في هذه الدراسة أيضا دمج تقنية توفير الطاقة مع إدراك المرورTA-PSM (Traffic Aware) مع تقنية توفير الطاقة مع إدراك العقد المجاورة NA-PSM بطريقة جديدة سميت طريقة NTA-PSM(The Neighborhood and Traffic Aware -PSM). حيث إن طريقة TA-PSM تمكن المحطات التي تقوم بإرسال أطر التحكم ATIM وATIM-ACK والمحطة التي أرسلت إطار مرشد لاسلكي ولا تمتلك بيانات لإرسالها من الدخول في حالة الخمول وذلك بهدف توفير الطاقة . تم في هذه التقنية إضافة خانة جديدة bit في حقل MoreData في هامش الاطار Header للإشارة الى أن المحطة المرسلة تمتلك المزيد من البيانات لتقوم بإرسالها الى العقدة الهدف وفي حال تم وضع قيمة 1 في هذا الحقل ستبقى كل من المحطة المرسلة والمحطة المستقبلة في حالة استيقاظ وإلا فإن المحطتان

تدخلان في حالة الخمول. أيضا المحطة التي ترسل اطار المرشد اللاسلكي تستطيع الدخول في وضع الخمول في حال لم تتلقى ولم ترسل أي إطار ATIM و ATIM–ACK .

6- 2-1 تقنية حجز عدادات فاصل التراجع BCs (Back–off Counters):

في هذه الدراسة [16] تم اقتراح تقنية يتم فيها حجز عدادات فاصل التراجع BCs (Back–off Counters) بحيث إن كل عقدة تحافظ على جدول لحجوزات عدادات التراجع BCs لكافة العقد اللاسلكية المتواجدة في نفس IBSS(Independent Basic Service Set) ويتم ترتيب هذه العدادات بحسب تسلسل إرسال أطر ATIM ، وللتأكد من أن كافة العقد تمتلك نفس جدول BC بعد انتهاء فترة نافذة ATIM تقوم المحطة التي قامت ببث اطار المرشد اللاسلكي ببث رسالة قصيرة بمعلومات حجوزات BCs مرة أخرى. ولمنع الأجهزة التي في حالة نشاط مستمر CAM (Continues active Mode) من التنازع مع الأجهزة التي في وضع توفير الطاقة PSM يتم اختيار القيمة الصغرى لنافذة عداد التراجع في أجهزة CAM بقيمة أكبر من الأجهزة التي في وضع توفير الطاقة كما يلي: [CW_{min}+ offset , 2(CW_{min} + offset)] بحيث إن CW_{min} هي القيمة الأولية الصغرى لنافذة التنازع و الازاحة offset هي أكبر قيمة لعداد التراجع مضافا اليها واحد.

مكنت هذه التقنية العقد التي تمتلك أكثر من اطار بيانات لتقوم بإرساله من حجز القناة وذلك من خلال جعل قيمة حقل MoreData في هامش الإطار مساوية للواحد وجعل حقل المدة Duration مساويا لزمن ارسال اطار البيانات الأول ومضافا اليه زمن الإرسالات الأخرى.

في حال لم يتم الارسال من قبل العقدة بسبب فقدان التزامن أو خروج الجهاز خارج المجال فإنه وخلال الحيز الزمني المحجوز له Time slot تقوم كافة العقد النشطة الأخرى بإنقاص عداد التراجع الخاص بها بمقدار واحد وبعد انتهاء الحيز الزمني فإن العقدة التي تصل قيمة عدادها للصفر تتمكن من الإرسال. أما في حال لم تتمكن العقدة من إرسال إطار البيانات بنجاح أثناء فترة عداد التراجع المحجوزة لها فإنها تختار قيمة عشوائية لعداد التراجع الخاص بها بنفس طريقة أجهزة CAM وتحاول اعادة الارسال بعد انتهاء الفترة المحجوزة لها.

بعد انتهاء نافذة ATIM كافة الأجهزة النشطة تتحسس القناة لفترة DIFS لتبدأ بعملية فاصل التراجع BEB وبعد حيز زمني واحد فإن الجهاز الذي قيمة عداد التراجع له تساوي الواحد ،BC=1 تصل قيمته للصفر ليتم ارسال اطار البيانات.

النتائج والمناقشة:

توفير الطاقة بالاعتماد على حركة المرور TIPS :

تمت محاكاة هذه الطريقة باستخدام محاكي الشبكة NS2 حيث تم اقتراح سيناريو مكون من خمس عقد منتشرة على بعد 200 متر من بعضها البعض ضمن مجال ارسال يتراوح 250 متر وطول فترة إطار المرشد اللاسلكي تساوي 0.1 ثانية وتم افتراض كمية الطاقة المستهلكة من قبل طبقة الوصول للوسط الناقل MAC عند الإرسال والاستقبال والتحسس والخمول على التوالي 1.4 و 0.95 و0.805 و0.06 واط ,كما قد تم تغيير حجم نافذة ATIM لملاحظة التأثير الناتج لتتراوح ما بين 40 و80 ميلي ثانية.

بينت نتائج هذه الدراسة أنه في حالة الحمل المنخفض وزيادة حجم نافذة ATIM تكون طريقة TIPS المقترحة أقل استهلاكا للطاقة مقارنة بطريقة PSM القياسية. ففي حال كان حجم نافذة ATIM مساويا 40 ميلي ثانية تكون طريقة TIPS أكثر فعالية من ناحية استهلاك الطاقة بنسبة 40 % بالمئة مقارنة بطريقة PSM القياسية.

تظهر أهمية هذه الطريقة بوجود حمل منخفض في الشبكة اللاسلكية فبوجود الحمل المنخفض تمتلك كل عقدة فرصة كبيرة للحصول على فترة خمول أطول مقارنة بطريقة PSM القياسية وذلك لأنه عندما تكون حركة المرور ضئيلة يمكن لهذا أن يقلل من حجم نافذة ATIM بشكل أكبر.

توفير الطاقة بالتنبؤ القائم على السجل History based prediction

تمت محاكاة هذه الطريقة باستخدام محاكي NS2 وتم اقتراح سيناريو مكون من 50 عقدة جوالة ضمن مساحة 1000×1000 وبطول 100 ميلي ثانية لفترة Beacon Interval . بالنسبة لمعدل استهلاك الطاقة في حالة الارسال والاستقبال والتحسس والخمول فتم افتراضها على التوالي 1.4 , 1 ,0.83, 0.13 واط بالثانية كما قد تم استخدام نموذج مرور CBR (Constant Bit Rate) وعرض حزمة 1Mbps.

أظهرت النتائج تفوق هذه الطريقة على طريقة توفير الطاقة القياسية PSM في معيار IEEE802.11 من حيث فعالية الطاقة والتأخير من عقدة لعقدة end to end latency بحيث تتمكن العقد من الإرسال عبر أكثر من قفزة خلال نفس الفاصل الزمي لإطار المرشد اللاسلكي دون الحاجة للانتظار إلى الفاصل الزمني التالي وبهذه الطريقة يتم حفظ الطاقة عن طريق التقليل من عدد الفواصل الزمنية اللازمة لإيصال البيانات بالتالي التقليل من عدد أطر التحكم ATIM,ATIM-ACK .

توفير الطاقة مع إدراك العقد المجاورة NA-PSM :

تم إجراء المحاكاة لمقارنة كل من الطرق الأربعة باستخدام محاكي J-SIM وتم اقتراح سيناريو مكون من 14 عقدة. طول مدة المحاكاة هي 200 ثانية لكافة السيناريوهات حيث تم استخدام نموذج مرور CBR بمعدل بيانات متغيرة ومختلفة كما أن حجم إطار البيانات ثابت ويبلغ 512 بايت ومعدل الإرسال 2Mbps ومجال الإرسال يبلغ 240 متر . تم اعتبار طول مدة Beacon Interval 0.1 ثانية وهي القيمة الافتراضية له في معيار PSM وتم افتراض طاقة بدائية للمحطة تقدر بألف واط لكل محطة.

وتم افتراض معدل استهلاك الطاقة في حالة الارسال والاستقبال والتحسس والخمول على التوالي 0.660 ، 0.395، 0,0.296 واط بالثانية.

أظهرت نتائج المحاكاة تفوق طريقة NA-PSM وطريقة NTA-PSM على طريقة توفير الطاقة القياسية PSM وعلى طريقة TA-PSM وذلك بنسبة 40% من ناحية المردود وذلك لأن طريقة NA-PSM تساهم بتقليل عدد أطر التحكم وبالتالي فإنها تمكن من استخدام حجم أصغر لنافذة ATIM وزيادة الفترة التي يتم فيها تبادل البيانات (التي تلي فترة ATIM) وبالتالي فإنها تمكن من تحقيق مردود أعلى وتوفير أفضل للطاقة مع متوسط تأخير زمني أقل مقارنة بتقنية توفير الطاقة الأصلية PSM، كذلك أظهرت النتائج تفوق طريقة NTA-PSM على باقي الطرق من ناحية توفير الطاقة ومن ناحية المردود.

حجز عدادات فاصل التراجع BCs (Back-off Counters):

تم تقييم أداء هذه الطريقة باستخدام محاكي OPNET من خلال عدة سيناريوهات تختلف عن بعضها البعض بعدد العقدة اللاسلكية التي تتراوح ما بين 10 إلى 50 عقدة متوزعة بشكل عشوائي. تم افتراض طول مدة Beacon Interval حوالي 100 ميلي ثانية وطول فترة نافذة ATIM حوالي 20 ميلي ثانية.

أظهرت نتائج المحاكاة بأن الطريقة المقترحة تمكنت من تخفيض تأخير الوصول للقناة مقارنة بالطريقة القياسية، وبازدياد عدد المحطات اللاسلكية في الشبكة فإن تأخير الوصول في الطريقة المقترحة يزداد لكن مع بقائه أقل مقارنة بتأخير الوصول في طريقة IEEE802.11 DCF وذلك لأن الحل المقترح لحجز عدادات فاصل التراجع BCs يستطيع أن يقلل من التصادمات التي تحصل في الشبكات الكبيرة ذات عدد العقد المرتفع. كما قد حققت هذه الطريقة مردود أعلى حيث ازداد المردود في الطريقة المقترحة بازدياد عدد العقد في الشبكة اللاسلكية بينما انخفض المردود في طريقة DCF القياسية وذلك لأن الطريقة المقترحة تقلل من العبء في الشبكة اللاسلكية الناتج عن اعادة الارسال وفراغ القناة لفترات طويلة.

الاستنتاجات والتوصيات:

- العمل على تقليل فترة نشاط العقد الجوالة الغير مشتركة في عملية الإرسال والاستقبال خلال فترة نافذة ATIM بما يساهم في خفض استهلاك الطاقة كما في تقنية توفير الطاقة بالاعتماد على حركة المرور TIPS وطريقة توفير الطاقة بالتنبؤ القائم على السجل .
- العمل على تقليل فراغ القناة الناتج عن ضبط القيم الكبيرة لعدادات فاصل التراجع في خوارزمية فاصل التراجع الأسي الثنائية يساهم في زيادة استغلال عرض الحزمة وتقليل الطاقة المستهلكة.
- حجز قيم مسبقة ومتسلسلة لعداد فاصل التراجع كما في تقنية حجز عدادات فاصل التراجع BCs يمنع الاختيار المتماثل لقيمة العداد من قبل أكثر من محطة بنفس الوقت وهذا ما يخفض من حصول التصادم ويؤدي إلى استهلاك أقل للطاقة.
- العمل على تخفيض عدد أطر التحكم بما يمكن من استخدام حجم أصغر لنافذة ATIM وزيادة الفترة التي يتم فيها تبادل البيانات وبالتالي تحقيق مردود أعلى وتوفير أعلى للطاقة كما في طريقة توفير الطاقة مع إدراك العقد المجاورة NA-PSM.

المراجع:

[1] OLARIO, S. ; ZHANG, H. ;CAO, J. ; Johnson, D. B. *Mobile Ad-hoc and sensor Networks.* Third International Conference ,Springer ,Germany ,2007 ,869.

[2] ZHENG, R. ; HOU, J. C ; SHA, L. *performance analysis of the ieee802.11 power saving mode.* Proc. IEEE Int .CNDS, 2004.

[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] CHAUHAN, R.K. ; CHOPRA, A. *Power Optimization In Mobile Ad Hoc Network*. Global Journal of Computer Science and Technology U.S.A. . Vol. 10 Issue 4 Ver. 1.0 , 2010, 92-96.

[6] GOWRISHANKAR, S. ; BASAVARAJU, T.G. ; SARKAR, S. K. *Mobility Based Energy Analysis of Five Mobility Models in MANET Using Five Routing Protocols*, IJCSNS , VOL.10 No.5, 2010, 64-72.

[7] BHARDWAJ, A; DIVYA ; SOFAT, S. *An Efficient Energy Conserving Scheme for IEEE 802.11 ADHOC Networks*. IEEE 1-4244-1005-3/07, 2007.

[8] PALCHAUDHURI, S. ; JOHNSON, D. B. *Power Mode Scheduling for Ad Hoc Networks.* IEEE International Conference on Network Protocols, 2002.

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

[10] 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.

[11] XIAO, Y. ; PAN , Y. *Ad Hoc and Sensor Network.* Nova, New York, 2006, 337.

[12] WOESNER, H. ; EBERT J. P. ; SCHLAGER, M. ; WOLISZ, A. *Power-saving mechanisms in emerging standards for wireless LANs: the MAC level perspective*. IEEE Personal Commun, Vol. 4, N. 3 ,1998, 40–48.

[13] YANG, L.T ; WALUYO,A.B. ; MA, J. ;TAN, L. ;SRINIVASAN, B. Mobile Intelligence. First Edition ,WILEY , USA , 2010, 900.

[14] RAJAGOPALAN, N. ; MALA, C. *Modified power save model for better energy efficiency and reduced packet latency*. American Journal of Engineering and Applied Sciences, USA , 2012, 237-242.

[15] AKKARI, W. ; BELGHITH, A . *Power saving mechanisms for ad hoc networks based on handshaking information tapping*. The International Work-shop on Verication and Evaluation of Computer and Communication Systems(VECoS), Leeds, United Kingdom, July 2-3 2008,1-11.

[16] LEI, X. ; RHEE, S. H. *Improving the IEEE 802.11 power-saving mechanism in the presence of hidden terminals*. EURASIP Journal on Wireless Communications and Networking, 2016, 1687-1499.