تحسين نقل الفيديو عبر الشبكات المخصصة النقالة MANET*

م. سوسن يوسف**

د.محمد نوار العوا* د. رند القوتلي*****

الملخص

تعدُّ عملية نقل الفيديو ضمن شبكاتMANET مشكلة في غاية الأهمية نظراً إلى المتطلّبات الخاصَّة التي تحتاج إليها تطبيقات الوسائط المتعددة (التأخير - جودة الخدمة ...) إذْ تتعرض الرُّزم للضياع والتأخير بسبب حركة العقد وتغيّر التوزع الجغرافي فضلاً عن التزاحم وسوء شروط القناة.

يركز هذا البحث على عملية نقل الفيديو في شبكات MANET من حيث القيام بعدة اختبارات من أجل تحديد الشروط المناسبة لنقل الفيديو (تحديد بروتوكول التوجيه المناسب ومقارنة بعض تقانات ترميز الفيديو ودراسة أدائها عبر هذه الشبكات)، وقد وجدنا أنّ ترميز H.264 مع بروتوكول التوجيه AODV يقدمان أداءً جيداً لكن الأداء يسوء عند زيادة التزاحم والتراسل الكثيف للعقد، لذا قمنا بمعالجة ضياع الرُّزم وتأخيرها النَّاتج عن التزاحم من خلال استخدام تقانات جودة الخدمة QoS في طبقة التحكم بالنفاذ إلى الوسط MAC المستخدمة ضمن بروتوكول IEEE 802.11e، التي تعتمد على التمييز بين الرُّزم بحسب متطلَّبات جودة الخدمة التي يحتاج إليها كل نوع من التطبيقات، كما قمنا بالتعديل على عملية توزيع الأولويات للرزم المستخدمة في البروتوكول IEEE 802.11e بحيث تُعْطَى الأولوية العليا لرزم الفيديو، وقد أدَّت هذه الطريقة إلى التقليل من التأخير بنحو50% فضلاً عن تحسين قيمة PSNR للفيديو بنحو 12% مقارنةً ببروتوكول IEEE 802.11e.

الكلمات المفتاحية: نقل الفيديو، جودة الخدمة، الشبكات المخصصة النقالة، بروتوكولات التوجيه، تقانات الترميز.

*أُعِدَّ هذا البحث في سياق رسالة الماجستير للمهندسة سوسن يوسف، قسم النظم والشبكات الحاسوبية – كلية الهندسة المعلوماتية – جامعة دمشق.

** قسم النظم والشبكات الحاسوبية – كلية الهندسة المعلوماتية – جامعة دمشق.

*** استاذ مساعد - قسم النظم والشبكات الحاسوبية – كلية الهندسة المعلوماتية – جامعة دمشق.

****مدرس - قسم النظم والشبكات الحاسوبية – كلية الهندسة المعلوماتية – جامعة دمشق.

1- مقدمة :

تطلق التسمية(MANET (Mobile Ad hoc NETwork على الشبكات اللاسلكية التي تتألف من الأجهزة النقالة التي تؤلِّف شبكة دون بنية تحتية، تسمى أيضاً هذه الشبكات بـ (Wireless Mobile Mesh Networks). تتميَّز هذه الشبكات بسهولة بنائها ولذا فهي تنتشر كثيراً في المناطق النائية التي يعدّ فيها إنشاء شبكة ذات بنية تحتية أمراً مكلفاً [1].

تعدّ عملية نقل الفيديو عبر الشبكات المخصصة النقالة من الموضوعات البحثية المهمَّة والحديثة التي أخذت حيِّزاً كبيراً من اهتمام الباحثين، لما تؤدِّيه عملية نقل الفيديو من دورٍ مهمٍّ في مثل هذا النَّوع من الشبكات وخاصَّة في أماكن الاكتشافات، والكوارث، ومراقبة الطرق السريعة، ومسح الأراضي، والمؤتمرات أيضًا. لكن هذه العملية تعاني الكثير من التحديات في شبكات MANET بسبب الطبيعة الخاصَّة لهذه الشبكات ومتطلَّبات عملية نقل الفيديو: عرض حزمة كافٍ، وتأخير قليل، وجودة مقبولة للفيديو.

يعاني نقل الفيديو وتطبيقات الوسائط المتعددة في الشبكات اللاسلكية WLAN عموماً من مشكلاتٍ عديدةٍ تتعلَّق بالوسط اللاسلكي نفسه، إذ تتعرض الإشارة إلى: الخفوت (Fading)، والتداخل (Interference)، وعرض الحزمة المحدود، والظِّل (Shadowing)، فضلاً عن محدودية الطاقة إذ إنَّ معظم المستخدمين يستخدمون الأجهزة المحمولة.

فضلاً عن العواملِ السابقة، فإن تطبيقات الوسائط المتعددة تتعرض لتحدِّياتٍ إضافيةٍ ضمن الشبكات MANET نظراً إلى عدم توافر موجهات (Routers) إذ تعمل العقد كموجهات ومضيفاتٍ في الوقت نفسه ويقع على عاتقها إيجاد المسار المناسب مع إدارة عملية النَّفاذ إلى الوسط فضلاً عن عملية نقل البيانات وإدارة التزاحم [2]. كما تتميّز هذه الشبكات بعدم استقرار طوبولوجيتها، وهذا يعني أنَّ المسارات كثيرة الانقطاع. كما تعدُّ القناة غير مستقرة وكثيرة الأخطاء. ونظراً إلى المدى الراديوي المحدود للعقد، فإنَّ الرُّزم قد تنتقل من عقدة إلى أخرى وصولاً إلى العقدة الهدف، وهو ما يسمَّى بالنقل المتعدد القفزات الذي من شأنه إضعاف قوة الإشارة.

يقدِّم ترميز H.264 خوارزميات جديدة للتعامل مع الأخطاء، بحيث يدعم عملية الترميز المتعدد الطبقات كما يقدِّم H.264 تقانةً جديدةً في ضغط الفيديو، إِذْ يُستَخدَمُ نظام متقدم وجديد لترميز أطر I-frames. يمكن لهذه التقنية أن تقلل حجم البتات المكونة للإطار I-frame وتحافظ على جودة عالية.

يُخَفَّفُ من عرض الحزمة الذي يتطلَّبه نقل الفيديو باستخدام الترميز H.264، وهو أمرٌ مهمٌّ جدًا في شبكات MANET، إِذْ يؤدِّي إنقاص حجم الفيديو إلى تقليل الزمن اللازم للإرسال ومن ثمَّ التخفيف من الطاقة المستهلكة - قدر الإمكان- والإرسال ضمن معدَّل بيانات غير مرتفع [4] [3]، هذا كلُّه من شأنه تحسين جودة الفيديو.

يعدُّ بروتوكول IEEE 802.11 الأكثر استخداماً في مثل هذا النَّوع من الشبكات إِذْ يستخدم لإدارة عملية النفاذ إلى الوسط اللاسلكي الذي يجري تشاركه بين المحطات المؤلِّفة للشبكة. يعرِّف بروتوكول 802.11 تابع التنسيق الموزع(DCF (Distributed Cordination Function، الذي يوفِّر تقانات للتحكم بالنَّفاذ إلى الوسط حيث يسمح للمحطات بالإرسال في حال كان الوسط خالياً، يدعم هذا البرتوكول بطاقات شبكة بمعدَّل تراسل بيانات من 1 إلى 11 Mbps.

يدعم بروتوكول IEEE 802.11e الذي هو عبارة عن تطويرٍ لبروتوكول IEEE 802.11، مفاهيم جودة الخدمة

في طبقة MAC، إذْ يستخدم خوارزمية EDCA (Enhanced Distributed Channel Access) التي تقوم بإسناد الأولويات إلى المحطات المتنافسة والرزم التي تُرسلُ بين المحطات.

يركِّز هذا البحث على عملية نقل الفيديو عبر الشبكات MANET، إذْ يتم بدايةً التطرق إلى بعض الدراسات التي تناولت هذه المشكلة فضلاً عن دراسة مُقارِنة لأهم بروتوكولات التوجيه الحالية لمعرفة الأفضل بالنسبة إلى نقل الفيديو، كما تُقَارَنُ عدة تقانات لترميز الفيديو، ومن ثم تُطَبَّقُ الطريقة المقترحة على بروتوكول IEEE 802.11e وتُناقَشُ النتائج.

2- أعمال ذات الصلة:

انقسمت البحوث التي تناولت موضوع نقل الفيديو إلى عدَّة اتجاهات: بعضها ركَّز على بروتوكولات التوجيه (Routing Protocol) وذلك لملاءمة الأداء العام للشبكة، في حين ركَّزت البحوث الأخرى على معدل الإرسال Data Rate والتصميم المترابط بين الطبقات في البروتوكول المستخدم (Cross Layer Design)، وأخرى على تقانات الضغط والترميز. كما تناولت بحوث أخرى تقانات التعامل مع الأخطاء في معايير ضغط الفيديو.

فيما يتعلق بتقانات الترميز قُسِّمَ شعاع الفيديو المكوَّن من تسلسل البتَّات إلى عدة أشعة جزئية؛ وذلك عن طريق المرمز [5] [6]، ومن ثم أُرسِلَتِ الرزم عبر مسارات مختلفة، وهذا ما يسمى بتعدُّد الدفق (Multistreaming). إلا أنَّ هذا النوع من الحلول يتطلب تقانات معقدة لتجنُّب تفاوت تأخير الرزم الواصلة من المسارات المختلفة؛ ممَّا يؤدِّي إلى زيادة حجم الرِّزم النَّاتج عن إضافة فائض من البتات من أجل التعامل مع الأخطاء وإعادة تشكيل الفيديو عند المستقبل. ولابدَّ من الأخذ بالحسبان أنَّ هذا الترميز يتطلَّب بروتوكولات متعددة المسارات التي تتطلب جهوزية المسارات ومسارات مفصولة بشكل جيد، وهذا ممكن في حال الشبكات الكبيرة، في حين يصعب تحقيقه في الشبكات الصغيرة التي تتميَّز بقلة المسارات المتعددة بين العقد، ومن ثمَّ يصعب توفير مساراتٍ مفصولةٍ بينها.

جرى البحث في عملية التحكم بالأخطاء المعتمدة على إعادة الإرسال والمستخدمة مع التوجيه المتعدد المسارات MPT (Multi Path Routing)، لتوفير مستويات مختلفة من الحماية في نقل الفيديو في الزمن الحقيقي، كما قُدِّمَتْ تقنية جديدة للتعامل مع الأخطاء التي اعتمدت على إعادة إرسال الرزم المهمة عند اكتشاف الأخطاء. أسهمت هذه التقنية بزيادة جودة الفيديو المستقبل إلا أنَّ مثل هذه الطرق التي تعتمد على إعادة الإرسال تسبب زيادة في تأخير الرزم [7].

قام الباحثون في [8] بالتعديل على تقنية التعامل مع الأخطاء الموجودة في تقنية الترميز المتعدد الطبقات MDC (Multiple Description Coding) التي تعتمد على Macroblock (MB)، والمسمَّاة بطريقة MSVC (Multiple State Video Coding)، حيث جرى مكاملتها مع تقنية إخفاء الخطأ (Refined Error Concealment) في خوارزمية واحدة (MSVC-REC) حيث تقوم هذه الخوارزمية باستخدام الترابط المؤقت بين الأطر الدَّاخلية Intra-Frame المتجاورة ضمن توصيفين (Description). لكن أُجْرِيَ الاختبار فقط على شبكة مكونة من عقدتين ولم يتم التطرق إلى حركة العقد.

أمَّا فيما يخص البحوث التي تناولت بروتوكولات التوجيه للحصول على أداء جيد لعملية البحث عن المسار، فمن المعلوم أن بروتوكولات التوجيه التقليدية تبحث عن المسار الأقصر دون الاهتمام بجودة هذا المسار وملاءمته مع التطبيقات، هناك العديد من البحوث التي تناولت التعديل على بروتوكولات التوجيه لكي تُضَمَّنَ بعض

المعايير الأخرى، لكن لم تُختَبَرْ في نقل الفيديو. فمثلاً من أجل تقليل التأخير في نقل الرزم في تطبيقات الزمن الحقيقي [9]، أُجْرِيَ تضمين التأخير ضمن رزمة الاستجابة لطلب البحث عن التوجيه، واختير الطريق وفقاً للتأخير المسموح به من قبل التطبيق المستخدم، إذْ يسمح بالإرسال إذا كان تأخير المسار أقل من التأخير المسموح به. وقد أُضِيفَ هذا التعديل إلى بروتوكول AODV. يحقق هذا البروتوكول جودة الخدمة QoS من ناحية التأخير، إلا أنه لم يتطرق إلى مفاهيم عرض الحزمة أو معدل الإرسال. تناولت بحوث أخرى عملية إيجاد مسارات أخرى لكي يتم الانتقال إليها عند انقطاع المسار الحالي في أثناء نقل الفيديو، كما قام به الباحثون في كل من [10] و[11] إذ أُجْرِيَ التعديل على كل من بروتوكولي AODV وDSR لكي يكونا متعددي المسارات. لكن هذه الحلول تؤدي إلى زيادة التعقيد في عملية إيجاد المسارات، كما أنها لا تناقش مدى جهوزية المسارات الأخرى قبل أن يجري التبديل إليها. وهذا ما يؤدي في بعض الأحيان إلى تداخل هذه المسارات مع بعضها إذا لم تكن مفصولة جيداً. أمَّا البحوث التي اعتمدت بالحل على التعاون بين الطبقات فهي قليلة نوعاً ما، ففي الدراسة المقدمة في [12]، يجري التعاون بين الطبقات لملاءمة معدل الإرسال والترميز وفق حالة القناة، إلا أن هذا الحل يسبب زيادة التأخير والتعقيد في الوقت نفسه. لذا لا تصلح هذه الطريقة للنقل في الزمن الحقيقي.

دُرِسَ في [13] التعاون بين عدة طبقات، حيث قُدِّمَ إطار جديد (Cross Layer Design) للتعاون وتبادل المعلومات بين طبقة التطبيقات، وبروتوكولات النقل، وتخصيص الموارد Resource Allocation، وتقانات طبقة ربط المعطيات، حيث تخصص سعات الوصلات اللاسلكية بشكل ديناميكي بالاعتماد على معلومات حالة الوصلة، كما استخدمت تقنية جديدة لملاءمة ترميز المصدر إذْ تقوم الطبقات العليا بتغيير استراتيجياتها للتلاؤم مع شروط الشبكة، وهذا يحسن استخدام الموارد، ولكنه يزيد تعقيد التصميم، كما يسبّب مشكلة في التوافق (Backward Compatible)، كما يتطلَّب توافر أجزاء النظام كلّه عند التعديل وهذا ما يصعب تحقيقه عملياً.

3- دراسة مقارنة:

3-1 مقارنة جودة الفيديو:

للتأكد من نتائج ملفات المحاكاة التي قمنا باستخدامها في هذا البحث، نُفِّذَتِ المحاكاة وفق الشروط الواردة في [14] المبيّنة في الجدول (1) من أجل مقارنة النتائج. إذْ استخدام ملف الفيديو (Juarssic_Park 1) المرمز بترميز MPEG-4 والمكون من 9899 إطاراً إذْ الحجم الكلي لملف الفيديو 2039168 بايت والوقت الكلي لتشغيله 3603.36 ثانية، مع استخدام النماذج العشوائية للحركة (Random Way Point) وفق أزمنة توقف مختلفة. أُجْرِيَتِ المحاكاة باستخدام برنامج المحاكاة NS-2 [15]؛ وذلك يتطلب مكاملة إطار العمل EvalVid [17]، [16] ضمن برنامج NS-2 من أجل تقييم جودة الفيديو بعد إرساله بين العقد في شبكة MANET.

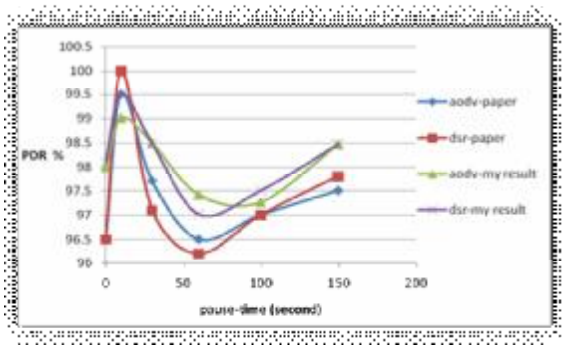
الجدول (1) شروط المحاكاة [14]

Mobility Mode	Random Way Point
Channel	Wireless channel
MAC	IEEE 802.11
Queue Type	CMUPriQueue for DSR & Queue/DropTail/PriQueue for AODV
Antenna	Omni Antenna
Dimension	500 X 500 m2
Packet size	1024B
Protocols	DSR، AODV
Pause Time	0،10،30،60،100،150s
Node speed	Variable with MAX speed 10 m/s
Simulation Time	200s

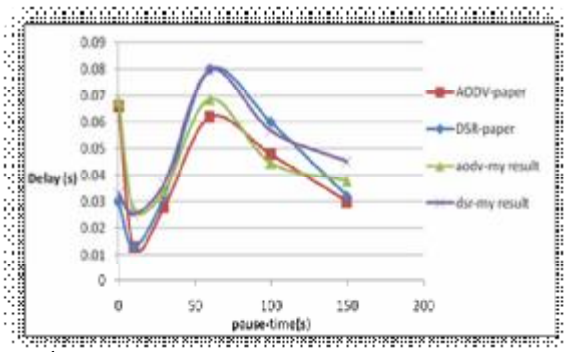
يبيّن الشكل (1) مقارنة لمعدّل تسليم رزم الفيديو ومعدل تأخيرها بالنتائج المنشورة عالمياً إذْ نلاحظ تطابقاً نوعاً ما بين الخطوط البيانية الناتجة إلا أنَّ نماذج الحركة العشوائية للعقد قد تؤدِّي إلى قيم متباينة عن النتائج

الواردة في [14]، إذ تعطي توضعات وحركات مختلفة للعقد فضلاً عن أن تغيير العقد المتراسلة قد يعطي نتائج مختلفة أيضاً. لذلك من أجل زيادة التأكد، قمنا بإجراء المحاكاة وفق سيناريوهات مختلفة مثل استخدام عدة ملفات حركة لزمن التوقف نفسه. ومن ثم أُجْرِيَتْ عدة نماذج بتغيير العقد المرسلة والمستقبلة، ومن ثمَّ قمنا بأخذ القيمة المتوسطة.

يبيّن الشكل (1-أ) أن بروتوكول AODV يقدم الأداء الأفضل من ناحية التأخير، وهو أمر مهم في حالة نقل الفيديو. إلا أن DSR يعطي أداءً أفضل فيما يخص معدل تسليم الرزم، كما يظهر في الشكل(1-ب).



الشكل (1-أ) نتائج التحقق من ملفات المحاكاة (معدل تسليم الرزم)



الشكل (1-ب) نتائج التحقق من ملفات المحاكاة (معدل تأخير الرزم)

3-2 مقارنة أداء مرمزات الفيديو وبرتوكولات التوجيه:

3-2-1 وصف بيئة المحاكاة:

من أجل تقييم أداء الفيديو ودراسة أداء النظام عند استخدام صور ذات تغيرات عالية، رُمِّزَ ملف فيديو ذو حركة كبيرة وتغيُّر كبير بين الأطر وفق عدَّة تقانات ترميز باستخدام الأداة FFMPEG [17] التي تُستخدم لإعادة ترميز الفيديو. نتيجة تغيّر الصور بشكل كبير، تتناقص فعالية الضغط التي تعتمد على الفرق والاختلاف بين الأطر. يتألف هذا الملف من 150 إطاراً إذْ يُرسَلُ خلال 5.6 ثانية، كما رُمِّزَ ملف آخر وفق تقانات الترميز نفسها لكن يتميز هذا الفيديو بحركته الخفيفة، لذا تعطي تقانات الترميز والضغط فعالية أكبر. يتألف هذا الملف من 300 إطاراً خلال زمن إرسال يساوي 11.9 ثانية.

بداية لابدَّ من ذكر شروط المحاكاة التي اسْتُخدِمتْ في عملية المقارنة، وذكر المعاملات والأدوات المستخدمة في كل طبقة. حيث استُخدِم بروتوكول RTP/UDP في طبقة النقل وذلك لفعاليته في نقل الوسائط المتعددة خلافاً لبروتوكول TCP الذي يُعدُّ موثوقاً به إلا أنه يسبِّب زيادة غير مقبولة في التأخير في حال نقل الوسائط المتعددة. في طبقة التطبيقات، أُنشِئَتْ جلسة اتصال وسائط متعددة حيث أُرسِلَ الفيديو المرمز وفق عدة طرق ترميز باستخدام الأداة EvalVid [16] [17]. أمَّا في طبقة الشبكة فاختبِرَت بروتوكولات التوجيه الحالية AODV، DSR فضلاً عن بروتوكول التوجيه المتعدد AOMDV الذي جرت مكاملته مع برنامج المحاكاة. وفي طبقة ربط المعطيات، استُخدِم بروتوكول IEEE 802.11.

أُجْرِيَتِ المحاكاة على شبكة مكونة من 20 عقدة متحركة، موزعة عشوائياً ضمن $500 \times 500\ m^2$، ذات المدى الراديوي 250 m، وسعة القناة بمقدار 2Mb/s لكل عقدة. كما يمكن لكل عقدة أن تحتفظ بـــ 50 رزمة في رتل الانتظار حتى يتم إرسالها. تجري حركة العقد باستخدام نموذج (Random Waypoint Mobility) وتطبيق زمن توقف معين: وهو الزمن الفاصل بين توقف العقدة

وتحركها من جديد. وقد اختيرت أزمنة التوقف الآتية:(0- 10- 30- 60- 100- 150) ثانية.

وزمن المحاكاة الكلي هو 200 ثانية. من أجل المقارنة، يُحسَبُ معدل تأخير الرزم ونسبة تسليمها، كما حُسِبَ PSNR لقياس جودة الفيديو، ولمشاهدة الفيديو اسْتُخدِمَتِ الأداة YUVviewer. تجدر الملاحظة أنه في حال كان التباين بين قيم PSNR كبيراً رُسِمَ المخطط البياني لها، ماعدا ذلك حُسِبَ المعدل فقط. نُفِّذَت المحاكاة باستخدام تقانات الضغط الآتية: MPEG-4، H.263،H.264/AVC.

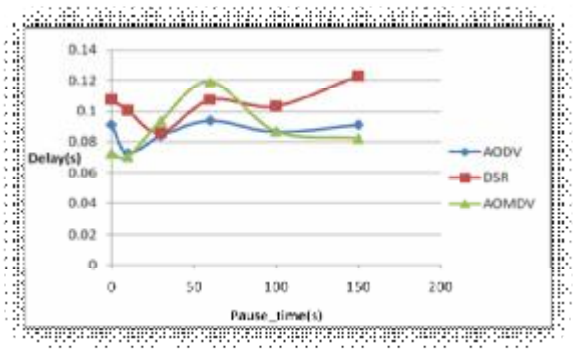
3-2-2 نتائج المقارنة لبروتوكولات التوجيه:

يظهر كل من الشكل (2-أ) والشكل (2-ب) التشوه الذي يحصل لأطر الفيديو عند ترميزها ونقلها عبر الشبكات المخصصة النقالة إذ يتعرض الإطار للتشويه نتيجة الشروط السيئة لهذه الشبكات.

الشكل (2-أ) الأطر 26-27 من ملف الفيديو الأصلي

الشكل (2-ب) التشوه الكبير في الأطر 26-27 عند نقلها بترميزMPEG-4

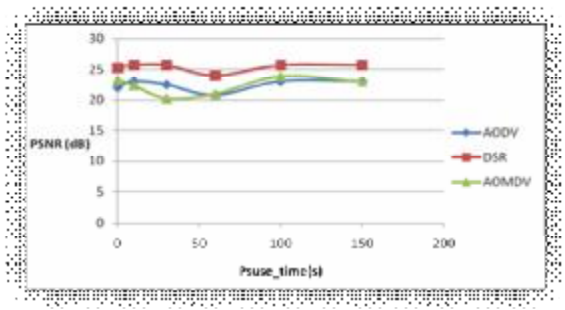
يستخدم كل من بروتوكولي AODV وDSR التقنية التفاعلية، أي البحث عن المسار عند الحاجة لنقل البيانات، لكن يعتمد DSR على الذاكرة الخابية للتسيير (Route Cache Memory)، وذلك دون استخدام ضوابط زمنية على المعلومات المخزنة ضمن جداول التوجيه؛ لذلك من الممكن استخدام طرق أو مسارات غير صالحة وهذا مايؤدي إلى زيادة التأخير عند اكتشاف أن المسار المستخدم غير صالح، إلا أن DSR أقل تحميلاً في الشبكة من البروتوكول AODV الذي يستخدم رسائل دورية للتأكد من وجود العقد وعدم تبديل أماكنها [18]، وهذا من شأنه أن يحسن أداء البروتوكول AODV وعدم استخدام مسارات منتهية الصلاحية كما أنه يعطي تأخيرًا أقل من بروتوكول DSR بسبب التقليل من استخدام مسارات غير صالحة، ويعني ذلك أنَّ بروتوكول AODV أفضل في حالة نقل الفيديو، كما يبيّنه الشكل (3) الذي يبيّن معدل تأخير الرزم للفيديو المرمز بترميز MPEG-4, إذْ يؤدي البروتوكول AODV تأخيراً أقل من البروتوكول DSR.



الشكل (3) معدل تأخير الرزم للفيديو المرمز بترميز MPEG-4

أمَّا بالنسبة إلى بروتوكول AOMDV، فإنه يُعدُّ من ناحية PSNR أفضل من AODV؛ وذلك بسبب طريقة معالجة الرزم في أثناء انقطاع المسارات، إذْ يقوم بروتوكول AOMDVبالتبديل إلى أحد المسارات الاحتياطية في حال

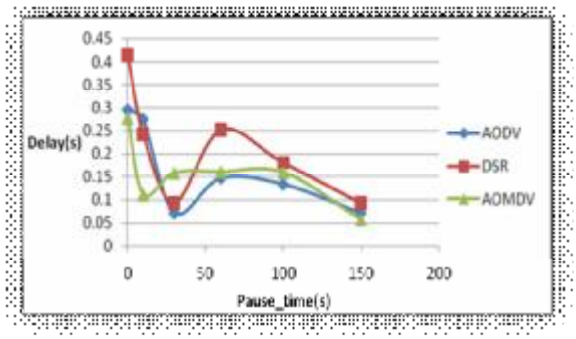
ضياع المسار إلى الهدف أو انقطاعه [19]، لكن هذا الأمر -بحد ذاته- نقطة ضعف من ناحية معدل تأخير الرزم، إذ إنَّ هذه العملية تسبّب زيادة في التأخير للرزم التي تصل الهدف، وهذا غير متوافر في بروتوكول AODV. فمثل هذه الرزم لا يعاد توجيهها إلى مسار آخر، ومن ثمَّ لا يتم تسليمها أبداً، وهذا ما يجعل PSNR أعلى لبروتوكول AOMDV لكنه الأكثر تأخيراً من البروتوكول AODV كما بيَّنَ الشكل (4).



الشكل(4) معدل PSNR عند نقله بترميز (MPEG-4)

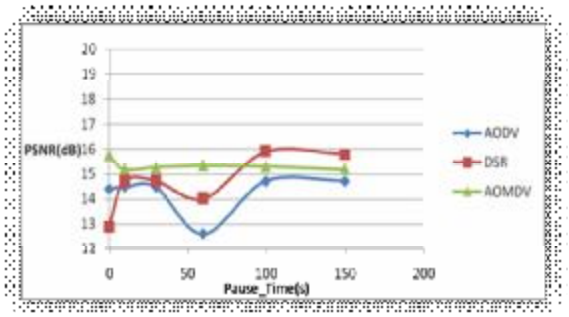
3-2-3 نتائج المقارنة لتقانات الضغط والترميز:

في هذه المحاكاة، على الرغم من أنه تم إنشاء جلسة اتصال واحدة للفيديو مع جلسة اتصال فيديو و20 جلسة TCP إلا أن النتائج غير مرضية من ناحية PSNR كما يبيّن الشكل (4) إذْ إنَّ التغيُّر الكبير بين الأطر يضعف من فعالية تقنية الضغط والترميز، وقد راوحت قيمة PSNR بين (20-26)dB. كما أنها غير مناسبة للنقل في الزمن الحقيقي إذ إنَّ معدَّل تأخير رزم الفيديو كان كبيراً كما يوضح الشكل (5).



الشكل (5) معدل تأخير الرزم في حالة (H.263)

وهذه القيم ناتجة من حساب القيمة الوسطى لتأخير الرزم، إذ تجاوز تأخير الرزم في عدة حالات 250 ميلي ثانية، وهو غير مقبول في حال النقل في الزمن الحقيقي. هناك تقارب كبير بين أداء البروتوكولات الثلاثة، ونلاحظ من الشكل (4) والشكل (6) أن جودة الفيديو تتناقص مع زيادة الحركة، فضلاً عن زيادة معدل التأخير.



الشكل (6) معدل PSNR في حالة (H.263)

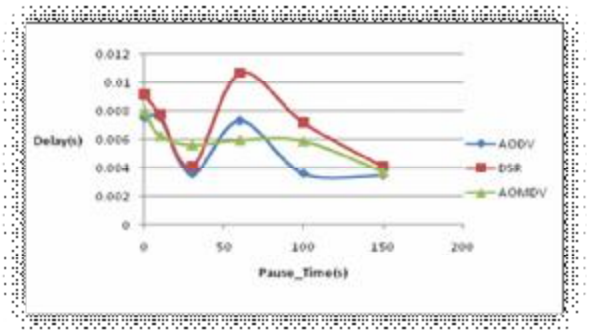
يعدُّ ترميز MPEG-4 أفضل أداءً من ترميز H.263 في شبكات MANET إذْ يعطي جودة فيديو أفضل كما يبيّن الشكلان (4) و(6)، إذْ يتميز بإضافة طبقة من أجل التكيف مع الأخطاء Error Resilience، تُنْجَزُ هذه الطبقة من خلال استخدام نقاط إعادة تزامن Resynchronization، ويُفَكّ ترميزها بشكل مستقل، كما تُسْتَخْدَمُ تقانات لكشف الأخطاء وتصحيحها، إذْ يُفصَلُ بين أشعة الحركة ويُضافُ حقل DCT (Discrete Cosine Transform) للحماية من انتشار الأخطاء الناتجة عن التداخل بين الحقول. يعدُّ هذا الترميز ملائماً لتخزين الفيديو وضغطه في أقراص DVDs وHDTV، كما يعمل عند معدلات معطيات 1Mbps وأقل [20].

أمَّا بالنسبة إلى تقنية الترميز H.263، فهي معيار مصمَّم من أجل معدلات معطيات منخفضة وغير فعّالة في حالة

الحركة الكبيرة بين الأطر في الفيديو. إنَّ الاستخدام الأفضل لتقنية الضغط H.263 هو في المؤتمرات الفيديوية والتطبيقات ذات معدّلات المعطيات المنخفضة. كما أنه يعدّ مستهلكاً للطاقة ولوحدة المعالجة المركزية CPU، فاستخدام معدل بيانات أكثر من 50 kbps، يسبِّب استهلاكاً كبيراً في الطاقة [20].

باستخدام الأداة FFMPEG المستخدمة لترميز ملفات الفيديو، لإنتاج الفيديو المرمز بترميز H.263 كان النموذج الناتج هو IP، أي عدم وجود B-frames الذي من شأنه أن يسبّب زيادة في انتشار الأخطاء، مع زيادة الحركة. وقد يؤدِّي ذلك إلى فقدان بعض الأطر المهمة التي تؤثر في جودة الفيديو، كما يبيِّن الشكل (6)، لكن كان أداؤه جيِّداً عند وجود الحركة الخفيفة بين العقد عند أزمنة توقف كبيرة مثل 100 و150 ثانية كما يبيّن الشكل (5).

نلاحظ أن أفضل أداء كان لتقنية H.264، إذْ أعطت أداءً جيداً جداً في الشبكات المخصصة وذلك بسبب الميزات الجديدة التي قُدِّمَتْ في هذه التقنية. إذْ تأتي فعالية ترميز H.264 من دعمه لعدَّة تقانات [3]، إذْ يستخدم أحجاماً مختلفةً من مقاطع البيكسلات من أجل استخدام تقانات التوقع (16x16)، (8x8)،(...4x4). كما يستخدم ترميز الشرائح إذْ تُرَمَّز بطريقة منفصلة وغير معتمدة على بعضها بعضاً، هذا يعدُّ مهماً جداً وخاصة في مثل هذا النوع من الشبكات التي تتعرض فيها الرزم إلى الضياع. فضلاً عن ذلك يدعم H.264 استخدام عدة صور مرجعية والتبديل فيما بينها. وهو مفيدٌ جدَاً في حال القنوات المتغيرة مع الزمن مثل القناة في شبكة MANET. إذْ إنَّ التأخير كان صغيراً جداً نظراً إلى التقليل الفعال من حجم الفيديو كما يبيّن الشكل (7)، الذي يبيّن معدل التأخير حيث كان التأخير الناتج صغيراً جداً مقارنة بالترميزات السابقة فضلاً عن معدل PSNR مساوٍ إلى 30 dB وهو الأفضل مقارنة بغيره.



الشكل (7) معدل تأخير الرزم (H.264) حيث كان معدل PSNR مساوياً إلى 30.3 dB

4- الحل المقترح:

تعدُّ عملية التحكم بالنفاذ إلى الوسط ومعالجة الرزم في أرتال الانتظار نقطة مهمة جداً لما تؤديه هذه العملية من تأثير في تأخير الرزم وتعرضها للضياع بسبب التزاحم، إذْ تتطلب بيانات الوسائط المتعددة شروطاً خاصة فيما يخص التأخير. ومن هنا يجب الاهتمام بمسألة إدارة الأرتال (Queue Management).

تركز معظم البحوث على استخدام 802.11 واستخدام MAC الخاصة به مع إدارة جدولة دون التمييز بين الرزم المهمة والرزم الأخرى. كما استخدمت تلك الخوارزميات طرقاً لاستعادة الأخطاء دون دراسة التزاحم بين الرزم أو محطات العمل حيث اعتمدت على عمليات لإعادة الإرسال من أجل استعادة الأخطاء، وهذا غير مناسب في حالتنا هذه، إذْ يُعدُّ التأخير مهمَّاً جدّاً. من أجل تطبيق مفاهيم جودة الخدمة QoS التي تميّز بين المعطيات التي يجري تراسلها بين العقد ولتحسين طريقة النفاذ إلى الوسط نقترح استخدام البرتوكول IEEE 802.11e مع تعديل أولويات رزم الفيديو لتصبح الأولوية العليا مع الصوت إذْ يقدم IEEE 802.11e حلاً لثلاث نقاط أساسية [22]:

1- تقليل تأخير الصوان Buffer-Delay والزحزحة Jitter الذي يحصل في أثناء عملية النفاذ إلى الوسط.

2- القدرة على تصنيف الرزم وإعطائها أولويات وفقاً لأهميتها والشروط التي تتطلَّبها.

3- محاولة التخفيف من تعرض الإرسال للأخطاء والتداخل قدر الإمكان.

يستخدم البروتوكول 802.11e خوارزمية EDCA التي تسمح بتمييز وتصنيف البيانات المتبادلة، إذ يقوم بوضع البيانات في أربعة أرتال وفقاً لأهميتها، وتختلف هذه الأرتال بحجم النافذة المخصصة لها والزمن المسموح للرزم بالبقاء ضمن رتل الانتظار [22] [21]، كما تُعطى أولويات للمحطات بحسب بياناتها التي تريد تبادلها. عند حدوث التصادم أي وجود عدة محطات تتنافس على الإرسال عندها تُستَدعى خوارزمية التراجع Backoff Procedure. لكن هنا لا يتعين على المحطات التي ستقوم بإرسال البيانات المهمة الانتظار في المدَّة الزمنية نفسها التي ستنتظر بها المحطات الأخرى. وهذا من شأنه أن يزيد فرصة الإرسال للمحطات ذات البيانات المهمة والحساسة للتأخير [22].

تُدخَلُ المعطيات المختلفة وفق خوارزمية EDCA المستخدمة في بروتوكول IEEE 802.1e إلى الأرتال المختلفة الآتية:

1- رتل الصوت: AC _VO (for voice traffic).

2- رتل الفيديو: AC_VI (for video traffic).

3- رتل الجهد الأنسب: AC_BE (for best effort traffic).

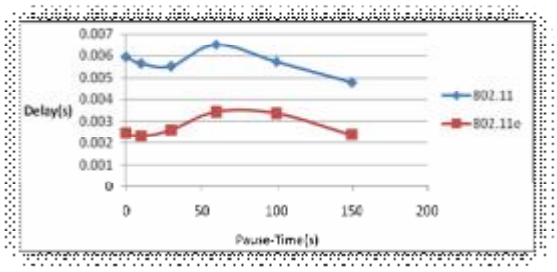
4- رتل الخلفية: AC _BK (for background traffic).

وتُسنَدُ الأولوية العليا Priority=0 إلى أرتال AC(0) أي إلى رزم الصوت والأولوية الثانية Ptiority=1 إلى أرتال AC(1) أي إلى رزم الفيديو.

وبالتعديل على هذه الخوارزمية المستخدمة للتمييز بين الرزم المتراسلة وبإسناد الأولوية العليا إلى رزم الصوت والفيديو حيث يُعطى Priority=0 ، وبذلك تنتظر رزم الفيديو وقتاً أقل في أرتال الانتظار عند حدوث التزاحم. يؤدِّي هذا التعديل إلى تحسين جودة الفيديو وتخفيف معدل التأخير وخاصة في الشبكات المخصصة النقالة والمهتمة بنقل الفيديو مثل شبكات المراقبة.

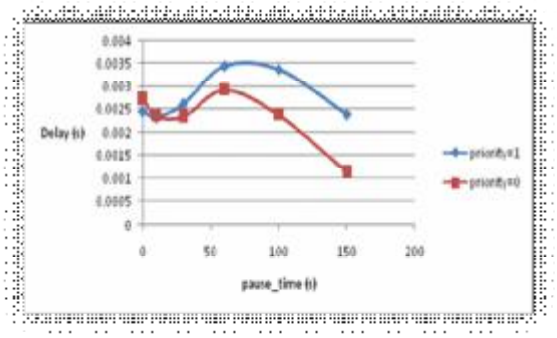
5- النتائج:

من أجل استخدام خوارزمية EDCA لابدَّ من إجراء تعديلات على طبقة الواجهة الفرعية (Interface Sublayer) في برنامج NS-2، بعدها يجري إنشاء عدة جلسات فيديو باستخدام ترميز H.264 مع بروتوكول التوجيه AODV، ومن ثم إنشاء جلسات اتصال أخرى مثل الصوت، CBR وTCP. تحسنت النتائج بشكل ملحوظ كما يبيّن الشكل (8) الذي يظهر مقارنة بين البروتوكولين IEEE 802.11 وIEEE 802.11e الأساسي قبل تعديل الأولويات. عند استخدام جلسة اتصال فيديو وجلسة أخرى للصوت مع 20 جلسة اتصال TCP بين االعقد الأخرى، إذ إنَّ هناك انخفاضاً واضحاً في معدل تأخير الرزم بسبب طرق معالجة الرزم في أرتال الانتظار. يتحسن الأداء مع زيادة استقرار الشبكة من ناحية حركة العقد، ويسوء الأداء في حال الحركة الكبيرة في العقد Pause –Time =0 كما يبيّن الشكل (8). كما نجد من الشكل (8) والجدول (3)، أن استخدام البروتوكول IEEE 802.11e يخفف من التأخير بمقدار 51%، ويزيد من PSNR بمقدار 8.4% للملف ذي الحركة الكبيرة و3.5% للملف الأقل حركة.

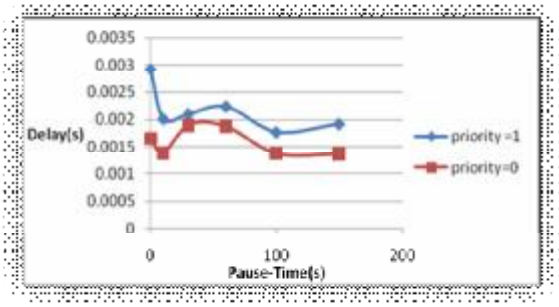


الشكل (8) معدل تأخير الرزم لكل من بروتوكولي 802.11 و802.11e

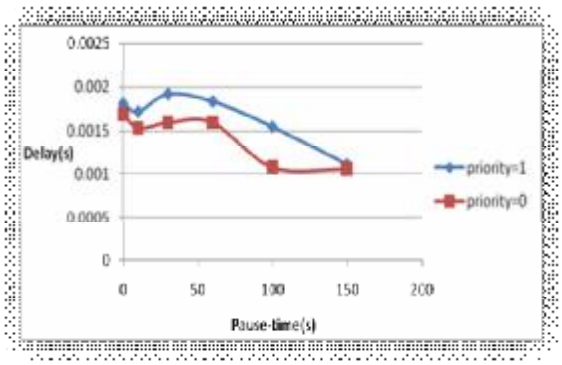
يعطي البروتوكول 802.11e الأولوية العليا لرزم الصوت والأولوية الثانية لرزم الفيديو. وقد أُجْرِيَ التعديل على طريقة توزيع الأولويات بين الرزم بحيث أصبح للصوت والفيديو الأولوية العليا، وبإجراء المحاكاة مع تعديل الأولوية بحيث تكون هناك جلسة اتصال فيديو – صوت و20 جلسة اتصال TCP، ويبيّن الشكل (9) معدل تأخير رزم الفيديو القليل الحركة عند استخدام 802.11e و802.11e المعدل وقد أدى ذلك إلى تخفيض التأخير وتحسين جودة الفيديو، لكن عند الحركة الكبيرة في العقد هناك زيادة في التأخير، لكن يعدَّ ذلك مقبولاً. كما يمكن تقليل التأخير عند استخدام بطاقات الشبكة ذات السعة العالية من حيث معدلات الإرسال المسموح بها كما تبيّن الأشكال (10)، (11) و(12) .



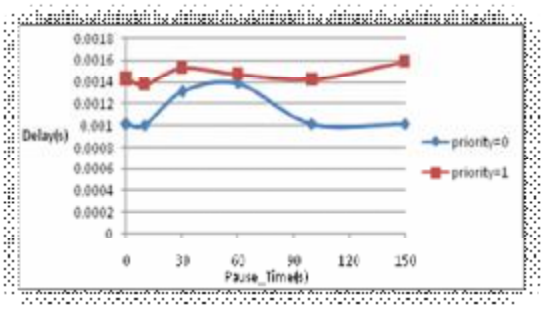
الشكل (9) معدل تأخر الرزم MAC data rate = 2Mbps



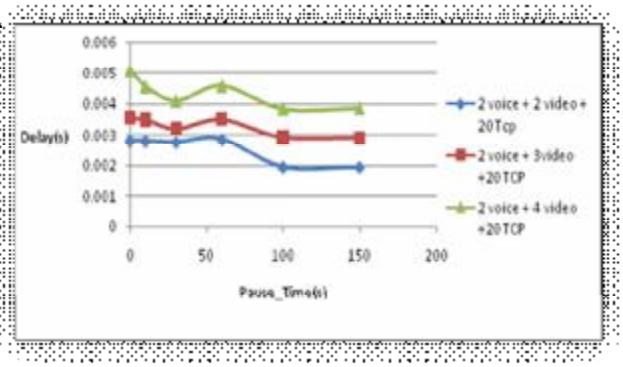
الشكل (10) معدل تأخر الرزم MAC data rate = 5.5Mbps



الشكل (11) معدل تأخر الرزم في حال تعديل الأولوية MAC data rate = 11 Mbps

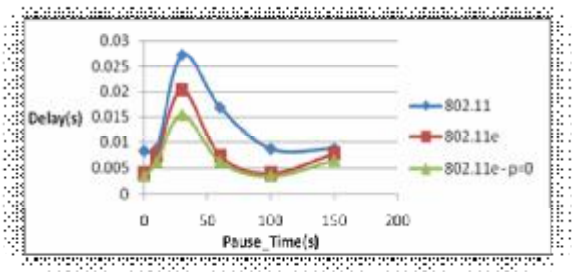


الشكل (12) معدل تأخير الرزم في حال تعديل الأولوية MAC data rate = 18 Mbps



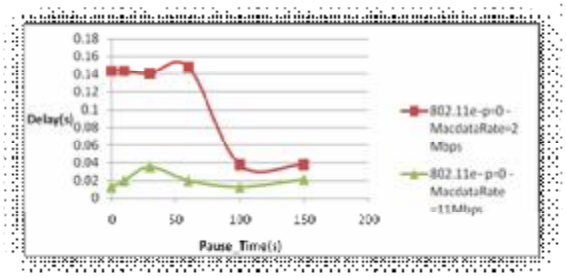
الشكل(13) معدل تأخير الرزم لكن مع بطاقات شبكة 802.11e data rate = 18Mbps

بتطبيق هذا الطريقة على ملف فيديو يتمتع بحركة كبيرة واختلاف كبير بين الأطر المبيّن في الشكل (14) انخفض معدل التأخير بشكل ملحوظ وأدى إلى تحسين جودة الفيديو إلى 36dB أي بما يقارب 22% مقارنة ببروتوكول 802.11 و12.5% مقارنة ببروتوكول 802.11، كما يبيّن الجدول (3)، كما يقلل من معدل التأخير بنحو 47% مقارنة ببروتوكول 802.11.



الشكل (14) معدل تأخير الرزم للفيديو ذي الحركة الكبيرة المرمز بترميز H.264

كما نرى في الشكل (4) فإن نقل الفيديو ذي الحركة الكبيرة مرمزاً بتقنية MPEG-4 لم يكن بالجودة المطلوبة، لكن مع استخدام بروتوكول 802.11e المعدل الأولوية، كان أفضل أداءً وباستخدام بطاقات شبكة MAC-data rate = 11 Mbps كانت النتائج أفضل بكثير لذا يمكن دعم نقل الفيديو في هذه الحالة كما يبيّن الشكل (15) مع أنه اِستُخدِمَتْ جلستا اتصال فيديو ومثلهما للصوت مع 20 جلسة اتصال TCP، وكان معدل PSNR الناتج مساوياً إلى 32.3 dB.



الشكل (15) معدل تأخير الرزم في حال نقل الفيديو ذي الحركة الكبيرة بترميز MPEG-4

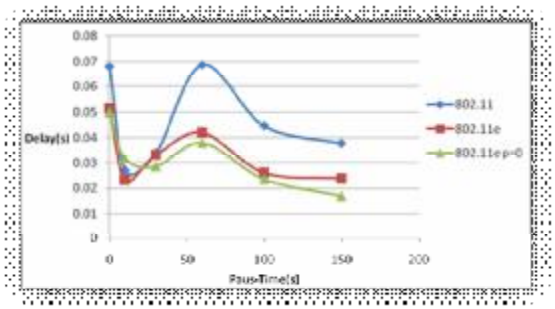
الجدول (2) التحسين في نقل الفيديو المرمز بترميز H.264

الملف الخفيف الحركة	معدل التأخير(s)	معدل PSNR (dB)
802.11	0.005675	35.9
802.11/e	0.002766	39.4
802.11e المعدل	0.00213	40.39

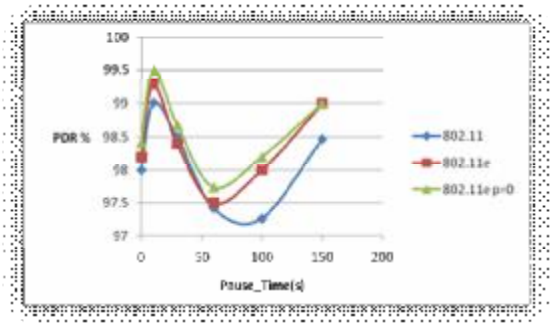
الجدول (3) التحسين في نقل الفيديو الكثير الحركة المرمز بترميز H.264

الملف الكثير الحركة	معدل التأخير (s)	معدل PSNR (dB)
802.11	0.013073	29.5
802.11/e	0.0084	32
802.11e المعدل	0.0069	36

بتطبيق الطريقة على نقل الملف المستخدم في [14] حيث تخفيف تأخير الرزم الذي يبينه الشكل (16) والتحسين من جودة الفيديو كما نلاحظ في الشكل (17) باستخدام بروتوكول التوجيه AODV.



الشكل (16) معدل التأخير باستخدام ملف الفيديو المستخدم في [14]



الشكل (17) معدل تسليم الرزم باستخدام ملف الفيديو المستخدم في [14]

6- الخاتمة والأعمال المستقبلية:

يبحث هذا العمل في عملية نقل الفيديو وإجراء تقييم لأداء بروتوكولات التوجيه والترميز باستخدام الأداة NS-2، يعدُّ بروتوكول AODV الأفضل لنقل الفيديو، إذْ يؤدِّي إلى تأخير مقبول للرزم مقارنة بالأنواع الأخرى. كما اختيرت H.264 كأفضل تقنية ترميز ملائمة لهذا النوع من الشبكات، إلا أن الأداء يتناقص عند تزايد عدد جلسات الاتصال سواء أكانت اتصال فيديو أو بيانات أخرى. لذلك قمنا باستخدام بروتوكول IEEE 802.11e الذي مكَّننا من استخدام مفاهيم QoS حيث تُعْطَى الأولوية للمحطات التي تقوم بإنشاء جلسات اتصال للفيديو أو الصوت للنفاذ للوسط، كما تُعطى أولوية عليا للصوت ومن ثم الفيديو في أرتال الانتظار، مما أدى إلى التقليل من تأخير رزم الفيديو بنسبة تقارب 50%، وتحسين PSNR بمقدار 9.7%، كما قمنا بتعديل عملية إسناد الأولويات في بروتوكول IEEE 802.11e لجعل رزم الفيديو ذات أولوية عليا أيضاً مثل الصوت إذْ أدى هذا إلى تقليل التأخير أيضاً بنسبة 17.8 % عن 802.11e، وتحسين PSNR أيضاً بما يقارب 12% كما تبيّن الجداول (2) و(3).

نخطط لتصميم خوارزمية إسناد أولويات إلى المسارات ومن ثم إرسال البيانات وفق أهميتها (بحسب الأولويات التي تسند إليها) عبر هذه المسارات، إذْ تُرسَلُ الرزم ذات الأولوية العليا عبر المسارات ذات الأولويات العليا، أي تلك التي تحقق شروطاً أفضل من ناحية التأخير وعرض الحزمة، ومن ثمَّ يُخَفَّفُ من ضياع الرزم المهمة -قدر الإمكان- وهذا من شأنه أن يُحسِّن من الجودة، كما يخفف من التأخير أيضاً إذ تُرسَلُ الرزم الحساسة للتأخير عبر المسارات الفُضلَى والأقل تزاحماً.

لائحة المصطلحات:

MANET	Mobile Ad Hoc NETwork	الشبكات المخصصة النقالة
QoS	Quality Of Service	جودة الخدمة
PSNR	Packet Signal to Noise Ratio	نسبة الإشارة إلى الضجيج للرزم
DCT	Discrete Cosine Transform	تابع التحويل المتقطع
MSVC	Multiple State Video Coding	الترميز المتعدد الحالات للفيديو
MDC	Multiple Description Coding	الترميز المتعدد الطبقات
MAC	Multiple Access Control	التحكم بالنفاذ إلى الوسط
EDCA	Enhanced Distributed Channel Access	التقنية المتقدمة للنفاذ الموزع إلى الوسط
PDR	Packet Delivery Ratio	نسبة تسليم الرزم
DCF	Distribured Cordination function	تابع التنسيق الموزع
MPT	Multipath routing Protocol	بروتوكولات التوجه المتعددة المسارات

References:

1. D.Sumyla,"Mobile Ad-Hoc Networks (manets)" .2006 http://en.wikipedia.org/wiki/Mobile_ad-hoc_network.
2. H. Zhou," A Survey on Routing Protocols in MANETs" Michigan State University, Technical Report: MSU-CSE-03-08, Mar 28, 2003.
3.]" H.264 video compression standard, New possibilities within video surveillance". 2008 Axis Communications,axis communocation, http://www.ameinfo.com/208705.html.
4. John G. Apostolopoulos, Wai-tian Tan, Susie J. Wee," video streaming: concepts, algorithms, and systems", Mobile and Media Systems Laboratory, HP Laboratories Palo Alto September 18th, 2002.
5. S. Mao, S. Lin, Y. Wang, and E. Celebi, "Video transport over ad hoc networks: Multistream coding with multipath transport," in IEEE Journal of Selected Areas in Communications, ser. 10, vol. 21, December 2003, pp. 1721–1737.
6. S.Mao" Multipath video transport over Ad Hoc Networks", IEEE Wireless Communications, August 2005. http://www.ieeexplore.ieee.org/iel5/7742/32173/01497857.pdf
7. A.Abd El Al, Tarek Saadawi b, Myung Lee," Unequal error protection for real-time video in mobile ad hoc networks via multi-path transport", Computer Communications 30 ,2007,PP. 3293–3306.
8. Y.Liao ,Jerry D. Gibson," Refined Error Concealment for Multiple State Video Coding over Ad Hoc Networks." 2006, http://ieeexplore.ieee.org/iel5/5061475/5074342/05074835.pdf
9. Sanjeev Jain, "Real Time On-Demand Distance Vector Routing in Mobile ad Hoc Networks". Asian Journalog Information Technology 5(4) : 454- 459, 2005.
10. Wei Wei and Avideh Zakhor," Robust Multipath Source Routing Protocol (RMPSR) for Video Communication over Wireless Ad Hoc Networks", University of California at Berkeley, CA 94720, USA, 2005.
11. P.Prapatsaranon,"Multipath Routing Protocol for Video Streaming Over Ad Hoc Networks ",The University of Tokyo, 2006.
12. X.Zhu, E.Setton and B.Girod, "Congestion-Distortion Optimized Video Transmission over Ad Hoc Networks", Journal of Signal Processing: Image Communications, vol. 20, pp. 773-783, September, 2005.
13. E.Setton, T.Yoo," Cross-layer design of AD HOC networks for real-time video streaming", IEEE Wireless Communications , August 2005.
14. M.Lalitha, M.Ramakrishnan S.Shanmugavel, "Selection of Effective Routing Protocol for Real Time Video Transmission over Mobile Ad- Hoc Networks" 350 IEEE Region 8 SIBIRCON-2010, Irkutsk Listvyanka, Russia, July 11 - 15, 2010.
15. Fall and K. Varadhan. (2007, Aug.) The ns manual (formerly known as ns notes and documentation). [Online]. Available: http://www.isi.edu/nsnam/ ns/ns-documentation.html ".
16. Using EvalVid in NS2 http://140.116.72.80/~smallko/ns2/Evalvid_in_NS2.htm
17. ffmpeg, http://ffmpeg.sourceforge.net/index.php
18. K.Gorantala," Routing Protocols in Mobile Ad-hoc Networks", June 15, 2006, Master's Thesis in Computing Science, 10 credits Supervisor at CS-UmU. ttp://www.mendeley.com/research/routing-protocols-mobile-adhoc-networks/
19. S.Mueller1, Rose P. Tsang2, and Dipak Ghosal1," Multipath Routing in Mobile Ad Hoc Networks:Issues and Challenges_". Sandia National aboratories, CA,USA.2004
20. Ze-Nian Li, Mark s.Drew," Fundamentals Of Multimedia" ,Pearson Education International ,2004.
21. Dajiang He, Charles Q. Shen, Simulation Study of IEEE 802.11e EDCF", http://www.ist-mobydick.org ,2000.
22. Y. Lin and V. W. Wong, "Saturation Throughput of IEEE 802.11e EDCA Based on Mean Value Analysis, " in Proc. IEEE WCNC '06, April 2006.

تاريخ ورود البحث إلى مجلة جامعة دمشق 2011/12/4