Improved Caching in Information Central Networks (Improved Probability Algorithm)

Dr. Ahmad Saker Ahmad*
Dr. Talal Alataki**
Ahmad Akel***

(Received 18 / 11 / 2018. Accepted 7 / 7 / 2019)

□ ABSTRACT □

ICN (Information Central Networks) is an appropriate alternative to the current Internet, focusing on distributing and retrieving content rather than transferring data between devices over the network.
ICN networks follow a specific approach in which caches are used instead of transferring information across network paths from source to consumers.
The main objective of the article is to implement a probability storage algorithm that takes into account two criteria (content popularity - distance ratio between nodes and source) to achieve the following objectives:
1. Increase the speed of storage.
2. Reduce the cache replacement rate responsible for serving users.
3. Reduced delivery times.
In this article we present a preliminary comparison by simulators to create the proposed probability caching algorithm and demonstrate the gains made by this algorithm.

Keywords: Information Central Networks, Probability Caching Along The Path, Distributed Network Architecture.

***Professor, Department of System and Computing Network Engineering, Faculty of Informatics, Engineering, Tishreen University, Lattakia, Syria.**
****Assistant Professor, Department of System and Computing Network Engineering, Faculty of Informatics, Engineering, Tishreen University, Lattakia, Syria.**
*****Postgraduate Student, Department of System and Computing Network Engineering, Faculty of Informatics, Engineering, Tishreen University, Lattakia, Syria.**

تحسين التخزين المؤقت في شبكات المعلومات المركزية (خوارزمية احتمالية محسنة)

الدكتور أحمد صقر أحمد*

الدكتور طلال العاتكي**

أحمد عاقل***

(تاريخ الإيداع 18 / 11 / 2018. قُبل للنشر في 7/ 7 / 2019)

□ ملخّص □

تشكل شبكات المعلومات المركزية (Information Central Networks) ICN بديل مناسب لشبكة الانترنت الحالية حيث تركز على توزيع واستعادة المحتوى بدلاً من نقل البيانات بين الأجهزة عبر الشبكة.

تتبع شبكات ال ICN نهج معين تستخدم من خلاله الذواكر المخبئية (Cache) بدلاً من نقل المعلومات عبر المسارات الشبكية من المصدر الى المستخدمين.

الهدف الرئيسي من البحث هو تطبيق خوارزمية تخزين احتمالية تأخذ بعين الاعتبار معيارين اثنين (شعبية المحتوى – نسبة المسافة بين العقد والمصدر) لتحقيق الاهداف التالية:

1- زيادة سرعة التخزين المؤقت.

2- تخفيض معدل استبدال الCache المسؤولة عن تخديم المستخدمين.

3- تخفيض عدد مرات تسليم المحتوى.

نقدم في هذه البحث مقارنة أولية من خلال المحاكات لعمل خوارزمية التخزين المؤقت الاحتمالية المقترحة وإظهار الفوائد التي تقدمها هذه الخوارزمية.

الكلمات المفتاحية: شبكات المعلومات المركزية ، التخزين المؤقت على طول المسار، معمارية شبكية موزعة.

* **أستاذ – قسم النظم والشبكات الحاسوبية – كلية الهندسة المعلوماتية – جامعة تشرين – اللاذقية – سورية.**

** **مدرس – قسم النظم والشبكات الحاسوبية – كلية الهندسة المعلوماتية– جامعة تشرين – اللاذقية – سورية.**

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

مقدمة:

تشكل شبكات ICN بديلاً مناسباً لنموذج الاتصال طرف لطرف (end To end) تركز على توزيع المحتوى واسترجاعه. تقوم مصادر المحتوى بتوزيع محتواها من البيانات عن طريق خدمة تسمى الإشعار بالمحتوى، حيث تعتمد على خدمة التوجيه عن طريق الاسم، فتطلق اسم معين على كل محتوى من البيانات، ويقوم الزبائن بالاشتراك بهذه الخدمة [1] .

تقوم هرمية شبكات ال ICN بتحديد موارد محتوى البيانات، مثل صفحات الويب او اجزاء برمجية معينة اوحزم شبكية بإستخدام معرِف المحتوى بحيث لاتتضمن هذه المعرِّفات أي معلومات من شأنها ربط المحتوى بموقع معين ،وفي حال التخلص من هذا القيد يمكن تخزين المحتوى بشكل مؤقت ضمن أحد المعيارين (التخزين المؤقت على طول المسار أو التخزين المؤقت خارج المسار بالنسبة لمواقع الذواكر المخبئية).

أهمية البحث وأهدافه:

1- أهمية البحث

تكمن أهمية بحثنا في كيفية تحسين التخزين المؤقت في شبكات المعلومات المركزية اعتماداً على معاملي (شعبية المحتوى والمسافة بين العقدة المصدر والعقدة الهدف) كمعيارين أساسيين لتطوير الأداء.

2- أهداف البحث

- يهدف التخزين المؤقت خارج المسار الى تكرار المحتوى داخل الشبكة بغض النظر عن مسار إعادة التوجيه ويكون مركزي، ويحتوي على كمية كبيرة من المعلومات التي تم جمعها والإعلان عنها في خدمة الإشعار بالمحتوى، وهذه المشكلة تكافئ مشكلة التكرار في شبكات تسليم المحتوى CDN(Content Data Network) [2].
- التخزين المؤقت على طول المسار يكون متكاملاً مع هرمية الشبكة نفسها، أي أن قرار التخزين المؤقت للمحتوى المنشور يقتصر على طول مسار التسليم في العقد الموجودة على طول المسار[3] .

يتم التخزين المؤقت عادة في طبقة الشبكة ، وبالتالي تكون مستقلة عن التطبيق لكنها تتأثر بسرعة الانترنت المطلوبة لعملية تسليم المحتوى، وكذلك العبء (من ناحية التكلفة والزمن) الذي تسببه المراقبة وجمع المعلومات الإحصائية والإعلان عن المحتوى المخبأ من خلال خدمة الإشعار بالمحتوى، والتي قد لاتكون مجدية، وأخيراً لايتبع التخزين المؤقت على طول المسار طوبولوجيا شبكية محددة ،كما يمكن تطبيق كلا النهجين معاً او بشكل منفصل [4] .

- فوائد كلا النهجين لاتزال قيد الدراسة ونحن في هذا البحث نتبع نهج التخزين المؤقت على طول المسار المعرف ضمن مجال ال ICN ، ونقدم خوارزمية تخزين احتمالية تستند لمتغيرين هما شعبية المحتوى (P) ونسبة المسافة لكل عقدة من المصدر(D) ، ونجري مقارنة لهذه الخوارزمية مع غيرها من خلال المحاكات ضمن بيئة ال NDNSIM والتي تم تنصيبها ضمن محاكي NS3 على نظام Ubuntu.
-

طرائق البحث ومواده:

1- المحاكي المستخدم:

تم اجراء مقارنة للخوارزمية المقترحة مع غيرها من خلال المحاكات ضمن بيئة ال NDNSIM والتي قمنا بتنصيبها ضمن محاكي NS3 على نظام Ubuntu.

2- السيناريوهات المقترحة:

- **السيناريو الأول:**

باستخدام توزيع ZipF (توزيع احتمالي لشعبية المحتوى) حيث a =1.0 ، وتم تطبيق بروتوكول أقصر مسار توجيه و أخذت النتائج بعد الإنتهاء.

وباستخدام نموذج المحاكات هذا تم مقارنة أداء خوارزميات Prob-Cache الاحتمالية و fix(0.90) وDC و CE2 مع الخوارزمية المقترحة PD ، حيث تم قياس:

1- معدل نجاح ذاكرة التخزين المؤقت الشاملة.

2- معدلات استبدال ذاكرة التخزين المؤقت الشاملة.

3- متوسط أوقات تسليم المحتوى.

تم تقديم النتائج في الحالة (1) حيث (a=1.0).

- **السيناريو الثاني:**

تم تغيير قيمة توزيع ZipF (توزيع احتمالي لشعبية المحتوى) حيث a =1.5 وأعدنا حساب النتائج في الحالة (2) حيث (a=1.5).

الأعمال السابقة

في هذا القسم نقدم ملخص لنهج التخزين المؤقت على المسار المقترحة ونتائج التقييم الخاصة بها مع الأخذ بعين الاعتبار عدة مقاييس موضحة بالجدول [5]:

الجدول (1) مقاييس تخزين المحتوى في ذاكرة التخزين المؤقت

Evaluation Metrric	Description
Server Hit Rates	Number Of Content Requests Satisfied By a Server
Cache Hit Rates	Number Of Content Requests Satisfied By a Cache
Eviction Rates	Number Of Content Requests Occured in a Cache
Absorption	Total Time That a Content Stays Cached in the System
Hop Count Rates	Number Of Hops That a Content Request Travels
Download Times	Total Time To Retrieve a Content

نقدم مجموعة متنوعة من خوارزميات التخزين المؤقت على المسار التي تعتمد على الاحتمال (P) حيث توجد (n) عقدة على مسار التسليم وتقرر الخوارزمية اي محتوى سيتم تخزينه بشكل مؤقت . يمكن تصنيف الخوارزمية الاحتمالية تبعاً للطريقة التي يتم احتساب P فيها كما يلي:

1- على أساس قيمة ثابتة Fix(P) حيث P=1 .

2- استناداً الى صيغة رياضية.

- خوارزمية CE2 (Cache Everything Everywhere) التي اقترحها Jacobson هي خوارزمية على أساس قيمة ثابتة Fix(p) حيث P=1 [6].

اختبر Rossi خوارزمية Fix(P) الثابتة وقارنها مع خوارزمية LCD(Leave Copy Down) مما أدى الى معدل نجاح أعلى لذاكرة التخزين المؤقت [7].

- يعمل نهج LCD على تخزين المحتوى المطلوب بإجراء قفزة واحدة بإتجاه الزبون في كل مرة يصل فيها طلب للمحتوى [8].

- اقترح Psarras خوارزمية تخزين احتمالية تسمى Probcache [9] ، يتألف من عامل Timesln وعامل Cacheweight. يشير عامل Timesln الى سعة العقد المتبقية على طول مسار التسليم مع تفضيل للمحتويات التي تأتي من مكان أبعد . أما عامل Cacheweight يمثل التوازن الذي يقابل الظلم الذي يسببه عامل Timesln.

- لقد قام Psarras بتقييم خوارزمية Probcache مع خوارزميات Fix(P) و CE2 و LCD حيث حقق مكاسب كبيرة من حيث معدل نجاح المخدم ومعدل عدد القفزات ومعدل إفراغ الذاكرة المؤقتة باستخدام الخوارزمية الإحتمالية Probcache [10].

- اقترح Soarlas خوارزمية DC (Degree Centrality) للتخزين المؤقت على المسار تعتمد على نهج الـ LeafNode ، وفقاً لهذا النهج يتم تخزين المحتوى في العقدة الأخيرة لمسار التسليم وقد أجرى مقارنة مع خوارزمية CE2 وحققت نجاح أكبر في معدلات القفزات و أوقات معالجة أقل[11] .

- بالخلاصة نجد أن هناك أربع مسارات لكل منها نهج مختلف وهي خوارزمية Fix(P) وخوارزمية CE2 وخوارزمية DC وخوارزمية Prob_cache وهذه الخوارزميات تتفوق على كل الخوارزميات التي حاولت تحسين التخزين المؤقت ونحن في هذا البحث سنجري مقارنة لهذه الخوارزميات مع بعضها البعض بالإضافة للخوارزمية المقترحة.

- بالإعتماد على هذه الدراسة والدراسات السابقة نتوقع أن نحدد صيغة نظام التخزين المؤقت الأكثر ملائمة لشبكات ال ICN .

1- خوارزمية PROB-PD الاحتمالية المقترحة:

بناءً على الخوارزميات المقدمة في الأعمال السابقة نلاحظ أنه لم يتم أخذ شعبية المحتوى كمعيار لقرار التخزين المؤقت مع أنه عامل مهم جداً، لذلك فهو قادر على التاثير على أداء خوارزمية التخزين المؤقت والشبكة ككل، لذلك ينبغي أن يؤخذ بعين الإعتبار حيث سنقوم بتطبيق شعبية المحتوى على عدد من سياسات استبدال ذاكرة التخزين المؤقت وخوارزميات النسخ المعروفة في شبكات ال CDN ولتطبيق ذلك تم الاستفادة من خوارزمية Greedy المحلية (الخوارزمية الجشعة) [12] ,[13] وهي خوارزمية تعمل على اختيار الحل الأفضل في المرحلة الحالية، من دون الأخذ بالحسبان تأثير هذه الخطوة لاحقاً.

نقترح خوارزمية احتمالية $Prob - PD_{i,j}$ تتكون من عاملين هما:نسبة شعبية المحتوى (P) المحتملة على عقدة معينة والمسافة(D) بين نفس العقدة والمصدر الذي يقدم المحتوى .

لذلك يتوجب علينا تحديد ألية لحساب شعبية المحتوى، حيث نجد أنه يمكننا تقسيم مفهوم شعبية المحتوى الى شعبية محتوى ثابتة وشعبية محتوى ديناميكية.

تتطلب شعبية المحتوى الثابتة التعريف عن عتبة (h) ، والمحتوى الذي يتجاوز الطلب عليه من قبل الزبائن هذه العتبة يعتبر محتوى شعبي ، أما المحتوى الذي يمتلك عدد طلبات عاليه تقل عن العتبة يعتبر محتوى غير شعبي ولذلك يتم استبعاده من قرار التخزين المؤقت. ونظراً لأن طبيعة هرمية شبكات ال ICN متقلبة فإن سياسة التخزين

المؤقت بإستخدام شعبية المحتوى الثابتة تؤدي الى مقاربة غير واقعية وعدم استخدام سعة المخازن المؤقتة بشكل مثالي، لذلك تطبيق نهج شعبية المحتوى الديناميكية على قرار التخزين المؤقت يكون افضل[14] ,[15] .

يتم تعريف شعبية المحتوى الديناميكي بعدد الطلبات للحصول على المحتوى خلال فترة زمنية (Δ_t) وبالتالي يتم تحديد المحتوى الأكثر شعبية من خلال مقارنة عدد الطلبات للمحتويات المختلفة مع بعضها البعض، أي أننا نقوم بترتيب المحتويات تنازلياً حسب عدد الطلبات عليها ، إلا أنه لهذا النهج مشكلة وهي المقارنة المستمرة لمعدلات الطلبات للمحتويات المختلفة والتي تشكل عبئاً على الشبكة، لهذا نقترح شعبية محتوى ديناميكية تقلل عدد المقارنات الى الحد الأدنى [16] ,[17] .

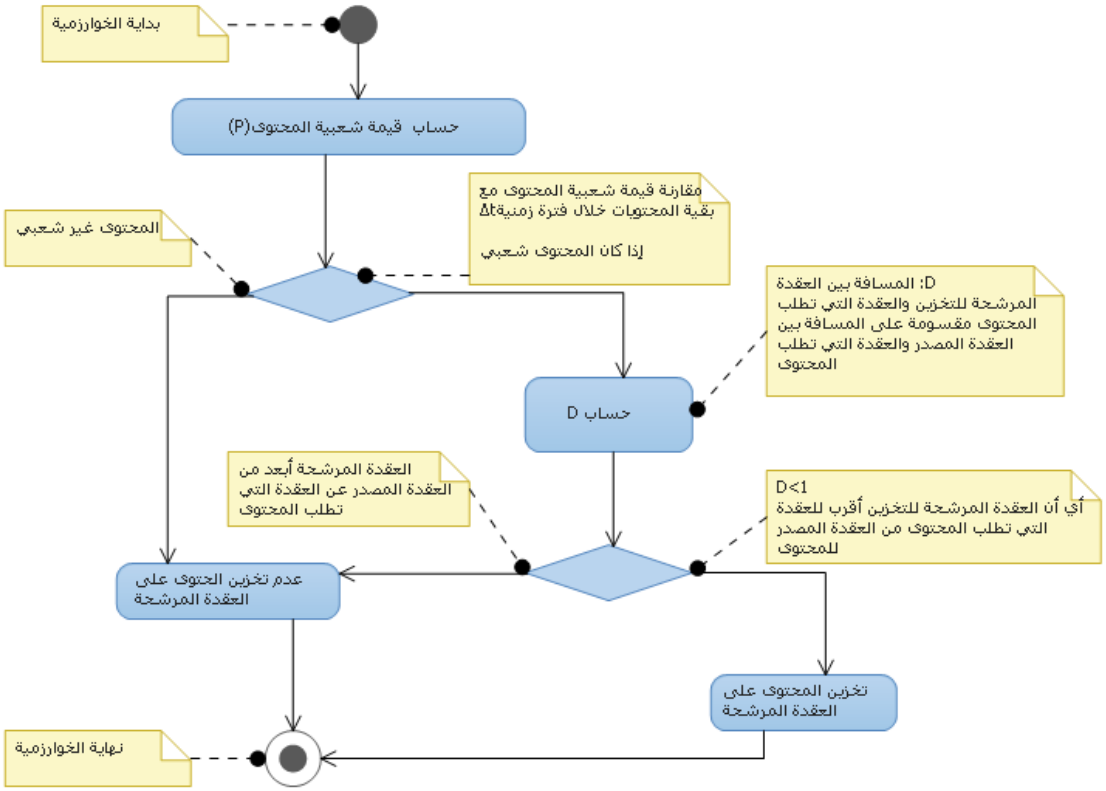
إن أي خوارزمية تخزين مؤقت على المسار تتطلب الإجابة على السؤال التالي: أين سيتم تخزين المحتوى (في أي عقدة) [18] ,[19] , أما نحن فعدلنا السؤال ليصبح هل يجب تخزين هذا المحتوى على العقدة أم لا لتحديد العقدة الأمثل للتخزين استناداً الى عدة معايير منها زمن الاستجابة الذي يؤثر على أداء الشبكة، حيث نقيس عدد القفزات.

ومن أجل شرح ذلك نفرض ان (i) تدل على العقدة التي ستتخذ قرار التخزين المؤقت و (j) تدل على المحتوى الذي يتم تطبيق قرار التخزين المؤقت عليه وليكن $r_{i,j}$ يشير الى عدد الطلبات على العقدة i للمحتوى j فيكون $\sum_{j=1}^{J} r_{i,j}$ العدد الإجمالي للطلبات و $d(i, i^{-1})$ المسافة بين العقدة i والعقدة i^{-1} باستخدام عدد القفزات كمقياس ، فتكون معادلة الخوارزمية المقترحة:

$$Prob - PD_{i,j} = \underbrace{\frac{\frac{r_{i,j}}{\Delta_t}}{\sum_{\forall j \in J} \frac{r_{i,j}}{\Delta_t}}}_{P} \times \underbrace{\frac{d_{n,src}}{d_{dst,src}}}_{D}$$

إن العامل الأخر الذي تقدمه خوارزميتنا هو المسافة بين العقدة والمصدر الذي يقدم المحتوى.

حيث أن P تمثل شعبية المحتوى j الديناميكية ، أي عدد الطلبات للمحتوى j خلال فترة زمنية Δ_t مقسومة على العدد الاجمالي للطلبات خلال الفترة الزمنية نفسها على العقدة i. ومن أجل تجنب تشكيل أي عبء إضافي على عمل العقدة نعرف Δ_t [20] ,[21] على أنها الوقت بين وصول أول طلب للمحتوى j وأول إستجابة لهذا الطلب، وبهذه الطريقة كل محتوى يجري مقارنة واحدة فقط مع بقية المحتويات وذلك لتقليل الحسابات المعقدة التي تجريها شعبية المحتوى الديناميكي لتحديد أي المحتويات أكثر شعبية كما في الشكل (1).



الشكل(1) المخطط التدفقي للخوارزمية المقترحة PD.

عامل المسافة D نحسبه على أساس المسافة بين العقدة المصدر والعقدة الهدف التي تطلب المحتوى. إن العامل D تظهر فائدته من خلال أن المحتوى سيتم تخزينه مؤقتاً على العقدة i لتقوم هي بتخديم الطلبات عوضاً عن العقدة المصدر والتي ستكون أبعد وأكثر تكلفة ، وبتطبيق هذين العاملين معاً نهدف لقياس مدى تحسين التخزين المؤقت على طول المسار [22] .

النتائج المناقشة:

من أجل تجهيز بعض المعايير الأولية لقياس أداء الخوارزمية المقترحة أجرينا تجارب على محاكي NDNSIM ضمن بيئة ال NS3 ونفذنا عليها شبكة ICN ذات نموذج الاتصال NDN .

هذه الطوبولوجيا تتضمن شجرة ثنائية من 5 مستويات انطلاقاً من الجذر و تقديم حوالي 1000 محتوى، كل عقدة في هذه الشجرة باستثناء عقدة الجذر قادرة على طلب المحتوى وتخزينه في مخزن المحتوى الخاص بها، وكل مخزن بكل عقدة له سعة تساوي 10 محتويات.

يتم استبدال المحتويات ضمن CS(Chache Store) باستخدام سياسة LRU (Least recently used) والتي تتضمن ازالة البيانات ذات الاستخدام الأقل مؤخراً.

يتم أنشاء طلبات المحتوى على كل عقدة بالتوازي باستخدام توزيع ZipF (توزيع احتمالي لشعبية المحتوى) حيث a ∈{1.0 , 1.5} : معامل شعبية المحتوى الديناميكي وفق التوزيع ZipF ، وتم تطبيق بروتوكول

أقصر مسار توجيه و أخذت النتائج بعد الإنتهاء.

وباستخدام نموذج المحاكات هذا تم مقارنة أداء خوارزميات Prob-Cache الاحتمالية و fix(0.90) وDC و CE2 مع الخوارزمية المقترحة PD ، حيث تم قياس:

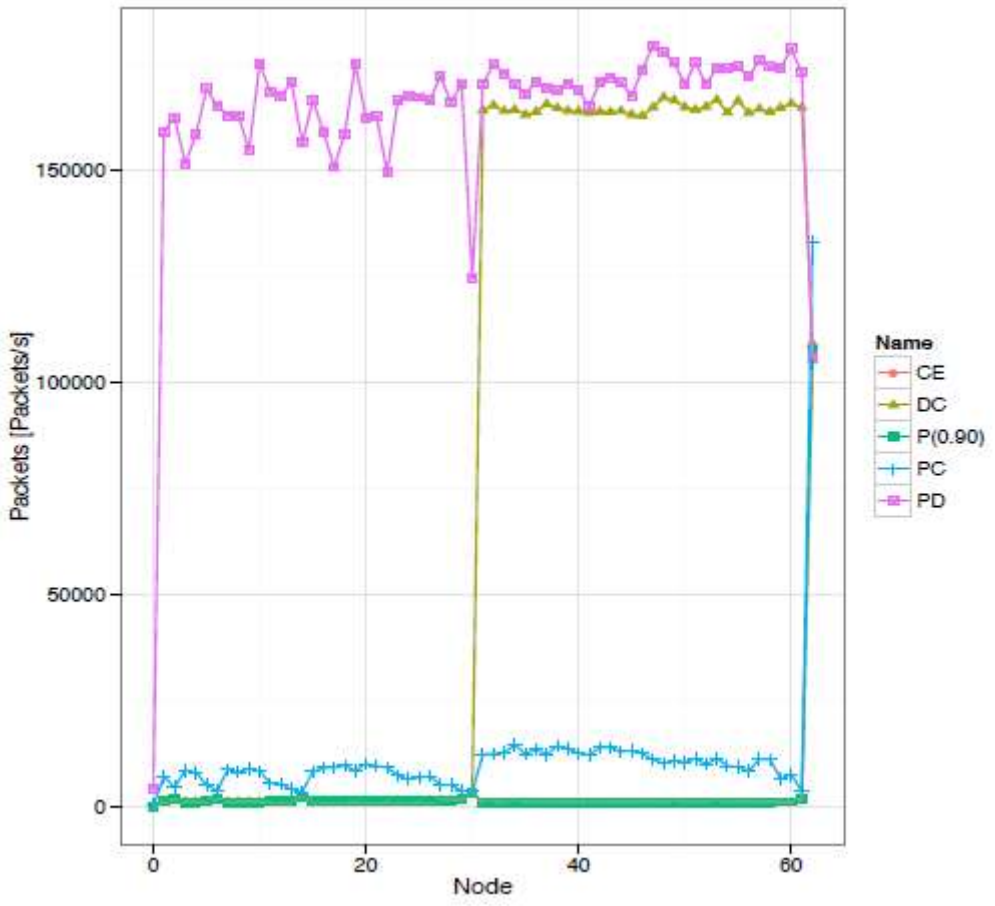
معدل نجاح ذاكرة التخزين المؤقت الشاملة.

4- معدلات استبدال ذاكرة التخزين المؤقت الشاملة.

5- متوسط أوقات تسليم المحتوى.

تم تقديم النتائج في الحالة (1) حيث (a=1.0) وفي الحالة (2) حيث (a=1.5).

- الحالة (1) باستخدام توزيع ZipF حيث { 1.0} ∈a: (حساب معدل نجاح التخزين المؤقت) قمنا في البداية بإجراء تجربة لحساب معدل نجاح التخزين الموقت وذلك باستخدام الخوارزمية المقترحة PD مع بقية الخوارزميات كما نلاحظ في الشكل (2).

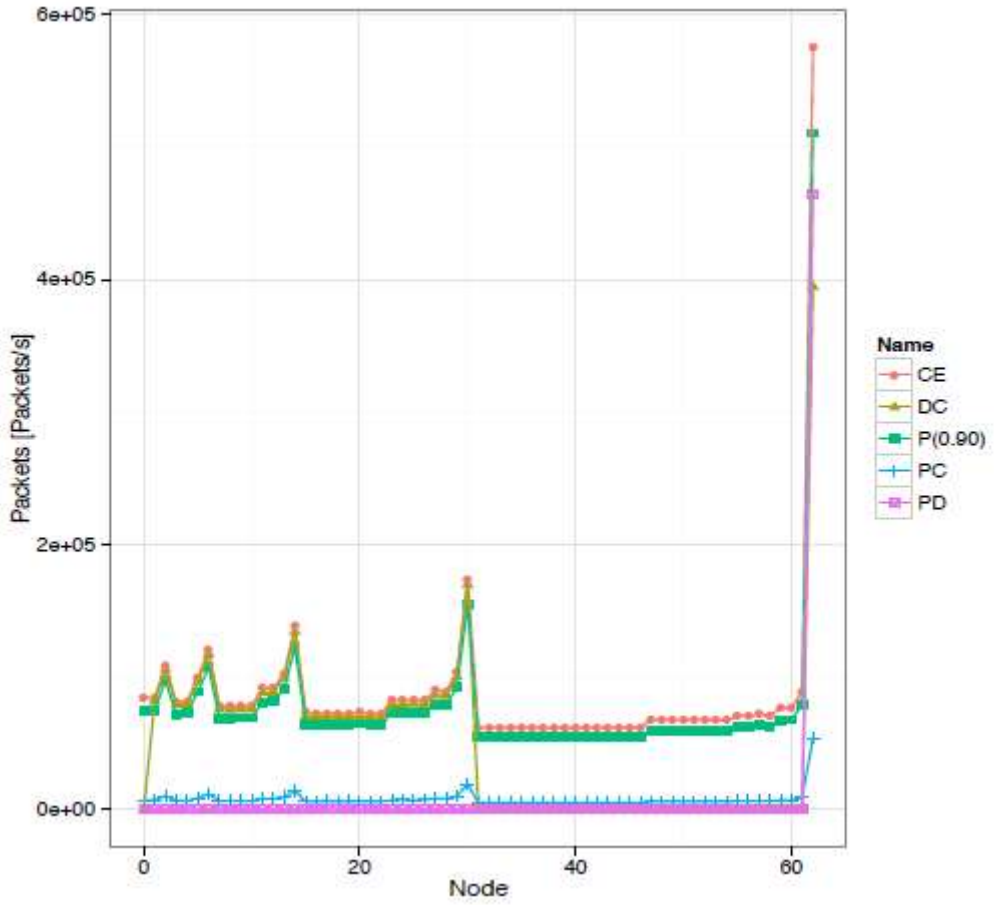


الشكل(2) معدل نجاح التخزين في ذاكرة التخزين المؤقت باستخدام توزيع ZipF حيث (a=1.0)

يشير محور X الى عدد العقد (Node) في الشجرة الثنائية التي تصل الى (60 عقدة) ومحور Y الى عدد حزم البيانات (Packets) التي تم تخزينها في ذاكرة التخزين المؤقت للعقد . نلاحظ أن جميع الخوارزميات تعاني من شذوذ عند نقاط معينة وهي نفس النقاط التي يتم فيها تحديث مستويات الشجرة الثنائية عندما يصل عدد العقد الى 30، ومن خلال الشكل(2) نلاحظ أن خوارزميتنا تتفوق على جميع الخوارزميات من حيث معدل نجاح ذاكرة التخزين المؤقت للمحتوى. كما نلاحظ أن خوارزمية ال DC تتوسع بمعدلات متماثلة بعد العقدة 30 ، فيما يتعلق بمقياس نجاح ذاكرة التخزين المؤقت.

تليها الخوارزمية الاحتمالية PC أما خوارزمية CE2 و Fix(0.90) فتعطي ادنى معدلات وصول الى الذاكرة التخزين المؤقتة وذلك لأن الخوارزمية المقترحة أخذت بالحسبان شعبية المحتوى والمسافة بين عقدة التخزين والعقدة التي طلبت المحتوى.

- الحالة (1) باستخدام توزيع ZipF :a ∈{1.0}(حساب معدل استبدال المحتوى في ذاكرة التخزين المؤقت) بعد احتساب معدل نجاح ذاكرة التخزين المؤقت أجرينا تجربة لحساب معدل استبدال المحتوى في ذاكرة التخزين المؤقت وذلك لمقارنة أداء خوارزمية PD مع بقية الخوارزميات كما في الشكل (3).

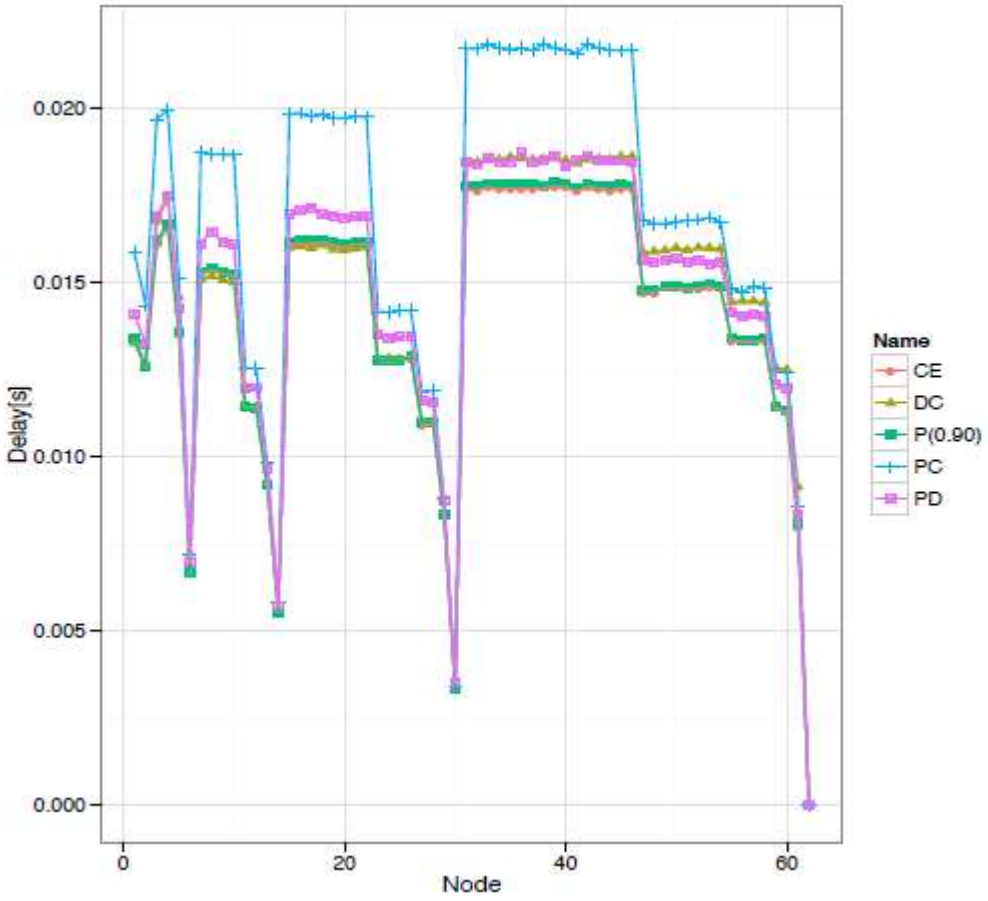


الشكل (3) معدل استبدال المحتوى في ذاكرة التخزين المؤقت باستخدام توزيع ZipF حيث (a=1.0).

يشير محور X الى عدد العقد في الشجرة الثنائية ومحور Y الى الى عدد عمليات استبدال المحتوى في ذاكرة التخزين المؤقت . نلاحظ أن خوارزمية(PD) تتفوق على جميع الخوارزميات من حيث معدل استبدال المحتوى، حيث يكون لها أدنى معدل لاستبدال المحتوى تليها خوارزمية PC الاحتمالية التي تتدهور بشكل متباطئ فيما يتعلق بمعدل استبدال الذاكرة، وبعدها تأتي خوارزمية DC أما خوارزمية CE2 و Fix(0.90) فتنتج أعلى معدلات استبدال لها وذلك بسبب المسافة بين عقدة التخزين والعقدة التي طلبت المحتوى.

- الحالة (1) باستخدام توزيع ZipF {1.0} ∈a: (حساب معدل تأخير التخزين في ذاكرة التخزين المؤقت)

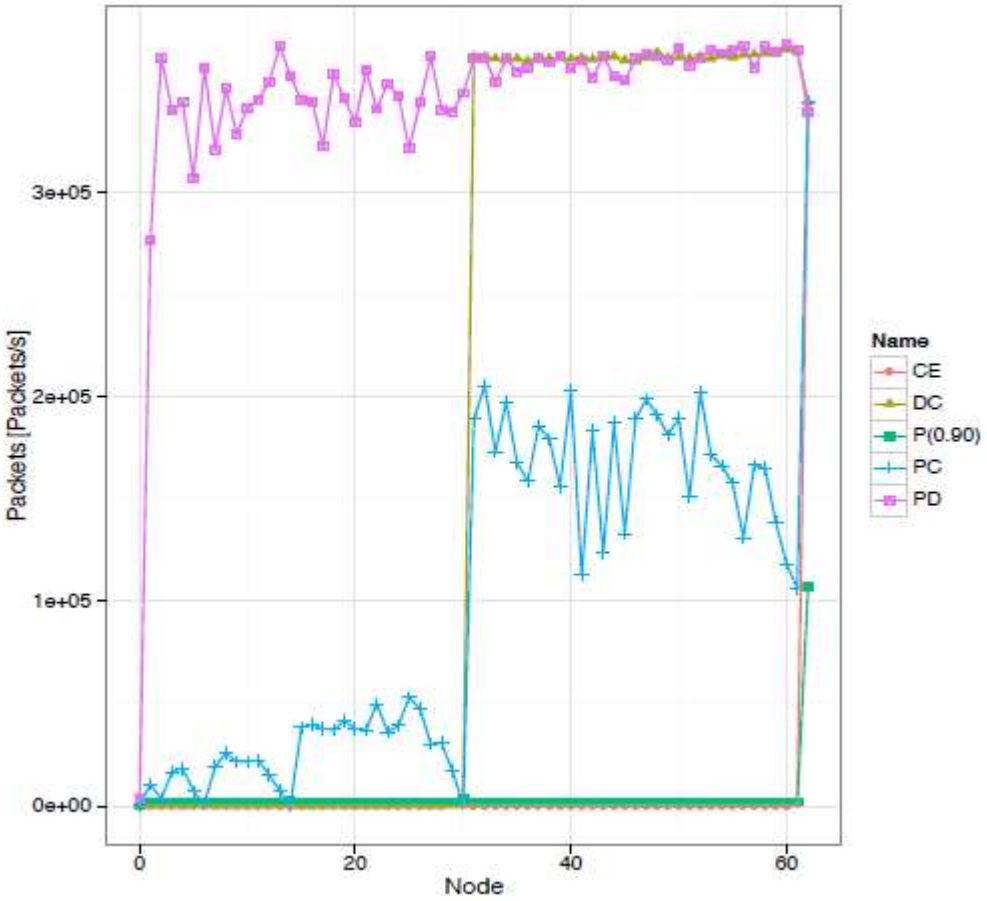
أجرينا بعد ذلك تجربة لقياس التأخير في التخزين في ذاكرة التخزين المؤقت التي تسببه الخوارزمية المقترحة PD مع الخوارزميات نفسها وذلك للحصول على معدل التأخير كما في الشكل (4).



الشكل (4) معدل تأخير التخزين في ذاكرة التخزين المؤقت باستخدام توزيع ZipF حيث (a=1.0).

يشير محور X الى عدد العقد في الشجرة الثنائية ومحور Y الى معدل تأخير التخزين في ذاكرة التخزين المؤقت. نلاحظ أن الخوارزميات (CE2 و Fix(0.90) و الخوارزمية المقترحة PD) تملك أفضلية بالنسبة لأوقات التسليم.أما خوارزمية PC فتنتج أعلى تأخير في أوقات التسليم تليها خوارزمية DC وذلك لأن المسافة بين عقدة التخزين والعقدة التي طلبت المحتوى تتناسب طرداً مع التأخير فكلما كانت المسافة أكبر أدى ذلك لزيادة التأخير.

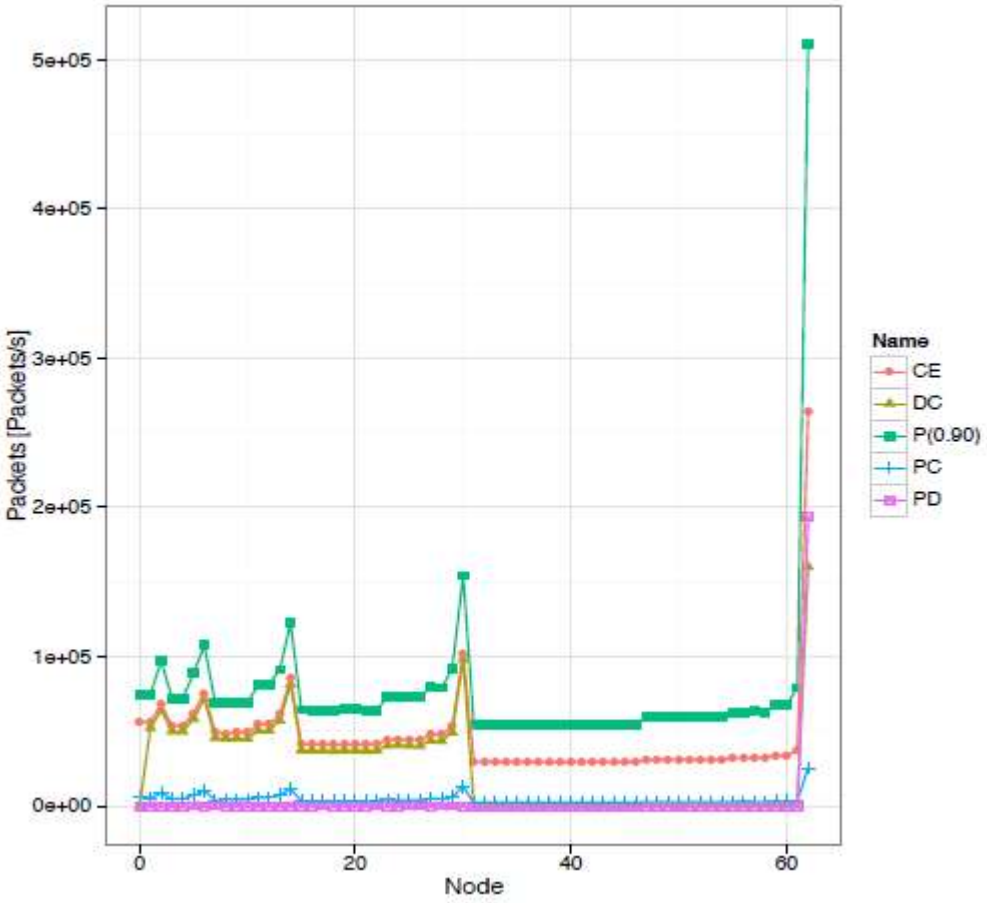
- الحالة (2) باستخدام توزيع ZipF حيث { 1.5} ∈a : (حساب معدل نجاح التخزين المؤقت) في الحالة الثانية نقوم بتغيير توزيع ZipF للقيمة (1.5) ونعود لإجراء نفس التجارب حيث نقيس في البداية معدل نجاح التخزين المؤقت في ذاكرة التخزين الموقت بعد تطبيق خوارزمية PD المقترحة وخوارزميات المقارنة كما في الشكل (5).



الشكل (5) معدل نجاح التخزين في ذاكرة التخزين المؤقت باستخدام توزيع ZipF حيث (a=1.5).

في حال قارنا المخططات في الشكلين (2) و (5) في الحالة (1) و (2) نلاحظ أنه يتم الحفاظ على الاتجاه العام للخوارزميات في حال كانت (a=1.0) أو (a=1.5) والفرق الأكثر وضوحاً هو للخوارزمية PC ، حيث نلاحظ معدلات أعلى لنجاح الوصول الى ذاكرة التخزين المؤقت ، أما بالنسبة للخوارزمية DC فنلاحظ أن السلوك المتميز لها بعد العقدة 30 يتعلق بطبيعة الخوارزمية ، حيث يتم التخزين المؤقت للمحتوى فيها فقط ضمن العقدة التي تحتوي على أكبر عدد من الجيران على مسار التسليم ، لذلك العقد من 1−30 تمتلك قيمة dc=3 ، و يتم تفضيل هذه العقد للتخزين المؤقت على حساب العقد من 31−62 ، والتي تملك قيمة dc=1 ، حيث سيكون لديها فرصة أقل للتخزين المؤقت للمحتوى المرسل من المصدر ، وهذا يعطي هذه العقد مساحة حرة أكبر بحيث يتم تخزين المحتويات مؤقتاً والتي تتيح معدلات أعلى لنجاح الوصول لذاكرة التخزين المؤقت .

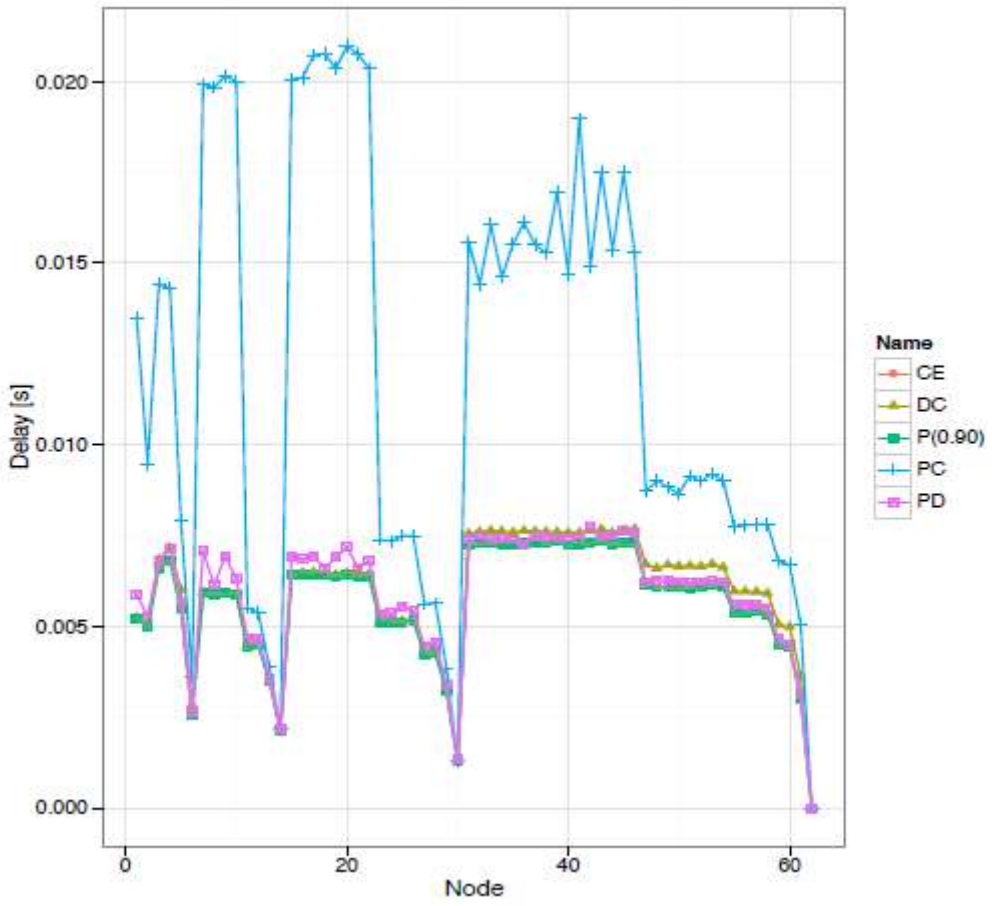
الحالة (2) باستخدام توزيع ZipF حيث { 1.5} ∈a :(حساب معدل نجاح استبدال المحتوى). بعد أن قمنا بتغيير توزيع ZipF للقيمة (1.5) نجري تجربة حساب معدل نجاح استبدال ذاكرة التخزين المؤقت بين الخوارزمية المقترحة PD وبقية الخوارزميات فنلاحظ نتائج المقارنة بالشكل(6).



الشكل (6) معدل نجاح استبدال المحتوى في ذاكرة التخزين المؤقت حيث توزيع ZipF حيث(a=1.5)

في حال قارنا المخططات في الشكلين (3) و (6) في الحالتين (1) و (2) نلاحظ أن الفرق الأكثر وضوحاً هو للخوارزمية CE ، حيث نلاحظ أوقات التسليم لها أصبحت أدنى أما بالنسبة للخوارزمية fix(0.90) فنلاحظ أن معدلات الاستبدال أصبحت لها أعلى لتصبح في المرتبة الأخيرة أما الخوارزمية المقترحة وخوارزميتي PC الاحتمالية و DC فتحافظ على مراكزها بسبب عدم تأثرها بشعبية المحتوى.

الحالة (2) باستخدام توزيع ZipF حيث{ 1.5} ∈a:(حساب معدل تأخير التخزين) أخيراً نقوم بإجراء تجربة لقياس معدل تأخير التخزين في ذاكرة التخزين المؤقت بعد ان قمنا بتغيير توزيع ZipF للقيمة (1.5) و تطبيق خوارزمية PD والخوارزميات المقارنة كما في الشكل (7).



الشكل (7) معدل تأخير التخزين في ذاكرة التخزين المؤقت باستخدام توزيع ZipF حيث (a=1.5).

في حال قارنا المخططات في الحالتين (1) و (2) نلاحظ أنه يتم الحفاظ على الاتجاه العام للخوارزميات في حال كانت (a=1.0) أو (a=1.5) ، حيث نلاحظ أن خوارزمية CE2 و Fix(0.90) لهما أفضل وأدنى أوقات تسليم كما تفعل الخوارزمية المقترحة بسبب استخدام شعبية المحتوى بدرجة أكبر .أما خوارزمية PC فتعطي أعلى تأخير في أوقات التسليم تليها خوارزمية DC .أخيراً نشير الى سلبية الخوارزمية المقترحة في تشكيل حمل إضافي على الشبكة ناتج من الطريقة التي يتم احتساب شعبية المحتوى فيها (P) .

على سبيل المثال إذا كان عدد طلبات المحتوى (j) خلال الفترة الزمنية Δ_t يساوي(10) والعدد الكلي لطلبات المحتوى خلال نفس الفاصل الزمني هو (1000) يكون 0.01= P والتي من شأنها أن تؤدي الى اتخاذ قرار بعدم التخزين المؤقت على العقدة .

يتم تعديل ألية احتساب عامل شعبية المحتوى (P) التي أصبحت تساوي عدد طلبات المحتوى (j) أثناء الفترة الزمنية Δ_t مقسوماً على العدد الأقصى من الطلبات لأي محتوى خلال الفترة الزمنية نفسها ، وبذلك أصبحت المحتويات تتنافس مع بعضها وليس مع العدد الكلي للطلبات .

بتجربة ذلك على نفس المثال السابق وبإفتراض أن العدد الأكبر للطلبات لأي محتوى كان يساوي (50) فتكون 0.2= P وبهذه الطريقة تم توفير قياس شعبية للمحتوى بطريقة أفضل.

الاستنتاجات والتوصيات:

الاستنتاجات

استعرضنا في هذا البحث معايير التخزين المؤقت (الموجود على طول المسار وخارجه) لشبكات ال ICN. وتم اقتراح خوارزمية احتمالية للتخزين المؤقت تستند على اثنين من المعايير وهما شعبية المحتوى المخزنوالمسافة بين عقدة التخزين والعقدة التي تطلب المحتوى وذلك لتعزيز الأداء.

قارنا خوارزميتنا مع الخوارزميات(Cache الاحتمالية و fix(0.90) وDC و CE2) حيث تعتبر أفضل الخوارزميات التي أجرت تحسينات على التخزين المؤقت للمحتوى ووجدنا أن الخوارزمية المقترحة قدمت تحسيناً من حيث:

1- معدل نجاح الوصول لذاكرة التخزين المؤقت.

2- معدل الاستلام.

3- فترات التوصيل.

التوصيات

بينت التجارب التي أجريناها مزايا كل خوارزمية، ومتى يمكن تطبيقها والاستفادة منها حيث تبين أنه:

1- عندما نريد زيادة معدل نجاح التخزين المؤقت فإن كل من خوارزميتنا وخوارزمية DC تعد الخيار المناسب.

2- أما في حال كان المطلوب تحقيق أدنى معدل لاستبدال المحتوى فإن الخوارزمية المقترحة وخوارزمية PC تمثلان الخيار الأنسب.

3- أما إذا أردنا الحصول على أقل معدل للتأخير في التخزين المؤقت فإن خوارزميتي CE2 و Fix(0.90) تليها خوارزميتنا هي ما نحتاج تطبيقه.

المراجع:

[1] A. AFANASYSY, I. MOISEENKO, AND L. ZHANG, *ndnsim: Ndnsimulator for ns-3*, Tecshnical Report NDN-0005, Named-Data Networking Project,October 2017.

[2] F. M. Al-TURJMAN, A. E. Al-FAGIH, AND H. S. HASSANEIN, *A valuebased cache replacement approach for information-centric networks*, in Proceedings of the 13th IEEE International Workshop on Wireless Local Networks (WLN '13), Sydney, Australia, October 2017, pp. 874–881.

[3] S. ARIANFAR, P. NIKANDER, AND J. OTT, *On content-centric router Design and implications*, in Proceedings of the Re-Architecting the Internet Workshop of the ACM CoNEXT Conference, no. 5, 2016.

[4] H. BALAKRISHNAN, K. LAKSHMINARAYANAN, S. RATNASAMY, S. SHENER, I. STOICA, AND M. WALFISH, *A layered naming architecture for the internet*, in Proceedings of the ACM Conference on Applications, Technologies,

Architectures and Protocols for Computer Communications (SIGCOMM ’04), Portland, OR, USA, August 2015, pp. 343–352.364

[5] S. BORST, V. GUPTA, AND A. WALID, *Distributed caching algorithms for content distribution networks*, in Proceedings of the 29th IEEE Conference on Computer Communication (INFOCOM ’10), San Diego,CA, USA, March 2016, pp. 1–9.

[6] G. CAROFIGALIO, M. GALLO, L. MUSCARIELLO, AND D. PERINO, *Modeling data transfer in content-centric networking*, in Proceedings of the 23rd International Teletraffic Congress (ITC’11), San Francisco, CA, USA, September, 2017, pp. 111–118.

[7] W. CHAI, D. HE, I. PSARAS, AND G. PAVLOU, *Cache ”less for more” in information-centric networks*, in Proceedings of the 11th International IFIP TC 6 Conference on Networking, Brooklyn, NY, USA, May 2016, pp. 27–40.

[8] H. CHE, Y. TUNG, AND Z. WANG, *Hierarchical web caching systems:Modeling, design and experimental results*, IEEE Journal on Selected Areas in Communications, vol. 20, no. 7, pp. 1305–1314, 2015.

[9] M. DRAXLER AND H. KARL, *Efficiency of on-path and off-path caching strategies in information centric networks*, in Proceedings of the IEEE International Conference on Green Computing and Communications (GreenCom ’12), Besancon, France, Novemver 2016, pp. 581–587.

[10] A. GHODSI, S. SHENKER, T. KOPONEN, A. SINGLA, B. RAGHAVAN, AND J. WILCOX, *Information-centric networking: seeing the forest for the trees*, in Proceedings of the 10th ACM Workshop on Hot Topics in Networks (HotNets-X ’11), Cambridge, MA, USA, November 2015, p. 1.

[11] A. IOANNOU AND S. WEBER, *Towards on-path caching alternatives in information-centric networks*, Technical Report TCD-CS-2014-02, June 2018.

[12] V. JACOBSON, D. SMETTERS, J. THORNTON, M. PLASS, N. BRIGGS, AND R. BRAYNARD, *Networking named content*,in Proceedings of the 5th International Conference on Emerging Networking Experiments and Technologies (CoNEXT ’09), Rome, Italy, December 2016, pp. 1–12.

[13] S. JAMIN, C. JIN, A. KURC, D. RAZ, AND Y. SHAVITT, *Constrained Mirror placement on the internet*, in Proceedings of the 20th IEEE Conference on Computer Communication (INFOCOM ’01), Anchorage, AK, USA, April 2015, pp. 31–40.

[14] T. JANASZKA, D. BURSZTYNOWSKI, AND M. DZIDA,*On popularity-based load balancing in content networks*,in Proceedings of the 24th International Teletraffic Congress (ITC’12), Krakow, Poland, September 2016,pp.1–8.

[15] J. KANGASHARJU, J. ROBERTS, AND K. ROSS, *Object replication Strategies in content distribution networks*, Elsevier Journal on Computer Communications,vol. 25, no. 4, pp. 376–383, 2015.

[16] N. LAOUTARIS, O. TELELIS, V. ZISSIMOPOULOS, and I. STAVRAKAKIS, *Distributed selfish replication*, IEEE Transactions on Parallel and Distributed Systems, vol. 17, no. 12, pp. 1401–1413, 2014.s[17] I. PSARAS, W. CHAI, AND G. PAVLOU, *Probabilistic in-network caching for information-centric networks*, in Proceedings of the 2nd Workshop on Information-Centric Networking, Orlando, FL, USA, March 2016, pp.55–60.

[18] D. ROSSI AND G. ROSSINI, *Caching performance of content centric networks under multi-path routing (and more)*,Telecom ParisTech Ecole, Tech. Rep., November 2015.

[19] G. ROSSINI AND D. ROSSI, *On sizing ccn content stores by exploiting topological information*,in Proceedings of the 1st Workshop on Emerging Design Choices in Name-Oriented Networking (NOMEN ’12),Orlando, FL, USA, March 2016, pp. 280–285.

[20] V. SOURLAS, G. PASCHOS, P. FLEGKAS, AND L. TASSIULAS, *Caching in content-based publish/subscribe systems*, in Proceedings of the IEEE Global Telecommunications Conference (GLOBECOM ’09), Honolulu,HI, USA, November 2014, pp. 1–6.

[21] V. SOURLAS, P. FLEGKAS, L. GKATZIKIS, AND L. TASSIULAS, *Autonomic cachemanagement in information-centric networks*, in Proceedings of the IEEE Network Operations and Management Symposium (NOMS ’12), Maui, HI, USA, April 2017, pp. 121–129.

[22] G. XYLOMENOS, C. VERVERIDIS, V. SIRIS, N. FOTIOU, C. TSILOPOULOS, X.VASILAKOS, K. KATSAROS, AND G. POLYZOS, *A survey of informationcentric networking research*, IEEE Communications Surveys and Tutorials, no. 1–26, 2017.