مجلة جامعة تشرين للبحوث والدراسات العلمية _ سلسلة العلوم الهندسية المجلد (39) العدد (1) 2017
Tishreen University Journal for Research and Scientific Studies - Engineering Sciences Series Vol. (39) No. (1) 2017

تحسين أداء خوارزمية توفير الطّاقة الديناميكية في الهواتفِ الذّكية

الدكتور رضوان صالح دندة*
الدكتور محمد ياسين صبيح**
هبه حيدر***

(تاريخ الإيداع 5 / 12 / 2016. قُبِل للنشر في 14/ 2 / 2017)

□ ملخّص □

تُعتبر خوارزميات توفير الطّاقة المُستهلكة من قبل تقنية Wi–Fi (الستاتيكية والديناميكية) مُساهم قوي في تحسينِ زمنِ تفريغِ بطاريةِ الهواتفِ الذّكية، إلاّ أنَّ أحدَ أهمِ العوامل التّي قد تُؤثّر على أدائِها، هو زيادة عدد الهواتف الذّكية المُتنافِسة على النفاذِ إلى الوسطِ اللاسلكي.

اقترحَ هذا البحث تحسيناً للخوارزميةِ الديناميكية، بحيث تمَّ استغلال معيار خاص بالشبكة اللاسلكية (قوة الإشارة المُستقبلة)، لإنقاصِ مُستوى الازدحامِ الشبكي، وهذا ما يترك أثراً إيجابياً على كل من الطّاقة المُستهلكة، ومعاييرِ جودةِ الخدمة المطلوبة للتطبيقاتِ الشبكية.

تمَّ التحقّق من الخوارزميةِ المُقترحة (RS–DPSM)، عن طريقِ مقارنةِ أدائِها معَ أداءِ خوارزمياتِ توفيرِ الطّاقة القياسية، وذلكَ باستخدامِ المُحاكي NS–2، وقد أظهرت النتائج تفوّقاً ملحوظاً للخوارزميةِ المُقترحة في أغلبِ السيناريوهات.

الكلمات المفتاحية: توفير الطّاقة، الهواتف الذّكية، تقنية Wi–Fi.

* استاذ– قسم النظم والشبكات الحاسوبية– كلية الهندسة المعلوماتية – جامعة تشرين– اللاذقية– سورية.
** مدرس– قسم النظم والشبكات الحاسوبية– كلية الهندسة المعلوماتية– جامعة تشرين– اللاذقية– سورية.
*** طالبة دراسات عليا(دكتوراه)– قسم النظم والشبكات الحاسوبية – كلية الهندسة المعلوماتية –جامعة تشرين– اللاذقية – سورية.

مجلة جامعة تشرين للبحوث والدراسات العلمية _ سلسلة العلوم الهندسية المجلد (39) العدد (1) 2017
Tishreen University Journal for Research and Scientific Studies - Engineering Sciences Series Vol. (39) No. (1) 2017

Performance Improvement of Dynamic Power Saving Algorithm in Smart phones

Dr. Radwan Saleh Dandah[*]
Dr. Mohmmad Yassin Sobih[**]
Hiba Haider[***]

(Received 5 / 12 / 2016. Accepted 14 / 2 / 2017)

□ ABSTRACT □

Power Saving algorithms consumed by Wi-Fi technology (static and dynamic) are considered an essential contributor in improving the battery discharge time in smart phones, Meanwhile, one of most major factors which may affect their performance is that many more numbers of smart phones competing to access into the wireless medium.

This research has suggested an improvement for the dynamic algorithm, where one special metric for wireless network is going to be used (the received signal strength), in order to decrease the network congestion, and this results in positive effects on both of consumed power and quality of service metrics required for network applications.

Then verifying of the proposed algorithm (RS-DPSM), by comparing its performance with the performance of standard power saving algorithms, through using the simulator NS-2.The results showed a marked superiority of the proposed algorithm in most scenarios.

Key words: Power Saving, Smart Phones, Wi-Fi technology.

[*] **Professor, Department of Systems and Computer Networks, Faculty of Information Engineering, Tishreen University, Lattakia, Syria.**
[**] **Associate professor, , Department of Systems and Computer Networks, Faculty of Information Engineering, Tishreen University, Lattakia, Syria.**
[***] **Postgraduate student, Department of Systems and Computer Networks, Faculty of Information Engineering, Tishreen University, Lattakia, Syria.**

مقدمة:

إنَّ السّببَ الرئيس لازديادِ شعبيةِ الهواتفِ الذّكية [1]، هو الأداء العالي الذّي تقدّمهُ بفضلِ مزاياها البرمجية والعتادية (التجهيزات الصلبة) الجديدة، إلاّ أنَّ الطّلبَ المُتزايد على الطّاقةِ التّي تُعتبر مورداً محدوداً بحجمِ ووزنِ بطارياتِ الهواتفِ الذّكية [1]، جعلَ من تخفيضِ استهلاكِ الطّاقة أمراً ضرورياً، بهدفِ زيادةِ زمنِ التشغيل. على اعتبارِ أنَّ القِسمَ الأكبر من استهلاكِ طاقةِ الهواتفِ الذّكية ناتج عن استخدامِ تقنيةِ Wi-Fi [2]، فقد زُوّدت الهواتف الذّكية بنوعينِ من الخوارزميات، وذلكَ لوضعِ الواجهة الشبكية اللاسلكية في نمطِ توفيرِ الطّاقة، حيثُ يُطلق على أحدِ هذينِ النوعين اسم نمط توفير الطّاقة الستاتيكي Static Power Save Mode (SPSM)، بينما يُدعى الآخر نمط توفير الطّاقة الديناميكي(DPSM) Dynamic Power Save Mode [2,3].

تعمل الخوارزمية الستاتيكية على نقلِ الواجهة اللاسلكية من حالةِ النّوم إلى حالةِ النشّاط بشكلٍ دوري بدلاً من بقائِها نَشِطة بشكلٍ مُستمر، وهذا ما ينعكس انخفاضاً في استهلاكِ الطّاقة، لكنَّ لهذا الانخفاض ثمناً سيبرز في زيادةِ التأخيرِ الذّي تُعاني منهُ رُزم بيانات الاتجاه الهابط(Downlink) أي من نقطةِ الوصول (Access Point) إلى الهاتفِ الذّكي [3]. إنَّ المُشكلة التّي عانت منها الخوارزمية الستاتيكية تلافتها الخوارزمية الديناميكية إلى حدٍّ ما عن طريقِ[3]:

- ☒ إبقاءِ الواجهة اللاسلكية في حالةِ نشاطٍ ولمدّةٍ زمنيةٍ معرّفةٍ بشكلٍ مُسبق بعدَ كل من عملياتِ الإرسال والاستقبال، بحيث تُساهم في تخفيضِ زمنِ استردادِ البياناتِ المخزّنة في نقطةِ الوصول.
- ☒ تجنّبها آلية الاستفتاء(Polling) المُستخدمة في الخوارزمية الستاتيكية من أجلِ استردادِ البياناتِ المخزّنة، ممّا يعني تخفيض حمل التأشير الناتج عن استخدامِ خوارزميةِ توفيرِ الطّاقة، وبالتّالي استرداد أسرع.

يُشكل الازدحام الشّبكي بالنسبةِ لخوارزمياتِ توفيرِ الطّاقة عائقاً، حيثُ يَحدُّ من قُدرتِها على تحقيقِ الهدفِ المرجو منها، حتّى وإن كانت تلكَ الخوارزميات تُقدّم للتطبيقاتِ الشبكية أولوياتٍ مختلفة للنفاذِ إلى الوسطِ اللاسلكي بهدفِ تحسينِ جودةِ الخدمة [4]. يبقى السؤال المطروح هل بالإمكان المُحافظة على استهلاكِ طاقةٍ مُنخفضٍ، مع زيادةِ عددِ مستخدمي الشبكة اللاسلكية، في ظلِّ خوارزميةٍ تُفاضلُ بينَ التطبيقاتِ الشبكية ؟ سنحاول في هذا البحث الإجابةَ عن هذا السؤال.

أهمية البحث وأهدافه:

تكمن أهمية البحث في اقتراحهِ لخوارزميةِ توفيرِ طاقةٍ تعملُ على تحسينِ كفاءةِ الطّاقة المُنجزة من قبلِ الخوارزميةِ الديناميكية (لاسيّما في حالةِ الازدحامِ الشبكي)، عن طريقِ تخفيضِها لمستوى المُنافسة على النفاذِ إلى الوسطِ اللاسلكي، مع المُحافظة على مستوى أداءٍ مقبول للتطبيقاتِ الشبكية (سواء التّي تتطلب منها جودة خدمة أو التّي لا تتطلب).

لذا يهدف البحث إلى دراسةِ الخوارزمية المقترحة ومقارنةِ أدائِها مع خوارزمياتِ توفيرِ الطّاقة القياسية بفرعيها الستاتيكية و الديناميكية.

---

[1] إنّ الهواتفَ الذّكية هي أنظمة مضمّنة من الجيلِ الرّابع ، وقد ظهرت أنواع عديدة منها ، حيثُ اختلفت فيما بينها بأمورٍ عدّة لعلَّ أبرزها أنظمة التشغيل المُستخدمة، بالإضافةِ إلى خوارزمياتِ توفيرِ الطّاقة، ومنَ الأمثلةِ على هذهِ الأنواع : I phone, g phone, HTC magic, HTC Tilt8900,.. etc

طرائق البحث ومواده:

لتحقيقِ هدفِ البحث، تمَّ اتباع المنهجية التّالية:

☒ دراسة نظرية لخوارزمياتِ توفيرِ الطّاقة المُستهلكة من قبلِ تقنيةِ Wi-Fi بنوعيها الستاتيكية والديناميكية، والمُستخدمة من قبلِ الهواتفِ الذّكية، ثمَّ صياغةِ الخوارزميةِ المُقترحة، والتّي تسعى لتحسينِ أداءِ خوارزميةِ توفيرِ الطّاقة الديناميكية.

☒ اعتماد طريقة المُحاكاة الحاسوبية (المُحاكي NS-2)، من أجلِ تقييمِ أداءِ الخوارزمية المُقترحة مُقابل خوارزميات توفير الطّاقة القياسية، وفقاً لمجموعةٍ من المعاييرِ المُعتمدة في مثلِ هذا النّوع من الأبحاث، ثمَّ مُناقشة النتائج وصياغةِ الاستنتاجات.

الدراسة النظرية

1-المصطلحات التّي توضّح البارامترات المؤثرة على حالةِ راديو Wi-Fi

- إطار الإرشاد (Beacon Frame): وهو إطار يحتوي على حقلٍ يُدعى خارطة دليل حركة المعطيات Traffic Indication Map(TIM)، حيثُ تقوم نقطة الوصول باستخدامِ الحقلِ المذكور من أجلِ إعلامِ الهاتفِ الذّكي (العامل في نمطِ توفيرِ الطّاقة) بوجودِ بياناتٍ في ذاكرةِ التخزينِ المؤقت الخاصة بها [3].

- فترة الإرشاد (Beacon Period): وهي الفاصل الزّمني بين إطاريّ إرشاد متعاقبين. ففي بدايةِ كل فترة إرشاد يُغادر الهاتف الذّكي حالةَ النوم ويدخل حالةَ النشاط، ليتفحّصَ إطار الإرشاد المُرسل من نقطةِ الوصول، فإن تمّ إعلامهُ بوجودِ بياناتٍ بانتظاره لدى نقطةِ الوصول، قامَ باستردادِها[3].

- فاصل الاستماع (Listen Interval): وهو الزّمن الذّي تغادر فيهِ الواجهة اللاسلكية حالةَ النّوم لتدخلَ حالةَ النشّاط[2]، بهدفِ استقبالِ إطارِ الإرشاد [3].

- مُهلة نمط توفيرِ الطّاقة (PSM Timeout): إنّها الفترة الزّمنية التّي تعقب كل من عمليات الإرسال والاستقبال، ويُشترط خلّوها من أيِّ نشاطٍ شبكي(حالة خمول)، كي تتمكّنَ الواجهة الشبكية اللاسلكية منَ الانتقالِ من حالةِ النشّاط إلى حالةِ النّوم[3].

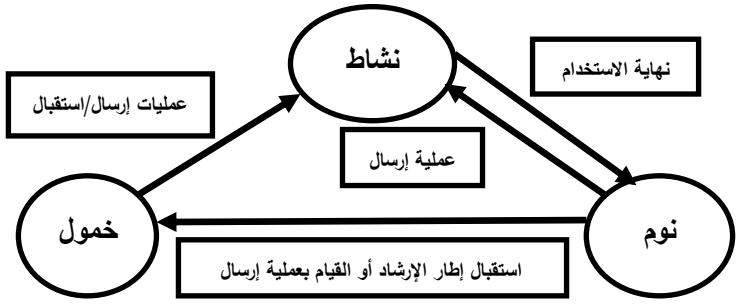
2-نمط توفير الطّاقة الستاتيكي ((Static Power Save Mode (SPSM)

تقومُ نقطةُ الوصول في النمطِ الستاتيكي بتخزينِ الرّزم الموجّهة للهواتفِ الذّكية العاملة في نمطِ توفير الطّاقة، على أن تقوم بإبلاغِها بما تمّ تخزينهُ من بياناتٍ، عبرَ تفعيلِ الخانةِ الخاصة بكلِّ هاتفٍ ذكي في حقلِ خارطةِ دليلِ حركةِ المعطيات(TIM)، وذلكَ في بدايةِ فترةِ الإرشاد التّالية[2,3].

ينتقل الهاتف الذّكي من حالةِ النّوم إلى حالةِ النشّاط عندَ بدايةِ كل فترة إرشاد، متفحّصاً الحقل (TIM). إن تمّت الإشارة إلى وجودِ بياناتٍ مُنتظرة في نقطةِ الوصول، سيقوم الهاتف الذّكي بإرسالِ إطارِ استفتاء (PS-POLL) من أجلِ استردادِ كلِّ إطارِ بياناتٍ مخزّن، حيثُ تستمر العملية إلى أن تقومَ نقطةُ الوصول بإعلامهِ بعدمِ وجودِ المزيد من البياناتِ المخزّنة، وذلكَ عن طريقِ إسنادِ القيمة صِفر إلى الخانة (More Data)، حينئذ يستجيب الهاتف الذّكي وبشكلٍ مباشر لهذا الإعلام، مُنتقلاً من حالةِ النشّاط إلى حالةِ النّوم. أمّا لأجلِ بياناتِ الاتجاهِ الصّاعد(Uplink) (أي منَ الهاتفِ الذّكي إلى نقطةِ الوصول)، فإنّ الهاتفَ الذّكي ينتقل إلى حالةِ النشّاط متى وُجِدَت إطارات جاهزة للإرسال، حيثُ يقوم بإرسالِها عائداً مجدّداً إلى حالةِ النّوم [2,3]. إذاً تنتقل الواجهة الشبكية اللاسلكية وفقاً لآليةِ عملِ

[2] **عادةً ما يكون فاصل الاستماع من مضاعفاتِ فترةِ الإرشاد، فإن لم يُذكر صراحةً، فهذا معناه أنَّ فاصلَ الاستماع قد ساوى فترةَ الإرشاد.**

نمطِ توفيرِ الطّاقة الستاتيكي (الموصوفة أعلاه) بينَ ثلاثةِ حالاتٍ للطّاقة هي النشّاط (Active) مُتضمّنةً عمليتي الإرسال والاستقبال (Tx , Rx)، الخمول (Idle)، والنّوم (Sleep)، وهذا ما يوضّحهُ الشكل(1)[3].

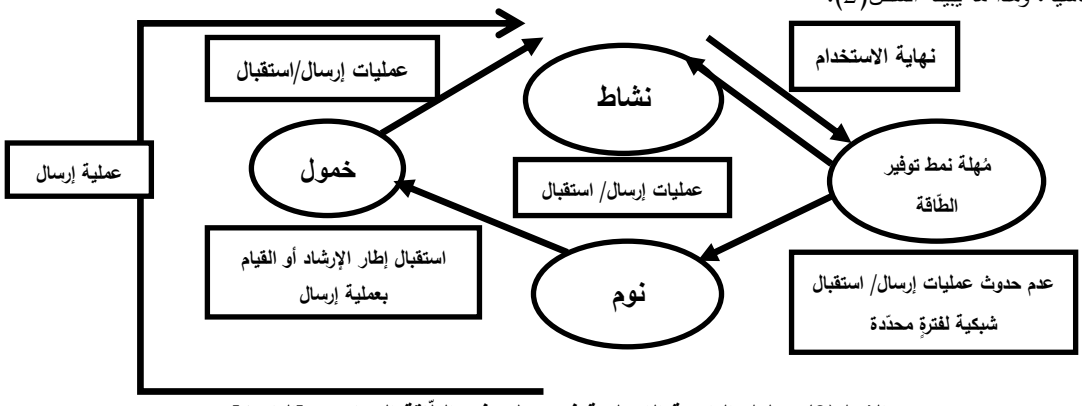


الشكل(1): سلوك الواجهة اللاسلكية في نمطِ توفيرِ الطّاقة الستاتيكي [الباحث]

3-نمط توفير الطّاقة الديناميكي ((Dynamic Power Save Mode(DPSM)

لا تنتقل الهواتف الذّكية (العاملة وفقاً للنمطِ الديناميكي [4]) من حالةِ النشّاط إلى حالةِ النّوم بعدَ القيامِ بعملياتِ إرسالٍ أو استقبالٍ للبيانات، وإنّما تبقى في حالةِ النشّاط [5] لمدّةٍ زمنية (معرّفة بشكلٍ مُسبق) تُدعى مُهلة نمط توفير الطّاقة PSM). (Timeoutإنَّ الفائدة الناتجة عن مثل هذا السّلوك، هي منع الهاتف الذّكي من الانتقال إلى حالةِ النوم في منتصفِ عمليةِ نقلٍ للبيانات، شريطةَ أن تكون مُهلة نمط توفير الطّاقة أكبر من زمنِ الرّحلة الانكفائية Round Trip Time (RTT) [3].

كما وتستقبل الهواتف الذّكية إطاراتِ الإرشاد الدّورية المُرسلة من نقطةِ الوصول، متفحصةً خارطةَ دليلِ حركةِ المعطيات (TIM) كما هو الحال في نمطِ توفيرِ الطّاقة الستاتيكي، فإن وُجِدَت بياناتٍ كانت قد وُجِهت إليها أثناءَ تواجدِها في حالةِ النّوم، قامت بالانتقال من حالةِ النّوم إلى حالةِ النشّاط، بهدفِ استقبالِ ما تمّ تخزينهُ في نقطةِ الوصول، دونَ القيام بعمليةِ الاستفتاء (polling)، وذلكَ عن طريقِ إرسالِها لإطارٍ خالٍ من البيانات (Null Data Frame)، تُعلِم من خلالهِ نقطة الوصول بانتقالِها بين حالتي النشّاط والنّوم [3]. وعليهِ تنتقل الواجهة الشبكية اللاسلكية وفقاً لآليةِ عملِ نمطِ توفيرِ الطّاقة الديناميكي (الموصوفة أعلاه) بين أربعةِ حالاتٍ للطّاقة هي النشّاط (Active) مُتضمّنةً عمليتي الإرسال والاستقبال (Tx , Rx)، الخمول (Idle)، والنّوم (Sleep)، بالإضافةِ إلى الحالة (PSM Timeout)، إنَّ هذهِ الحالة ما هي إلاَّ حالة خمول، إلاّ أنّها تُعتبر شرطاً لانتقالِ الواجهة اللاسلكية إلى حالةِ النّوم، وهو ما دفعنا إلى وضعِها كحالةٍ مُستقلة، تمييزاً لها عن حالةِ الخمولِ الأساسية، وهذا ما يبيّنهُ الشكل(2).



الشكل(2): سلوك الواجهة اللاسلكية في نمطِ توفيرِ الطّاقة الديناميكي [الباحث]

[3] تمّ إنشاء الشكل (1) من قبلِ الباحث بالاستنادِ إلى المعلوماتِ الواردة في كل من [2,3,6]، كذلكَ الأمر بالنسبةِ للشكل (2) .

[4] إنَّ كل من نمطي توفير الطّاقة الديناميكي والستاتيكي، عبارة عن خوارزمية تعمل على إطفاء راديو Wi-Fi، بهدفِ تخفيضِ استهلاكِ الطّاقة ، وذلكَ وفقاً لآليتي عمل مختلفتين.

[5] ليسَ المقصود بحالةِ النشّاطِ هُنا عمليات الإرسال والاستقبال الشبكية، بل بقاءِ الواجهة اللاسلكية نَشِطة(ON) في حالةِ خمولٍ.

4- الخوارزمية المقترحة ((RS-DPSM) Received Signal – Dynamic Power Save Mode)

تمَّ إجراء ثلاثة تعديلات على الخوارزمية الديناميكية المُستخدمة لتقليلِ استهلاكِ الطّاقة الناتج عن استعمالِ تقنيةِ Wi-Fi في الهواتفِ الذّكية، كما يوضّح الشكل(3). نسرد فيما يلي التعديلات المُتخذّة والأسبابِ المُوجِبة لها:

التعديل الأول: الاستفادة من قوةِ الإشارة المُستقبلة كمعيارٍ شبكيٍ مؤثرٍ على استهلاكِ الطّاقة، وذلكَ من خلالِ إمكانيةِ إدخالِ البطاقة الشبكية اللاسلكية للهاتفِ الذّكي في حالةِ النّوم، عندَ انخفاضِ قيمةِ الإشارة المُستقبلة عن القيمةِ الممنوحة للعتبة (trThreshold).

إنَّ الدّافع الذّي يقف وراءَ اختيارِ قوةِ الإشارة المُستقبلة كعاملٍ إضافي مُحفّز لانتقالِ البطاقة اللاسلكية (Wi-Fi) بين حالتي النشّاط والنّوم يكمن في أنَّ استخدام الهواتف الذّكية عادةً ما يكون في سيناريوهاتٍ متحركة، وعليهِ فإنَّ قوة الإشارة المُستقبلة ستتغير تبعاً للمسافة ما بين نقطة الوصول والهاتف الذّكي، وفقاً للعلاقةِ الآتية [5]:

$$RSSI = RSSI_{d0} - 10*\eta*\log10\left(\frac{d}{d0}\right) \ [dbm] \qquad (1)$$

حيثُ RSSI: هي قيمة قوة الإشارة المُستقبلة مُقدّرةً بالـ (dbm) عندَ المسافة d، η: هي معامل ضياع المسار، بينما $RSSI_{d0}$: هي قيمة قوة الإشارة المُستقبلة عندَ المسافة المرجعية $d0$.

علماً بأنَّ ازديادَ المسافة يدفع بمستخدمِ تقنيةِ Wi-Fi إلى زيادةِ طاقةِ الإرسال، لتخفيضِ معدّلِ ضياعِ البيانات، ممّا يزيد من استهلاكِ الطّاقة[6].

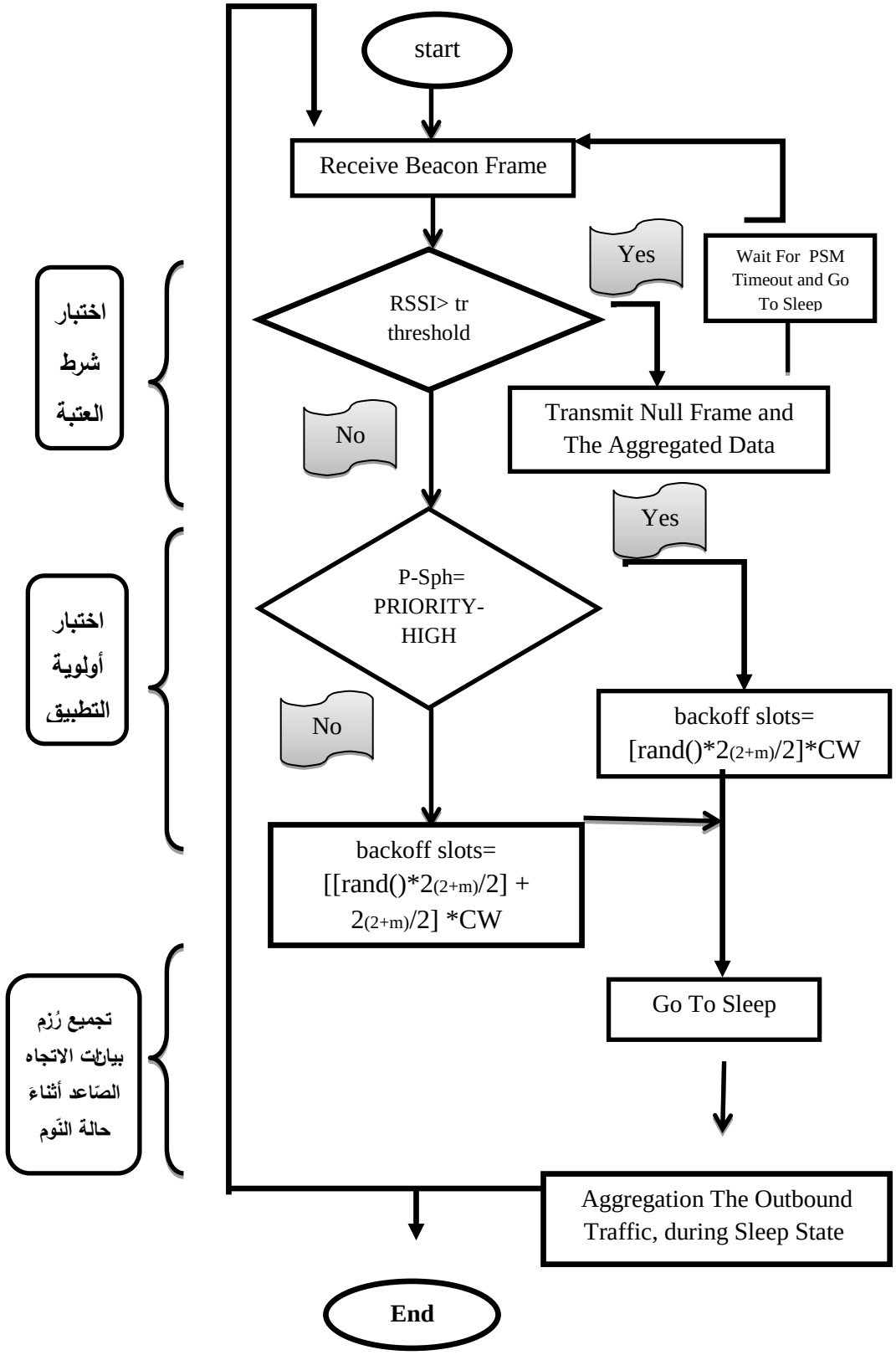
التعديل الثّاني: إعطاء أولوية نفاذ أعلى للوسطِ اللاسلكي، وذلكَ للهواتفِ الذّكية التّي تتراسل بياناتٍ حسّاسة لمعاييرِ جودةِ الخدمة. يتم تحقيق ذلك عن طريقِ منحِ تلكَ العقد زمنَ تراجعٍ عن الإرسال (Back off Time) أقل من العقد التّي تتعامل مع بياناتٍ غير حساسة لمعاييرِ جودةِ الخدمة، إلاّ أنّهُ تمَّ الحفاظ على الزيادة الثنائية الأسية لزمنِ التّراجع[6] (كما هو الحال في نمطِ النفاذ Distributed Coordination Function(DCF)[7])، وذلكَ في ظلِّ الإرسال غير الناجح لرُزمِ البيانات، والذّي يجب أن لا يتجاوز عددهُ القيمة (m) لكلِّ رزمةٍ. حقيقةً إنَّ هذا التعديل جاءَ كخطوةٍ من شأنِها المحافظة على مستوى أداءٍ مقبولٍ لتطبيقاتِ الزّمن الحقيقي، في ظلِّ ما يفرضهُ التعديل الأول، على اعتبار أنّ قوة الإشارة المستقبلة الضّعيفة ستؤدي إلى ازديادِ زمنِ التخزينِ المؤقت لرزمِ البياناتِ في نقطةِ الوصول.

التعديل الثّالث: تجميع رُزم الاتجاه الصّاعد (Uplink)، تمّ اتخاذ هذا التعديل عندَ دخولِ الواجهة الشبكية اللاسلكية حالةَ النّوم، بفعلِ انخفاضِ قوةِ الإشارة المُستقبلة عن القيمة الممنوحة للعتبة (trThreshold). تَنقل الخوارزمية الديناميكية الواجهة اللاسلكية للهاتفِ الذّكي من حالةِ النّوم إلى حالةِ النشّاط متى ما توافرت رُزم بيانات في رتلِ الإرسال، وهذا لا يتطابق معَ الهدفِ المرجو من الخوارزمية المُقترحة، التّي تعتمد أساساً على قوةِ الإشارة المُستقبلة كمؤشرٍ لدخولِ حالةِ النّوم من عدمهِ، أي إن لم نَقُم بعمليةِ التجميع سيؤدي ذلك إلى القيام بعملياتِ إرسالٍ وفقَ معدّلِ نقلٍ مُنخفض، على اعتبار أنَّ قوة الإشارة المُستقبلة لم تحقّق شرطَ العتبة، وهذا ما سيزيد من استهلاكِ الطّاقة.

---

[6] طُرحَ تنصيف مجال نافذة المُنافسة Contention Window(CW)لإسنادِ أولوياتٍ للتطبيقاتِ الشبكية في [7]، حيث اعتمدوا الزيادة الخطية في زمنِ التّراجع عن الإرسال إثرَ حدوثِ التصادمات. قد تبنينا تنصيفَ المجال إلاّ أنّنا حافظنا على الزيادة الثنائية الأسية، على اعتبار أنَّ أزمنةَ التّراجع عنِ الإرسال المنخفضة جداً، قد تتسّبب بزيادةِ عددِ التصادمات في الشبكاتِ المزدحمة، ممّا ينتج عنهُ استهلاك طاقةٍ مرتفع، وهذا يخالف ما نصبو إليه.

[7] وظيفةَ التنسيقِ الموزّع (DCF) : هي نمط النفاذ الأساسي لتشارك الوسط اللاسلكي في شبكاتِ Wi-Fi.



الشكل(3): مخطّط تدفقي للخوارزمية المقترحة(RS−DPSM)

النتائج والمناقشة

1-إعداد بيئة المُحاكاة

تمّت المحاكاة باستخدامِ البرنامج NS-2 [8]، حيثُ افترضنا أنَّ مُستخدمي الهاتفِ الذّكي يسيرونَ بشكلٍ عشوائيٍّ اتجاهي(أي تحدث الحركة بواسطةِ تحديثِ كل من السّرعة والاتجاه)، داخلَ مجالِ تغطيةِ نُقطةِ وصولٍ (Wi-Fi AP). تقوم مجموعة من الهواتفِ الذّكية بإجراءِ مكالمةٍ صوتية (Voice)، بينما تقوم أخرى بتحميلِ ملفٍ File Transfer Protocol (FTP)[8]. يحدث النشّاط الشبكي السّابق في ظلِّ تفعيلٍ لخوارزمياتِ توفيرِ الطّاقة (RS-DPSM، DPSM، SPSM). بما أنَّ الخوارزمية المُقترحة (RS-DPSM) موجّهة للشبكاتِ المُزدحمة، كانَ لابُدَّ من :

☒ دراسة أداء كل من خوارزمياتِ توفيرِ الطّاقة آنفةِ الذّكر، مع زيادةِ عددِ مستخدمي الهواتف الذّكية في الشبكة اللاسلكية، وذلكَ من حيث استهلاك الطّاقة الذّي تتسّبب بهِ البطاقة الشبكية اللاسلكية.

☒ دراسة تأثير زيادة عدد مستخدمي الشبكة اللاسلكية على التطبيقاتِ المُستخدمة في الهواتفِ الذّكية، في ظلِّ استخدامِ خوارزمياتِ توفيرِ الطّاقة، وذلكَ عن طريقِ دراسةِ كل من معياري الأداء(التأخير والمردود).

لإنجازِ عملية المحاكاة تمّت تهيئة كل من البارامترات المتعلقة بالبروتوكول 802.11، الخوارزمية المُقترحة (RS-DPSM)[9]، ونموذج الطّاقة المستخدم وفقاً لما يبيّنهُ الجدول (1).

الجدول(1): البارامترات المطلوبة لإجراء عملية المُحاكاة

Parameter	Value
trThreshold	- 65dbm
Transmitting Power	2000mW
Receiving Power	1500mW
Idle Power	390mW
Sleeping Power	20mW
CW_{min}	32
CW_{max}	1024
Beacon Interval	100msec
Reference Distance	1m
PSM Timeout	25msec
Simulation Time	200Sec

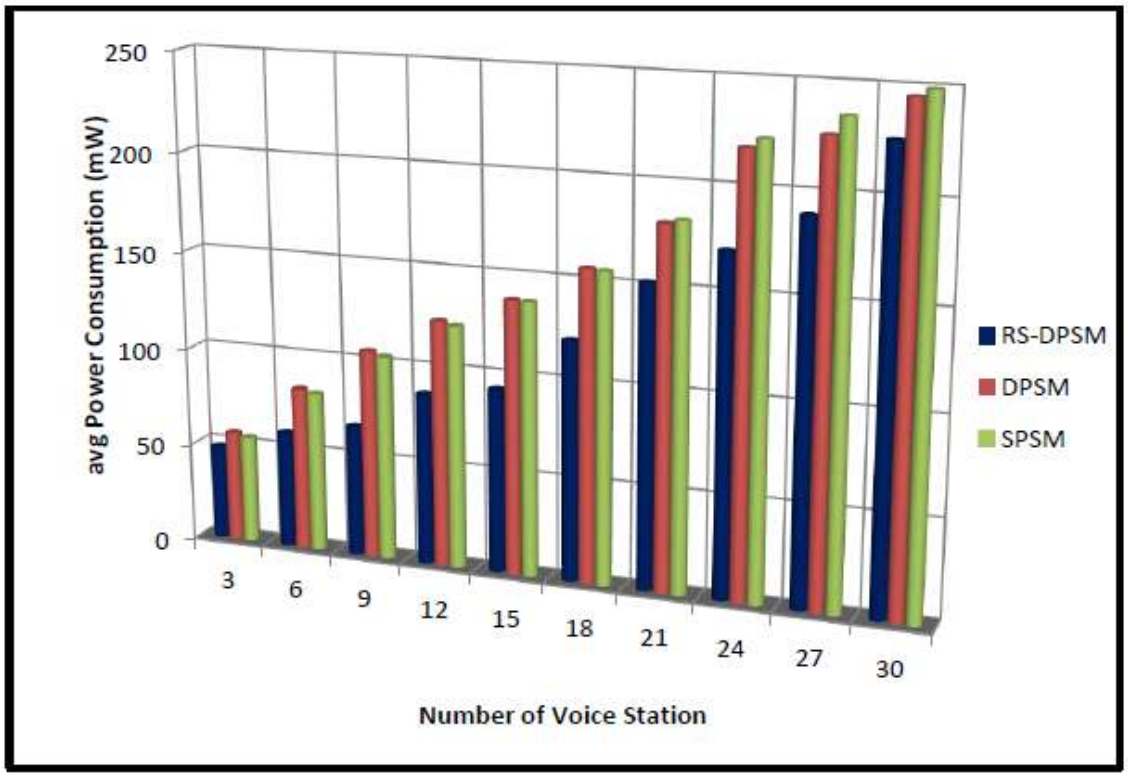
علماً بأنَّ النتائج التّي تمَّ الحصول عليها ما هي إلاّ متوسط القيم الناتجة عن إعادةِ تنفيذِ كل سيناريو مرّاتٍ عدّة مع Seeds مختلفة

[8] تمَّ اختيار هذينِ التطبيقين (الصّوت ونقل الملفات) بهدفِ التحقّق من أداءِ الخوارزمية المُقترحة فيما يتعلق بتأثيرها على كل من التطبيقات الحسّاسة للتأخير(الصّوت)، والتطبيقاتِ المُتسامحة زمنياً(نقل الملفات)، لاسيما أنها تمتلك آلية مُفاضلة بينَ التطبيقاتِ الشبكية.

[9] تجدرُ الإشارة إلى أنّهُ في المجالِ العملي، يجب أن تُراعي خوارزميات توفير الطّاقة البساطةَ في نماذجِها (علاقاتِها) الرياضية المُستخدمة، بهدفِ عدمِ التأثير على طاقةِ المُعالجة المُستهلكة. تمكّنت الخوارزمية المُقترحة من إنجازِ التحسينِ المطلوب، عن طريقِ الاستعانةِ بعلاقاتٍ رياضيةٍ غيرِ معقدّة (لاسيما من ناحيةِ كمِ المعلومات الذّي تتطلبهُ)، حيثُ تركّزت مهام هذهِ العلاقات بحسابِ كل من قوةِ الإشارة المستقبلة، بالإضافةِ إلى أزمنةِ التراجع عن الإرسال.

2-استهلاك الطّاقة(Power Consumption)

يبيّن كل من الشكل(4) والشكل(5) أداء كل من خوارزميات توفير الطّاقة قيد الدراسة بالنسبةِ لاستهلاكِ الطّاقة الذّي تُعاني منهُ الواجهة اللاسلكية[10] تحتَ تأثيرِ زيادةِ عددِ مُستخدمي الشبكة، وتفعيلِ تطبيقي الصّوت ونقلِ الملفات.



الشكل(4): متوسط استهلاك الطّاقة بدلالةِ ازديادِ مستخدمي الهواتف الذّكية الذّينَ يجرونَ مكالماتٍ صوتية

نُلاحظ وفقاً للشكل(4) أنَّ الهواتف الذّكية التّي تنّفذ الخوارزمية RS-DPSM من أجلِ تخفيضِ استهلاكِ الطّاقة من قبل الواجهة اللاسلكية Wi-Fi، وأثناءَ إجرائِها لمكالمةٍ صوتية قد حقّقت استهلاكَ طاقةٍ أقل من مثيلاتِها (DPSM وSPSM)، ويمكن تبرير ذلك بالشّكل التّالي:

☒ المُحافظة على معدلِ نقلٍ عالٍ لكل من بياناتِ الاتجاه الصّاعد والهابط، نتيجةَ تقييدِ عملياتِ الإرسال والاستقبال بتحقّقِ شرطِ العتبة، وهذا ما يُساعد على تخفيضِ النسبة المئوية للزّمنِ اللازم لإنجازِ عملياتِ النشّاط الشبكي، ممّا ينعكس بدورهِ على استهلاكِ الطّاقة الإجمالي.

☒ إسناد زمن تراجع عن الإرسال مُنخفض للعُقد التّي تتراسل بياناتٍ حسّاسة لجودةِ الخدمة (صوت)، ممّا يُخفّض من زمنِ بقاءِ الواجهة اللاسلكية في حالةِ الخمول(Idle) أثناءَ المُنافسة على النفاذِ إلى الوسط. كما أنَّ سلوك الخوارزمية الذّي يتحكم وبشكلٍ غيرِ مُباشِر بعددِ الهواتف الذّكية ذاتِ الواجهاتِ اللاسلكية النّشطة، يُساهم هو الآخر في إنقاصِ زمنِ الخمول. تظهر إيجابيات كلا العَامِلين على هيئةِ انخفاضٍ في قيمةِ الطّاقةِ المُستهلكة.

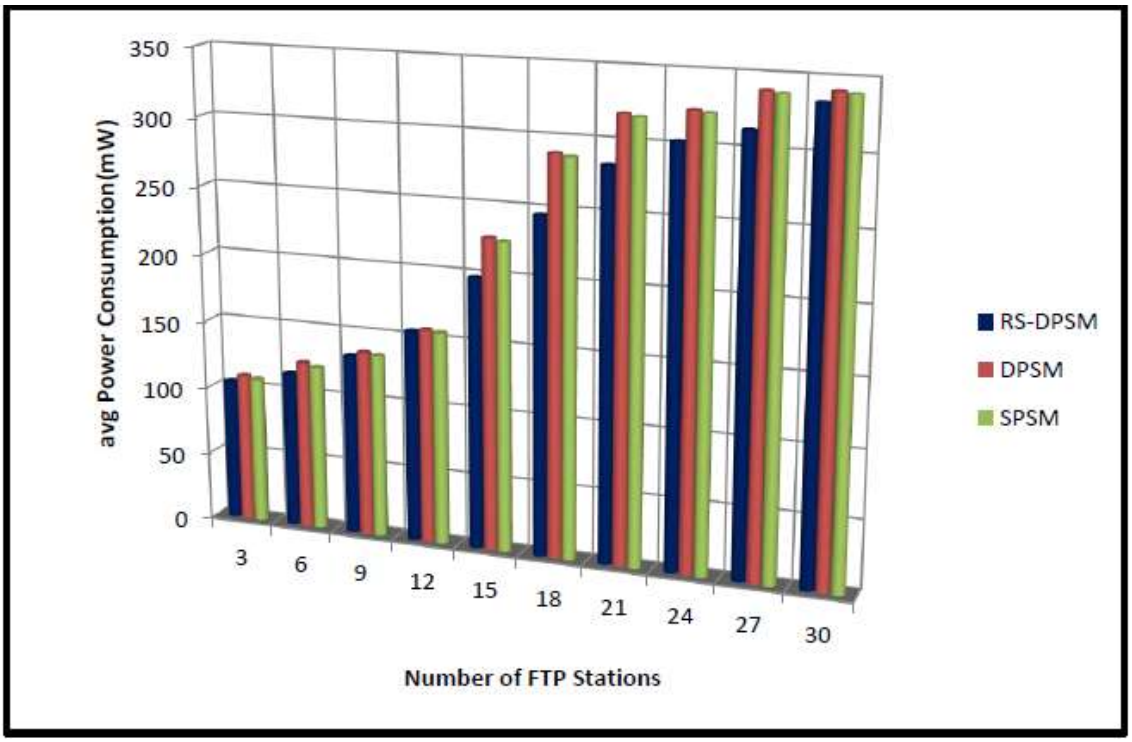
☒ يُخفّض تجميع رُزم الاتجاه الصّاعد (Uplink) بدورهِ من زمنِ المُنافسة على الوسط الذّي تتطلبهُ العُقدة فيما لو كانت لا تقوم بتجميعِ بياناتِها المُرسلة، وهذا يُشكّل عاملاً إضافياً في تناقصِ زمنِ الخمول.

[10] إنّ استهلاكَ الطّاقة الذّي تُعاني منهُ الواجهة اللاسلكية هو عبارة عن النسبة المئوية لزمنِ بقائِها في كل من حالاتِ الطّاقة مضروباً بقيمةِ استهلاكِ الطّاقة الموافق لكلّ حالةٍ.

– كما وتجدرُ الإشارة إلى أنَّ فروقاتِ الأداء ما بين الخوارزميتينِ القياسيتين(SPSM و DPSM)، مع زيادةِ عددِ مستخدمي الشبكة يمكن تلخيصهُ بالتّالي:

☒ أظهرت الخوارزمية الديناميكية(DPSM) استهلاكَ طاقةٍ أكثر من الخوارزمية الستاتيكية (SPSM)، نتيجةَ امتلاكِها لبارامترِ مُهلةِ نمطِ توفيرِ الطّاقة (PSM Timeout)، والذّي أثّرَ سلبياً على استهلاكِ الطّاقة، بينما استطاعت الخوارزمية الستاتيكية(SPSM)، بسببِ عدمِ انتظارِها في حالةِ النشّاط عَقِبَ انتهائِها من عملياتِ الإرسالِ والاستقبال، أن تُحقّقَ كفاءةَ طاقةٍ أعلى. يستمر هذا السّلوك حتّى يؤثّر عدد مستخدمي الهواتفِ الذّكية وبشكلٍ ملحوظ على كل من عددِ عملياتِ إعادةِ الإرسال وزمنِ المُنافسة.

☒ يدفع الازدحام بالخوارزمية الستاتيكية إلى أن تُعاني من استهلاكِ طاقةٍ أعلى من الخوارزمية الديناميكية، ويعودُ هذا بشكلٍ أساسي إلى آليةِ استردادِ البياناتِ المخزّنة(Polling)، التّي تفرضُ استهلاكَ طاقةِ إرسالٍ إضافية عمّا هو الحال في الخوارزمية الديناميكية(لاسيما مع زيادةِ عددِ التصادمات).



الشكل (5): متوسط استهلاك الطّاقة بدلالةِ ازديادِ مستخدمي الهواتف الذّكية الذّينَ يقومونَ بتحميلِ الملفات

كما نلاحظ من خلال الشّكل (5)، فقد استطاعت الخوارزمية المُقترحة RS–DPSM أن تُخفّض من استهلاكِ طاقةِ الهواتفِ الذّكية التّي تتراسل بياناتٍ غيرِ حساسة لجودةِ الخدمة (FTP) مُقارنةً مع كل من الخوارزميتين DPSM و SPSM (لاسيما مع ازدحامِ الشبكة). بالرّغمِ من تمتّع تطبيق FTP بأولويةِ نفاذٍ مُنخفضة للوسطِ اللاسلكي مع الخوارزمية RS–DPSM، إلاّ أنَّ الحساب الدّوري لقيمةِ الإشارة المُستقبلة ومُقارنتِها مع العتبة، سيدفع إلى القيامِ بتجميعِ رُزمِ الاتجاه الصّاعد، والدخولِ في حالةِ النّوم، إن كانت القيمة المُحتسبة أقل من العتبة المُعطاة، وهذا ما سيقودُ إلى اكتسابِ ميّزتينِ هما:

☒ تخفيضِ مُستوى المُنافسة على النفاذِ إلى الوسط، وذلكَ لوضعِها الواجهة اللاسلكية Wi–Fi في حالةِ النّوم (مُقارنةً مع كل من الخوارزميتين DPSM و SPSM)، ممّا يُساهم وبشكلٍ فعّال في التخفيفِ من تأثيرِ ميّزةِ

النفاذِ السّريع إلى الوسط اللاسلكي، التّي تتمتّع بها الهواتف الذّكية ذاتِ الأولوية العالية (أي التّي تُجري مكالمةً صوتية). يقلّل هذا السّلوك من زمنِ بقاءِ الواجهة اللاسلكية في حالةِ الخمول الناتجة عن عمليةِ المُنافسة، وهذا ما ينعكس إيجاباً على استهلاكِ الطّاقة.

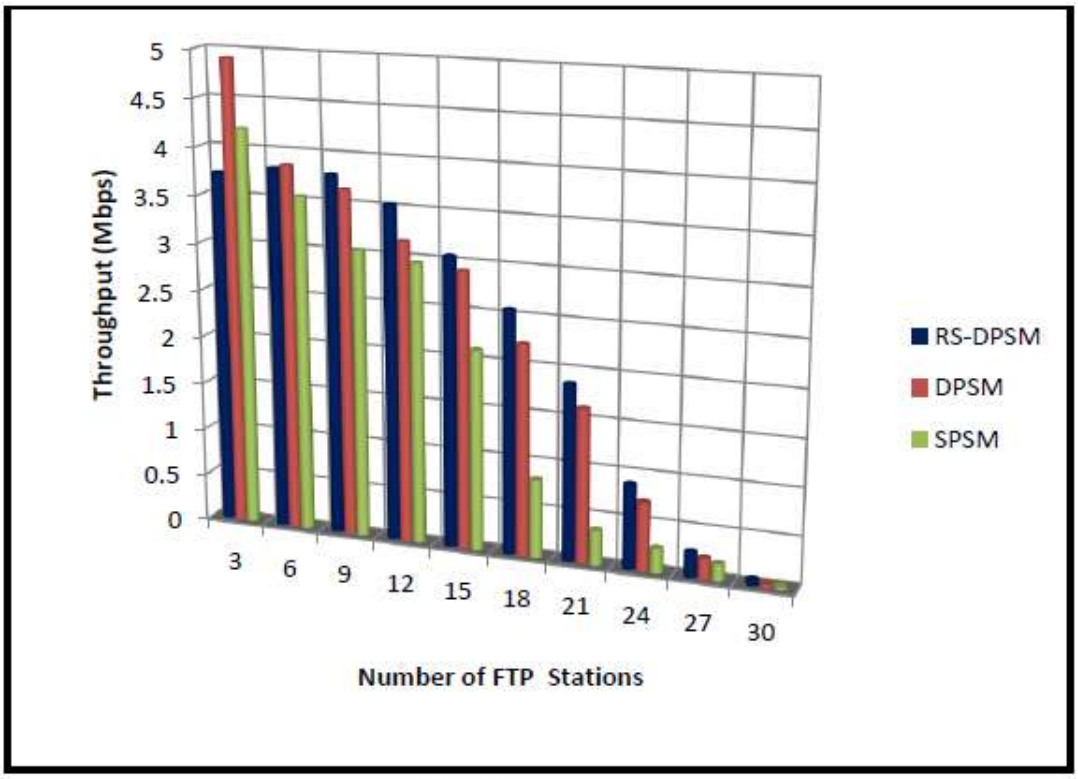
☒ يتم استرجاع دفقة رُزم بيانات TCP (TCP Window)، عندَ تحسّن قيمة الإشارة المُستقبلة، أي وفقاً لمعدّلِ نقلٍ مُرتفع (تكيّف المعدّل)، ممّا يؤدي إلى انخفاضِ الزّمنِ اللازم لعمليةِ الاستقبال، وبالتّالي الطّاقة المصروفة جراءَ هذا النشّاط الشبكي.

– يمكن إيجاز أداء الخوارزميتين القياسيتين، فيما يتعلق باستهلاكِ الطّاقة وفقاً للآتي:

☒ تُعاني خوارزمية توفير الطّاقة الديناميكية (DPSM) من استهلاكِ طاقةٍ أعلى مُقارنةً مع الخوارزمية الستاتيكية(SPSM) (ولو بشكلٍ طفيف)، نتيجةَ بقاءِ الواجهة اللاسلكية في حالةِ النشّاط لمدّةٍ معرّفةٍ بشكلٍ مسبق قبل الانتقال إلى حالةِ النّوم (شريطةَ عدم حدوث أي نشاط شبكي خلالَ هذهِ الفترة).

3– التأخير و المردود(Delay and Throughput)

يبيّن كل من الشكل(6) والشكل (7) أداء كل من خوارزميات توفير الطّاقة قيد الدراسة بالنسبةِ لمعياريّ الأداء التأخير[11] والمردود[12]، بوصفهما المعياران الأكثر أهمية لكل من تطبيقي الصّوت ونقلِ الملفات على التّوالي، وذلكَ تحتَ تأثيرِ زيادةِ عددِ مُستخدمي الشبكة.



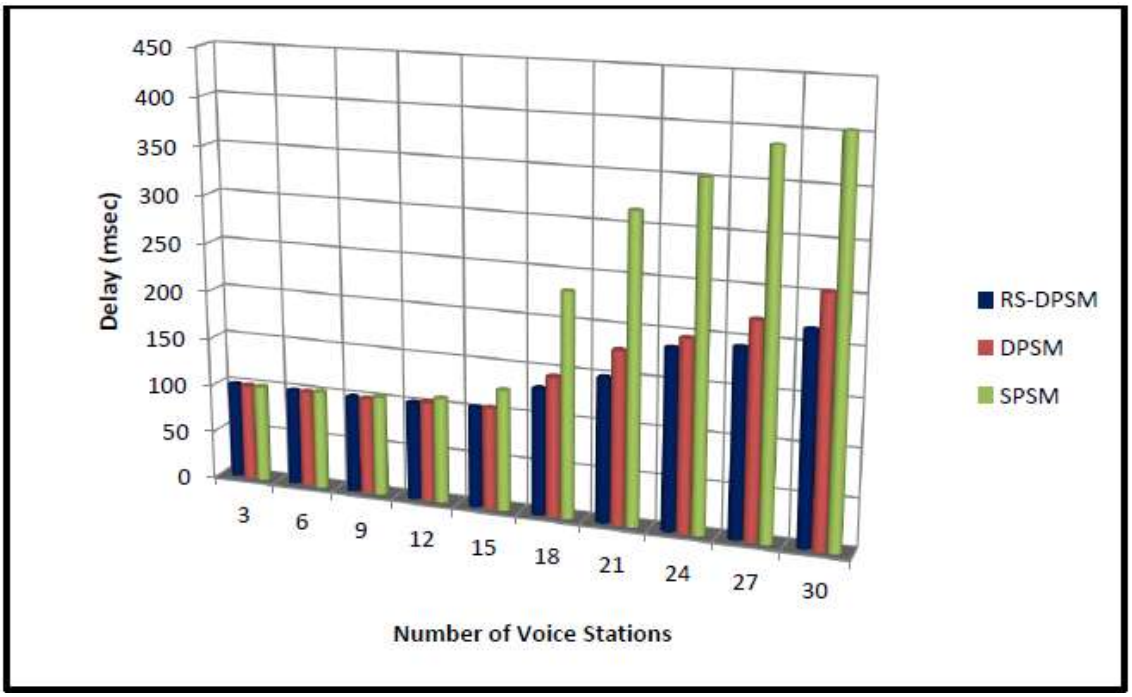
الشكل(6): المردود بدلالةِ ازديادِ مستخدمي الهواتف الذّكية الذّينَ يقومونَ بتحميلِ الملفات

[11] التأخير هو الفرق بينَ زمنِ وصولِ رزمةِ البيانات طبقة التحكم بالنفاذِ إلى الوسط(Medium Access Control(MAC قادمةً من الطبقة الأعلى، وزمنِ وصولِها للعقدةِ الهدف.

[12] يُحسب المردود عن طريقِ قياسِ عددِ الرّزم المُستقبلة بنجاحٍ في العقدةِ الهدف، وتقسيمِها على زمنِ المحاكاة.

تُظهر النتائج الموضّحة في الشكل(6)، أنَّ سلوكَ الخوارزمية المُقترحة RS–DPSM قد أثّرَ على زمنِ الرّحلة الانكفائية بينَ الهاتفِ الذّكي والمخدّم في ظلِّ تواجد عدد قليل من العقد في الشبكة، بحيث أدّى ذلك إلى انخفاضِ المردود مُقارنةً مع ما تقدّمهُ خوارزميتي توفير الطّاقة DPSM و SPSM. إلاّ أنَّ أداء الخوارزمية المُقترحة RS–DPSM من حيث المردود المحقّق يتفوّق على ما تُنجزهُ كل من الخوارزميتين DPSM و SPSM معَ ازدحامِ الشبكة بالهواتفِ الذّكية، و ذلكَ مرّدهُ إلى قدرةِ الخوارزمية المُقترحة على تخفيضِ مُستوى الازدحام عن طريقِ تقليلِ عددِ الهواتفِ المتواجدة في حالةِ النشّاط.

– أمّا بالنسبةِ لأداءِ الخوارزميتين القياسيتين، فقد تمكّنت الخوارزمية الديناميكية من تحقيقِ مردودٍ أعلى من الخوارزمية الستاتيكية، حيثُ أنَّ البارامتر(PSM Timeout) الذّي أثّرَ سلبياً على استهلاكِ الطّاقة، هو ذاته من ساهمَ بإنجازِ المردودِ الأعلى.



الشكل(7): التأخير بدلالةِ ازديادِ مستخدمي الهواتف الذّكية الذّينَ يجرونَ مكالماتٍ صوتية

استطاعت الخوارزمية RS–DPSM أن تَحُدَّ من تأثيرِ زيادةِ عددِ العقد في الشبكة اللاسلكية على التأخير كمعيارِ أداءٍ مهمٍ بالنسبةِ لتطبيقِ الصّوت، كما هو موضّح في الشّكل(7)، حيثُ إنَّ تفوّق الخوارزمية RS–DPSM على كل من الخوارزميتين SPSM و DPSM يظهر بشكلٍ واضح معَ ازدحامِ الشبكة بالعُقد. يُمكن اعتبار هذا السّلوك نتيجة طبيعية لامتلاكِ الخوارزمية المُقترحة آلية تمكّنها من تخفيضِ مستوى الازدحام بشكلٍ غيرِ مُباشر، وذلك عن طريقِ تقييدِ انتقالِ الواجهة اللاسلكية إلى حالةِ النشّاط بتواجدِ الهاتفِ الذّكي على مسافةٍ من نُقطةِ الوصول يمكنهُ عندها القيام بعملياتِ الإرسال والاستقبال بمعدّل نقلٍ مُرتفع (مع بدايةِ كلِّ فترةِ إرشاد)، وهذا بدورهِ يقلّل كل من زمنِ المُنافسة على الوسط، والزّمنِ المطلوب للقيام بعمليةِ الاستقبال، ممّا ينتج عنهُ استرداد للبيانات المخزّنة بشكلٍ أسرع.

بينما تمكّنت الخوارزمية المُقترحة RS–DPSM من تحقيقِ الأداءِ الأفضل (تأخير أقل من الخوارزميتين SPSM و DPSM)، كانت الخوارزمية SPSM هي الأسوأ، وذلكَ لعدّةِ عوامل أهمها:

☒ انتقال الواجهة اللاسلكية إلى حالةِ النّوم دونّ انتظارِ فترةِ خمولٍ معينة (مُهلة نمط توفير الطّاقة)، على خلافِ كل من الخوارزميتين DPSM و RS–DPSM، ممّا ينتج عنهُ ازدياد في طولِ رتلِ نقطةِ الوصول، والتّي تعمد بدورِها إلى وضعِ رُزمِ نمط توفيرِ الطّاقة في مؤخرةِ رتلِها، وفقاً لخوارزميةِ الجدولة الطبيعية (المُتبناة من قبل مُعظم نقاطِ الوصول).

☒ إنَّ لآليةِ استردادِ البيانات المخزّنة المُتّبعة في الخوارزمية SPSM أثرُها الذّي يتمثّل في ازديادِ زمنِ جلب كل رُزمة مخزّنة، نظراً للحاجة إلى تحفيزِ نقطةِ الوصول بإرسالِ إطار PS–POLL، وهذا ما تجنّبتهُ كل من الخوارزميتين DPSM و RS–DPSM.

☒ عدم امتلاك الخوارزمية SPSM لآليةٍ تقدّم من خلالِها أولوياتِ نفاذٍ للوسط مختلفة تُفاضِل بواسطتِها بينَ التطبيقات، وهذا ما شابهت بهِ الخوارزمية الديناميكية DPSM، وخالفت بهِ الخوارزمية المُقترحة RS–DPSM.

الاستنتاجات و التوصيات:

من خلالِ نتائجِ البحث نجد أنَّهُ:

☒ تمكّنت الخوارزمية المُقترحة (RS–DPSM) من تحقيقِ أداءٍ أفضل من خوارزمياتِ توفيرِ الطّاقة القياسية (SPSM و DPSM)، سواء فيما يتعلق باستهلاكِ الطّاقة أو بمعياري الأداء التأخير والمردود، لاسيما مع ازدحامِ الشبكة اللاسلكية (زيادةِ عددِ مستخدمِيها)، أي أنّها أدّت الغرضَ المطلوبَ منها باعتبارِها موجّهة للشبكاتِ المُزدحمة.

☒ قدّمت الخوارزمية المُقترحة (RS–DPSM) سلوكاً غيرَ متوقع فيما يتعلق بالمردودِ المُقاس في الهواتفِ الذّكية لدى تحميلِها لملفٍ عبرَ الشبكة، وبوجودِ عددٍ قليلٍ من المُستخدمين فيها، حيثُ لُوحِظَ تفوّق الخوارزميتين القياسيتين من حيث المردود.

يُوصي البحث وفقاً للاستنتاجات بأن يتم تفعيل خوارزمية توفير الطّاقة المُقترحة (RS–DPSM) بشكلٍ خاص في الشبكاتِ اللاسلكية المزدحمة، لاسيما عندَ تراسلِ بياناتٍ حساسة للتأخير.

المراجع :

[1] ZHANG,L. Power, *Performance Modeling and Optimization for Mobile System and Applications*. The University of Michigan, Department of Computer Science andEngineering.2013,149.

[2] DING,N.; PATHAK,A.; KOUTSONIKOLAS,D.; SHEPARD,C.; CHARLIE HU.Y.; ZHONG,L. *Realizing the Full Potential of PSM using Proxying*. IEEE INFOCOM, March.2012,2821-2825.

[3] BHARADWAJ,A. *Managing Wi-Fi Energy In Smartphones by Throttling Network Packets*(Master Thesis). Simon Fraser University, Faculty of Applied Sciences. April 2014, 55.

[4] PEREZ-COSTA,X.; CAMPS-MUR,D.; VIDAL,A. *On the Distributed Power Saving Mechanisms of Wireless LANs802.11e U-APSD vs 802.11 Power Save Mode*. Computer Networks.Vol.51,No.9, June 2007,2326-2344.

[5] BOTTA,M.; SIMEK,M. *Adaptive Distance Estimation Based on RSSI in 802.15.4 Network* . Radio engineering.Vol.22,No.4,Dec.2013,1162-1168.

[6] DING,N.; WAGNER,D.; CHEN,X. *Characterizing and Modeling the Impact of Wireless Signal Strength on Smartphone Battery Drain*. The ACM SIGMETRIC '13.Vol.14,No.1,June 2013,29-40.

[7] MISHRA,M.; SAHOO,A**.** *A Contention Window Based Differentiation Mechanism for providing QoS in Wireless LANs*. in the 9thIEEE International Conference on Information Technology(ICIT), Bhubaneswar, Dec. 2006, 72-76.

[8] The Network Simulator NS2, accessed in June 2016. available at : < http://www.isi.edu/nsnam/ns/>.