مجلة جامعة تشرين للبحوث والدراسات العلمية _ سلسلة العلوم الهندسية المجلد (38) العدد (6) 2016
Tishreen University Journal for Research and Scientific Studies - Engineering Sciences Series Vol. (38) No. (6) 2016

بروتوكول سماحية عطل جديد في الشبكات التطبيقية متعددة البث

د. مثنى القبيلي•
د. بشرى معلا••

(تاريخ الإيداع 9 / 8 / 2016. قُبِل للنشر في 29/ 11 / 2016)

□ ملخّص □

تميّزت الشبكات التطبيقية متعددة البث بسهولة انتشارها ، فهي لا تتطلب أي تغيير في طبقة الشبكة، حيث يتم إرسال البيانات في هذه الشبكة عبر شجرة التغطية المبنية باستخدام الاتصال أحادي البث بين العقد النهائية، والذين هم مضيفون أحرار يمكنهم الانضمام والمغادرة متى أرادوا ذلك، أو حتى المغادرة دون إعلام أية عقدة بذلك . يسبب ذلك انفصال العقد الأبناء لعقدة مغادرة عن الشجرة، وطلب إعادة الانضمام، بمعنى آخر ستنفصل هذه العقد عن شجرة التغطية ولا يمكنها الحصول على البيانات حتى تنضم من جديد. مما يتسبب بحدوث الفوضى ضمن الشجرة المبنية، وضياع العديد من رزم البيانات والتي يمكن أن تؤثر بشكل كبير على المستخدم.

أحد التحديات الرئيسة في بناء بروتوكول شبكة تطبيقية متعدد البث ذو كفاءة وفعالية هو توفير آلية لمواجهة الخروج المفاجئ لعقدة ما من شجرة التغطية دون التأثير الكبير على أداء الشجرة المبنية. وهو ماسنعتمده في هذا البحث من خلال اقتراح بروتوكول جديد لحل المشاكل المذكورة سابقاً.

الكلمات المفتاحية: الشبكات التطبيقية متعددة البث، شجرة التغطية، سماحية الأعطال، التقريب التفاعلي، التقريب الاستباقي.

• أستاذ مساعد، قسم هندسة الاتصالات والالكترونيات، كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية، جامعة تشرين، اللاذقية ، سورية .
•• مدرسة، قسم هندسة الاتصالات والالكترونيات، كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية، جامعة تشرين، اللاذقية ، سورية

مجلة جامعة تشرين للبحوث والدراسات العلمية _ سلسلة العلوم الهندسية المجلد (38) العدد (6) 2016
Tishreen University Journal for Research and Scientific Studies - Engineering Sciences Series Vol. (38) No. (6) 2016

A New Fault Tolerance Protocol in Application-Level Multicast Networks

Dr. Mothanna Alkubeily •
Dr. Boushra Maala ••

(Received 9 / 8 / 2016. Accepted 29 / 11 / 2016)

□ ABSTRACT □

Application-Level Multicast Networks are easy to deployment, it does not require any change in the network layer, where data is sent to the network via the built-up coverage of the tree using a single-contact transmission of the final contract, who are the hosts are free can join / leave whenever they want it, or even to leave without telling any node so. Causing the separation of the children of the leaved node from the tree, and the request for rejoin, in other words, these nodes will be separated from the overlay tree and cannot get the data even rejoin. This causes the distortion of the constructed tree, and the loss of several packets which can significantly impact the user.

One of the key challenges in building a multi-efficiently and effectively overlay multicast protocol is to provide a robust mechanism to overcome the sudden departure of a node from the overlay tree without a significant impact on the performance of the constructed tree. In this research, we propose a new protocol to solve problems presented previously.

Keywords: Application-Level Multicast, Overlay Tree, Fault Tolerance, Reactive Approaches, Proactive Approaches.

•**Asistant Professor, Departement of Communication and Electronics, Faculty of mechanical and electrical engineering, Tishreen University, Lattakia, Syria.**
••**Instructor, Departement of Communication and Electronics, Faculty of mechanical and electrical engineering, Tishreen University, Lattakia, Syria.**

مقدمة:

تعد الشبكات التطبيقية متعددة البث ((Application–Level Multicast or Overlay Multicast (ALM) أحد أهم الحلول المقترحة في الوقت الحالي لتلافي صعوبة اعتماد نماذج البث المجموعاتي على طبقة الشبكة وذلك للحاجة لتجهيزات تدعم هذه التقنيات، إضافة إلى الحاجة لإدارة هذه التجهيزات بما يتوافق ومتطلبات البث المجموعاتي على طبقة الشبكة[1]، والذي تزداد صعوبته خاصة مع عائدية هذه التجهيزات لجهات متعددة وخاصة عند اعتماد البث المجموعاتي على شبكة الانترنت[2].

تعمل الشبكات التطبيقية متعددة البثفي طبقة التطبيقات كبديل فعال واعد لمواجهة مشاكل عدم انتشار شبكات البث المجموعاتي [3]. الفكرة الأساسية لـ ALM هي بناء شجرة تغطية بين كل عقد المجموعة في أعلى الشبكة الفيزيائية، ويتم بعد ذلك نقل البيانات أو المعطيات بين العقد باستخدام البث الأحادي unicast من خلال هذه الشجرة. لهذه التقنية العديد من المزايا مقارنةً بالبث المجموعاتي: أولاً سهولة الانتشار، حيث لاتتطلب أي تغيير في مستوى طبقة الشبكة،ويتم إدارة الانضمام إلى المجموعة، وتكرار وإرسال رزم البيانات وصيانة الحالة ضمن الجلسة من قبل الأعضاء أنفسهم وليس هناك أي حاجة لأي دعم أو مساندة خاصة من الموجهات التي لاتلعب أي دورٍ خاص في بروتوكولات ALM. اعتماداً على تقنية البث الأحادي، تستطيع بروتوكولات ALM الاستفادة من قدرات البروتوكولات في الطبقات الأدنى من أجل دعم الوثوقية، إدارة الازدحام والأمن، ...الخ حسب احتياجات التطبيق أو الخدمة المطلوبة. لذلك يمثل ALM حلاً وسطياً فعالاً بين فعالية البث المجموعاتي وسهولة انتشار اتصالات المجموعة.

أهمية البحث وأهدافه:

تعتمد بروتوكولات البث المجموعاتي على طبقة الشبكة لإيصال رزم المعطيات إلى أعضاء مجموعة البث المجموعاتي، وهنا تكمن مشكلة اعتماد هذه البروتوكولات على الجهاز المستخدم لمعلومات البث والذي يمكن اعتباره في معظم الحالات جهاز حاسوب عادي يعاني من حالات الفشل بمعدل أعلى بكثير من تجهيزات الشبكة المخصصة والتي بمعظمها ذات معدلات استقرار أكبر بكثير.

لذا تم اقتراح الشبكات التطبيقية متعددة البث والتي تعملفي طبقة التطبيقات بهدف حل المشكلة السابقة. وعلى الرغم من إيجابيات هذه الشبكات وحلها للعديد من المشكلات لكنها تعاني بشكل جزئي من حالات فشل أحد الأعضاء في المجموعة، وخصوصاً البروتوكولات التي تعتمد على البنى الشجرية لتبادل المعطيات، وتزداد هذه المشكلة أهميةً عن استخدام هذه البروتوكولات في تطبيقات الزمن الحقيقي.

تم إيجاد مجموعة من الآليات التي اقترحت لحل مشكلة الفشل وسماحية الأعطال Fault Tolerance ولكن معظمها كانت تعتمد الحل على حساب فعالية شجرة التغطية المبنية، وهنا تكمن فكرة البحث وهدفه الرئيس هو إيجاد آلية لتخفيض الفاقد في رزم المعلومات المرسلة لأقل مستوى ممكن مع المحافظة على فعالية شجرة التغطية.

طرائق البحث ومواده

تم تهيئة المحاكاة باستخدام مخططات مستوية عشوائية Random flat graphs وباستخدام نسخة معدلة من خوارزمية واكسمان Waxman مكتوبة باستخدام مكتبة الشبكات في بايثون NetworkX Python library[1]. يتم

[1]https://networkx.lanl.gov/wiki

إضافة الوصلات بين العقد باستخدام النموذج الاحتمالي Probabilistic Model مع معدلات تأخير زمني عشوائية لهذه الوصلات وبخصائص مشابهة لشبكة الانترنت. قمنا باستخدام نموذج الميروث–عمار الموضح في [4,5] من أجل توليد جلسات شبكة تطبيقية متعددة البث ديناميكية حقيقية.

1. الشبكات التطبيقية متعددة البث

اعتمدت النماذج الأولية لشبكات البث المجموعاتي على الطبقات الدنيا من الشبكة،مما احتاج إلى دعم خاص من قبل التجهيزات الشبكية، من حيث الوصلات وعددها وشكلها الطبولوجي. وبرزت مع ازدياد عدد تجهيزات الشبكة وامتدادها الجغرافي، مشكلات تتعلق بصعوبة الإدارة وتحقيق التوافق، فتم اقتراح ما يسمى بالشبكات التطبيقية متعددة البثApplication Level Multicast Networks والتي لا تحتاج لأي دعم من قبل التجهيزات [6]، بحيث تستفيد من مكدس بروتوكولات الطبقات الدنيا في حل المشكلات الخاصة بالبنية الفيزيائية للشبكة ومشاكل التوجيه، والوثوقية.

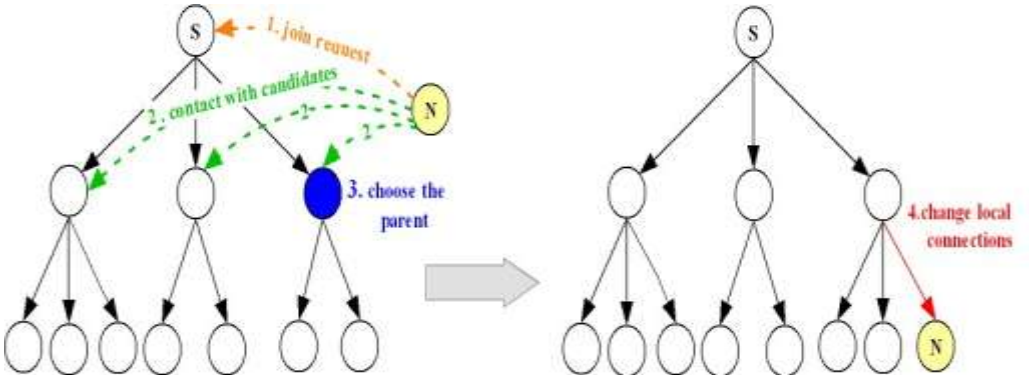
تعتمد هذه البروتوكولات بشكل أساسي على تشكيل اتصالات الند–للند Peer–to–Peer بين أعضاء مجموعة البث والتي تنتظم بدورها بعد تشكيل الاتصالات بعدة هيكليات (بحسب البروتوكول المستخدم) لتقوم فيما بينها بالإرسال المتعدد للرسالة. مما يزيد على بعض المستقبلات أعباء تتعلق بتوجيه الرزم إلى مجموعة من المستقبلات الأخرى المتصلة معها، وهنا برزت بعض العقبات التي تواجهنا في شبكات ALM المتعلقة بالآثار الناتجة عن الطبيعة الديناميكية للعقد (المستقبلات). وتبرز هذه الطبيعة في عمليتي الانضمام والمغادرة [6, 7]

1.1 عملية الانضمام Join Process:

والذي يتضمن المراحل الآتية كما هو موضح في الشكل (1):

I. إرسال رسالة طلب انضمام إلى المصدر (Rendez–vous Point: RP).
II. البحث عن آباء مرشحين(Candidate parents) لاختيار الأب المناسب من بينهم.
III. تحديد الأب الأكثر ملائمة من بين الآباء المرشحين.
IV. تغيير الوصلات محلياً.

طبعاً تختلف هذه المراحل حسب إن كان البروتوكول المستخدم مركزياً أو موزعاً، ففي الخوارزميات المركزية تتولى العقدة المركزية RP مسؤولية حساب الموقع المثالي للعقدة الجديدة وتخبرها بالأب المناسب لتنضم إليه مباشرةً. أما في النمط الموزع فيقتصر دور العقدة المركزية على إرسال قائمة الآباء المقترحين ويُترك للعقدة الجديدة مسؤولية اختيار الأب بناءً على البارامتر.



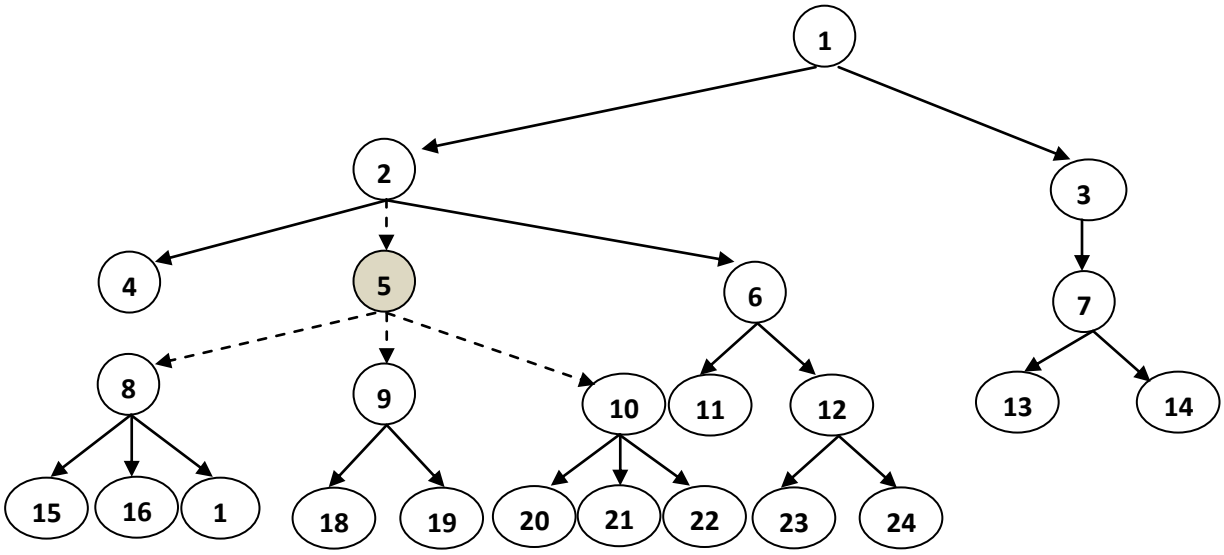
الشكل (1): الانضمام في الشبكات التطبيقية متعددة البث

1.2 عملية المغادرة Leave Process:

وهو مايمكن تصنيفه إلى حالتين:

1.2.1 مغادرة ناتجة عن عطل أو مغادرة فجائية (Crash/sudden failure): وهي التي تتم دون إعلام أحد، حيث تغادر العقدة شجرة التغطية (أو تقع في العطل) دون أن ترسل رسالة تعلم فيها العقد المتأثرة affected nodes بالمغادرة، وبذلك يتوجب على هذه العقد اكتشاف الفشل الذي حصل اعتماداً على بعض الآليات. وعند مغادرة عقدة وسطية من الشبكة فإن ذلك يؤدي إلى قطع الاتصال بشكل كامل عن كل العقد الأدنى المتصلة بهذه العقدة المغادرة وهو مايمكن تسميته بالعطل Fault الذي يؤدي إلى الفشل failure. ويتوجب على هذه العقد إعادة الانضمام إلى التطبيق من جديد، وهو مايسبب ضياعاً في رزم البيانات ابتداءً من زمن الانقطاع وحتى إعادة الانضمام. وفي حالة الجلسات عالية الديناميكية، فإن عملية إعادة تنظيم شجرة التغطية يمكن أن يكون مكلفاً جداً ويمكن أن يشوش عمل الجلسة وخصوصاً في حالة تطبيقات الوسائط المتعددة. فمثلاً عند مغادرة العقدة 5 ضمن الشكل (2)، فإن ذلك سيؤدي إلى قطع الاتصال عن عقدها الأبناء 22–15 ,10 ,9 ,8 والتي يجب عليها إعادة الانضمام إلى الشجرة من جديد لكي تستطيع الحصول على البيانات مرة أخرى، أي أنها ستخسر البيانات منذ لحظة الانقطاع وحتى إعادة الانضمام وسيكون مقدار الخسارة كبيراً تبعاً للتطبيق المدروس كما هو الحال في تطبيقات الزمن الحقيقي. لذا يجب عملياً البحث عن آلية لكشف العطل وأخرى للحد من تأثيره أو معالجة أشجار التغطية بطريقة تمنع حدوث أي عطل.

1.2.2 مغادرة طوعية (حميدة) (Graceful leaving): وهي أن تقوم العقدة التي تنوي المغادرة بإعلام العقد الأبناء والأحفاد والعقدة الأب أو الجذر (RP) بأنها ستغادر الشبكة. وهو مايعطي الفرصة لهذه العقد لإعادة تنظيم نفسها قبل مغادرة العقدة بشكل نهائي.



الشكل (2): تأثير العطل في شجرة الـ ALM

2. آليات اكتشاف العطل Failure Detection Mechanisms:

تم عملياً اقتراح طريقتين أساسيتين لكشف هذا النوع من الأعطال في هذه الشبكات.

2.1 طريقة رسائل الإنعاش Heartbeat Message Scheme:

تعتمد هذه الطريقة على فكرة أن كل عقدة تتبادل رسائل الإنعاش مع جيرانها كل z ثانية، وفي حال عدم تلقي إحدى العقد k رسالة إنعاش خلال الزمن z من العقدة المجاورة المحددة فإنها تعتبرها قد غادرت (أو فشلت) [8]، حيث أنz هو معامل تصميمي يمكن التحكم به، ويتم من خلاله تقييم أداء آلية تحديد الخطأ وعادة ما يؤخذ بمعدل ثلاث رسائل إنعاش كل خمس ثوان.

2.2 الطريقة التعاونية Cooperative Scheme:

تعتمد هذه الطريقة على تعاون جيران العقدة المدروسة مع بعضهم البعض كمجموعة، وبذلك تستطيع كل عقدة التوصل لاتخاذ القرار بشكل أسرع، وذلك لأنه في معظم الحالات تكون العقدة قادرة على تحديد فشل عقدة ما من خلال رسالة إنعاش واحدة بمساعدة العقد الأخرى التابعة لنفس المجموعة[9].

بمقارنة الطريقتين السابقتين نجد أن كلاً منهما تعتمد على رسائل الإنعاش، لكن الطريقة الثانية هي الأكثر استخداماً حيث أنها تقلل الزمن اللازم لتحديد المشكلة، كما أنها تزيد وثوقية النتيجة التي تم التوصل إليها عن طريق تشكيل المجموعات التعاونية[9].

3. تقريبات إعادة بناء شجرة التغطية ALM Tree Recovery Approaches:

وتقسم إلى قسمين:

3.1 التقريب التفاعلي Reactive Approach:

إن الأسلوب الاعتيادي للتعامل مع ضياع الرزم هو طلب إعادة إرسالها، وتدعى هذه الطريقة بطريقة الاستعادة العمودية أو طريقة المعالجة العمودية (Vertical Recovery)، حيث تبدأ العقد المتأثرة بالبحث لإيجاد آباء جدد لهم بعد اكتشاف مغادرة العقدة الأب [10,11].

3.2 التقريب الاستباقي Proactive Approach:

تعتمد بعض الأبحاث على الطريقة الاستباقية حيث تقوم كل عقدة وبشكل مسبق بوضع خطة إنقاذ قبل أن تتعرض للفشل أو أن تغادر الشبكة. وتتضمن هذه الخطة تحديد أب بديل، وفي حال حصلت المغادرة فعلاً، فإن كل عقدة من العقد المتضررة يمكنها أن تتواصل مباشرةً مع الأب البديل [18-12]. يتميز هذا التقريب بانخفاض الزمن اللازم لإعادة بناء الشبكة.

يمكن القول بأن جميع الطرق المقترحة سواء كانت تفاعلية أو استباقية قدمت حلولاً مختلفةً لمواجهة مشاكل الأعطال في الشبكات التطبيقية متعددة البث، ولكنها لم تستطع الجمع بين متحولين أساسيين متعاكسين وهما الأداء الجيد للشجرة بعد العطل وبين الزمن الأقصر للانقطاع، **لذا يتمثل هدفنا** بإيجاد تقنية جديدة تكون حلاً وسطياً بين التقريبات التفاعلية والاستباقية، أي تقليل المعلومات الضائعة بنتيجة المغادرة الفجائية وذلك دون التأثير على أداء الشجرة الجديدة. وباعتبار أننا سنقارن في محاكاتنا مع الخوارزمية التقليدية لبناء أشجار التغطية كمثال عن التقريب التفاعلي والتي تعد ذات أقل زمن تأخير وسطي على كامل الشبكة وأكبر معدل فاقد، وكذلك خوارزمية كوزوموتو كمثال عن التقريب الاستباقي باعتبارها ذات أعلى زمن تأخير وسطي وأقل فاقد. لذا سنتكلم تالياً عن الخوارزميتين المذكورتين ومن ثم سنضع اقتراحنا.

3.3 الطريقة التقليدية Traditional Scheme:

وفيها تختار العقدة الجديدة العقدة التي يكون لديها إمكانية من حيث عدد الأبناء fanout والتي تعطي أفضل تأخير زمني عقدة لعقدة انطلاقاً من المنبع كأب للعقدة الجديدة (best end-to-end delay (*source →parent* → *NM*))[19] ، ويتم استخدام هذه الخوارزمية في العديد من البروتوكولات.

عند مغادرة إحدى العقد فإن العقد المتأثرة ستكون مجبرة على إعادة الانضمام من جديد إلى شجرة التغطية، لذا فإن المشكلة التي تواجه هذه الطريقة هي ضياع العديد من رزم البيانات المرسلة إلى العقد المتأثرة من لحظة خروجها وحتى لحظة إعادة انضمامها من جديد، مما يسبب عدم استقرار الشجرة المبنية وفوضى في التطبيق سيما إن كان تطبيقاً من تطبيقات الزمن الحقيقي.

3.4 طريقة كوزوموتو وزملاؤه Kusumoto et al . Scheme :

في هذه الطريقة، تترك كل عقدة من عقد الشجرة عند بناء الشجرة واحداً من درجة خدمتها الأعظمية كطريق احتياطي من أجل استيعاب العقد المتأثرة في حال حدوث أي عطل [16]: Max _ fan _ Kusumoto = max _ fan - 1

أي تنضم العقد إلى الشجرة مع ترك كل عقدة لواحد من درجة خدمتها الأعظمية احتياطياً، ولذلك تكون فعالية الشجرة المبنية منخفضة. في حال حدوث أي عطل فإنه سيتم بناء الشجرة الجديدة بسرعة كبيرة، لكن تكمن مشكلة هذه الطريقة بقلة فعالية الشجرة المعاد بناؤها لأن كلاً من الأبناء يترك أيضاً واحداً من درجة خدمته حراً، لذا يزداد طول الشجرة باتجاه الأسفل، أي يزداد التأخير الزمني للشجرة.

4. البروتوكول المقترح:

يعتمد البروتوكول المقترح New Fault Tolerance Protocol (NFTP-ALM) على آلية مركزية استباقية حيث تعد العقدة المصدر أو RP هي العقدة المقدمة لاقتراحات الآباء الفعليين والاحتياطيين للعقد التي تريد الانضمام لشجرة التغطية، حيث تقوم العقدة التي تريد الانضمام لمجموعة البث بإرسال طلب انضمام إلى الـRP والتي تقوم بدورها بإرسال اقتراح أب فعلي وأب احتياطي يتمتعان بالميزات الآتية:

الأب الفعلي: هو أول عقدة تكون متاحة من ناحية عدد الأبناء الأعظمي Fanout في شجرة التغطية، وذلك للمحافظة على توازن الشجرة ما أمكن.

الأب الاحتياطي: وهو أول عقدة ذات عدد أبناء أقل من الـ Fanout من مستوى عقدة الأب الفعلية أو أدنى، ولا تنتمي لنفس الشجرة الفرعية التي ينتمي إليها الأب الفعلي.

لا تحجز هذه الخوارزمية مكاناً للأبناء الاحتياطيين لدى الآباء الاحتياطيين ولذلك لابد من أن تقوم الـ RP بإعلام العقدة الابن المتأثرة بانضمام عقدة جديدة، واقتراح أب احتياطي جديد لها في حال تم استخدام أبيها الاحتياطي كأب فعلي لعقدة منضمة حديثاً.

4.1 الانضمام:

في حال رغبت عقدة ما بالانضمام لمجموعة البث، فإنها ستقوم بالخطوات الآتية:

1 - ترسل العقدة الجديدة طلب انضمام إلى الـ RP.

2 - تقوم الـ RP بإرسال رد للعقدة الجديدة يتضمن عنوان الأب الفعلي المقترح والأب.

3 - تقوم العقدة الجديدة بطلب الانضمام إلى الأب الفعلي المقترح من قبل الـ RP .

4 - في حال كانت العقدة الأب الفعلي غير قادرة على تخديم العقدة الجديدة لبلوغها عدد الأبناء الأعظمي، تقوم بإرسال رسالة للعقدة الجديدة طالبة منها معاودة الخطوات من 1. أما في حال كانت قادرة فإنها ترسل تأكيد انضمام للعقدة الجديدة وتعلم الـ RP بتمام الانضمام.

5 - تقوم الـ RP حال استلامها لإعلام الانضمام بتثبيت العقدة الجديدة في جداولها وتقوم بالبحث لإيجاد العقدة المتأثرة بانضمام هذه العقدة الجديدة واقتراح أب احتياطي جديد لها.

6 - حال وصول تأكيد الانضمام للعقدة الجديدة والمتضمن قائمة بالأخوة ومعلومات عن الجد تقوم بحساب بعدها (RTT) عن الأخوة وعن الجد وعن الـ RP وترسل هذه المعلومات للعقدة الأب.

7 - عند استلام العقدة الأب لقياسات الـ RTT تقوم بدورها بقياس بعدها عن أبنائها وعن أبيها والـ RP وتقارن مجموع الأبعاد مع تلك المرسلة من العقدة الجديدة. في حال كان مجموع الأبعاد المرسلة من العقدة الجديدة أقل أي أن العقدة الجديدة تقدم حلاً أمثل للشجرة الفرعية، تقوم العقدة الأب بإرسال أمر دوران للعقدة الجديدة لتبادل الأدوار.

8 - تقوم العقدة الجديدة بوضع أبنائها الحاليين في قائمة أبناء مؤقتة وتقوم بوضع الأخوة إضافة للأب في قائمة الأبناء وتقوم بتوجيه رزم بث مجموعاتي إلى قائمة أبنائها المؤقتة بدل قائمة أبنائها الجديدة، كما ترسل طلب تحديث معلومات الأب والجد لأبنائها، وتعلم الأب باستعدادها للدوران وتضمّن قائمة بأبنائها الحاليين في رسالة الإعلام.

9 - عند استلام العقد الأبناء لرسالة تحديث الأب والجد تقوم بتخزين عنوان الأب الجديد في ذاكرة مؤقتة خاصة وتقوم بدورها بإرسال رسالة تحديث للجد للعقد الأحفاد.

10 - عند استلام العقدة الأب لإعلام الاستعداد للدوران تقوم بوضع أبنائها الحاليين في قائمة مؤقتة وتضع أبناء العقدة الجديدة المنضمة في قائمة أبنائها. وتقوم بتوجيه رزم البث المجموعاتي إلى قائمة أبنائها المؤقتة، وتعلمهم بضرورة تحديث معلومات الاب.

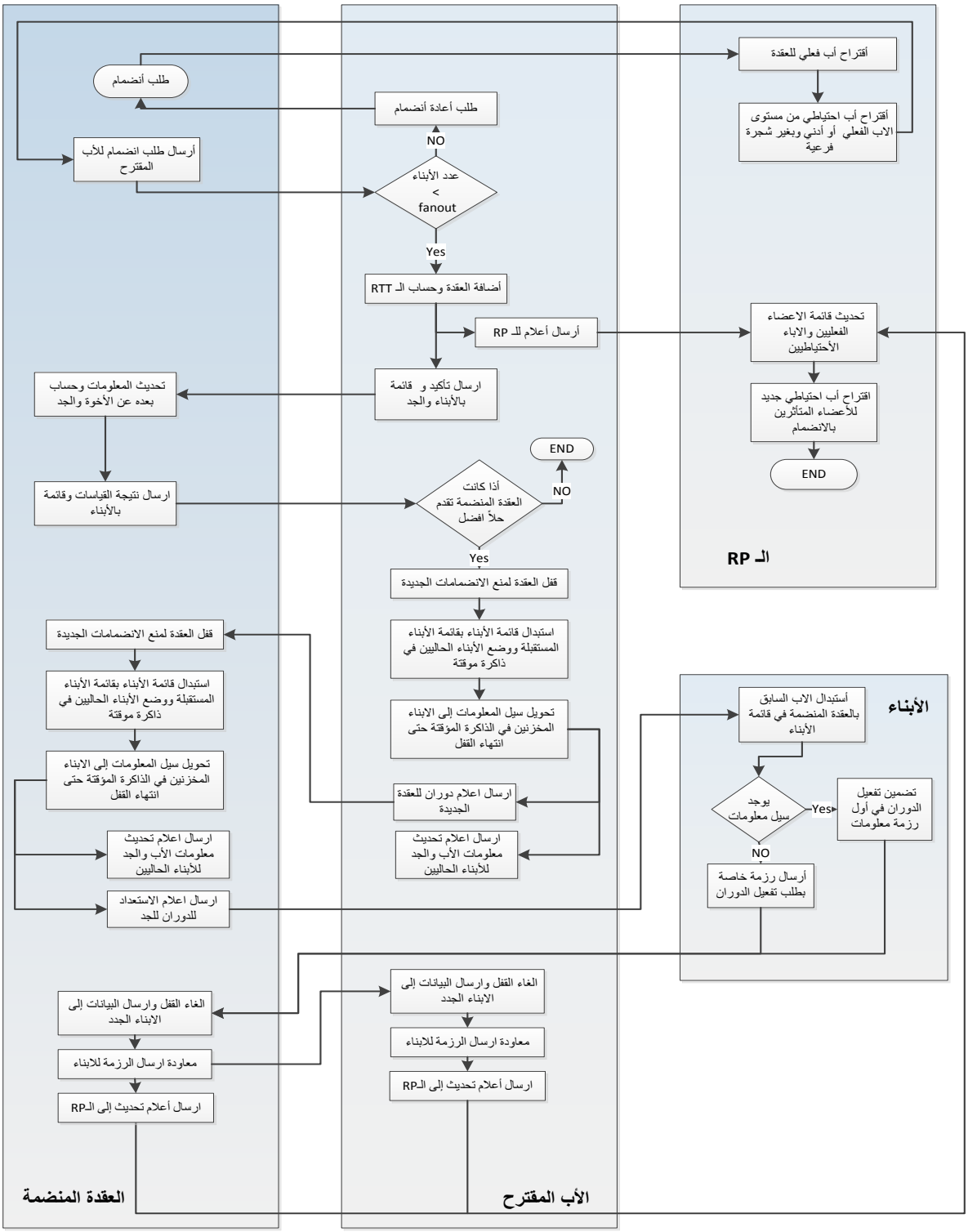
11 - تقوم العقد الأبناء بوضع معلومات الأب والجد الجديد في ذاكرة مؤقتة وتقوم بإعلام الأحفاد بضرورة تعديل معلومات الجد، والتي تقوم بدورها بوضع معلومات الجد الجديد في ذاكرة مؤقتة.

12 - عند التأكد من إعلام جميع العقد المتأثرة بالدوران بالمتغيرات تقوم العقدة الأب بإرسال رسالة إلى الجد (أب الشجرة الفرعية التي تقوم بالدوران) تعلمه بعنوان العقدة الجديدة والتي ستصبح أباً جديداً للشجرة الفرعية ليقوم باستبدال عنوان الأب القديم في قائمة أبنائه بعنوان العقدة الجديدة، وتضمين أول رسالة من الرزم المرسلة بعد هذا الإعلام بطلب تفعيل الدوران.

13 - تستلم الطلب أولاُ العقدة المنضمة حديثاً وتقوم بتعديل معلومات الأب والجد وحذف قائمة الأبناء المؤقتة وإعادة توجيه الرزم إلى قائمة الأبناء، أي إلى الأب القديم والأخوة القديمين ليقوموا بدورهم بتعديل معلومات الأب والجد وتقوم العقدة الأب القديمة بحذف قائمة الأبناء المؤقتة واعادة توجيه الرزم إلى قائمة الأبناء، والذين يقومون بدورهم باستبدال معلومات الأب والجد بالمعلومات الجديدة المخزنة في الذاكرة المؤقتة وإرسال الإعلام الى الأحفاد الذين يقومون بتبديل معلومات الجد مع الجد الجديد المخزن في الذاكرة المؤقتة. ومن ثم حذف الإعلام من رسالة البث المجموعاتي، لكي لا تؤثر على عمليات الدوران في المستويات الدنيا إن وجدت

تقوم كل عقدة بعد عملية الدوران بتحديث معلوماتها عند الـ RP وتحديث كل معلومات الأب الاحتياطي لكل العقد المتأثرة بعملية الدوران. عند بدء عملية الدوران تدخل الشجرة الفرعية بحالة قفل ويمنع انضمام أي عقدة جديدة لهذه الشجرة حتى انتهاء عملية الدوران. ويبين الشكل 3 المخطط التدفقي لآلية الانضمام للبروتوكول المقترح.

الشكل (3): المخطط التدفقي لآلية الانضمام للبروتوكول المقترح



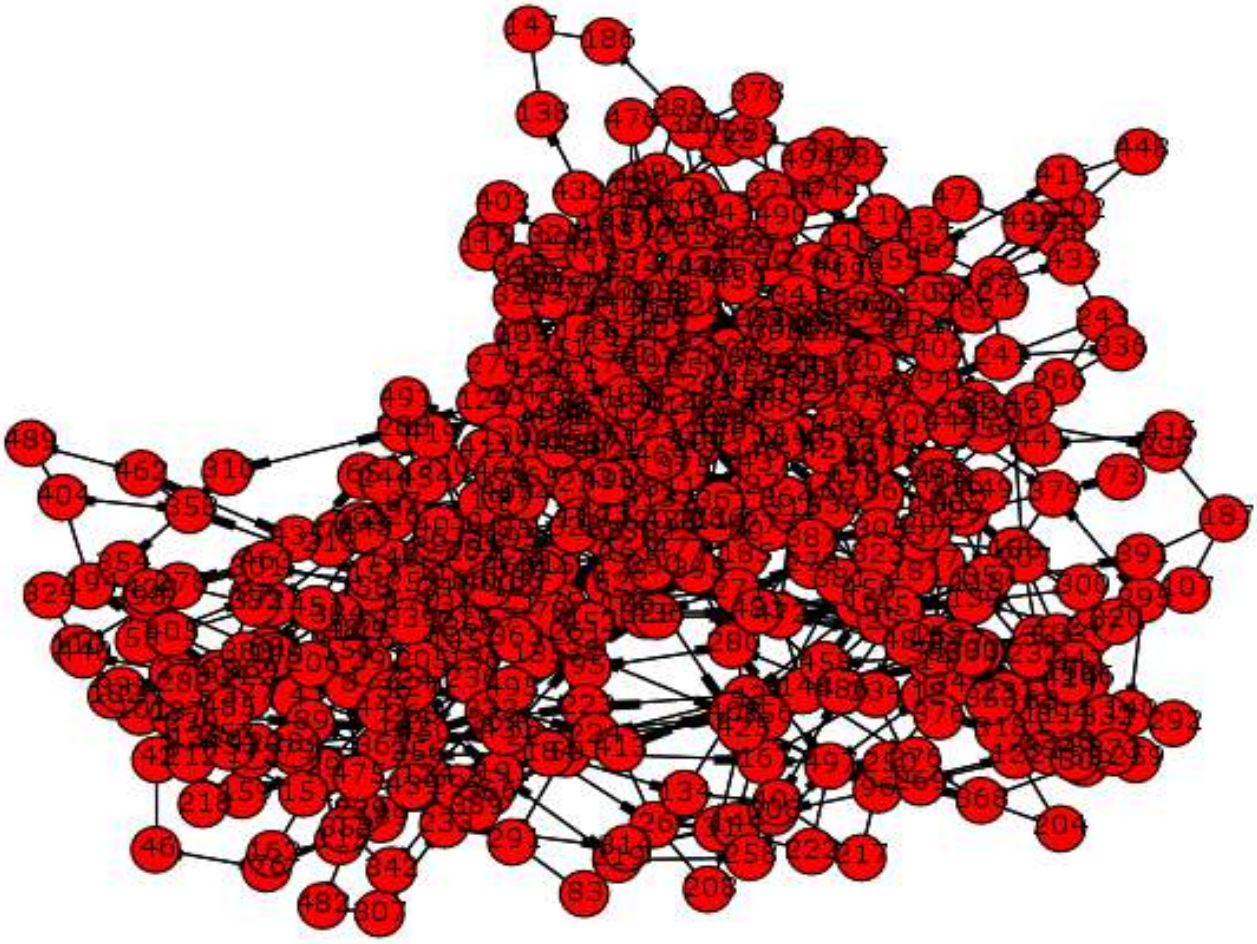
4.2 حالة فشل إحدى العقد:

عند اكتشاف عقدة ما لفشل عقدة أخرى من خلال أحد أبنائها (توقف رسائل الإنعاش لفترة زمنية معينة)، تقوم بإعلام الـRP والتي تقوم بإعلام كل أبناء العقدة الفاشلة بالعطل، لترسل الأخيرة بدورها طلب انضمام مباشر إلى والدها الاحتياطي المحدد مسبقاً. بعد انتهاء الانضمام إلى الأب الاحتياطي، تقوم العقدة المنضمة بعد الفشل ببدء عمليات دوران جديدة لترتفع بالمستوى في حال كانت تقدم حلاً أفضل للشجرة الفرعية المرتبطة بها.

5. النتائج والمناقشة

5.1 بيئة المحاكاة Simulation Environment

تم تهيئة المحاكاة كما ذكرنا باستخدام مخططات مستوية عشوائية Random flat graphs وباستخدام نسخة معدلة من خوارزمية واكسمان Waxman مكتوبة باستخدام مكتبة الشبكات في بايثون NetworkX Python library. من أجل محاكاتنا، تم استخدام مخططات بـ 500 عقدة ومع درجة عقدة متوسطة مكافئة لـ 3. كانت قيم تأخير الوصلة عشوائيةبين 1 و5 ميلي ثانية. ويبين الشكل (4) الشبكة المولدة باستخدام نموذج واكسمان.



الشكل (4): مخطط الشبكة المولد باستخدام نموذج Waxman.

تم دراسة 3 حالات في محاكاتنا: الطريقة التقليدية لبناء الأشجار في هذا النمط من الشبكات كمثال عن الطريقة التفاعلية، والبروتوكول Kusumoto كمثال عن الطريقة الاستباقية وبروتوكولنا المقترح.

5.2 البارامترات المحددة لأداء الشبكات التطبيقية متعددة البث

يوجد عدة بارامترات[20] تحدد أداء عمل الشبكات التطبيقية متعددة البث وسندرس منها:

5.2.1 عدد الرزم المُسقطة Number of Dropped Packets:

ويقيس استقرار شجرة التغطية، ويحسب بالعدد الكلي للرزم المسقطة خلال زمن المحاكاة الكلي وهو مايعطي مؤشراً عن مقدار المعلومات المفقود على طول فترة التطبيق.

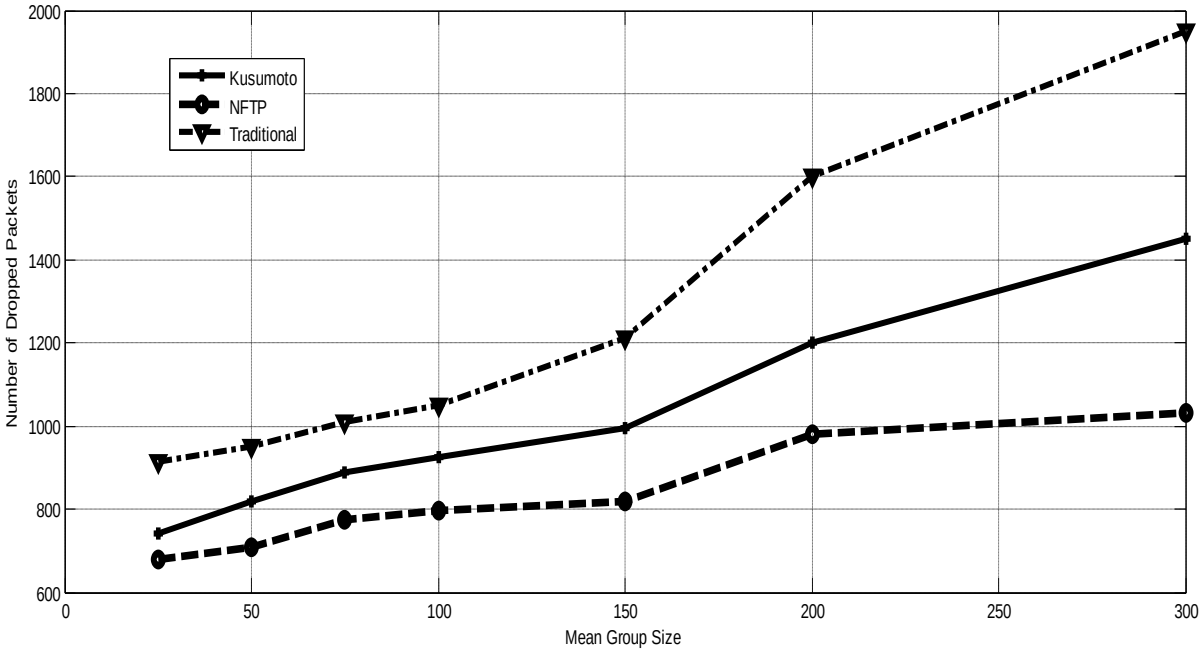
5.2.2 القيمة الوسطية للتأخير من نهاية إلى نهاية Mean End-to-End Delay:

وهو مجموع التكلفة (التأخير) لوصلات الشبكة انطلاقاً من المنبع باتجاه جميع العقد مقسوماً على عدد الوصلات. ويعطي هذا البارامتر مؤشراً عن فعالية الشجرة المبنية.

5.3 نتائج المحاكاة

5.3.1 عدد الرزم المُسقطة Number of Dropped Packets:

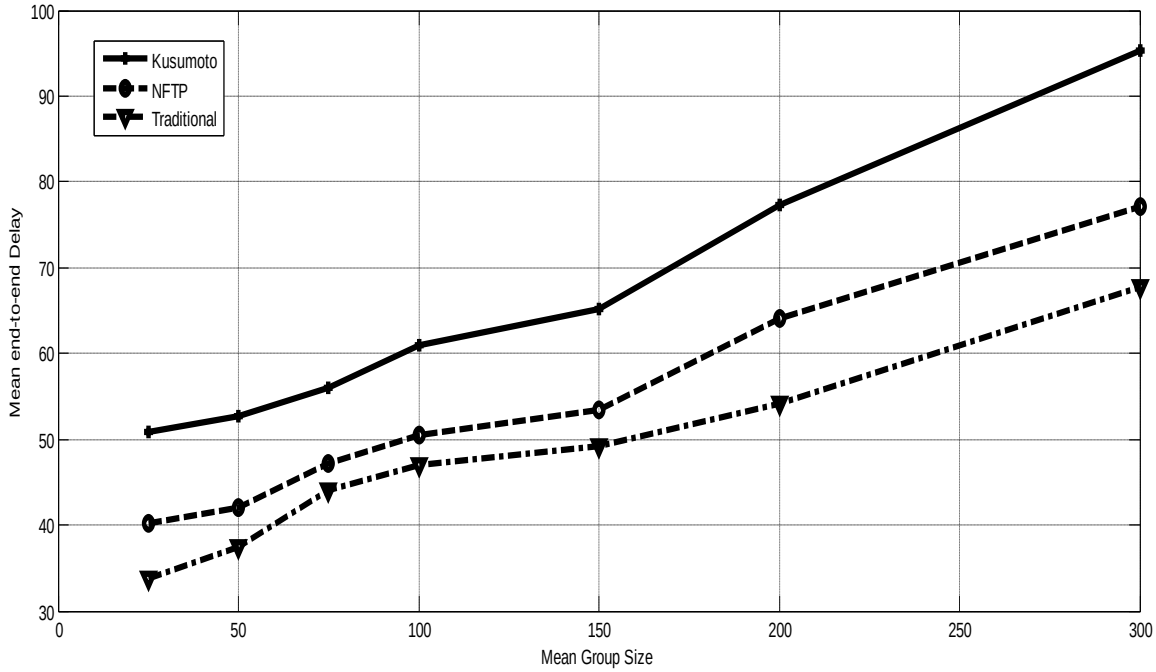
يبين الشكل (5) المنحنيات البيانية الممثلة لعلاقة عدد الرزم المفقودة مع عدد العقد في شجرة التغطية من أجل سيناريو متغير الحجم بين 25 و300 عقدة. نلاحظ من نتائج السيناريو المدروس أن عدد الرزم المفقودة يزداد في الخوارزمية المعيارية بشكل كبير مع ازدياد عدد العقد لحدوث ازدحام كبير عند تأثر عدد كبير من العقد بالفشل ومعاودة الانضمام. ويلاحظ أيضا أن الخوارزمية المقترحة قليلة التأثر بالفشل من حيث كمية الرزم المفقودة حيث أن الانضمام بعد الفشل يتم للأفرع المتأثرة في مستويات أدنى. لذا تتم عملية الانضمام قبل وصول سيل الرزم للأب الجديد للفرع، على عكس خوارزمية كوزوموتو التي تقوم بالانضمام في نفس مستوى العقدة المتعرضة للفشل مما يسبب ضياع عدد من الرزم قبل حدوث الانضمام.



الشكل (5): علاقة عدد الرزم المسقطة مع عدد العقد في شجرة التغطية.

4-3-2.القيمة الوسطية للتأخير من نهاية إلى نهاية Mean end to end delay:

يبين الشكل (6) المنحنيات البيانية الممثلة لعلاقة القيمة الوسطية للتأخير من نهاية إلى نهاية مع عدد العقد في شجرة التغطية. نلاحظ أن طريقة كوزوموتو تسبب تأخيراً أعلى من الذي تسببه الطريقة الكلاسيكية ومن البروتوكول المقترحوذلك بسببتوك واحد من درجة الخدمة الأعظمية لكل عقدة كطريق احتياطي، لذا ستمتد الشجرة طولاً. كما نلاحظ أن البروتوكول المقترح يقدم حلاً أفضل من خوارزمية كوزوموتو وذلك في أسوأ سيناريو حيث يحدث الفشل في بداية زمن الارسال حيث يتغير شكل الشجرة ليعطي شجرة اكثر تطاولاُ ولكن بفعالية أعلى كون الشجرة مرتبة بشكل أمثل عند التشكيل الأولي وسيقوم بعد إعادة الانضمام إثر الفشل بعمليات دوران لتحسن الأداء. فمثلاً من الشكل ومن أجل عدد عقد مقداره 200 عقدة نلاحظ أن طريقة kusumoto تسبب زيادة في القيمة الوسطية لل تأخير من نهاية إلى نهاية قدرها 42% مقارنة مع الطريقة الكلاسيكية، و20% مقارنة بالبروتوكول المقترح.



الشكل (6): علاقة القيمة الوسطية للتأخير من نهاية إلى نهاية مع عدد العقد في شجرة التغطية.

الاستنتاجات والتوصيات

قمنا في هذا البحث بـتعريف الشبكات التطبيقية متعددة البث،ومن ثم دراسة إحدى أهم عقبات هذا النوع من الشبكات والمتمثلة في الآثار الناتجة عن الطبيعة الديناميكية للعقد وكيفية مواجهة هذه المشكلة. ثم اقترحنا بروتوكول سماحية عطل جديد NFTP يهدف لتخفيض الفاقد في رزم البيانات المرسلة نتيجة مغادرة عقدة ما بشكل فجائي مع العمل على المحافظة على فعالية الشجرة المبنية. وقد أثبتنا من خلال إجراء المحاكاة أن:

1. تعد الطرائق الاستباقية الأفضل لمقاومة الأعطال في هذا النمط من الشبكات، لكنها عموماً تبني أشجار تغطية ذات مستوى أداء منخفض.

2. تعد الطرائق التفاعلية الأفضل من ناحية حفظ أداء الشبكة لكنها تتأثر بشكل سلبي من حدوث الأعطال في الشجرة.

3. يعد البروتوكول المقترح حالة وسطية بين الطريقتين السابقتين. حيث يخفض فاقد المعلومات بشكل جيد مع محافظته نوعاً ما على فعالية الشجرة المبنية.

لذا ينصح باستخدام بروتوكولنا المقترح في التطبيقات التي تتأثر بالأعطال وبضياع رزم البيانات كتطبيقات المؤتمرات المرئية والتعليم عن بعد وتطبيقات المهمة الحرجة Mission Critical التي تتأثر بشكل كبير بضياع رزم بيانات مرسلة.

المراجع

[1] WITTMANN,R. and ZITTERBART, M. "*Multicast Communication Protocols and Applications*". ISBN 1-55860-645-9. Morgan Kaufmann Publishers, (2001).

[2] EL-SAYED, Ayman. "*Application-Level Multicast Transmission Techniques Over The Internet*". PhD thesis, INRIA Rhne Alpes, March (2004).

[3] SHUKLA, Shubha and KOSTA, Akhilesh, "*A Relevant and Survivable Scheme for Application Layer Multicast Routing*", Department of Computer Science & Engineering K.I.T, Kanpur, India, vol.2, no.8, pp: 43-54, August(2013).

[4] ALMEROTH, K. and AMMAR, M."*Collecting and Modelling the Join/Leave behavior of Multicast Group Members in the MBone*". In 5th International Symposium on High Performance Distributed Computing (HPDC'96), pages 209–216, Syracuse, NY, USA, August (1996).

[5] ALMEROTH, K. and AMMAR, M."*Multicast group behaviour in the internet's multicast backbone (mbone)*". IEEE communications Magazine, 35:124-129, june (1997).

[6] ALKUBEILY, M. BETTAHAR, H., and BOUABDALLAH A. "*A New Application-Level Multicast Technique for Stable, Robust and Efficient Overlay Tree Construction*", In Computer Networks (ELSEVIER),55: 3332-3350, (2011).

[7] HUANG, Zhiy.PENG, Jinxiang. and ZHANG, Jian. "*The application level Multicast Technique Algorithms Oriented to P2P video*", Applied Mechanics and Material, vol.8, no. 303-306, pp: 2260-2264, January (2013).

[8] VAN RENESSE, R. MINSKY, Y. and HAYDEN, M. *"A gossip-style failure detection service, "* In:Proceeding of Middleware'98. 55–70 The Lake District, England. (1998).

[9] YANG, Mengkun and FEI, Zongming."*Cooperative Failure Detection in Overlay Multicast*," Journal of Parallel and Distributed Computing, vol. 67, Issue. 6, pp. 635-647, June (2007).

[10] DESHPANDE, H. BAWA, M. and GARCIA-MOLINA, H. *"Streaming Live Media over Peers,"*Technical Report 2002-21, Stanford University, Tech. Rep. 2002-21, Mar. (2002).

[11] YIU, W.-P. WONG, K. -F. CHAN, S. -H. WONG, W-C ZHANG, Q. ZHU, W-W. and ZHANG, Y-Q. "*Lateral Error Recovery for Media Streaming in Application-Level Multicast*," IEEE Transactions on Multimedia, 8(2): 219-232, April (2006).

[12] JIN, Xing.KEN YIU, W.-P. and GARY CHAN, S.-H. ''*Loss Recovery in Application-Layer Multicast*, '' *IEEE MultiMedia*, 15(1):18-27, (2008).

[13] YANG, Mengkun and FEI, Zongming.“*A Proactive Approach to Reconstructing Overlay MulticastTrees*” in proceedings of INFOCOM 2004, March. (2004).

[14] OKADA, Y. OGURO, M. KATTO, J.and OKUBO, S. *“A New Approach for the Construction of ALM Trees using Layered Video Coding*," in Proceedings of ACM Multimedia, Hilton, Singapore, November (2005).

[15] ZHANG, Xinchang.YANG, Meihong.GENG, Guanggang.LUO,Wanming. and LI, Xingfeng. “*A Two-Tiered Reliable Application Layer Multicast”*. Comput. Sci. Inf. Syst. 8(3): 909-929,(2011).

[16] KUSUMOTO, T. KUNICHIKA, Y. KATTO, J. and OKUBO, S. “*Proactive route maintenance and overhead reduction for application layer multicast*,” in: Joint International Conference on Automatic and Autonomous Systems/International Conference on Networks and Services (ICAS/ICNS), Papeete, Tahiti, October (2005).

[17] JEON, Jin-Han.SON, Seung-chul. andNAM, Ji-Seung. “*Overlay multicast tree recovery scheme using a proactive approach*,” Computer Communications 31: 3163–3168 ,(2008).

[18] YUE, J., and WU, C.“*A Trees-Mesh Based Application Layer Multicast Using Collaborative Sub-streams*”. In Proceedings of the Second International Conference on Future Networks, 29-33. China (2010).

[19] STACHOWIAK, Krzysztof.PAWLAK, Tytus and PIECHOWIAK, Maceij. “*Performance Evaluation of Multicast Overlay Routing Protocols*”, Image Processing & Communication, 17(1-2): 19-32, January (2013).