مجلة جامعة طرطوس للبحوث والدراسات العلمية _ سلسلة العلوم الهندسية المجلد (6) العدد(12) 2022
Tartous University Journal for Research and Scientific Studies - engineering Sciences Series Vol. (6) No. (12) 2022

تحسين جودة نقل الفيديو في الشبكة من خلال تقليل معدل خسارة البيانات لدعم التعليم الالكتروني

د. م. لبنى علي*

(تاريخ الإيداع 2022/9/19 . قُبِل للنشر في 2022/12/21)

□ ملخّص□

إن استخدام الشركات للفيديو متعدد الأشكال، فأحيانًا يستخدم كمنتج أو لبيع أو تسويق منتج آخر، وأحيانًا للتدريب والتعلم أو الاتصالات.

مهما كان الدافع أو نموذج العمل فإنه من المهم أن يكون نقل مقاطع الفيديو عبر شبكة الانترنت أكثر فعالية وكفاءة كي نحصل على تجربة مشاهدة ناجحة. تعمل عوامل متعددة مثل البدء البطيئ لتشغيل الفيديو ومقاطع الفيديو ذات الجودة الرديئة، على فشل تجربة المستخدم وتقليل وقت وعدد المشاهدات لهذه الفيديوهات.

نظراً للفوائد المتعددة لاستخدام الفيديو في التعلم الإلكتروني وخاصة بظل انتشار الأوبئة فإننا نركز بهذا البحث على جودة خدمة نقل وتوصيل مقاطع الفيديو التعليمية التي من الممكن أن تستخدم من أجل تعويض الفاقد التعليمي. المحدد الأساسي الذي سيتم اختباره بهذا البحث هو نسبة خسارة نقل البيانات أثناء الارسال، العامل الذي يؤثر بشكل مباشر على جودة استخدام وتجربة هذه الخدمة من قبل المستخدم النهائي.

لتحقيق هذا الهدف سيتم اقتراح خوارزمية تعتمد عرض الحزمة المتاح لنقل البيانات بالشبكة في عملية التوجيه للحصول على كمية فقد أقل لبيانات الفيديو المرسلة، وللتحقق من نتائج البحث سيتم اختبار التجربة ببيئة الشبكات المعرفة برمجياً حيث سنقارن بين خوارزمية اختيار المسار الأقصر والخوارزمية المقترحة واقتراح التعديلات للوصول إلى النتائج الأفضل.

الكلمات المفتاحية: الشبكات المعرفة برمجياً، خوارزميات التوجيه، المسار الأقصر، جودة الخدمة، جودة التجربة.

*أستاذ مساعد في قسم هندسة تكنولوجيا المعلومات _ كلية هندسة تكنولوجيا المعلومات والاتصالات _ جامعة طرطوس

مجلة جامعة طرطوس للبحوث والدراسات العلمية _ سلسلة العلوم الهندسية المجلد (6) العدد(12) 2022
Tartous University Journal for Research and Scientific Studies - engineering Sciences Series Vol. (6) No. (12) 2022

Improving the video transmission quality in the network by reducing data loss rate in order to support e-learning

Dr. Lobna Ali *

(Received 19/9/ 2022 . Accepted 21/12/ 2022)

□ ABSTRACT

Using videos by Organisations is multi-function. Sometimes video used as a product or for selling or marketing goals, and sometimes for training, learning or communication.

Whatever was the motivation or the business model, it is important that the transmission of videos over the Internet be more effective and efficient in order to have a successful viewing experience. Various factors such as slow video playing start-up and poor videos quality, lead to user experience failure and reduce the number of views for those videos.

Due to the many benefits of using video in e-learning, especially in epidemics periods, this research focus on the quality of the transmission and delivery of educational videos that can be used to recompense the educational loss. The main factor that will be tested in this research is the loss percentage of data transmission, the factor that directly affects the video's quality use and experience of this service by the end user.

To achieve this goal, a new algorithm will be proposed. This algorithm depends on the available linkes' bandwidth in the network and rely on it for routing data to reduce the loss of transmitted video data.

Keywords: (SDN) Software-Defined Networking, Routing algorithm, Constrained Shortest Path First (CSPF), Quality Of Service, Quality Of Experience.

*Assistant Professor, Information Technology Engineering Department, Information and Communication Technology Engineering, Tartous University, Syria.

مقدمـة

أصبحت تقانة المعلومات والاتصالات إحدى أهم دعائم المجتمعات الحديثة والمؤشر الذي يدل على مدى تطور هذه المجتمعات، ونظراً لتأثير تقانة المعلومات والاتصالات على جميع قطاعات الحياة بكافة مستوياتها يناقش هذا البحث أهمية الحفاظ على مستوى جيد من الخدمة المقدمة من خلال الشبكة. وستكون الخدمة التي سيتم التركيز عليها هي خدمة نقل الفيديوهات الموجهة للتعليم الالكتروني من خلال شبكة الانترنت [1].

إن لاستخدام الفيديو بالتعلم عن بعد فوائد عديدة منها:

- تساعد مقاطع الفيديو في الحفاظ على تفاعل المتعلمين بشكل أفضل بكثير من أدوات تقليب الصفحات البسيطة
- مقاطع الفيديو سهلة الاستخدام للغاية ويستطيع المتعلمون تخزين المعلومات بسهولة
- تساعد مقاطع الفيديو في جذب الانتباه السريع وتعد رائعة لبناء علاقة جيدة مع المتعلمين.
- تساعد مقاطع الفيديو في تحسين تجربة التعلم الشاملة من خلال دعوة المتعلمين إلى التفكير والتحليل وإثارة المناقشات.
- المحاكاة، التي تُستخدم بشكل بارز في الدورات التدريبية يمكنها تحقيق الإمكانات الكاملة من خلال مقاطع الفيديو.

تتطلب تطبيقات الفيديو في شبكات الوسائط المتعددة مستوى جيد من جودة الخدمة من الشبكة، غالبًا ما تكون جودة الخدمة المطلوبة ممثلة بمعدل أقل لضياع البيانات وقيمة تأخير حزم البيانات التي تعبر الشبكة. وفقًا لذلك، إن تطوير خوارزميات التوجيه وموازنة الحمل يلعب دوراً مهما بضبط التأخير الزمني وكذلك بالحفاظ على نسبة ضياع مقبولة وغير ملحوظة من قبل المستخدم [2].

لكن استخدام الفيديو لأغراض التعلم الإلكتروني عن بعد ممكن أن يتأثر سلباً عندما تعاني شبكة الانترنت من انخفاض بمعدل جودة خدمات نقل وزمن إيصال هذه المقاطع. من هنا انطلقت فكرة هذا البحث الذي يعنى بموضوع المحافظة على تجربة مقبولة للمستخدم وتحافظ على درجة عالية من الرضى والولاء.

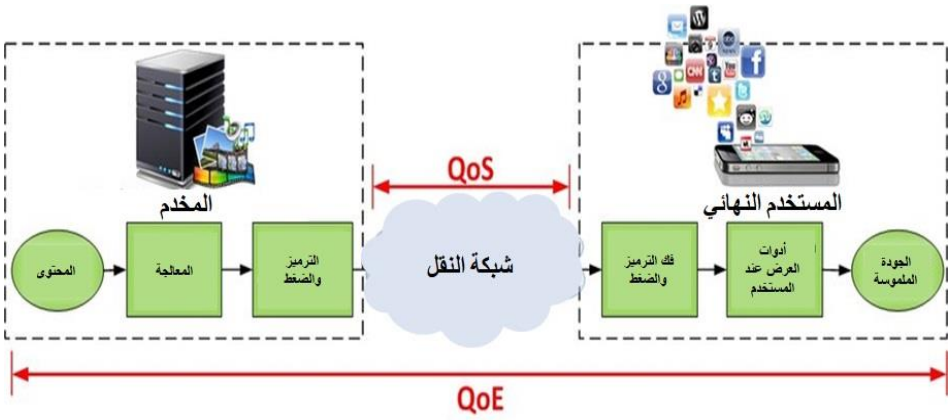
1. هدف البحث

تمثل خدمة توصيل الفيديو عبر شبكة الانترنت OTT (Over the top) ، تحديًا كبيراً في مجال استخدام الشبكات لنقل ملفات الوسائط المتعددة، لأن العملاء ومقدمي الخدمة ومقدمي خدمة الإنترنت المتعددين (ISPs:Internet Service Providers) المعنيين ليس لديهم رؤية شاملة لحالة الشبكة. في هذه الحالة، لا يستطيع مزود خدمة الفيديو الوصول إلى كل أطراف الشبكة ومعرفة حالة جميع المسارات لاختيار الأفضل الذي يوصله بالفعل إلى العميل.[2]

لذا يهدف هذا البحث إلى اقتراح نموذج يوفر جودة خدمة نقل وتوصيل مقاطع الفيديو التعليمية التي سيتم تناقلها بواسطة شبكة الانترنت، وذلك من أجل تحقيق أهداف متعددة منها الفائدة العلمية وهي الغاية الأساسية للتعلم عن بعد وكذلك إرضاء المستخدم النهائي لهذه الخدمات.

تتمحور تجربة المستخدم حول فكرتين، QoS (Quality of Sevice) ، أو جودة الخدمة، و QoE(Quality of Experience)، وهي جودة التجربة. على الرغم من ارتباط هذان المفهومان، إلا أنهما منفصلان يتم قياسهما واستخدامهما بطرق مختلفة تمامًا [3].

كما هو مبين بالشكل (1) تتعلق جودة الخدمة بشبكة النقل بين المرسل والمستقبل حيث أنه يمكن التعبير عن هذا النوع من الجودة بعدة معايير مقل سرعة نقل البيانات ومقدار فقد البيانات ونسبة الخطأ في ارسال الرزم زغيرها. أما جودة التجربة فهي تتعلق بالإضافة لما سبق ذكره عن جودة الخدمة بأداء المخدم وسرعة معالجته لطلبات الزبون وكذلك بالوسائل المستخدمة لإظهار المحتوى من جهة المستخدم النهائي.



الشكل (1): QoS مقابل QoE في تسليم محتوى الوسائط المتعددة [3]

النقاط الأساسية التي سيتم اختبارها بهذا البحث هي نسبة ضياع البيانات لملفات الفيديو.

لتحقيق هذا الهدف سيتم اقتراح خوارزمية تعتمد عرض الحزمة المتاح لنقل البيانات بالشبكة والاعتماد عليها في عملية التوجيه للحصول على كمية فقد أقل لبيانات الفيديو المرسلة، وللتحقق من نتائج البحث سيتم اختبار التجربة ببيئة الشبكات المعرفة برمجياً حيث سنقارن بين خوارزمية اختيار المسار الأقصر والخوارزمية المقترحة واقتراح التعديلات للوصول إلى النتائج الأفضل.

نعلم أن الشبكات المعرفة بالبرمجيات (SDN:Software defined Networks) هي بنية شبكة ناشئة تعد بتبسيط إدارة الشبكة، وتحسين استخدام مواردها، وتعزيز التطور والابتكار في الشبكات التقليدية [3].

أهم ما يميز الشبكات المعرفة برمجياً SDN أنها تعتمد مبدأ التجريد في طبقات الشبكة حيث أنها تعتمد على فصل مستوى التحكم (منطق الشبكة) من مستوى البيانات (أجهزة التوجيه والمحولات) وهذا يسمح بتطور كلا الطبقتين بشكل مستقل، ويوفر مرونة التصميم وإمكانية البرمجة مقارنة بهياكل الشبكة التقليدية [5].

من أجل التخفيف من مشاكل الزدحام في الشبكة وفقد البيانات، يستفيد مقدمو خدمة فيديو OTT اليوم من خوارزميات تحديد دقة معدل من جانب العميل حيث يقوم مشغل الفيديو تلقائيًا بضبط دقة الفيديو قبل بداية الإرسال وفقًا لظروف الشبكة. ومع ذلك، فإنه لا يحل السبب الجذري للازدحام.

على سبيل المثال، تقليل دقة الفيديو وإرساله وفق مسار التوجيه لن يمنع حدوث اختناق أو منع تعرض عقدة التسليم للخلل، وفي هذه الحالة لا يكون تغيير الدقة هو أفضل طريقة لتحسين جودة تجربة الفيديو .عندما يطلب العميل

مقطع فيديو، يتم تعيين عقدة توصيل قريبة جغرافيًا للعميل .على الرغم من أن خادم ذاكرة التخزين المؤقت الموجود بالقرب من العميل يوفر عادةً تسليمًا سريعًا، فمن الممكن أن تكون ظروف الشبكة غير مستقرة في الوقت الحالي .في مثل هذه الحالة، قد توفر نقاط التوصيل الأخرى البعيدة عن العميل تجربة دفق أكثر موثوقية [7].

2. طرائق البحث ومواده

نعلم أنه بمجرد توصيل العميل بعقدة توصيل في CDN (content delivery network) شبكات نقل المحتوى يتم تشغيلها بواسطة طرف ثالث، ولا توجد طريقة لمزود خدمة الفيديو لتتبع حالة تدفق الشبكة في الوقت الفعلي.

أيضًا، نادرًا ما يتم تبديل عقدة التسليم إلى عقدة أخرى أثناء التشغيل. وبالتالي إذا كانت حالة الشبكة غير مستقرة، فقد يعاني العميل من سوء الخدمة حتى نهاية وقت التشغيل. لذلك، حتى إذا دفع المستخدمون مقابل مقاطع الفيديو عالية الدقة، فيمكنهم في نهاية المطاف مشاهدة مقاطع الفيديو ذات نسبة فقد بالبيانات كبيرة ومعدل بت منخفض بسبب جانب الإنترنت ومشاكل الشبكة [6].

إن الأساليب التقليدية القائمة على الإعداد اليدوي للأجهزة معقدة وعرضة للخطأ، ولا يمكنها الاستفادة الكاملة من قدرات الشبكة، لذا فقد تم الاعتماد مؤخراً على الشبكات المعرفة بالبرمجيات SDN باعتبارها واحدة من أكثر الحلول الواعدة لمستقبل الأنترنت، فقد قدمت العديد من الميزات، وساهمت في حل العديد من المشاكل آتي عانت منها الشبكات التقليدية. [9] [8] وهو الأسلوب الذي سنستخدمه بهذه الدراسة.

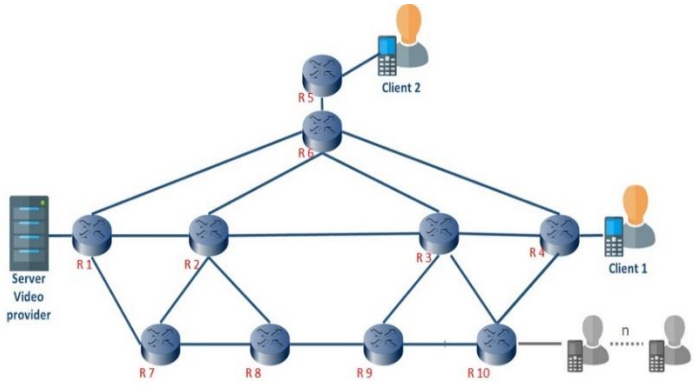
اعتمدت الدراسة العملية في هذا البحث على المحاكي Mininet الذي يسمح بإنشاء شبكة كاملة على جهاز واحد كما يشغل تعليمات برمجية حقيقية على أجهزة الشبكة الافتراضية ويعد المحاكي الأكثر كفاءة ودقة في مجال SDN

وقد استخدمت أداة iperf (Internet Performance Measurement tool) التي تستخدم لتوليد تدفقات البياناتّ وقياس الأداء.

قدمت هذه الدراسة اقتراحاً لتحسين أداء نقل ملفات الفيديو حيث سيتم اقتراح خوارزمية عمل تقوم باستقراء درجة انشغالية الوصلات بالشبكة بشكل مستمر والاعتماد على هذه النتائج بعملية التوجيه ولاختبار النتائج بقارنتها مع نتائج خوارزمية اختيار الطريق الأقصر (CSPF: Constrained Shortest Path First) [10] [11] المعروفة كآلية للتوجيه بالشبكات التقليدية.

3. بنية شبكة التجربة وسيناريوهات الاستخدام

إن الشبكة التي تم بناؤها مبينة بالشكل (2) وتتكون من المخدم الذي سيزود كل من الزبائن الأول والثاني بملفات الفيديو المطلوبة وفق عمل بنية مخدم وزبون أي أن الزبون أو المستخدم سيطلب خدمة وهي تشغيل ملف فيديو والمخدم سيزوده بهذا الملف. وقد تم ربط المستخدمين بالمخدم من خلال شبكة مؤلفة من عشرة موجهات. مجموعة من الزبائن عددها n الغاية من وجودها توليد تدفقات في الشبكة لا أكثر.



الشكل (2): بنية الشبكة المقترحة

من أجل توضيح آلية العمل سنقوم باعتماد حالتين:

الحالة الأولى: تم توليد اتصال بين المخدم والزبون رقم 1 وبعد فترة من الزمن تم توليد اتصال بين المخدم والزبون رقم 2 و تم استخدام بهذه الحالة خوارزمية اختيار الطريق الأقصر (CSPF: Constrained Shortest Path First) وتم حساب مدة تحميل الفيديو ونسبة الضياع بالبيانات.

الحالة الثانية: تم تطبيق خوارزمية خاصة بهذا البحث وهي الخوارزمية المبينة بالشكل (3) والتي تعتمد على الحصول على معلومات تحميل المسارات واختيار المسار الذي يمثل أعلى سعة متاحة وسيتم عرض خطوات عمل هذه الخوارزمية لاحقاً في هذا البحث.

بعد تطبيق كلا الحالتين تم بمقارنة النتائج بما يتعلق بنسبة ضياع البيانات من أجل سرعتي تدفق للبيانات، الأولى 5Mb/s وهي سرعة التدفق لإرسال ملفات الفيديو ذات الدقة 1080p أما الثانية فهي 2.5Mb/s وهي سرعة التدفق المعتمدة لإرسال ملفات الفيديو ذات الدقة 720p [12]. تم باختبار التجربة خلال زمن قدره 30 دقيقة اختيرت هذه القيمة بعد أن تمت ملاحظة أن مدة ملفات الفيديو التعليمية التي تتراوح بين 20–45 دقيقة وكان اختيار 30 دقيقة كقيمة وسطية لاكمال مشاهدة الفيديو.

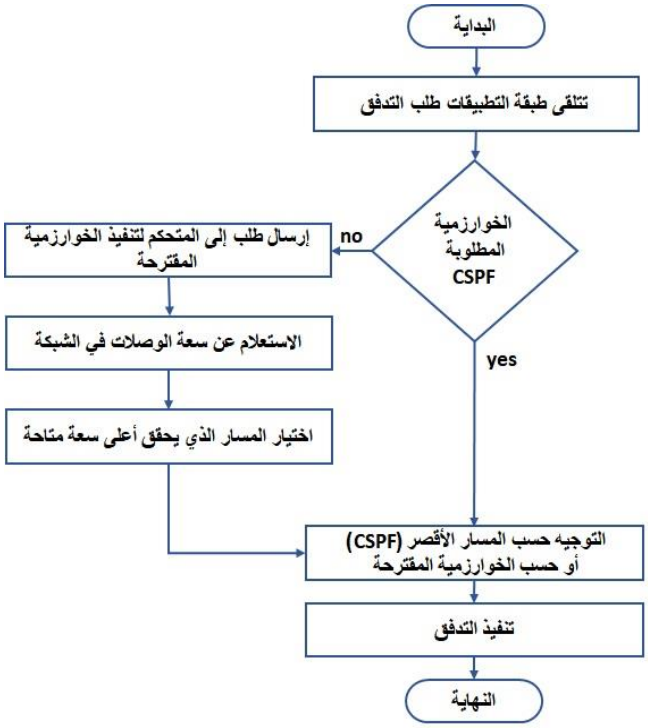
4. الخوارزمية المقترحة وسيناريوهات العمل

إن خوارزمية العمل المقترحة مبينة بالشكل (3). وتتلخص خطوات هذه الخوارزمية كما يلي:

بعد أن تتلقى طبقة التطبيقات طلب التدفق يتم اختبار آلية معالجة الطلب إذا كانت تعتمد على خوارزمية الطريق الأقصر فسيتم التوجيه حسب هذه الخوارزمية بالاعتماد على تحديد عدد القفزات والتوجيه إلى المسار الذي يحتوي عدد أقل من القفزات.

أما إن كانت آلية التوجيه بحسب الخوارزمية المطبقة بهذا البحث سيتم الاعتماد على السعة المتاحة للمسار (free bandwidth) واختيار المسار ذي السعة الأكبر. ويتم الحصول على المعلومات بارسال رسالة دورية من المتحكم إلى كل المبدلات تسمى (OFPPortStatsReques) طالباً إحصائية عن منافذ كل مبدل، واستخدمت المدة الدورية للطلب بهذا البحث دقيقتان. بعد الحصول على معلومات سعة الوصلات يتم حساب السعة المتاحة من عرض الحزمة واختيار المسار الذي يحقق سعة متاحة أكبر من عرض الحزمة إن الاختيار

بين تطبيق خوارزمية المسار الأقصر أو الخوارزمية المقترحة يتم من قبل المتحكم بعد تقدير محددات الأداء بالشبكة في كلا الحالتين.



الشكل (3): خوارزمية العمل المقترحة بالبحث

يشكل المتحكم controller الطبقة الوسطى ببنية الشكبات المقادة برمجياً وهو أساس تقنية SDN. لكن مع أن هذا المتحكم يمثل نظام تشغيل الشبكة ويؤمن الخدمات الأساسية مثل تحصيل معلومات الطبولوجيا والتعرّف على الأجهزة المتصلة إلا أنه غير قادر على تزويد معلومات عن سعة الوصلات بالشبكة.

الحصول على معلومات عن سعة الوصلة تم بالاستعانة بمكون المراقبة الخاص بطبقة التحكم حيث يستعلم بشكل دوري عن إحصائيات منافذ تجهيرات الشبكة ويحسب السعة الحرة من خلال عدد البايتات المرسلة على المنفذ خلال فاصل زمني معين.

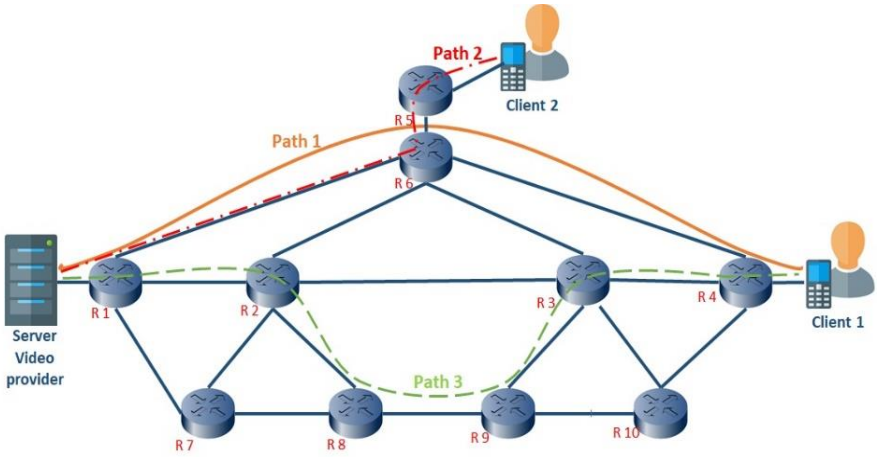
تبدأ تجربة البحث بالاتصال بين الزبون الأول والمخدم الذي بدوره يبدأ بإرسال البيانات إلى الزبون 1. بعد مرور 10 دقائق سيتم البدء بالاتصال بين الزبون الثاني والمخدم وستكون مدة هذا الاتصال 10 دقائق.

السيناريو الأول:

إرسال ملفات فيديو ذات دقة 1080p، مراقبة التدفق بين المخدم والزبون الأول وحساب نسبة فقد البيانات وسرعة الارسل بحال استخدام خوارزمية المسار الأقصر.

بهذه الحالة وكما يبين الشكل (4) وبعد تطبيق خوارزمية المسار الأقصر فقط في هذه الحالة (CSPF) سيقع الاختيار بالبداية على المسار الأول (path1) والمسار الثاني (path2) للتدفق بين المخدم والزبون الثاني لأن هذين المسارين يحتويان على عدد القفزات الأقل.

ستتم بعدها إعادة نفس التجربة من أجل دقة الفيديو 720 بيكسل.



الشكل (4): تشكيل المسارات في الشبكة

السيناريو الثاني:

استخدام الخوارزمية المقترحة الموضحة بالشكل السابق رقم (3)، بالبداية وبعد اختبار سعة الوصلات وقع اختيار المتحكم على المسار الأول (path1) لنقل البيانات بين المخدم والزبون الأول لكن وبعد بدء التدفق الثاني سيتم تغيير مسار تدفق البيانات بين المخدم والزبون الأول ليصبح المسار الثالث (path3) لأنه المسار ذي السعة الأقل. بعد مرور عشر دقائق سيعاود المتحكم استخدام المسار الأول للإكمال الاتصال بين الزبون الأول والمخدم. ستتم بعدها إعادة نفس الجربة من أجل دقة الفيديو 720 بيكسل.

إن الانتقال بين الخوارزميتين (المسار الأقصر أو المقترحة) يعتمد على مستوى الخدمة المطلوب بين المخدم والزبون وهذا ما يسمى عالمياً (SLA: Service Level Agreement) وهي اتفاقية تتم بين طالب الخدمة والمزود وبناء على العتبات المقترحة يتم اتخاذ القرار بانتقاء الخوارزمية المناسبة.

5. نتائج البحث:

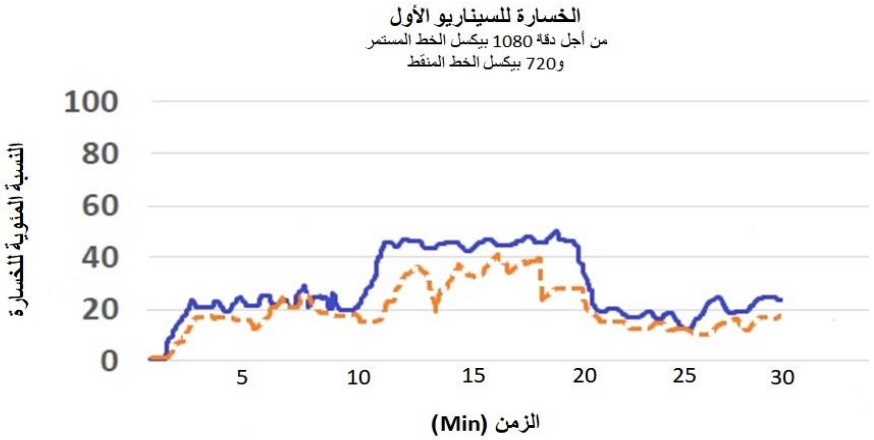
إن دراسة نسبة فقد البيانات للسيناريو الأول مبينة بالشكل (5). تبين النتائج أن نسبة الخسارة للبيانات تكون بالبداية بحدود وسطية 13% للدقة الأقل و22% للدقة الأعلى لكنها تزداد عند بداية الاتصال بين المخدم والزبون الثاني أي بعد مرور 10 دقائق على بداية الاتصال الأول لتصبح وسطياً بحدود 44% لملفات الفيديو ذات الدقة 1080 بيكسل وبحدود 28% لملفات الفيديو ذات الدقة 720 بيكسل وتستمر حتى الدقيقة 20 أي نهاية الاتصال الثاني. نجد أن هذه نتيجة منطقية للسيناريو الأول الذي يعتمد على خوارزمية المسار الأقصر.

وجب التنويه إلى أن نسبة خسارة البيانات (PLR:Packet loss rate) يتم حسابها باستخدام المعادلة التالية:

$$\mathrm{PLR} = \frac{N^{tx} - N^{rx}}{N^{tx}} \times 100\,\%$$

حيث تمثل N^{tx} العدد الكلي للرزم المرسلة خلال فترة زمنية معينة و تمثل N^{rx} العدد الكلي للرزم المستقبلة خلال نفس الفترة الزمنية.

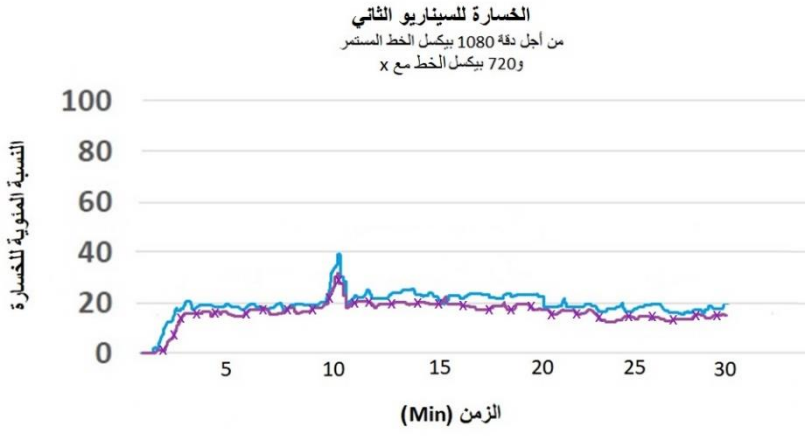
ووجب التنويه أيضاً إلى أن الفديو يتم تشغيله بشكل تدفقي (Streaming Video) أي أنه تتم مشاهدة الفيديو مباشرة دون تحميله من قبل المستخدم.



الشكل (5): نسبة فقد البيانات للسيناريو الأول

أما بالنسبة للسيناريو الثاني الذي يعتمد على الخوارزمية المقترحة بهذا البحث فإن النتائج مختلفة وهي بشكل عام وكما هو واضح من المنحني البياني في الشكل (6) أفضل من الحالة الأولى حيث أنه بالمقارنة مع الشكل (5) وبتطبيق السيناريو الثاني على نفس ملفات الفيديو وخلال نفس المدة الزمنية نجد أن نسبة الفقد بالسناريو الثاني أقل من الأول في فترة الازدحام.

تبين النتائج أن نسبة الخسارة للبيانات تكون بالبداية متشابهة مع السيناريو الأول لكن في هذه الحالة وعند بداية الاتصال بين المخدم والزبون الثاني أي بعد مرور 10 دقائق على بداية الاتصال الأول ترتفع نسبة الخسارة لحظياً لتصل إلى ما يقارب 40% لملفات الفيديو ذات الدقة 1080 بيكسل وبحدود 30% لملفات الفيديو ذات الدقة 720 بيكسل ثم تعاود هذه النسبة بالانخفاض لتحقق وسطياً 26% لملفات الفيديو ذات الدقة 1080 بيكسل وبحدود 18% لملفات الفيديو ذات الدقة 720 بيكسل وتستمر حتى الدقيقة 20 أي نهاية الاتصال الثاني.



الشكل (6): نسبة فقد البيانات للسيناريو الثاني

6. الاستنتاجات والتوصيات

قمنا في هذا البحث باقتراح حل لتقليل خسارة البيانات لملفات الفيديو المرسلة عن طريق الانترنت. لاختبار هذا المقترح استخدمنا سيناريوهين للعمل الأول يعتمد على خوارزمية اختبار المسار الأقصر فقط والثاني يعتمد على الخوارزمية المقترحة.

لاحظنا بعد التطبيق على بيئة العمل البرمجية ولنوعين من دقة ملفات الفيديو تحسناً ملحوظاً بنسبة خسارة البيانات حيث أنه بالنسبة للسناريو الأول كانت نسبة الفقد وسطياً خلال فترة الارسال الكلية 33% لملفات الفيديو ذات الدقة 1080 بيكسل، بينما من أجل ملفات الفيديو ذات الدقة 720 بيكسل كانت وسطياً الخسارة خلال كامل فترة الارسال 24%.

أما بالنسبة للسناريو الثاني فقد كانت نسبة الفقد وسطياً خلال فترة الارسال الكلية 25% لملفات الفيديو ذات الدقة 1080 بيكسل، بينما من أجل ملفات الفيديو ذات الدقة 720 بيكسل كانت وسطياً الخسارة خلال كامل فترة الارسال 16%.

أي أننا حققنا تحيسن بعدل خسارة البيانات بقدار 8% لملفات الفيديو ذات الدقة الأعلى والأقل على حد سواء من المؤكد أن هذه النسبة ممكن أن تتغير حسب طبولوجيا الشبكة بشكل علم إلا أنها بجميع الأحوال ستكون أفضل.

ذكرنا ببداية هذا البحث أن معايير جودة نقل ملفات الفيديو تتعلق بمقدار فقد البيانات، ناقشنا بهذا البحث موضوع خسارة البيانات على أن يتبع ببحث آخر يناقش سرعة تدفق البيانات وطرق تحسينها.

8. المراجع العلمية

[1]. A. Timothy., Elearningindustry, E-journal 2015.

[2]. J. Guck., A. Van Bemten., M. Reisslein., W. Kellerer., Unicast QoS routing algorithms for SDN: A comprehensive survey and performance evaluation. IEEE Communications Surveys & Tutorials, 20(1), 388-415. (2020).

[3]. R. Trestian., L. Comsa., M. Tuysuz., IEEE Communications Surveys & Tutorials, PP(99), 2018

[4]. W. Braun and M. Menth, ‘‘Software-defined networking using Open- Flow: Protocols, applications and architectural design choices,’’ Future Internet, vol. 6, no. 2, pp. 302–336, 2014.

[5]. M. Alsaeedi., M. Mohamad., A. Alroubeiey., “Toward Adaptive and Scalable OpenFlow-SDN Flow Control: A Survey” IEEE open access journal VOLUME 7, 2019.

[6]. H. Nam., K. Kim., D. Calin., and H. Schulzrinne., “Towards Dynamic Network Condition-ware Video Server Selection Algorithms over Wireless Networks,” Department of Computer Science, Columbia University, Tech. Rep. cucs-001-14, Jan. 2014.

[7]. M. Golchi., H. Motameni., “Evaluation of the improved particle swarm optimization algorithm efficiency inward peer to peer video streaming”, Computer Networks, Elsevier, Volume 142, Pages 64-75, 2018.

[8]. W. Xia., Y. Wen., C. Foh., D. Niyato., H. Xie., “A survey on software-defined networking”. IEEE Communications Surveys & Tutorials, 17(1), 27-51. (2014).

[9]. A. Loubna., “Improving of the performance quality parameters of distributed networks management by using the mobile agent” Tartous university journal, Volume 1/1, 2017.

[10]. D. Hong., C. Hong., G. Lee., “M-CSPF A scalable CSPF routing scheme with multiple QoS constraints for MPLS traffic engineering”, Etri Journal 27(6):733-746, 2005.

[11]. Huawei Technologies., “HUAWEI NE20E-S Universal Service Router”, Issue 01. 2018.

[12]. E. Dedu., W. Ramadan., J. Bourgeois., “A taxonomy of the parameters used by decision methods for adaptive video transmission, Multimedia Tools and Applications” 74(9) 2013.