مجلة جامعة تشرين للبحوث والدراسات العلمية _ سلسلة العلوم الهندسية المجلد (37) العدد (6) 2015
Tishreen University Journal for Research and Scientific Studies - Engineering Sciences Series Vol. (37) No. (6) 2015

دراسة خوارزميات نشر العدوى الموجّهة المُستَخدَمة لتأمين الوثوقية في أنظمة النشر/الاشتراك

الدكتور غادي محمودي •
الدكتور علي العلي••
طارق سيجري•••

(تاريخ الإيداع 20 / 7 / 2015. قُبِل للنشر في 30/ 12 / 2015)

□ ملخّص □

تكتسب أنظمة النشر/الاشتراك أهمية متزايدة، ويعود ذلك أساساً إلى أنها تؤمن فك الارتباط الكامل بين الناشرين والمشتركين فيما يتعلق بالمكان والزمان والتزامن. يلقي هذا البحث نظرة على أنظمة النشر /الاشتراك وعلى خوارزميات نشر العدوى (وخصوصاً الموجّهة منها)، ويدرس أداء خوارزميات نشر العدوى الموجّهة المستخدمة لتأمين الوثوقية في أنظمة النشر /الاشتراك. باعتماد نظام Scribe والمحاكاة باستخدام برنامج OMNET++، تقيّم الدراسة خوارزمياتٍ مختلفةً لنشر العدوى الموجّهة آخذةً بعين الاعتبار تأثير عدة عوامل هي: عرض مجال الاستهداف، عدد الدورات، عدد العقد، ومعدل فقد الرزمة على كل من: الوثوقية، الحمل الزائد، والتأخير الوسطي.

الكلمات المفتاحية: نظام النشر/الاشتراك، خوارزميات نشر العدوى الموجّهة، الوثوقية.

• مدرس، قسم هندسة الاتصالات والالكترونيات، كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية، جامعة تشرين، اللاذقية، سورية .
•• أستاذ، قسم هندسة الاتصالات والالكترونيات، كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية، جامعة تشرين، اللاذقية، سورية .
••• طالب دراسات عليا (ماجستير)، قسم هندسة الاتصالات والالكترونيات ، كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية، جامعة تشرين، اللاذقية، سورية.

مجلة جامعة تشرين للبحوث والدراسات العلمية _ سلسلة العلوم الهندسية المجلد (37) العدد (6) 2015
Tishreen University Journal for Research and Scientific Studies - Engineering Sciences Series Vol. (37) No. (6) 2015

Studying of Directed Epidemic Algorithms Used to Ensure the Reliability of Publish/Subscribe Systems

Dr. Ghadi Mahmoudi •
Dr. Ali Al-ali ••
Tarek Sayjari •••

(Received 20 / 7 / 2015. Accepted 30 / 12 / 2015)

□ ABSTRACT □

Publish/Subscribe Systems become increasingly important, mainly because they provide a full decoupling between the publishers and the subscribers, with respect to space, time, and synchronization. This research presents an overview of publish/subscribe systems and epidemic algorithms (especially the directed ones), and studies the performance of directed epidemic algorithms used to ensure the reliability of publish/subscribe systems. Adopting Scribe system and simulation using OMNET++, the paper evaluates different directed epidemic algorithms by considering many factors: targeted range width, number of rounds, number of nodes, and packet loss rate, on each of: the reliability, overhead, and mean latency.

Keywords: Publish/Subscribe Systems, Directed epidemic algorithms, Reliability.

• **Assistant Professor, Department of Communication and Electronics, Faculty of mechanical and electrical engineering, Tishreen University, Lattakia, Syria.**
•• **Professor, Department of Communication and Electronics, Faculty of mechanical and electrical engineering, Tishreen University, Lattakia, Syria.**
••• **Postgraduate student, Department of Communication and Electronics, Faculty of mechanical and electrical engineering, Tishreen University, Lattakia, Syria.**

مقدمة:

انتشر في السنوات القليلة الماضية استخدام أنظمة النشر/الاشتراك (Publish/Subscribe Systems)[5-1] في التطبيقات المالية [2,6]، وتطبيقات التسلية [7]، وتطبيقات وسائل التواصل الاجتماعي [8]، وغيرها، وذلك بسبب تمتّعِ هذه الأنظمة بميزات فريدة أهمها فك الارتباط بين ناشري المعلومات وبين المهتمين بها، فنظام النشر/الاشتراك هو عبارة عن نظام اتصال يتألف من ثلاثة عناصر [2] وهي: الناشر (Publisher) الذي يقوم بإنتاج الحدث (وهو عموماً معلومة أو خبر)، المشترك (Subscriber) الذي يبدي رغبته بالحصول على نوع معين (أو عدة أنواع) من الأحداث، وخدمة تسليم الحدث (Event Notification Service) وهي الوسيط الذي يقوم بتسليم الأحداث المنشورة إلى المشتركين بها. ولا يشترط هنا الاتصال المباشر بين الناشر والمشترك، مما يعني أن الأحداث المنشورة تبقى مخزنة لدى خدمة تسليم الحدث، وتسلم إلى المشتركين بها بمجرد توفر الاتصال بهم، والذي يتم عادةً عبر الانترنت.

يُعَدّ تأمين الوثوقية (Reliability) أحد أكثر القضايا أهميةً في أنظمة النشر /الاشتراك، وتُعرف الوثوقية في هذه الأنظمة بأنها ضمان وصول جميع الأحداث إلى جميع المشتركين المهتمين بها حتى في حال حدوث أخطاء، وتصنف الأخطاء إلى أخطاء ناتجة عن العقد وأخطاء ناتجة عن الوصلات، وقد استُخدمَت فيما سبق العديد من الطرق لتأمين الوثوقية في أنظمة النشر/الاشتراك [3].

يعالج البحث استخدام خوارزميات نشر العدوى (Epidemic Algorithms) لتأمين الوثوقية. وكما يشير اسم هذه الخوارزميات، فهي تعمل بشكل مشابه لمبدأ انتشار الأمراض المعدية أو انتشار الإشاعات (تسمّى أيضاً Gossiping Algorithms). ويضفي مبدأ العمل هذا ميزات عدّة على هذه الخوارزميات مثل القدرة على توزيع الحمل بين العقد المشاركة في نشر العدوى وتجاوز المشاكل الناجمة عن أعطال العقد والوصلات فيما بينها، إضافةً إلى قابلية التوسع الكبيرة [1,9].

يعتمد البحث نظام نشر /اشتراك من نموذج Scribe [10] الذي يعتمد على بناء شجرة نشر منطقيّة فوق شبكة ند للند من نموذج Pastry [11] والتي تمثّل شبكة طبقة فوقية Overlay Network [12,13] بالنسبة للشبكة الفيزيائية. ويقارن البحث خوارزميات نشر العدوى الموجّهة المستخدمة لتأمين الوثوقية من خلال محاكاتها باستخدام برنامج OMNET++ [14]. ويدرس البحث تأثير عوامل هي: عرض مجال الاستهداف fanout[1] (وهو عدد العقد التي يتم استهدافها من قبل ناشر العدوى خلال كل دورة)، وعدد الدورات fanin (وهو عدد دورات نشر العدوى التي يتم فيها إرسال نفس قائمة المحددات)، وعدد العقد (Number of nodes)، ومعدل فقد الرزمة (Packet Loss Rate) على أداء نظام النشر /الاشتراك من حيث الوثوقية (Reliability) والحمل الزائد (Overhead) والتأخير الوسطي (Mean latency) في النظام.

أهمية البحث وأهدافه:

تأتي أهمية هذا البحث أولاً من موضوعه، الذي يجمع بين أنظمة تعتمد أصلاً خوارزميات تعمل بشكل محدد وثابت (هي أنظمة النشر /الاشتراك) وبين خوارزميات تعتمد نوعاً من التجريب والعشوائية (هي خوارزميات نشر العدوى). وتزداد أهمية معرفة جدوى هذا الجمع عندما تُعتَمَد خوارزميات نشر العدوى (التجريبية) للتصدي لمسألة هامة

[1] **هذا البارامتر هو من بارامترات خوارزميات نشر العدوى، وهو مختلف عن بارامتر عدد الأبناء الأعظمي الذي يمكن للعقدة أن تقبله كأبناء لها ضمن شجرة النشر.**

ودقيقة هي مسألة تحسين وثوقية أنظمة النشر /الاشتراك، حيث يتم السعي إلى قيم مساوية للواحد (مما يعني أن جميع المشتركين يتلقون جميع الأحداث التي تهمهم).

من ناحية ثانية، فإن اعتماد خوارزميات نشر العدوى الموجّهة يسلط الضوء على الفرق بين العشوائية التامة (في خوارزميات نشر العدوى الأصلية) وبين الاستفادة من معرفة العقد التي يفترض استهدافها بالعدوى (في خوارزميات نشر العدوى الموجّهة)، بما يخفف من العشوائية دون أن يبطلها تماماً، وبما يضفي، نظرياً، تحسيناً على الأداء.

ويمكن تلخيص هدف البحث بدراسة خوارزميات نشر العدوى (العشوائية منها والموجّهة) والمقارنة فيما بينها بالمحاكاة تمهيداً لاكتشاف العوامل الأكثر أهمية في تحديد أدائها، واكتشاف نقاط ضعف كل منها لاقتراح خوارزميات محسّنة (خارج إطار هذا البحث)، إضافةً إلى تحديد خوارزمية نشر العدوى الأفضل من أجل كل من تطبيقات المهمة الحرجة (Mission critical Applications) التي تتطلب وثوقية (Reliability) عالية (إضافةً إلى متطلباتها الأخرى من حيث قابلية الصيانة Maintainability والتوافرية Availability، وهما خارج إطار البحث. ويُرمَز للوثوقية والتوافرية وقابلية الصيانة إختصاراً بـ RMA)، و تطبيقات المعدل الحرج (Rate critical Applications) التي تتطلب حملاً زائداً (Overhead) منخفضاً (إضافةً إلى المقدرة Capacity المنخفضة، وهي خارج إطار البحث) ، و تطبيقات الزمن الحقيقي (Real Time Applications) التي تتطلب تأخيراً زمنياً منخفضاً.

طرائق البحث ومواده:

استخدم البحث برنامج المحاكاة OMNET++ والذي يوفّر نموذج Scribe ضمن مكتبة OVERSIM [15] كنظام نشر /اشتراك، وهو مبني فوق شبكة ند للند من نموذج Pastry. وقد اعتمدت بارامترات النظام مشروع SESAR[2] [16] (وهو مشروع يهدف إلى ربط المجالات الجوية الأوروبية وإدارتها بنظام نشر /اشتراك) كقيم استُنِد إليها، نظراً لاعتمادها في أبحاث مشابهة، مع تغييرها عند دراسة ما يستوجب التغيير.

1. أنظمة النشر/الاشتراك (Publish/Subscribe Systems)

نظام النشر/الاشتراك [2,5] هو أحد بروتوكولات التطبيقات متعددة البث (Application Level Multicast)، وهو عبارة عن نظام اتصال، يتم تبادل المعلومات فيه على شكل أحداث (events). ويتألف من ثلاثة عناصر وهي:

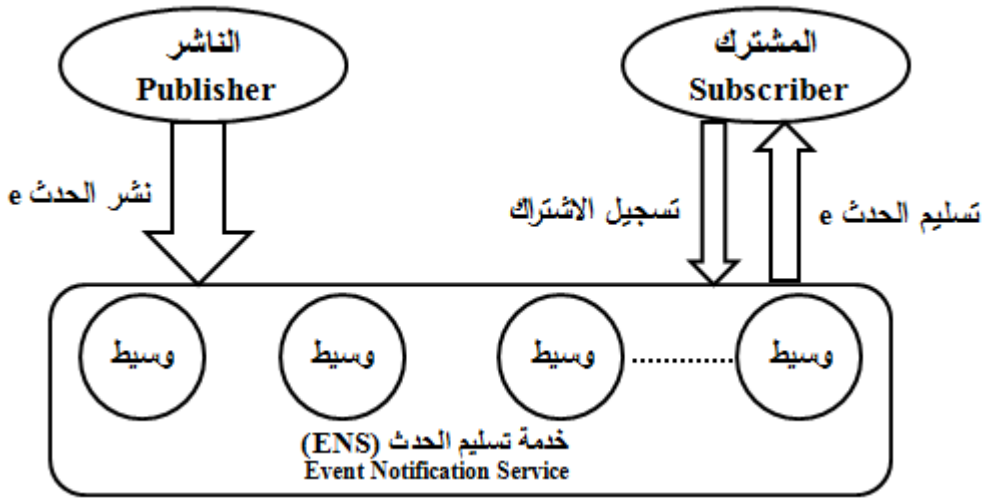
-الناشر (Publisher): وهو الذي يقوم بإنتاج المعلومات.

-المشترك (Subscriber): وهو الذي يقوم باستهلاك المعلومات. يتم الاشتراك من خلال التصريح عن الاهتمام بصنف أو أصناف معينة من الأحداث. لذا فإن أي حدث يتم نشره من قبل أحد الناشرين سيتم تسليمه إلى المشتركين الذين أبدوا اهتمامهم بهِ.

-خدمة تسليم الحدث (Event Notification Service): وهي عبارة عن وسيط مهمته تسليم الحدث المنشور من الناشر إلى المشترك. وقد تطوّرت خدمة تسليم الحدث مع مرور الزمن، حيث كانت في البداية عبارة عن وسيط مركزي (Central Broker) [3] يتصل به الناشرون والمشتركون، ثم أصبحت تمثّل مجموعة من العقد [1] تتعاون فيما بينها لإنجاز المهام المتعلقة بتسجيل الاشتراكات وتسليم الأحداث المنشورة إلى المشتركين المهتمين بها (في هذه الحالة تشكل خدمة تسليم الحدث –وليس النظام بكامله– شبكة ند للند "Peer to Peer")، وأخيراً أصبح النظام بكامله عبارة عن شبكة ند للند Peer–to–Peer Network [4] وكل من الناشر والمشترك يمكن أن يشكّل جزءاً من خدمة

[2] **Single European Sky ATM Research**

تسليم الحدث (إضافةً إلى دوره كناشر أو مشترك)، أي أن كل عقدة في هذه الحالة يمكن أن تلعب دور الناشر أو المشترك أو الوسيط (وهي الحالة المستخدمة في هذا البحث وتمثّلها شبكة Pastry). يبين الشكل (1) نموذجاً بسيطاً لنظام النشر/الاشتراك.



الشكل (1): نظام النشر/الاشتراك

ويقوم المبدأ العام للعمل على أن يسلّم الناشرون المعلومات (الأحداث) إلى خدمة تسليم الحدث، والتي تقوم بدورها بتسليمها إلى المُشتَركين المهتمين بتلك الأحداث.

1-1. أهم خصائص ومميزات أنظمة النشر/الاشتراك:

تنبع قوة هذه الأنظمة وأهميتها من كونها تؤمن فك الارتباط الكامل (Full Decoupling) [5] فيما يتعلق بالمكان والزمان والتزامن، حيث:

-عدم الارتباط المكاني (Space Decoupling): تتجلى هذه الخاصيّة بكون الناشر والمشترك ليسا بحاجة لكي يعرف بعضهما بعضاً، حيث لا يتم أي تخاطب مباشر بين الناشر والمشترك، بل تتولى خدمة تسليم الحدث مهمة تسليم الأحداث من الناشر إلى المشتركين المهتمّين.

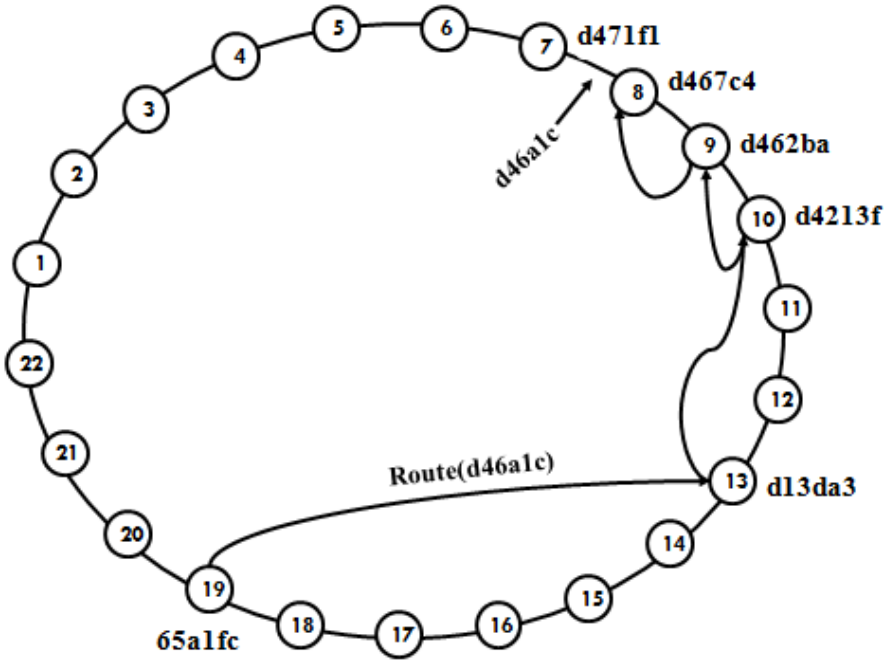
-عدم الارتباط الزمني (Time Decoupling): يعني هذا أنّ الناشر والمشترك ليسا بحاجة لكي يكونا في حالة العمل (Active) في نفس الوقت، أي أنه من الممكن أن يقوم الناشر بنشر حدث ما حتى عندما لا يكون المشترك في حالة اتصال، وبشكل مشابه، يمكن للمشترك أن يستلم حدثاً ما بغض النظر عن حالة الناشر.

-عدم الارتباط التزامني (Synchronization Decoupling): لا يتوقف عمل الناشر على عمل المشترك، وفقاً لهذه الخاصّية، والعكس بالعكس.

2-1. مثال على نظام نشر/اشتراك: بروتوكول Scribe

بروتوكول Scribe هو نظام نشر /اشتراك يُبنى فوق شبكة Pastry، والتي هي عبارة عن شبكة ند للند ذات شكل حلقي يتم بناؤها وفق آلية محددة، لذلك تصنف على أنها شبكة فوقيّة مهيكلة (Structured Overlay Network). يُخَصّص لكل عقدة من عقد شبكة Pastry محدد (Identifier) مؤلف من 128 bits يُستَخدم لتحديد مكان توضّع العقدة ضمن حلقة Pastry، وكذلك يتم تخصيص مفتاح (Key) مؤلف من 128 bits أيضاً لكل عنصر معطيات (Data Item). تقوم شبكة Pastry بتوجيه عنصر المعطيات ذو المفتاح K إلى العقدة ذات المحدد الأقرب

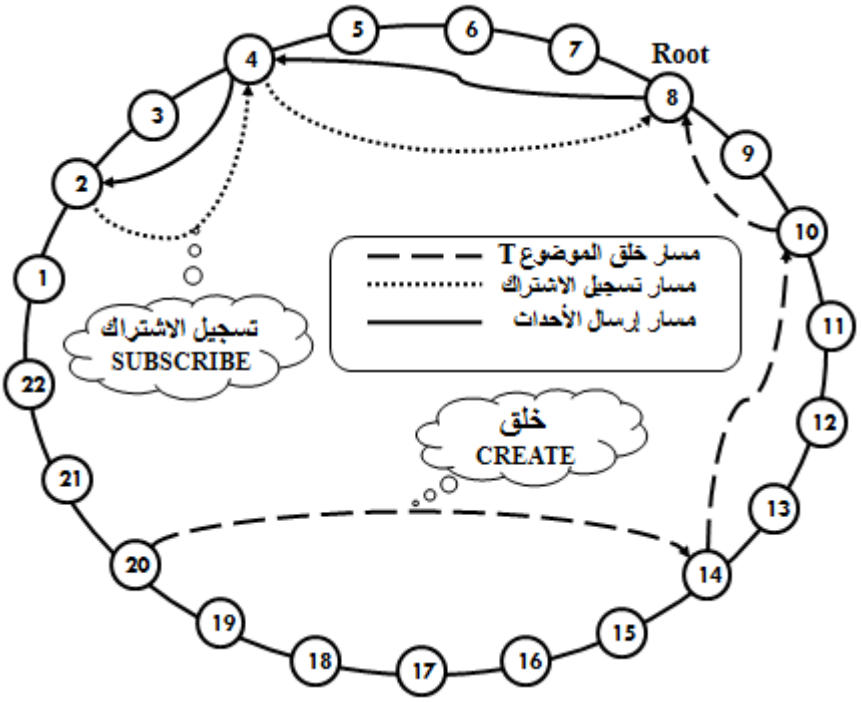
إلى K، حيث أنه في كل خطوة من خطوات عملية التوجيه، تقوم العقدة بتوجيه الرسالة إلى العقدة ذات المحدد الأقرب إلى K ضمن جدول توجيهها، وذلك حتى الوصول إلى العقدة ذات المحدد الأقرب إلى K ضمن شبكة Pastry ككل. يوضح الشكل (2) آلية عمل شبكة Pastry التي تعتمد على تقنية النقل بالمسار المعكوس (Reverse Path Forwarding RPF).



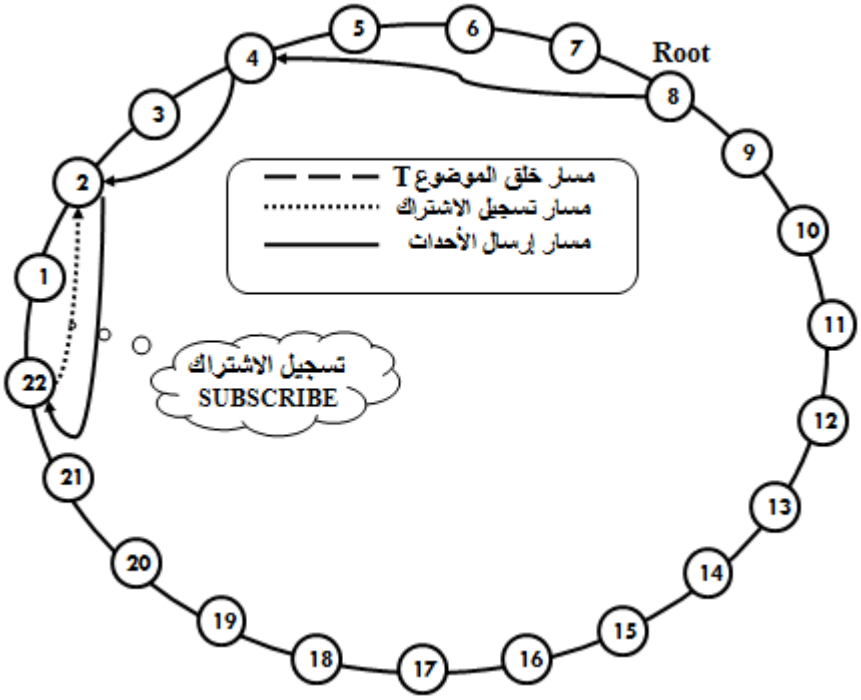
الشكل (2): آلية عمل شبكة Pastry

بفرض أن العقدة 19 تريد توجيه عنصر المعطيات ذو المفتاح (d46a1c)، تبحث العقدة 19 ضمن جدول توجيهها عن العقدة ذات المحدد الذي يشترك بأكبر بادئة (Prefix) ممكنة مع المفتاح (d46a1c)، ولتكن العقدة 13 ذات المحدد (d13da3). تنفّذ العقدة 13 ضمن جدول توجيهها نفس عملية البحث السابقة وترسل الرسالة إلى العقدة 10 التي تكرر عملية البحث نفسها وترسل الرسالة إلى العقدة 9 ذات المحدد (d462ba). تبحث العقدة 9 ضمن جدول توجيهها فتكتشف أنه لا توجد أي عقدة ذات محدد يشترك ببادئة أكبر من البادئة التي تشترك بها مع المفتاح (d46a1c)، ولذا تبحث العقدة 9 عن عقدة ذات محدد يشترك مع المفتاح (d46a1c) بنفس طول البادئة الذي تشترك هي به مع المفتاح ولكنها ذات محدد أقرب عددياً إلى محدد مفتاح عنصر المعطيات. ترسل العقدة 9 بالنتيجة الرسالة إلى العقدة 8 ذات المحدد (d467c4)، وتنتهي عملية توجيه عنصر المعطيات كما هو موضّح بالشكل (2).

وبالعودة إلى بروتوكول Scribe، الذي يتم نشر الأحداث فيه عبر شجرة نشر، حيث يتم بناء شجرة نشر لكل موضوع (Topic)، ويكون لكل شجرة جذر (Root)، الذي هو العقدة ذات المحدد الأقرب إلى المحدد الخاص بالموضوع. يتم تسليم الأحداث إلى المشتركين باستخدام تلك الشجرة، وكل عقدة تريد أن تحصل على الأحداث المتعلّقة بموضوع معين تقوم بإرسال رسالة تسجيل اشتراك (Subscribe) تحتوي على المحدد (Identifier) الخاص بذلك الموضوع. يقوم Pastry بتوجيه الرسالة باتجاه الجذر، ويتوقف التوجيه عند وصول الرسالة إلى عقدة ضمن شجرة النشر الخاصة بالموضوع أو عند الوصول إلى الجذر. يوضح الشكل (3) آلية عمل بروتوكول Scribe.



(a آلية خلق الموضوع وتسجيل الاشتراك به



(b آلية تسجيل الاشتراك من قبل عقدة اعتماداً على عقدة مشتركة مسبقاً بالموضوع

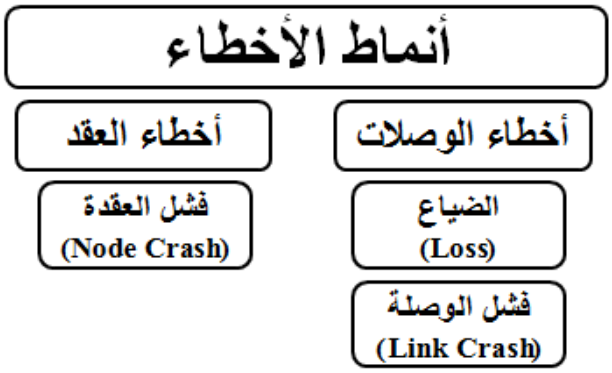
الشكل (3): آلية عمل بروتوكول Scribe

بفرض أن العقدة 20 تريد خلق موضوع (T). ترسل العقدة 20 رسالة خلق (CREATE) تتضمن المحدد الخاص بالموضوع عبر شبكة Pastry بحثاً عن العقدة ذات المحدد الأقرب إلى محدد الموضوع والتي تسمى جذر

الشجرة (Root)، وهنا تبدأ شبكة Pastry خوارزمية البحث عن الجذر، حيث تقوم كل عقدة تصلها رسالة CREATE بتوجيهها إلى العقدة ذات المحدد الأقرب إلى محدد الموضوع ضمن جدول توجيهها. يستمر تنفيذ الخوارزمية حتى الوصول إلى الجذر والذي هو العقدة ذات المحدد الأقرب إلى محدد الموضوع ضمن شبكة Pastry ككل. بفرض أن العقدة 2 تريد تسجيل الاشتراك بالموضوع T. ترسل العقدة 2 رسالة طلب اشتراك (SUBSCRIBE) تتضمن المحدد الخاص بالموضوع عبر شبكة Pastry، التي تستخدم نفس الخوارزمية السابقة لإيصال الرسالة إلى الجذر، لذا يتشكل مسار من العقدة 2 إلى جذر الشجرة، وتصبح العقدة 2 مشتركة بالموضوع T، حيث يستخدم بروتوكول Scribe هذا المسار لإرسال الأحداث المتعلقة بالموضوع T إلى العقدة 2 وفق خوارزمية النقل بالمسار المعكوس (الشكل a-3). لنفرض أن العقدة 22 تريد الآن تسجيل الاشتراك بالموضوع T ، ترسل العقدة 22 رسالة طلب اشتراك تتضمن المحدد الخاص بالموضوع عبر شبكة Pastry التي تُوجّه الرسالة إلى العقدة ذات المحدد الأقرب إلى محدد الموضوع ضمن جدول توجيه العقدة 22 ولتكن العقدة 2 المشتركة بالموضوع T مسبقاً (أي أنها عقدة ضمن شجرة النشر)، وبالتالي تتوقف خوارزمية البحث عن الجذر وتصبح العقدة 22 مشتركة بالموضوع T (الشكل b-3) (أُعطِيَت العقد في الشكلين 2 و3 أرقاماً مثل 1، 2،3،4،..... لتمييزها في الشرح فقط وليس لها أي دلالة أخرى).

2. الوثوقية في أنظمة النشر/الاشتراك (The Reliability Of Publish/Subscribe Systems)

يُعَدّ تأمين الوثوقية أحد أكثر القضايا أهميةً في أنظمة النشر /الاشتراك، وتُعرف الوثوقية في أنظمة النشر/الاشتراك بأنها ضمان وصول جميع الأحداث إلى جميع المشتركين المهتمين بها حتى في حال حدوث أخطاء[3] . وتجدر الإشارة إلى أن عدّة عوامل تؤثر على وثوقية النظام، كالحمل الزائد الذي يمكن أن تؤدي قيمه المرتفعة إلى انخفاض الوثوقية، والتأخير الزمني الذي يمكن أن تؤدي قيمه المرتفعة إلى وصول الحدث إلى المشترك بتأخير غير مقبول وبالتالي تنخفض الوثوقية. يبين الشكل (4) أنماط الأخطاء التي يعمل نظام النشر /الاشتراك على تأمين الوثوقية ضدها [3].



الشكل (4): أنماط الأخطاء في أنظمة النشر /الاشتراك[3]

وللتمييز بين حالة الضياع وحالة فشل الوصلة يجب التعرّف إلى مفهومي العطل العابر والعطل المستقر (الدائم) [17]، حيث يمكن تصنيف حالة الضياع (Loss) على أنها من الأعطال العابرة (Transient Failures) والتي تعرّف على أنها أعطال غير مستقرّة تظهر لبرهة قصيرة ثم تزول ذاتياً. بينما تُصنَّف حالة فشل الوصلة (Link Crash) على أنها من الأعطال المستقرّة (Permanent Failures) والتي تعرّف على أنها أعطال تبقى موجودةً بعد ظهورها محافظةً على نفس مظهرها وذلك حتى يتم كشفها وإصلاحها.

3. خوارزميات نشر العدوى (Epidemic Algorithms)

هي خوارزميات لنشر المعلومات تعمل وفقاً لمبدأ انتشار الأمراض المعدية أو انتشار الإشاعات (وتسمى أيضاًGossip Algorithms) [1,9]، حيث ترسل العقدة الرسالة المُستَقبَلة عدداً محدداً من المرات (fanin) إلى مجموعة مختارة عشوائياً من العقد عددها (fanout). وتوجد ثلاثة أنماط لعمل خوارزميات نشر العدوى [18]:

- ✓ نمط الدفع (Push Approach): تقوم العقدة الناشرة للعدوى، في هذا النمط، بإرسال المعلومات التي بحوزتها إلى عقدة أخرى (أو مجموعة من العقد).
- ✓ نمط السحب (Pull Approach): عند العمل بنمط السّحب، تبادر عقدة ما بإرسال قائمة تتضمن محدد الرسالة (أو محددات الرسائل) التي استلمتها مؤخراً إلى عقدة أخرى (أو مجموعة من العقد). تقوم العقدة (أو العقد) الهدف بمقارنة ذلك المحدد (أو المحددات) مع محددات الرسائل التي تمتلكها، وفي حال اكتشاف ضياع إحدى هذه الرسائل، ترسل العقدة الهدف طلباً للحصول على هذه الرسالة من العقدة المُبادِرة. ويسمّى بارامتر عدد الدورات التي يتم فيها إرسال نفس قائمة المحددات (fanin).
- ✓ طريقة الدفع/السحب (Push/Pull Approach): وفقاً لهذا النمط، تبادر عقدة ما بإرسال قائمة تتضمن محدد الرسالة (أو محددات الرسائل) التي استلمتها مؤخراً إلى عقدة أخرى (أو مجموعة من العقد). تقوم كل من العقدة المبادرة والعقدة (أو مجموعة العقد) الهدف بمقارنة ذلك المحدد (أو المحددات) مع محددات الرسائل التي تمتلكها، فإذا اكتشفت إحداهما (العقدة المبادرة أو العقدة الهدف) ضياع إحدى هذه الرسائل، ترسل الرسالة المفقودة إلى العقدة الأخرى.

4. استخدام خوارزميات نشر العدوى الموجّهة لتأمين الوثوقية في أنظمة النشر/الاشتراك

تُعَدّ طريقة اختيار المشتركين المستهدفين بالعدوى خلال عملية نشر العدوى من القضايا المهمة، وذلك بسبب تأثيرها على الوثوقية والتأخير والحمل المفروض على النظام. وقد كان اختيار المشتركين المستهدفين بالعدوى يتم بشكل عشوائي (طريقة Random) [1,4]، واقتُرِحَت لاحقاً خوارزميات نشر العدوى الموجّهة [19]، التي مكّنت من اختيار المشتركين المستهدفين بالعدوى بأساليب أكثر انتقائية، بما يؤدي إلى تحسين الوثوقية.

قدّم الباحثون في [19] نظام نشر /اشتراك من نموذج Scribe، وأُعطِيَت الأولوية لاستهداف العقد التي هي أكثر عرضةً لفقد الحدث وذلك بتخصيص وزن لكل عقدة من عقد شجرة النشر، حيث يتم استهداف العقد ذات الأوزان الأعلى. كما وخُصِّصَت الأوزان للعقد وفقاً لمعيارين هما: أنماط الضياع (Loss Patterns Polarization) وموقع العقد في كل من المقطعين الأفقي والشاقولي (Cut Polarization).

4-1. تخصيص الأوزان بناءً على أنماط الضياع (Loss Patterns Polarization)

تُعَدّ الوصلات بين العقد غير موثوقة، وتُوصف بنمطي ضياع هما: معدل ضياع الرزمة (Packet Loss Rate PLR) والذي يعرّف على أنه احتمال فقد العقدة للرزمة بسبب خطأ في الوصلة، والطول الوسطي للرشقة المفقودة (Average Burst Length ABL) وهو الطول الوسطي للرزم المتتالية المفقودة.

تمّ افتراض أن العقد، في هذه الطريقة، تُبدي نمط ضياع يُوصَف بمعدل ضياع الرزمة (PLR) [4,19]، حيث تحتفظ كل عقدة x بقائمة تسمى قائمة الأجداد (ancestors)، والتي تتضمن معلومات عن كل العقد الواقعة على المسار الواصل من x إلى جذر شجرة النشر. تحتفظ كل عقدة بمعدل ضياع الرزمة للوصلة التي تربطها مع العقدة الأب لها PLR_x، وكذلك بمعدل ضياع الرزمة للمسار الواصل من العقدة الأب إلى جذر الشجرة. تستخدم العقدة x هذه

المعلومات لحساب احتمال فقدها لرزمة ما عبر المسار الواصل منها إلى جذر الشجرة وليكن هذا الاحتمال هو p_x، وعندها يكون احتمال استقبال العقدة x للرزمة هو: $q_x = 1 - p_x$.

إذا كان ترتيب العقدة x على طول المسار هو n، عندها فإن قائمة الأسلاف ستحتوي n عقدة $(z_0, z_1, z_2 \dots \dots \dots z_n)$ حيث z_0 هو جذر الشجرة و z_n هو العقدة x نفسها. من أجل كل عقدة z_i في قائمة الأسلاف، هناك معدل ضياع رزمة PLR_{z_i} للوصلة بينها وبين العقدة الأب لها z_{i-1}، وبذلك يكون احتمال استقبال رزمة ما من قبل العقدة x هو:

$$q_x = \prod_{i=1}^{n}(1 - PLR_{z_i}) \quad \dots\dots \quad (1)$$

يتم تحديث قيمة q_x بشكل مستمر، فعندما تكتشف العقدة x حدوث تغيّر في قيمة معدل فقد الرزمة الخاص بها، يجب على كل عقدة تحوي العقدة x ضمن قائمة الأسلاف الخاصة بها، أن تعيد حساب قيمة q_x من جديد.

سنعرض فيما يلي طريقة الحصول على العلاقة التي تسمح بتخصيص أوزان للعقد [19]:

تكمن الفكرة الأساسية في أن العقدة التي تستقبل رزمة معينة يجب أن ترسلها خلال نشر العدوى إلى العقد التي هي أكثر عرضةً لفقدان تلك الرزمة. نعرّف الحدث X بأنه ''العقدة x استقبلت الرزمة''، والحدث Y بأنه ''العقدة y استقبلت الرزمة''، وبذلك يكون الحدث $\overline{Y}$ هو ''العقدة y لم تستقبل الرزمة''. في هذه الحالة، فإن العقدة x تخصص وزناً للعقدة y بناءً على الاحتمال الآتي:

$$w_{xy} = P_r\left\{\{\overline{Y}|X\}\right\} \quad \dots\dots\dots\dots\dots \quad (2)$$

وهو احتمال أن تكون العقدة x قد استقبلت الرزمة في حين أن العقدة y لم تستقبلها.

لنعتبر الآن أن العقدتين x و y ينتميان إلى شجرتين فرعيتين مختلفتين تماماً من شجرة النشر، أي أنهما لا يشتركان بأية وصلة في شجرة النشر إلا عبر الجذر. عندها يكون $P_r\{X\}$ و $P_r\{\overline{Y}\}$ مستقلين عن بعضهما أي:

$$P_r\left\{\{\overline{Y}|X\}\right\} = P_r\{\overline{Y}\} \quad \dots\dots\dots\dots\dots \quad (3)$$

إذا كانت العقدة y هي إحدى العقد الأسلاف للعقدة x، عندها يكون:

$$P_r\left\{\{\overline{Y}|X\}\right\} = P_r\{\overline{Y}\} = 0 \quad \dots\dots\dots\dots\dots \quad (4)$$

لنعتبر الآن أن العقدتين x و y تنتميان إلى نفس الشجرة الفرعية من شجرة النشر، وأن العقدة h تقع على المسار الواصل من x إلى y كما هو مبين في الشكل (5).

الشكل (5): العقدتان x و y تنتميان إلى نفس الشجرة الفرعية من شجرة النشر

فإذا رمزنا بـ n و l لمستوى كل من العقدتين y و h على الترتيب، يكون احتمال أن العقدة y فقدت رزمة معينة علماً أن العقدة x قد استقبلت هذه الرزمة (على اعتبار أن الرزمة قد ضاعت على المسار الواصل من h إلى y) هو:

$$P_r\left\{\{\overline{Y}|X\}\right\} = \frac{P_r\{X,\overline{Y}\}}{P_r\{X\}} = 1 - \prod_{i=l+1}^{n}(1 - PLR_{z_i}) \quad \dots\dots\dots\dots\dots \quad (5)$$

نستنتج مماسبق العلاقة التي تستخدمها العقدة x لتخصيص وزن للعقدة y:

$$w_{xy} = \begin{cases} 0 & \text{If y is predecessor of x} \\ 1 - \prod_{i=l+1}^{n}(1 - PLR_{z_i}) & \text{Otherwise} \end{cases} \quad (6)$$

4-2. تخصيص الأوزان بناءً على موقع العقد في المقطعين الأفقي والشاقولي (Cut Polarization)

تُخَصّص الأوزان هنا للعقد وفقاً لموقعها في كل من المقطعين الأفقي والشاقولي، حيث تُوسَم كل عقدة في النظام بسمة (label) φ مؤلفة من s خانة (حيث s هو مستوى العقدة ضمن شجرة النشر، على اعتبار أن سمة عقدة الجذر هي $\varphi = null$) من قبل العقدة الأب وبحيث أنه من أجل كل عقدة ابن، تضيف العقدة الأب خانة جديدة في الموقع الأكثر أهمية (على اليسار)، بفرض لدينا العقدة x الموسومة بـ φ_x ذات الطول s_{φ_x}، والعقدة y الموسومة بـ φ_y ذات الطول s_{φ_y}، ونعرّف أيضاً $\rho(x,y)$ طول اللاحقة المشتَرَكة بين φ_x و φ_y (وهو عدد الخانات المشتركة بين طولي سمتي العقدتين المأخوذتين بالحسبان، وعندما يكون $\rho(x,y) = 0$ فإنّ هذا يعني أن العقدتين تنتميان إلى شجرتين فرعيتين مختلفتين تماماً من شجرة النشر).

-**المقطع الأفقي (Horizontal cut)**: يتم تخصيص الأوزان الأعلى للعقد الواقعة في المستويات الأدنى من شجرة النشر، حيث تكون تلك العقد أكثر عرضة لفقد الحدث بسبب بعدها عن جذر الشجرة. والعلاقة المستخدمة من قبل عقدة ما x لتخصيص وزن لعقدة y في هذا المقطع هي:

$$w_{xy}^{h} = 1 - \frac{s_{\varphi_x}}{s_{\varphi_x} + s_{\varphi_y}} \dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots \quad (7)$$

نلاحظ من العلاقة (7) أن قيمة w_{xy}^{h} تقل عندما يكون s_{φ_x} كبيراً و s_{φ_y} صغيراً، وهذا يعني أنه كلما كانت العقدة x أبعد عن جذر الشجرة والعقدة y أقرب له، كلما كان الوزن الذي تخصصه العقدة x للعقدة y أصغر، لأن احتمال فقد العقدة y للرزمة يكون أقل.

-**المقطع الشاقولي (Vertical cut)**: يتم تخصيص الأوزان الأعلى للعقد التي تنتمي إلى أشجار فرعية مختلفة، حيث أن إعطاء أولوية لمثل تلك العقد يمكن أن يكون مفيداً وذلك لكونها تبدي أنماط ضياع مختلفة عن بعضها. والعلاقة المستخدمة من قبل العقدة x لتخصيص وزن للعقدة y في هذا المقطع هي:

$$w_{xy}^{v} = 1 - \frac{\rho(x,y)}{s_{\varphi_x}} \dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots \quad (8)$$

نلاحظ من العلاقة (8) أنه كلما كانت قيمة $\rho(x,y)$ أكبر كلما نقصت قيمة w_{xy}^{v}، أي أنه كلما زاد طول اللاحقة المشتركة بين φ_x و φ_y كلما كان الوزن الذي تخصصه العقدة x للعقدة y أقل، وعندما تكون $\rho(x,y) = 0$، يصبح $w_{xy}^{v} = 1$، وذلك لأن العقدتين x و y في هذه الحالة ينتميان إلى شجرتين فرعيتين مختلفتين تماماً.

وبذلك نحصل على العلاقة النهائية التي تستخدمها العقدة x لتخصيص وزن للعقدة y والتي هي عبارة عن حاصل ضرب القيمتين الناتجتين عن (7) و (8)

$$w_{xy}^{v} = w_{xy}^{h} \times w_{xy}^{v} \quad \dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots \quad (9)$$

لاحظ الباحثون [19] أن كل العقد ذات الأوزان الأعلى تقع في أسفل شجرة النشر، لذا عند فقد إحدى العقد الواقعة في المستويات العليا من الشجرة لحدث ما، ستكون هناك مشكلة في استرجاع ذلك الحدث بسبب عدم امتلاك تلك العقد أفضلية الحصول عليه خلال نشر العدوى.

هذا الواقع دفع الباحثين إلى اقتراح تعديلين نتج عنهما طريقتان جديدتان [19] لاستخدام خوارزميات نشر العدوى الموجهة وهما: نشر العدوى الموجّهة ذات النافذة (Polarized Gossip with Window PGW) ونشر العدوى الموجّهة بتقنيتي السحب والدفع (Pull+ Push Polarized Gossip 3PG).

4-2-1. الطريقة الأولى: نشر العدوى الموجّهة ذات النافذة (Polarized Gossip with Window) PGW

وفقاً لهذه الطريقة، يتم تحديد عدد من العقد الموجودة في أسفل شجرة النشر (هذا العدد من العقد يسمى النافذة Window)، وعند نشر العدوى فإن تلك العقد لا تستهدف العقد ذات الأوزان الأعلى، بل العقد ذات الأوزان الأقرب إلى الأوزان الأعلى، وبهذه الطريقة يتم استهداف عقد موجودة في أجزاء أخرى من الشجرة وليس فقط في أسفلها.

4-2-2. الطريقة الثانية: نشر العدوى الموجّهة بتقنيتي السحب والدفع (Pull+ Push Polarized Gossip 3PG)

تقدّم هذه الطريقة إمكانية استخدام نمطي السحب والدفع لنشر العدوى، حيث تتشابه هذه الطريقة مع الطريقة السابقة في وجود نافذة (window)، ولكن النافذة هنا تمثل عدد العقد التي تقوم بنشر العدوى بنمط السحب فقط وتستهدف العقد ذات الأوزان الأدنى بدلاً من العقد ذات الأوزان الأعلى، بينما تقوم بقية العقد بنشر العدوى بالنمط المرغوب (الدفع، السحب، الدفع/السحب) وتستهدف العقد ذات الأوزان الأعلى.

وبالرغم من الإضافة المهمة التي قدّمها البحث [19] لناحية استخدام خوارزميات نشر العدوى الموجّهة، إلا أنه لم يأخذ بعين الاعتبار تأثير تغيّر كل من عرض مجال الاستهداف، وعدد الدورات، وعدد العقد، ومعدل فقد الرزمة على أداء النظام.

النتائج والمناقشة

-1. بيئة وإعدادات الدراسة:

أُجرِيَت المحاكاة باستخدام برنامج OMNET++ على نظام نشر /اشتراك من نموذج Scribe، مُنَفّذ فوق شبكة ند للند من نموذج Pastry. وقد أُجرِيَت المحاكاة لتبيان تأثير خوارزميات نشر العدوى الخمسة (Random، Loss Polar، Cut Polar، 3PG، PGW) في نمط السحب (Pull) على أداء نظام النشر /الاشتراك. وتمت نمذجة نوعين من الأخطاء هما معدّل ضياع الرزمة (Packet Loss Rate)، والطول الوسطي للرشقة المفقودة (Average Burst Length ABL). وتم تغيير البارامترات التالية خلال المحاكاة:

-عرض مجال الاستهداف (fanout): عدد العقد التي يتم استهدافها من قبل ناشر العدوى خلال كل دورة.

-عدد الدورات (fanin): عدد دورات نشر العدوى التي يتم فيها إرسال نفس قائمة المحددات.

-عدد العقد الكلي في النظام (The number of nodes).

-معدل ضياع الرزمة (Packet Loss Rate): وهو احتمال فقد العقدة للرزمة، بسبب خطأ في الوصلة.

تجدر الإشارة إلى أن قيم بارامترات المحاكاة أُخِذَت كما وردت في البحث [19] (وهو البحث الذي تم فيه اقتراح خوارزميات نشر العدوى الموجّهة، واعتمد في اختيار قيم البارامترات على المرحلة الأولى من مشروع SESAR، والتي هدفت إلى ربط المجالات الجوّية لكل من إيطاليا وفرنسا وسويسرا ضمن مجال جوي واحد)، على اعتبار أنّه يمكن أن يصلح كنموذج مقارنة. يبيّن الجدول (1) القيم الافتراضية للبارامترات خلال المحاكاة.

الجدول (1): القيم الافتراضية للبارامترات خلال المحاكاة

عدد العقد في النظام: 40 عقدة *	نمط نشر العدوى: نمط السحب Pull	عدد الأحداث المنشورة: 1000 حدث
معدل النشر: رسالة واحدة في الثانية	تأخير الوصلة: 50 ميلي ثانية	حجم الحدث: 23 كيلو بايت
يتم تقسيم الحدث إلى 16 رزمة، حجم الرزمة الواحدة 1472 بايت وهو حجم وحدة الإرسال الأعظمية (MTU) في Ethernet.	عرض مجال الاستهداف: fanout=2 *	عدد الدورات: fanin=1*
معدل فقد الرزمة: PLR=0.02 *	الطول الوسطي للرشقة المفقودة: ABL=2	حجم بارامتر النافذة هو: 2 عقدة
الفاصل الزمني بين دورات نشر العدوى: Gossip period=1s *		

2-. معايير تقييم النتائج:

سيتم تقييم نتائج الدراسة من خلال المعايير الآتية:

- نسبة التسليم (Success rate): وهي نسبة عدد الأحداث المُستَلَمة إلى عدد الأحداث المنشورة، ويعبّر هذا المعيار عن المفهوم الأساسي للوثوقية [19].
- الحمل الزّائد (Overhead): وهو نسبة العدد الكلي للأحداث المُتَبادَلة إلى عدد الأحداث المُنتَجة من قبل الناشر [19]، حيث أن رفع الوثوقية يكون غالباً مرتبطاً بتكرار إرسال الحدث نفسه أكثر من مرة للتأكد من وصوله إلى المشتركين. وتجدر الإشارة هنا إلى أن نمط نشر العدوى المُستَخدَم في هذا البحث هو نمط السحب، لذا فإن رسالة نشر العدوى تتضمن محددات الأحداث وليس الأحداث نفسها. وبالنسبة لنتائج المحاكاة الخاصة بالحمل الزائد في هذا البحث، فإن الحمل الزائد يتغيّر فقط عندما تكتشف عقدة ما ضياع أحد الأحداث وتطلبه من ناشر العدوى (أي أن الحمل الزائد لا يتأثر برسالة نشر العدوى ذاتها).
- التأخير الوسطي (Mean Latency): وهو الزمن الوسطي اللازم لتسليم الأحداث المنشورة إلى المشتركين، ويقاس بالثانية [19].

3-. نتائج المحاكاة

3-1. تأثير عرض مجال الاستهداف وعدد الدورات:

نهدف هنا إلى دراسة تأثير كل من عرض مجال الاستهداف وعدد الدورات على أداء النظام. وفي إطار السعي للربط بينهما ومعرفة تأثيرهما المشترك وتجنّب دراسة تأثير كل منهما على حدى، فقد اقترحنا مفهوماً جديداً للتقييم وهو قيمة الجداء بين عرض مجال الاستهداف وعدد الدورات (fanin*fanout)، وهو بالضبط عدد الأحداث المنشورة باستخدام خوارزمية نشر العدوى. يبين الجدول (2) القيمة المختارة لكل من fanin و fanout من أجل الحالتين fanout<fanin و fanout>fanin.

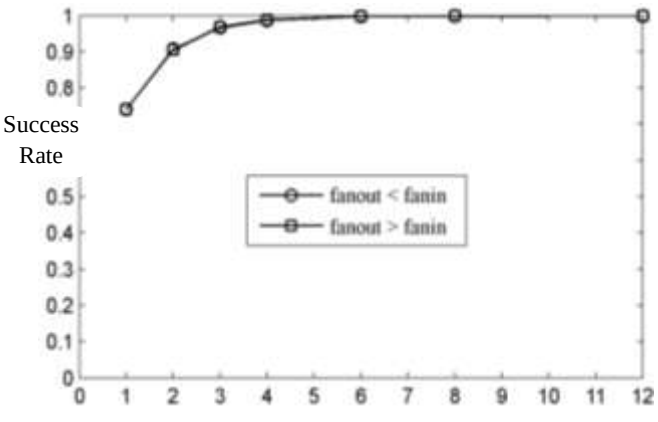
*** دُرِسَ أثر هذا البارامتر من أجل قيم مختلفة.**

الجدول (2): قيمة كل من fanin و fanout من أجل القيم المختلفة للجداء fanin*fanout

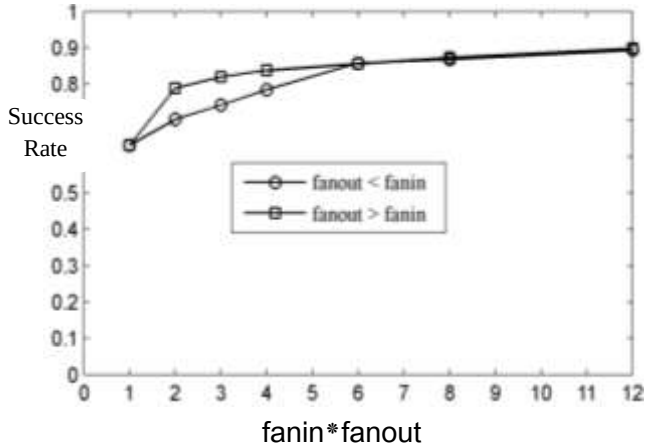
fanout>fanin			fanout<fanin		
fanout	fanin	fanin*fanout	fanout	fanin	fanin*fanout
1	1	1	1	1	1
2	1	2	1	2	2
3	1	3	1	3	3
4	1	4	1	4	4
3	2	6	2	3	6
4	2	8	2	4	8
4	3	12	3	4	12

تبين الأشكال (6) و (7) و (8) تأثير تغير قيمة الجداء fanin*fanout على كل من نسبة التسليم والحمل الزائد والتأخير الوسطي في الطرق الخمسة لنشر العدوى، حيث تم تمثيل الحالتين fanout<fanin و fanout>fanin.

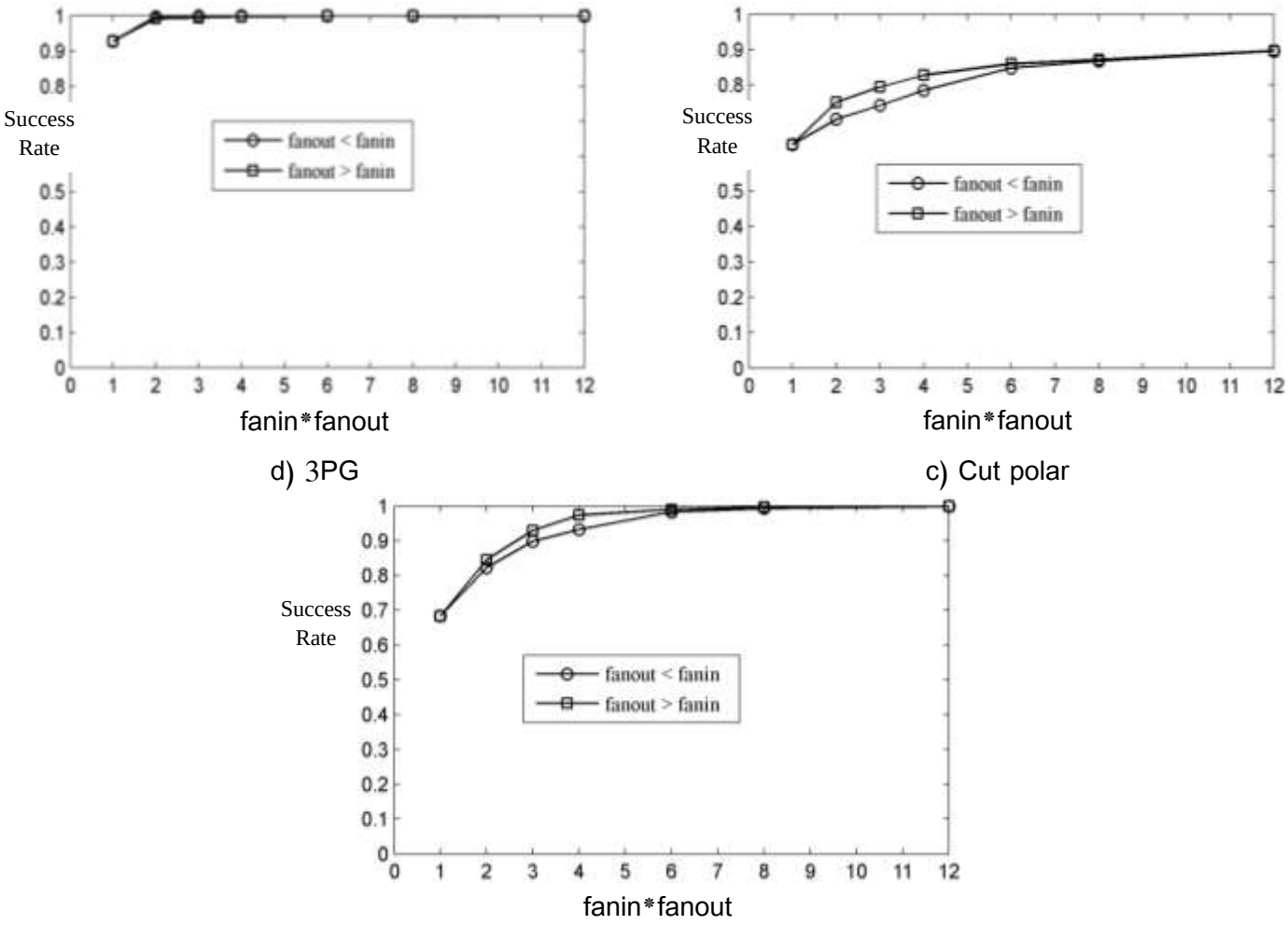
ويبدو في الشكل (6) أن نسبة التسليم تزداد مع زيادة كل من عرض مجال الاستهداف وعدد الدورات في الطرق الخمسة، ويلاحظ انطباق الحالتين fanout<fanin و fanout>fanin بشكل شبه كامل في طريقتي Random و 3PG، بينما تُبدي الطرق Loss polar و Cut polar و PGW تباعداً صغيراً بين الحالتين. ولإيضاح الصورة أكثر، أُجرِيَت المحاكاة عند قيم مختلفة لمعدّل فقد الرزمة ، وتبين أن نسبة التسليم تأخذ قيماً متقاربة في الحالتين fanout<fanin و fanout>fanin من أجل القيم المتزايدة للجداء fanin*fanout في الطرق الخمسة لنشر العدوى ، ويمكن تفسير ذلك بأن نسبة التسليم تعتمد أساساً على عدد تكرارات إرسال الحدث نفسه، المتمثل بالجداء fanin*fanout، ولا تعتمد على الزمن الذي ترسل فيه الأحداث المكررة. ومن ناحية أخرى، تبرز طريقة 3PG كأفضل الطرق من حيث نسبة التسليم أجل القيم المختلفة للجداء fanin*fanout، ويعزى ذلك إلى كون اختيار العقد المستهدفة بالعدوى في هذه الطريقة لا يقتصر على العقد ذات الأوزان الأعلى بل يمتد ليشمل العقد ذات الأوزان الأدنى (والتي لم تُؤخذ بعين الاعتبار في بقية الطرق)، وهذا يقدم تغطية أكبر للعقد في النظام. وتظهر طريقتا Loss polar و Cut polar على أنهما الأضعف من حيث نسبة التسليم. وبشكل عام، يُلاحَظ أن تأثير زيادة عرض مجال الاستهداف على نسبة التسليم أكبر مقارنةً مع زيادة عدد الدورات.



a) Random

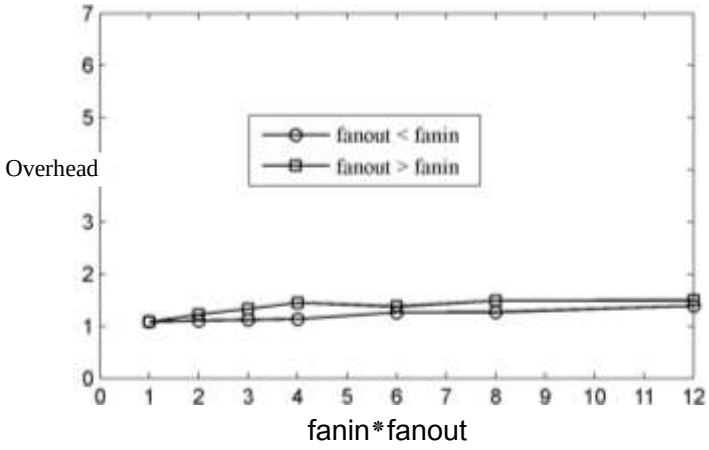


b) Loss polar

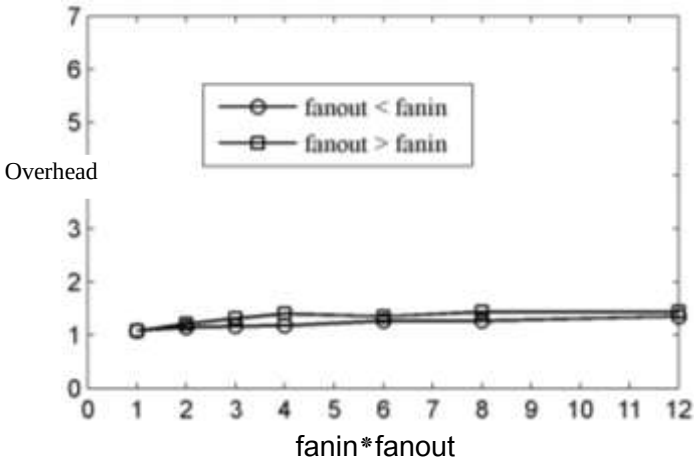


الشكل (6): تأثير تغير الجداء fanout*fanin على نسبة التسليم في: a) Random
b) Loss Polar c) Cut Polar d) 3PG e) PGW

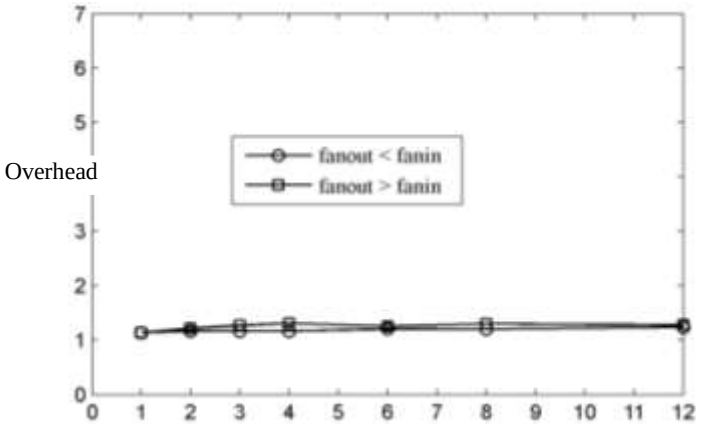
ويبين الشكل (7) أن الحمل الزائد يتغير بشكل طفيف مع زيادة قيم الجداء fanin*fanout. وكما هو الحال في نسبة التسليم، يأخذ الحمل الزائد قيماً متقاربة في الحالتين fanout<fanin و fanout>fanin من أجل الطرق الخمسة لنشر العدوى. ويمكن تفسير ذلك بكون نمط نشر العدوى المُستَخدَم هنا هو نمط السحب، لذا فإن رسائل نشر العدوى تتضمن محددات الأحداث وليس الأحداث نفسها، والحدث يتم تبادله فقط عند اكتشاف إحدى العقد المستهدفة بالعدوى أن أحد الأحداث مفقود لديها، وذلك خلافاً لنمط الدفع الذي تتضمن رسائل نشر العدوى فيه الحدث نفسه. وبشكل عام، تأخذ الحالتان fanout<fanin و fanout>fanin قيماً متقاربة بالنسبة للحمل الزائد بغض النظر عن قيمة كل من عرض مجال الاستهداف وعدد الدورات.



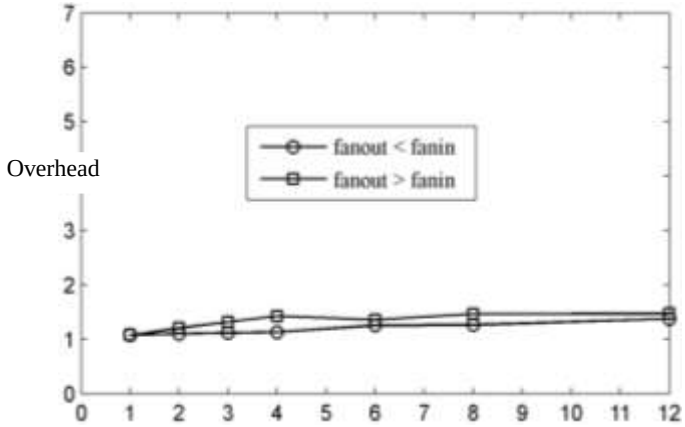
b) Loss polar



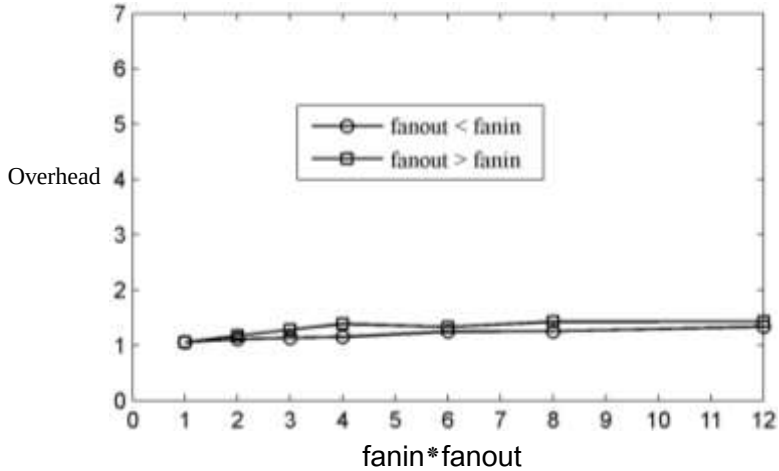
a) Random



d) 3PG



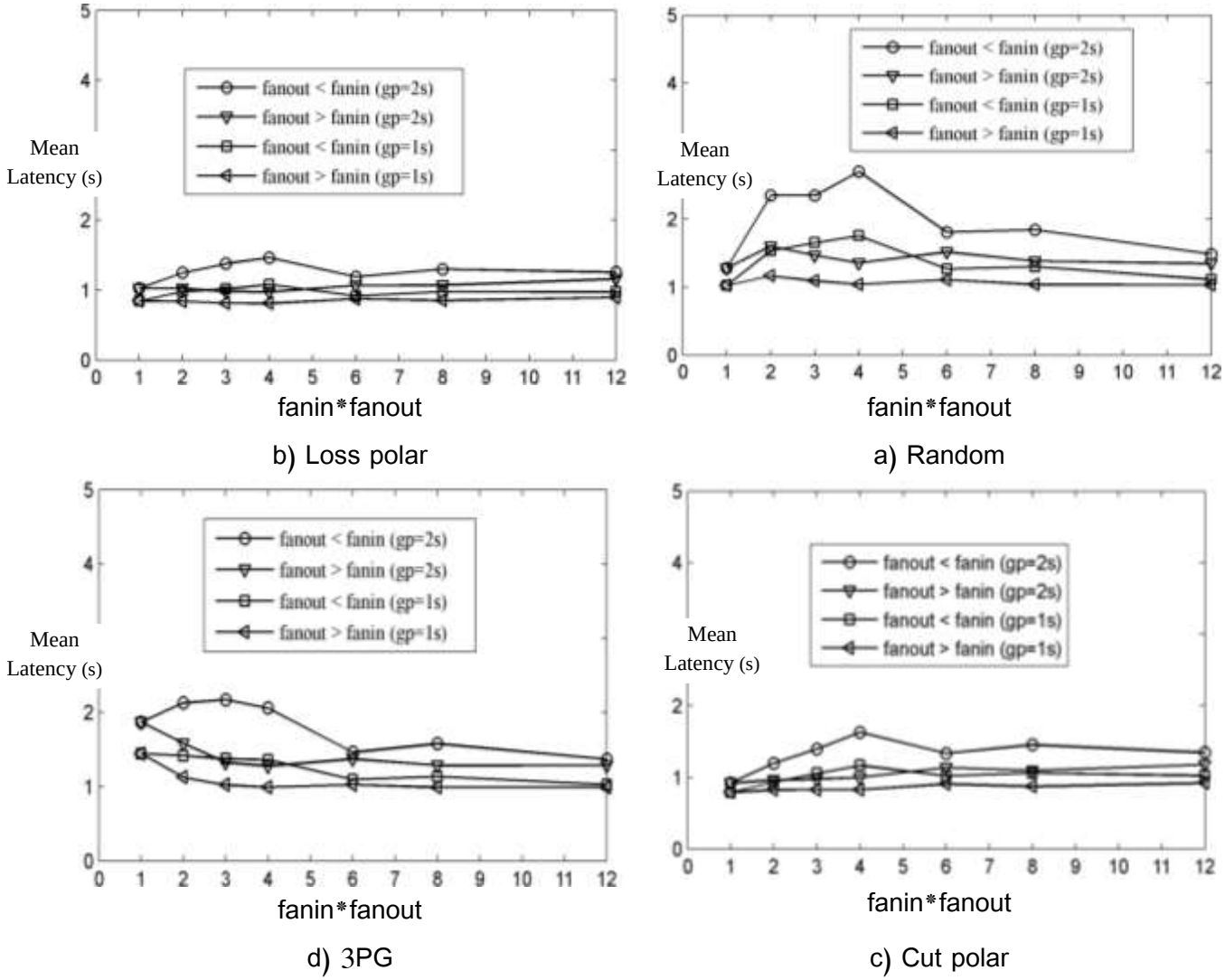
c) Cut polar



e) PGW

الشكل (7): تأثير تغير الجداء fanin*fanout على الحمل الزائد في: a) Random
b) Loss Polar c) Cut Polar d) 3PG e) PGW

يوضح الشكل (8) أن لعدد الدورات تأثيراً أكبر من عرض مجال الاستهداف على التأخير الوسطي (وذلك خلافاً لحالتي نسبة التسليم والحمل الزائد)، ويزداد التباعد بين الحالتين fanout<fanin و fanout>fanin بشكل واضح مع زيادة الفرق بين قيمتي عرض مجال الاستهداف وعدد الدورات، بينما يقل التباعد بين الحالتين عندما يكون الفرق صغيراً. ولمعرفة تأثير بارامتر الزمن الفاصل بين دورات نشر العدوى (Gossip Period وسُمّي اختصاراً gp في الشكل (8)) على التأخير الوسطي، فقد أُجرِيَت المحاكاة في الحالتين: gp=1s و gp=2s (كما يبين الشكل (9))، وتبين أن التأخير الوسطي يزداد بشكل ملحوظ، كما أن التباعد بين الحالتين يزداد بوضوح مع زيادة قيمة هذا البارامتر. وبشكل عام، يبدو أن التأخير الوسطي يأخذ قيمه الأصغر في طريقتي Loss Polar و Cut Polar.

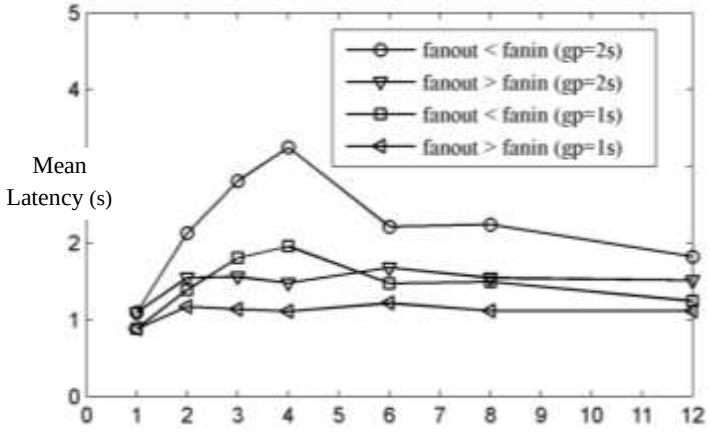


a) Random

b) Loss polar

c) Cut polar

d) 3PG

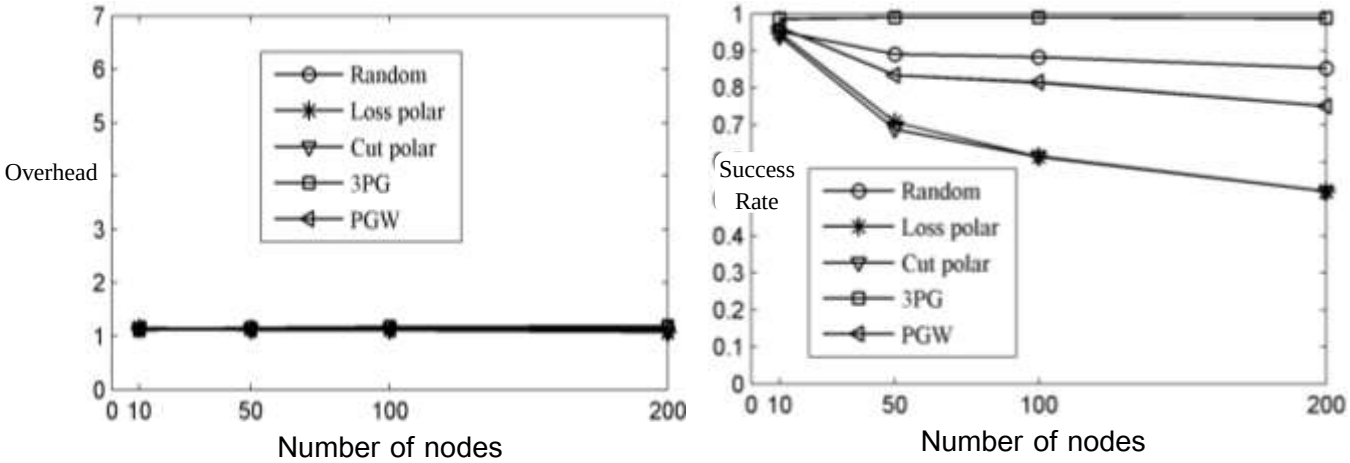


e) PGW

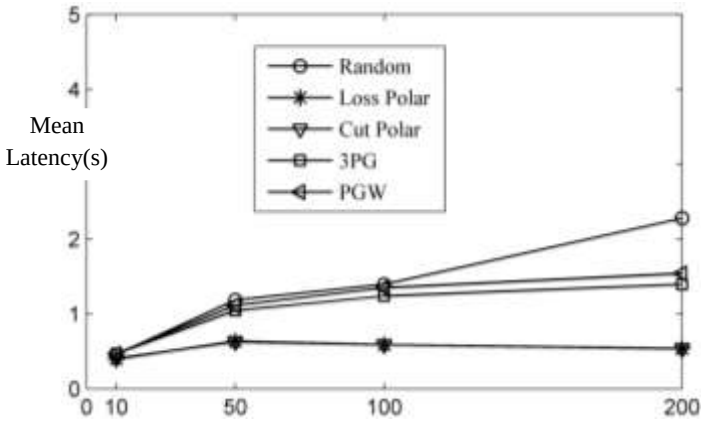
الشكل (8): تأثير تغير الجداء fanin*fanout على التأخير الوسطي في: a) Random
b) Loss Polar c) Cut Polar d) 3PG e) PGW

3-2. تأثير عدد العقد:

يوضّح الشكل (9) تأثير تغيّر عدد العقد على كل من نسبة التسليم (الشكل 9-a) والحمل الزائد (الشكل 9-b) والتأخير الوسطي (الشكل 9-c)، حيث تنفرد طريقة 3PG بكونها تحافظ على نسبة تسليم عالية مع زيادة عدد العقد وتعتبر أفضل الطرق من حيث نسبة التسليم، تليها طريقة Random التي تتمتع بنسبة تسليم جيدة يقابلها قيم مرتفعة للتأخير الوسطي وخاصة عند القيم العالية لعدد العقد، بحيث تبدو طريقة Random كأكثر الطرق سلبيةً من حيث التأخير الوسطي. يُلاحَظ كذلك أن أقل الطرق من حيث نسبة التسليم هما طريقتا Loss polar و Cut polar (وذلك بسبب تركيزهما الكامل على العقد ذات الأوزان الأعلى فقط دون الأخذ بعين الاعتبار بقية العقد)، اللتان تتميزان بالمقابل بكونهما تقدمان أفضل القيم من حيث التأخير الوسطي. ولا يبدو أن لزيادة عدد العقد تأثيراً واضحاً على الحمل الزائد الذي يأخذ قيماً متقاربة في جميع الطرق مع زيادة عدد العقد وهذا يعني أن زيادة عدد المشتركين لن تؤدي إلى حالة انهيار للنظام، والتي قد تتمثل في ارتفاع كبير للحمل الزائد. ويرجع هذا إلى كون النظام موزعاً، حيث يساهم المشتركون أنفسهم في ضمان وصول الأحداث.



a) نسبة التسليم b) الحمل الزائد

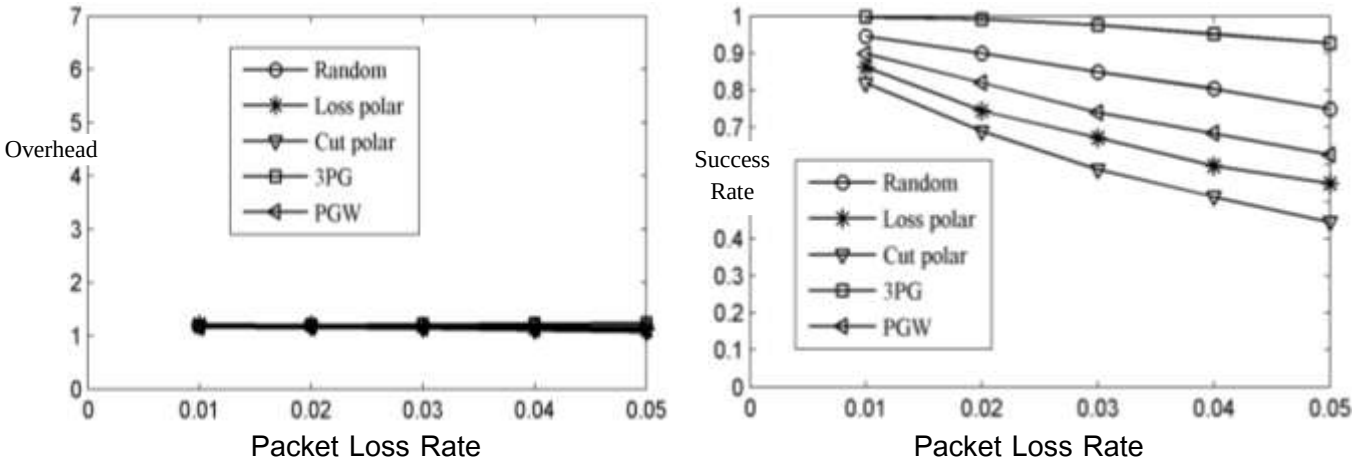


c) التأخير الوسطي

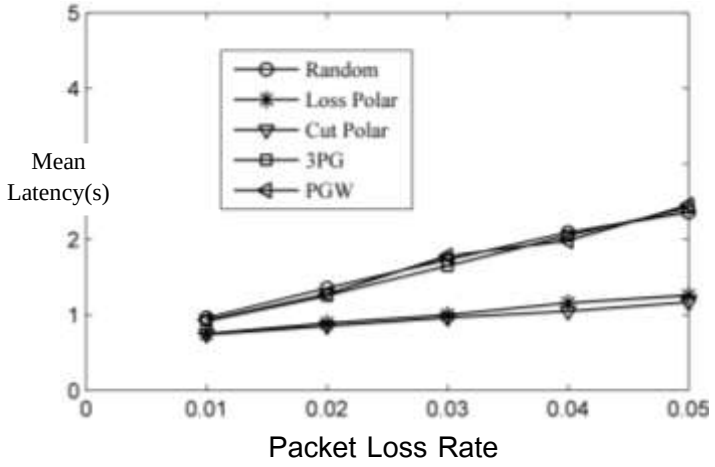
الشكل (9): تأثير تغير عدد العقد على: a) نسبة التسليم b) الحمل الزائد c) التأخير الوسطي

3-2. تأثير معدل فقد الرزمة:

يبيّن الشكل (10) تأثير تغيّر معدل فقد الرزمة على كل من نسبة التسليم (الشكل a-10) والحمل الزائد (الشكل b-10) والتأخير الوسطي (الشكل c-10)، حيث تحافظ طريقة 3PG على قيم عالية لنسبة التسليم مع زيادة معدّل الفقد، ويترافق ذلك مع زيادة ملحوظة في قيم التأخير الوسطي، ويُعزى ذلك إلى كون طريقة 3PG تقدم تغطية أفضل حتى للعقد التي يُعَدّ احتمال فقدها للأحداث صغيراً، لكن التأخيرات تكون كبيرة في معظم الحالات، لأن وصول الحدث إلى العقد التي يرتفع فيها احتمال الفقد (وهي العقد البعيدة عن الجذر) قد يحتاج إلى عدة دورات. وتبدي طريقة Random سلوكاً جيّداً من حيث نسبة التسليم والتأخير الوسطي، بينما تبدو طريقتا Loss polar و Cut polar أضعف الطرق من حيث نسبة التسليم ولكنهما الأفضل من حيث التأخير الوسطي، ويعود ذلك إلى كون هاتين الطريقتين تعالجان الحالة الغالبة، وهي حدوث الفقد في العقد البعيدة عن الجذر (وتغضان النظر عن الحالات النادرة التي تتمثل بحدوث فقد في العقد القريبة من الجذر)، لذا فإن نسبة التسليم تكون أقل بالمقارنة مع طريقة 3PG، ولكن التسليم يكون أسرع، لأن معظم حالات الفقد تُواجَه بثرثرة إلى العقد الفاقدة مباشرةً. وكما هو الحال عند زيادة عدد العقد، يُلاحَظ أن معدل فقد الرزمة يملك تأثيراً محدوداً على الحمل الزائد الذي يبدو أنه يتغير ضمن مجال ضيق للغاية في الطرق الخمسة لنشر العدوى.



a) نسبة التسليم b) الحمل الزائد



c) التأخير الوسطي

الشكل (10): تأثير تغير معدل فقد الرزمة على: a) نسبة التسليم b) الحمل الزائد c) التأخير الوسطي

الاستنتاجات والتوصيات:

يمكن، وبناءً على النتائج التي تمّ التّوصّل إليها، الوصول إلى الاستنتاجات الآتية:

-تزداد نسبة التسليم والحمل الزائد مع زيادة كل من عرض مجال الاستهداف وعدد الدورات، ولكن يملك عرض مجال الاستهداف تأثيراً أكبر من عدد الدورات عليهما، ويكون التباعد بين الحالتين fanout<fanin و fanout>fanin صغيراً بحيث يمكن الاستعاضة بقيمة الجداء fanin*fanout عن قيمة كل من عرض مجال الاستهداف وعدد الدورات. وذلك خلافاً للتأخير الوسطي الذي يملك فيه عدد الدورات تأثيراً أكبر، ولا يمكن الاستعاضة فيه بقيمة الجداء عن قيمة كل من عرض مجال الاستهداف وعدد الدورات بسبب التباعد الواضح بين الحالتين.

-مع زيادة عدد العقد، تبرز طريقة 3PG كأفضل الطرق من حيث نسبة التسليم وتحافظ على تفوّقها على بقية الطرق، وذلك خلافاً للحمل الزائد الذي تتقارب قيمه للطرق الخمسة. وتبدو طريقتا Loss polar وCut polar الأفضل من حيث التأخير الوسطي.

-مع زيادة معدل فقد الرزمة، تحافظ طريقة 3PG على كونها الطريقة الأفضل من حيث نسبة التسليم، ولكن ذلك يترافق مع زيادة ملحوظة في قيم التأخير الوسطي، وعلى العكس من ذلك، تعَدّ طريقتا Loss polar و Cut polar الأقل وثوقيةً، ولكنهما الأفضل من حيث التأخير الوسطي. ولا يتأثر الحمل الزائد كثيراً، بل يتغير بشكل محدود مع زيادة معدل فقد الرزمة في الطرق الخمسة لنشر العدوى.

-كان من اللافت أن طريقة Random، التي تقوم باختيار العقد المستهدفة بالعدوى بشكل عشوائي، تفوقت على عدد من الطرق التي تختار العقد المستهدفة بالعدوى بشكل موجّه، ومازالت تحافظ على أداء جيد مقارنةً مع بقية الطرق وخاصة من حيث نسبة التسليم.

وبناءً على الاستنتاجات السابقة يُوصى بما يلي:

-اعتماد قيمة جداء عرض مجال الاستهداف بعدد الدورات (fanin*fanout) (بغض النظر عن قيمة كل منهما) كقيمة مرجعية للحصول على نسبة التسليم المطلوبة والحمل الزائد، فيما لا يمكن اعتماد هذا الجداء كقيمة مرجعية للتأخير الوسطي.

- اعتماد خيار زيادة عرض مجال الاستهداف بدلاً من زيادة عدد الدورات من أجل الحصول على قيم عالية لنسبة التسليم مترافقة مع قيم منخفضة للتأخير الوسطي.

-يُنصَح باعتماد طريقة 3PG من أجل تطبيقات المهمة الحرجة (Mission critical Applications) التي تتطلب وثوقية عالية (إضافةً إلى متطلباتها الأخرى من حيث قابلية الصيانة والتوافرية)، وطريقتي Loss polar و Cut polarمن أجل تطبيقات الزمن الحقيقي (Real Time Applications) التي تتطلب تأخيراً زمنياً منخفضاً. أما بالنسبة لتطبيقات المعدّل الحرج (Rate critical Applications) التي تتطلب حملاً زائداً منخفضاً (إضافةً إلى المقدرة المنخفضة)، فالطرق الخمسة لنشر العدوى متقاربة، ولا تتفوق أي طريقة على الأخرى بشكل مطلق.

المراجع:

[1] COSTA, P; MIGLIAVACCA, M.; PICCO, G. P; and CUGOLA, G. *Introducing reliability in content-based publish subscribe through epidemic algorithms*. In DEBS '03: Proceedings of the 2nd international workshop on Distributed event-based systems, pages 1–8, New York, NY, USA, 2003. ACM.

[2] COULOURIS, G; DOLLIMORE, J; KINDBERG, T; and BLAIR, G. *DISTRIBUTED SYSTEMS Concepts and Design. Fifth Edition*, Addison Wesley,2011, ISBN 0-13-214301-1.

[3] ESPOSITO, C. *A tutorial on reliability in publish/subscribe services*. Proceedings of the 6th ACM International Conference on Distributed Event-Based Systems - DEBS '12, pages 399-406, 2012.

[4] ESPOSITO, C; RUSSO, S; BERALDI, R; PLATANIA, M; and BALDONI, R. *Achieving reliable and timely event dissemination over WAN*. In Proceedings of the 13th international conference on Distributed Computing and Networking, pages 265–280, 2012.

[5] EUGSTER, P.T; FELBER, P.A; GUERRAOUI, R; and KERMARREC, A. M. *The many faces of publish/subscribe*. ACM Computing Surveys (CSUR), 35(2):114-131, 2003.

[6] TOCK, Y; NAAMAN, N; HARPAZ, A; and GERSHINSKY, G. *Hierarchical clustering of message flows in a multicast data dissemination system*. In 17th IASTED International Conference Parallel and Distributed Computing and Systems, pages 320–327, 2005.

[7] BOULANGER, J.S; KIENZLE, J; and VERBRUGGE, C. *Comparing interest management algorithms for massively multiplayer games*. In Proceedings of the 5th NetGames workshop, ACM, pp.1–12 Singapore, 2006.

[8] COOPER, B. F; RAMACRISHNAN, R; SRIVASTAVA, U; SILBERSTEIN, A; BOHANNON, P; JACOBSEN, H; PUZ, N; WEAVER, D; and YERNENI, R. *PNUTS: Yahoo!'s hosted data serving platform*. Proceedings of the VLDB Endowment 1, no. 2 (2008): 1277-1288.

[9] EUGSTER, P.T; GUERRAOUI, R; KERMARREC, A. M; and MASSOULIE, L. *Epidemic Information Dissemination in Distributed Systems*. The Computer Journal, 37(5):60–67, May 2004.

[10] CASTRO, M; DRUSCHEL, P; KERMARREC, A. M; and ROWSTRON, A. *Scribe: A large-scale and decentralized application-level multicast infrastructure*. Selected Areas in Communications, IEEE Journal on, 20(8):1489-1499, 2002.

[11] ROWSTRON, A; and DRUSCHEL, P. *Pastry: Scalable, decentralized object location, and routing for large-scale peer-to-peer systems*. In Middleware 2001, pages 329-350. Springer, 2001.

[12] LUA, E.K; CROWCROFT, J; PIAS, M; SHARMA, R; and LIM, S. *A survey and comparison of peer-to-peer overlay network schemes*. IEEE Communications Surveys & Tutorials, 7(2): 72–93, 2005.

[13] Amoretti, M. *A survey of peer-to-peer overlay schemes: Effectiveness, efficiency and security*. BSP Recent Patents on Computer Science, 2(3): 195–213, September 2009.

[14] VARGA, A. *The OMNET++ Discrete Event Simulation System*. Proceedings of the European Simulation Multi conference(ESM01),pages 319-324,June2001.

[15] BAUMGART, I; HEEP, B; and KRAUSE, S. *OverSim: A Scalable and Flexible Overlay Framework for Simulation and Real Network Applications*. Proceedings of the 9th International Conference on Peer-to-Peer Computing (IEEEP2P09), pages87-88, September 2009.

[16] Single European Sky ATM Research(SESAR). *http://www.sesarju.eu/about*.

[17] طوشان، الياس فرج الله ; طوقتلي، محمد سعيد. " *الوثوقية وكشف الأعطال* "، منشورات جامعة حلب،1994.

[18] DEMERS, A; GREENE, D; HAUSER; C; IRISH, W; LARSON, J; SHENKER, S; STURGIS, H; SWINEHART, D; and TERRY, D. *Epidemic algorithms for replicated database maintenance*. In Proceedings of the 6th annual ACM Symposium on Principles of distributed computing, pages 1-12.ACM, 1987.

[19] ESPOSITO, C; BERALDI, R; and PLATANIA, M. "*Improving the Efficiency of Gossiping*." In DEPEND 2013, The Sixth International Conference on Dependability, pp. 31-36, 2013.