خوارزمية فتح المسار الأقصر والأقل اكتظاظاً أولاً في الشبكات الحاسوبية

د. منار يونس أحمد كشمولة
أستاذ مساعد
كلية علوم الحاسوب والرياضيات/قسم علوم الحاسوب

زينة ناطق عبد القادر
مدرس مساعد
كلية التربية/قسم علوم الحاسوب

الخلاصة

يعد بروتوكول فتح المسار الأقصر أولاً (Open Shortest Path First-OSPF) أحد بروتوكولات التوجيه الداخلية المستخدمة على نطاق واسع. ومن المعروف أن هذا البروتوكول لا يعمل بمرونة من ناحية إرسال الرزم بطريقة تحقق الاستغلال الأمثل لموارد الشبكة. إن إحدى أهم أهداف هندسة المسارات هو تقليل الحد الأعلى لاستغلال وصلات الشبكة ممّا يمكنها من استيعاب أحمال إضافية ويقلل احتمالية حدوث مشكلة الاكتظاظ. اقترحت في هذا البحث خوارزمية لحل مشكلة الاكتظاظ في شبكات فتح المسار الأقصر أولاً التي تعمل بأفضل جهد، وسميت هذه الخوارزميةِ بخوارزمية فتح المسار الأقصر والأقل اكتظاظاً أولاً (Less-congested Open Shortest Path First-LOSPF). واستخدمت الشبكة العصبية ذات الانتشار العكسي لتوقع حدوث مشكلة الاكتظاظ في الشبكة الحاسوبية. حيث تم تدريبها على نموذج أحمال مُفترض لاكتشاف الوصلاتِ المكتظة. ومن ثم استخدامها لتوقع حدوث الاكتظاظ في وصلات الشبكة، واعتماداً على تلك التوقعات تم تحديث خوارزمية جكسترا لاختيار أقصر المسارات التي تستثني تلك الوصلات. وقد تم الحصول على استغلال أفضل لمصادر الشبكة الحاسوبية في المسارات الناتجة، وذلك من خلال تقليل الحمل على الوصلات المكتظة وزيادته على الوصلات الأخرى قليلة الاستغلال. وأجريت مقارنة لأداء الخوارزمية المقترحة مع خوارزمية جكسترا المستخدمة في بروتوكول (OSPF) وبيّنت النتائج أن أداء الخوارزمية المقترحة كان أفضل في توزيع استغلال الوصلات وفي زمن التأخير في الوصلات المكتظة. أما زمني تنفيذ الخوارزميتين فقد كانا متقاربين على الرغم من تفوق الخوارزمية المقترحة LOSPF في حل مشكلة الاكتظاظ.

الكلمات الدالة: الاكتظاظ، خوارزمية جكسترا، بروتوكول فتح المسار الأقصر أولاً OSPF، خوارزمية فتح المسار الأقصر والأقل اكتظاظاً أولاً LOSPF.

Less Congested Open Shortest Path First Algorithm for Computer Networks

Dr. Manar Younis Kashmola
Ass. Prof.
College of Computer Sciences and Mathematics

Zena Natiq Abdul-Kader
Ass. Lecturer
College of Education

Abstract

Open Shortest Path First (OSPF) is one of the most widely used intra-domain routing protocol. It is well known that OSPF protocol does not provide flexibility in terms of packet forwarding to achieve any network optimization objective. The common objective of network traffic engineering is to minimize the maximal link utilization in a network in order to accommodate more traffic and reduce the chance of congestion In this paper an algorithm, to solve congestion problem in an OSPF based best effort network, is proposed. This algorithm is called Less-congested Open Shortest Path First (LOSPF). A simple feed-forward neural network is used to predict the congestion problem in the computer network links which are over utilized. The neural network is trained to predict congested links based on a given traffic pattern. These predictions are used to modify Dijkstr's algorithm to select the shortest paths, that excluding those links. Better resource utilization is obtained by applying the resulting paths. This is achieved throughout avoiding congested links and using other links that are underutilized. Comparison between performance of the suggested algorithm and the performance of OSPF that uses Dijkstra's algorithm to find the shortest path. Simulation results show that LOSPF performance is better in term of distributing links utilizations, and the queuing delay in the congested links. In spite of the superiority of the proposed LOSPF algorithm, its execution time is almost same as that of the OSPF

أستلم: 25-10-2011 قبل: 20-3-2012

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

1. المقدمة:

بزيادة نمو الشبكات في العالم ازداد التأكيد على سرعة وترابط ووثوقية الشبكة. ولقد حاولتْ خوارزميات التوجيه في البداية تقليل استعمال مصادرِ الشبكةِ باختيار الطريقِ الأقصر، لكن طريقة الاختيار هذه يُمْكِنُ أَنْ تسبّبَ اكتظاظاً في بَعْض وصلات الشبكةِ بينما تكون وصلات أخرى غير مستغلة. ولكن عند تطبيق مفاهيم هندسة المسارات، فان بعض الأحمال يمكن أن تسلك وصلات أخرى يكون زخم المرور فيها أقل حتى وان كانت واقعة ضمن المسار الأطول [1].

ومن الجدير بالملاحظة أن خوارزميات السيطرة على الاكتظاظ تكون فعّالةً في تقليل تأثير الحمل الزائد على الشبكة ويساعد التوجيه المتكيف (Adaptive Routing) في تقليل الاكتظاظ في الوصلات والعقد (لعدد من الملي ثانية)، ولكن إذا استمر ظهور الاكتظاظ لفترات طويلة (لعدة ثوان أو دقائق) فيجب تطوير طبيعة الشبكة باستخدام وصلات ذات سعة أكبر مثلاً أو موجهات ومبدلات أسرع وغيرها [2]. ولهذا فان مشكلة الاكتظاظ يمكن حلُّها إما بزيادة قدرة مصادر الشبكة كاستخدام وصلات إضافية لزيادة سعة الوصلات أو استخدام موجهات إضافية أو تقسيم الحمل بين عدة مسارات، أو بتقليل الحمل وذلك بمنع الخدمات عن بعض المستخدمين أو تخفيض مستوى الخدمة لبعض أو جميع المستخدمين أو جدولة طلبات المستخدمين [3].

في عام 2002 اقترح الباحثون J. A. Bivens, *et al.* [4] استخدام التقنيات الذكائية لتوقع مشاكل الاكتظاظ في شبكات الحاسبة قبل أن تتسبب في تعطيل أداء خدمات الشبكة. وفي عام 2005 عرض الباحثان H. Wang و M. R. Ito [5] طريقة لتغيير الأوزان في الشبكات التي تعمل على البروتوكولات OSPF وIS-IS بشكل متكيف طبقاً لتغير مرور الأحمال على الوصلات. وقدما خوارزمية توجيه جديدة هي التوجيه المتكيف المتحسس للحمل Load-Sensitive Adaptive Routing (LSAR) واقترحا بعض التقنيات لجعل توجيههما المتكيف مع متحسس الحمل هذا مستقراً. واختبرا أداء التوجيه عن طريق المحاكاة باستخدام Network Simulator2 (NS2). وفي العام نفسه استمر الباحثون في استخدام فكرة تطبيق الشبكات العصبية في مجالات متعددة حيث اقترح (A. Eswaradass, *et al*) طريقة مبنية على استخدام الشبكات العصبية كميكانيكية تنبؤية لتقدير توفر عرض الحزمة [6]. أما في عام 2007 فقد عدَّ A. Kumar وA. Sahoo الحصول على أفضل استغلال لمصادر الشبكة من دون تحويل شبكةِ OSPF إلى MPLS تحدياً كبيراً، وقدما خوارزمية ذكية أطلقا عليها خوارزمية "فتح أقصر مسار أولاً الذكية" ((Smart OSPF (S-OSPF) لتزود شبكة OSPF التي تعمل على أساس "أفضل جهد" (Best Effort) بحلول هندسة المسارات. كما قدما صياغة لمشكلة هندسة المسارات باعتماد البرمجة الخطية لتقليل الحد الأقصى لاستخدام وصلات الشبكة بالاعتماد على طلبات الحمل. ولأن هذه الصياغة كانت من نوع NP-hard، فقد استخدما خوارزمية إرشادية لحلها [7]. وفي عام 2009 اقترح I. A. Qazi, *et al* هيكلية للسيطرة على الاكتظاظ في الشبكات سُميت "السيطرة على الاكتظاظ بالتوسيم الثنائي" (Binary Marking Congestion Control). والمركبات الرئيسية لهذه الهيكلية هي أولاً اقتراح صيغة لتوسيم الحزمة لإيجاد تخمينات عالية لحدوث الاكتظاظ وذلك باستخدام الأرقام الثنائية الموجودة في العنوان الرئيسي للـIP (IP Header) وثانياً استخدام مجموعة من قوانين السيطرة المعتمدة على الحمل والتي تستخدم تلك التخمينات للحصول على مسارات كفوءة ومقبولة لتمرير الحزم على الشبكة. ومع أن هذه الطريقة فاق أداؤها العديد من الطرائق المستخدمة في السيطرة على الاكتظاظ بالقياس على معدل جريان الحزم، إلا أن اعتمادها على العنوان الرئيسي للـIP جعلها تتطلب معالجات غير بديهية ومكلفة بالزمن [8].

في هذا البحث، بالإضافة الى مقطع المقدمة تم تعريف بعض بروتوكولات التوجيه الداخلية في الشبكات السلكية مع بيان بعض محدداتها في المقطعين 2 و3، وفي المقطع 4 تم تعريف الاكتظاظ ومسبباته وأسس نظريات السيطرة عليه. وتم طرح نبذة عن خوارزمية جكسترا التقليدية والمستخدمة في بروتوكول فتح المسار الأقصر أولاً في المقطع 5، أما في المقطع 6 فقد تم توضيح خطوات عمل الخوارزمية المقترحة لفتح المسار الأقصر والأقل اكتظاظاً والتي أطلق عليها خوارزمية فتح المسار الأقصر والأقل اكتظاظاً أولاً وتنفيذها باستخدام برنامج المحاكاة OPNET Modular 14.0 ومناقشة النتائج. وقد طرحت مقارنتين في المقطعين 7 و8 لبيان أداء الخوارزمية المقترحة بالمقارنة مع خوارزمية جكسترا التقليدية والمستخدمة في البروتوكول OSPF. وخصص المقطع 9 للاستنتاجات.

2-بروتوكولات التوجيه الداخلية في الشبكات السلكية:

Routing Protocols In Intra-domain Wired Networks

من أكثر بروتوكولات التوجيه الداخلية (Intra-domain Wired Networks) استخداما في الوقت الحاضر هما بروتوكول فتح المسار الأقصر أولاً (Open Shortest Path First-OSPF) وبروتوكول المنظومة المتوسطة_المنظومة المتوسطة (Intermediate System-Intermediate System - IS-IS) وهما من بروتوكولات

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

حالة الوصلة وكلاهما يوجه الرزم على طول المسار الأقصر المحسوب من تكاليف الوصلات (وتسمى أيضاً أوزان الوصلات) وبشكل مستقر تقريباً [9].

يتم تبادل المعلومات بين الموجهات من خلال الترويج لحالة الوصلة في الشبكة Link State Advertisements (LSAs) فيصبح لدى كل موجه المعلومات الخاصة بتكاليف جميع الوصلات الواقعة ضمن مداه لذا يكون بإمكان الموجهات تطبيق خوارزمية جكسترا Dijkstra المتعدّدة الحدود الزمنية الكفوءة لإيجاد المسار الأقل كلفة من أي مصدر الى أي هدف حيث يتم خزن المحطة الأولى (المصدر) لكل مسار في جداول التوجيه وعندما تستلم الموجهات تحديثات للمعلومات الخاصة بالشبكة فإنها تعيد حساب المسارات المثلى. وعلى الرغم من أن البرتوكول OSPF والبروتوكول IS-IS يوفران استخدام طريق واحد من الطرق الأقصر فإنه بإمكان كلا البرتوكولين استخدام المسارات المتعددة ذات الكلف المتساوية (ECMP)، فإذا كان هناك عدة مسارات بنفس التكاليف يتم تقسيم الحمل بصورة متساوية بين تلك المسارات، وعادة ما تتوفر وسيلة ECMP في الموجهات للقيام بتلك المهمة[10]. ومن خصائص بروتوكول فتح المسار الأقصر أولاً OSPF أنه بروتوكول مفتوح أي أنه بالإمكان تطبيقه من قبل أي شخص دون دفع أجور الإجازة. كما انه يسمح بجمع مجموعة من الشبكات ضمن منطقة معينة مع إن هيكلية شبكة كل منطقة تكون مخفية عن باقي النظام المستقل وعن المناطق الأخرى أيضاً مما يقلل توجيه المرور وبالتالي تقليل الحمل على الشبكة[11].

ولما كانت أوزان أو كلف الوصلات توضع من قبل مشغل الشبكة أو يتم حسابها باستخدام معادلة الكلفة الخاصة ببروتوكول فتح المسار الأقصر أولاً التالية:

$$\text{Metric} = K1 \times \text{Bandwidth} + K3 \times \text{Delay} \quad \ldots\ldots(1)$$

وهذه الكلف عادة لا تتغير خلال اشتغال الشبكة ولأن الأحمال ترسل عبر أقصر مسار، فالمسار بين كل مصدر ووجهة سيبقى ثابتاً من دون اخذ تغييرات الحمل ومستويات استغلال مصادر الشبكة بنظر الاعتبار [5]. إن أحد المحددات الرئيسية في بروتوكول فتح المسار الأقصر أولا (OSPF) هو عدم وجود سيطرة من قبل نقطة المصدر كما أنها لا تؤثر في اختيار المسار فقرار التوجيه يتخذ عند كل موجه يقع ضمن المسار. وفي حالة اكتظاظ المسار، ووجود مسارات أخرى ولكنها ليست الأقصر، فلا يتم استخدامها وان كانت غير مستغلة [12].

في بحثنا هذا اقترحت طريقة لإيجاد المسار الأفضل مع مراعاة تجنب الوصلات المكتظة بتوظيف متحسس الأحمال باعتماد الشبكات العصبية في اكتشاف الاكتظاظ على الوصلات وذلك للتخلص من محددات بروتوكولات التوجيه التقليدية.

2. محددات بروتوكولات التوجيه التقليدية:

إن بروتوكولات التوجيه التقليدية فيها العديد من العوائق. إضافةً إلى كونها غير متحسسة للحمل (أي أنها لا تستجيب بفعالية لزيادة الحمل)، فهي في أغلب الأحيان لا تستغل كل مصادر الشبكة وحتى التعديل اليدوي له قيوده (ومثال على ذلك: أن أوزان البروتوكول OSPF لا يمكن تعيين قيمها دائماً بحيث تستغل كل المسارات المستخدمة بين كل نقطة مصدر وهدف). كما أنها لا تجري تعديلات على أوزان الوصلات عند حدوث تغييرات في الأحمال. لذلك فهي لا تبدو مرنة كفاية لدعم هندسة المسارات [13].

كما أن بروتوكولات المسار الأقصر أولاً (OSPF)، المستخدمة كبروتوكولات توجيه داخلية والتي تستند على خوارزميات المسار الأقصر، لها إمكانيات محدودة في مجال هندسة المسارات، وتتضمن هذه المحددات:

1. لا تأخذ محددات الشبكة وخصائص الأحمال في حساباتها بنظر الاعتبار عند اختيار المسار. وعند إرسال الحمل لا يمكنها تقسيم الأحمال بين مسارات ذات كلف مختلفة.
2. قابلية المسارات المتعددة للكلف المتساوية Equal-Cost Multi-Path (ECMP) وهي تدعم تقسيم الحمل بين مسارات ذات كلف متساوية بين عقدتين. ولكنها تحاول تقسيم الأحمال بصورة متساوية بين اقصر المسارات ذات الكلف المتساوية. ومع ذلك فهي عموماً لا تدعم تشكيل نسبة تقسيم الحمل بين تلك المسارات، مما يؤدي الى احتمالية تحميل أحد المسارات أحمالاً أكثر من المسارات الأخرى بكثير لأنه قد يمرر الأحمال من عدة مصادر وهذه الحالة يمكن أن تؤدي إلى حدوث الاكتظاظ في ذلك المسار .
3. يؤدي التعديل في مقاييس بروتوكولات البوابة الداخلية للسيطرة على توجيه المرور الى ظهور نوبات حمل غير متوقعة وغير مرغوبة حيث أنها يمكن أن تؤثر في كافة أنحاء الشبكة من خلال تأثيرها على استقرارية الشبكة [14]. حيث أن الخوارزمية يجب أن تحقق الموازنة السريعة تجاه تغيرات حالات الشبكة لتحافظ على استقرارية الشبكة [11].

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

وقد عولجت مسألة ضعف مرونة برتوكول OSPF في هذه الدراسة ضمن الإطار الأصلي للأوزان في الوصلات دون تغيير بروتوكولات التوجيه الأصلية وهذه المعالجة تعتمد على قياسات البيانات التي تم جمعها من الشبكة التشغيلية حيث أن جزءً منها هو الأوزان المحددة في البروتوكول الأصلي. والقياسات التي اعتمدت هنا هي مقدار الحمل الموجود على الوصلات لغرض تحقيق المسار الأمثل من ناحية تجنب الاكتظاظ وهذا العمل يقع ضمن أهداف هندسة المسارات. كما أن عدم تغيير أوزان الشبكة في هذه المعالجة سيكون عاملاً مهماً في الحفاظ على استقراريتها.

4. الاكتظاظ وخوارزميات السيطرة عليه:

تعد مسألة الاكتظاظ من المسائل المهمة في الشبكات، حيث يظهر الاكتظاظ إذا كان الحمل على الشبكة (عدد الرزم المرسلة إليها) أكبر من سعتها (عدد الرزم التي تستطيع حملها). والعوامل التي تؤدي إلى حدوث الاكتظاظ هي:

- معدل المرور الداخل يتعدى سعة الوصلات الخارجة.
- تكون الموجهات بطيئة جدا في تنفيذ مهماتها والتي تتمثل في تحديث الجداول وإدارة مستودعات الطوابير.
- مستودعات الموجهات تكون محدودة جداً [2].

أما مصطلح "السيطرة على الاكتظاظ" فيدل على التقنيات المستخدمة لمراقبة الشبكة وإدارة نقل بياناتها وإرسال رزم تلك البيانات بحيث تمنع أي زيادة في مستويات المرور التي تؤدي الى غمر وسائط الشبكة بأحمال أعلى ممّا تتحمله من سعة. وذلك للحفاظ على تحميل الشبكة أقل من سعتها [15].

إن مشكلة الاكتظاظ هي مشكلة ديناميكية لذا فإن أي حلول ثابتة لها ستكون غير مجدية. وتفترض نظرية السيطرة على الاكتظاظ أن كل حلول مشاكل المنظومات المعقدة، كالشبكات الحاسوبية، يمكن تقسيمها الى مجموعتين [15]:

- **حلول الدارات المفتوحة (Open Loop Solutions):**

وهذه الخوارزميات تحل المشكلة جوهرياً حيث أنها تؤكد على منع ظهور الاكتظاظ من البداية وذلك بالتأكيد على أن الرزم الواردة من قبل المرسل سوف لا تخفض أداء الشبكة تحت حد معين يسمى (Quality of Service - QoS)، وفي حالة عدم ضمان حد الـQoS فإن الشبكة سترفض هذه الرزم. فهي تحتوي دوال تقرر متى يقبل الحمل الجديد ومتى تهمل الرزم وأية رزم ستهمل وكذلك كيفية جدولة الرزم على نقاط الشبكة المختلفة. وعادةً تسمى الدالة التي تقوم بإعطاء قرار قَبول أو رفض الرزم الواردة بسيطرة الدخول (Admission Control). فهي تتخذ القرارات من دون أخذ حالة الشبكة الحالية بنظر الاعتبار.

- **حلول الدارات المغلقة (Closed Loop Solutions):**

تحاول هذه الخوارزميات تخفيف الاكتظاظ بعد حدوثه أو وهو على وشك الحدوث وذلك بتنظيم سريان البيانات تبعاً لحالة الشبكة، وتستند هذه الخوارزميات على مفهوم نظام التحكم بالتغذية الخلفية للمعلومات لتنظيم المرور والتي تتكون من الأجزاء الآتية:

1. مراقبة النظام لكشف وقت ظهور الاكتظاظ وموقعه.
2. تمرير هذه المعلومات الى مواقع اتخاذ القرارات.
3. تعديل عمل النظام لتصحيح المشكلة. بتنظيم انسياب الرزم الواردة وفقاً لحالة الشبكة، وقد سميت أيضاً بنظام تغذية الداخل بالخارج لأن حالة الشبكة يجب أن تغذى ثانية الى النقطة أو مجموعة النقاط التي تنظم المرور وعادة ما تكون نقطة المصدر.

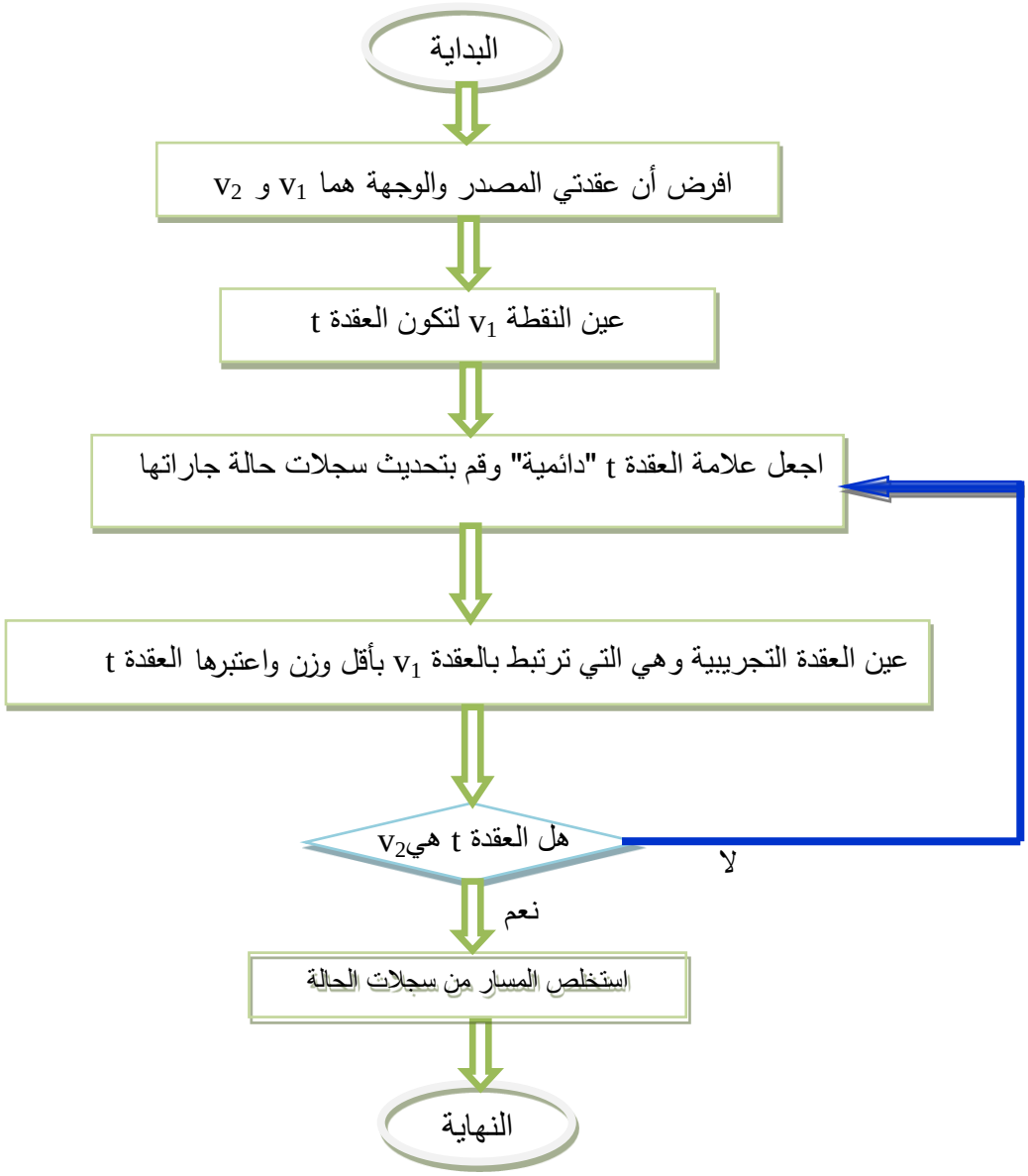
5. خوارزمية جكسترا: Dijkstra's Algorithm

من إحدى أشهر الخوارزميات في شبكات الحاسوب والتي تستخدم لإيجاد المسار الأقصر بين عقدتين في شبكة تمثل بمخطط يتكون من عقد ووصلات، ففي الشبكات الحاسوبية تمثل العقد الموجهات أو المبدلات وتمثل الوصلات المسارات وأوزان الوصلات تمثل الكلف [16].

من الميزات الجيدة في خوارزمية جكسترا هي أنها في النهاية تعطي المسار الأقصر كاملاً من نقطة المصدر الى نقطة الهدف. وحيث أن البروتوكول OSPF يسمح باختيار التوجيه المصدري والذي يمكن استخدامه من قبل البيانات التي تستخدم المسار المحدد من قبل خوارزمية جكسترا فهو بالتأكيد يسمح باختيار القفزة القادمة في التوجيه المصدري

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

المستخدمة في شبكات IP، ولهذا فعند حساب المسار سوف تستخلص منه القفزة القادمة وعليها يُحدّث جدول التوجيه وبالتالي جدول الإرسال [17]. يمكن تمثيل خوارزمية جكسترا في الموجهات كما موضح في الشكل (1).



الشكل (1): المخطط الانسيابي لخوارزمية جكسترا في الموجهات

6. خوارزمية فتح المسار الأقصر والأقل اكتظاظاً أولاً: Less-congested Open Shortest Path First (LOSPF)

لقد تم التركيز على إيجاد مسار لمرور الأحمال داخل نظام مستقل واحد - Autonomous System، والذي قد يكون شركةً أو حرماً جامعياً أو مزودَ خدمة انترنت. وعلى فرض أن هذا النظام المستقل كان يعمل ببروتوكول فتح المسار الأقصر أولاً التقليدي بالتوجيه والمعروف عن هذا البروتوكول أنه لا يأخذ خصائص الأحمال ضمن حساباته عند اختياره للمسار الذي سترسل عن طريقه البيانات، فمثلاً، عند استخدام بروتوكول فتح المسار الأقصر المحسوب على أساس مقياس معين كبرتوكول توجيه داخلي في شبكة ما، فإنه لا يقوم بتقسيم الأحمال بين المسارات ذات الكلف المختلفة، حيث أنه يرسل

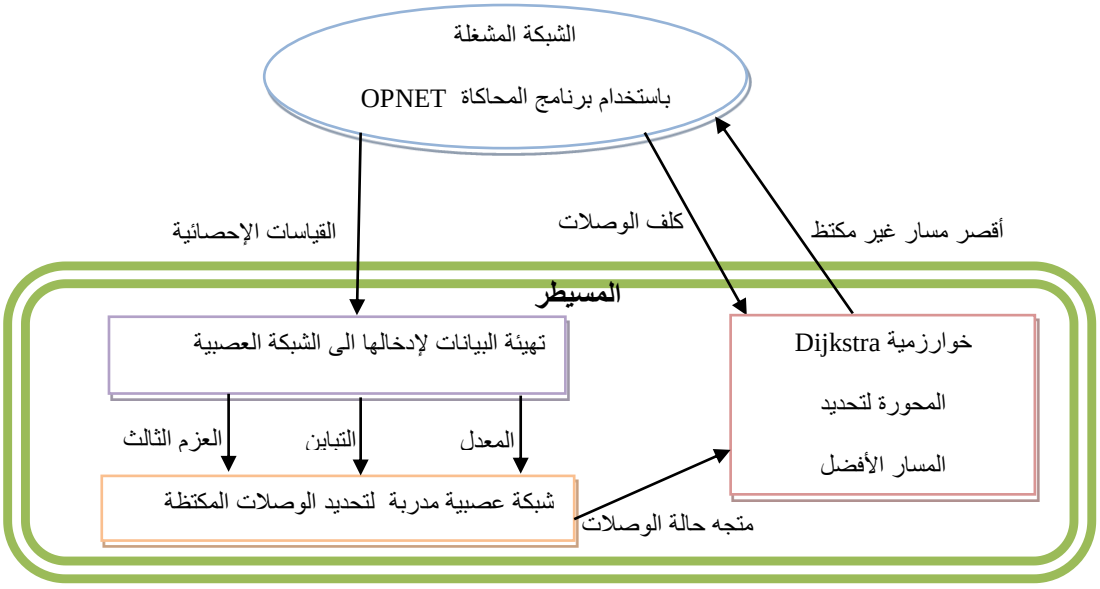
المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

البيانات عبر المسار الأقصر دائماً دون مراعاة اكتظاظه. ومع أن استخدام هذا البروتوكول يحافظ على مصادر الشبكة، ولكنه يسبب المشاكل الآتية:

1. إذا تجاوز الحمل من نقطة مصدر الى نقطة هدف في الشبكة حدا معينا من استغلال أية وصلة واقعة ضمن المسار الأقصر، ويمكن إيجاد مقدار استغلال الوصلة بقسمة مقدار الحمل فيها على السعة الترددية لتلك الوصلة، فسيحدث الاكتظاظ في تلك الوصلة وبالتالي سيكتظ المسار الأقصر بينما قد يوجد مسار آخر أكثر طولاً غير مستغل. وقد تم في هذا البحث اعتماد 70% من استغلال الوصلة كحد للاكتظاظ.
2. قد تتشارك المسارات الأقصر من نقاط مصادر مختلفة ببعض الوصلات، فإن تجاوز مجموع الأحمال لهذه النقاط السعة الترددية لتلك الوصلات فسوف يتسبب بحدوث الاكتظاظ.

وللأسباب المذكورة في أعلاه فقد اعتبرت الخوارزمية المقترحة أن المسار الأمثل هو المسار الأقصر الخالي من الوصلات المكتظة، فإذا لم يتحقق ذلك في كل المسارات الممكنة فيؤخذ المسار ذو الوصلات الأقل اكتظاظاً من المسارات التي تظهر فيها وصلات مكتظة. وتستخدم الخوارزمية المقترحة الشبكات العصبية (شبكة التغذية الخلفية) لتخمين حدوث الاكتظاظ في وصلات الشبكة من خلال تحسس الأحمال ومن ثم معالجة المشكلة قبل تسببها في رداءة خدمة الشبكة (الانترنت) والمتمثلة في زمن التأخير الكبير وإهمال الرزم.

تؤدي مسألة إيجاد المسار الأقصر دوراً أساسياً في تصميم الشبكات الحاسوبية وتحليلها، حيث يمكن حل أكثر مشاكل التوجيه بوصفها مسائل إيجاد الطريق الأقصر وذلك عند تخصيص كلفة ملائمة لكل وصلة، وهذه الكلفة قد تعكس عرض حزمة الوصلة أو مقدار التأخير أو نسبة الخطأ. فعند إعطاء مقياس واحد موجب للوصلات في الشبكة سيصبح بالإمكان استخدام خوارزميات مختلفة لإيجاد المسار الأقصر، وأكثر تلك الخوارزميات انتشاراً هي خوارزمية جكسترا Dijkstra's algorithm [18] التي تستخدم في بروتوكول التوجيه إيجاد المسار الأقصر أولاً (OSPF) [9]. وقد روعي في هذا البحث إيجاد المسار الأفضل من المصدر الى الهدف وهو المسار الأقل كلفة وبأقل احتمالية لوجود الاكتظاظ. ولهذا الغرض طورت خوارزمية جكسترا التقليدية للحصول على خوارزمية جديدة بنيت على أساس الخوارزمية التقليدية. ويبين الشكل (2) الإطار العام لعمل الخوارزمية المقترحة.



الشكل (2): الإطار العام لعمل الخوارزمية المقترحة

ففي مرحلة التهيئة تستخدم خوارزمية فتح المسار الأقصر والأقل اكتظاظاً أولاً (LOSPF) المقترحة نتيجة الشبكة العصبية لاستبعاد الوصلات المكتظة من فضاء البحث عن المسار الأقصر، حيث يتم توليد مصفوفة جوار أخرى تعتبر الوصلات المكتظة غير موجودة وبذلك سوف يستبعد المسار الذي يمر بهذه الوصلات، أما الوصلات غير المكتظة فستحتفظ بقيمة الكلفة الأصلية. وتخزن الأوزان الجديدة في متجه Work-cost كما يتم وضع الوصلات المكتظة في مجموعة تسمى مجموعة الوصلات المكتظة، في حين تبقى الوصلات الداخلة في حساب المسار الأقصر هي مجموعة وصلات الشبكة مطروحاً منها مجموعة الوصلات المكتظة.

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

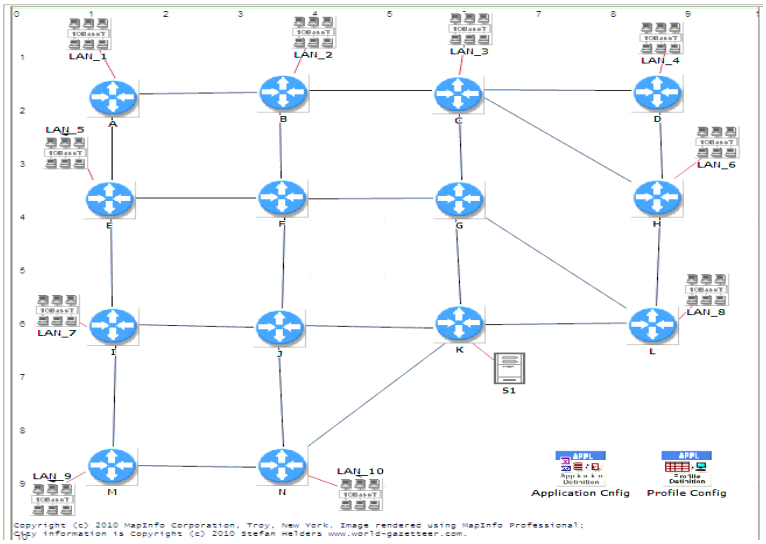
ثم في مرحلة المعالجة يتم استدعاء خوارزمية جكسترا التقليدية لإيجاد أقصر مسار ولكن بالاعتماد على مصفوفة الجوار الجديدة، وقيم الكلف الموجودة في متجه Work-cost. وبذلك يتم الحصول على المسار الأقصر غير المكتظ أولاً، وفي حالة عدم الحصول على أي مسار غير مكتظ فتؤخذ أقل الوصلات المكتظة استغلالاً من مجموعة الوصلات المكتظة وتضاف الى مصفوفة الجوار وكذلك إضافة كلفتها الى متجه Work-cost. ثم يكرر استدعاء خوارزمية جكسترا الى أن نحصل على اقصر مسار بأقل اكتظاظٍ. وهذه الخوارزمية تستخدم عاملين آخرين فضلاً عن عوامل الخوارزمية التقليدية هما متجه الاكتظاظ واستغلال الوصلة Link Utilization وسنرمز لهما بـ D وU، على التوالي. وفيما يلي رمز عمليات الخوارزمية المقترحة:

Less-congested Open Shortest Path First Algorithm Pseudo Code

```
1       LOSPF Algorithm ( G,w,D,U, s, t);
2               path = null;
3               CongestedLinks = {};
4               For each link in G
5                       Work-cost(link)  = w(link) / D(link)
6                       If Work-cost(link) = infinity
7                               Then CongestedLinks =CongestedLinks +link
8                       End
9               End
10      (path, cost) = Dijkstra(G, Work-cost, s, t)
11      While (path = null) and (not empty(CongestedLinks)
12              Free-link = link from CongestedLinks with min(U)
13              CongestedLinks =CongestedLinks – Free-link
14              Work-cost(Free-link)  = w(Free-link)
15              (path, cost) = Dijkstra(G, Work-cost, s, t)
16      End
17      Return (path, cost)
18      End
```

1-6 معطيات نموذج هيكلية الشبكة :

بالنسبة لهيكلية الشبكة الموضحة في الشكل (3)، تم وضع نماذج طلبات مختلفة على الشبكة بشكل يحاكي زيادة أو قلة الطلبات خلال ساعات الدوام المختلفة، حيث أن لكل شبكة نماذج أحمال تتكرر تقريبا بشكل دوري لذلك يمكن تدريب الشبكة العصبية على النماذج المجموعة لفترة معينة، وبالتالي اختُبرت عدة نماذج للأحمال وكما مبين في الجدول (1).



الشكل (3): نموذج هيكلية شبكة الحرم الجامعي المفترض

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

الجدول (1): عدد طلبات الخدمة FTP الواردة في نموذج الشبكة موزعة حسب الساعات وعند كل LAN

رموز الشبكات المحلية											
عدد طلبات FTP في كل ساعة	الساعات	LAN-1	LAN-2	LAN-3	LAN-4	LAN-5	LAN-6	LAN-7	LAN-8	LAN-9	LAN-10
	H1	20	75	50	20	25	75	10	15	25	10
	H2	40	50	60	40	50	75	25	15	35	20
	H3	50	25	75	50	70	25	50	25	50	25
	H4	50	25	75	50	70	25	40	25	45	25
	H5	25	50	40	25	50	25	40	15	35	10
	H6	10	75	40	10	25	50	25	15	25	5

إن الأرقام في الجدول (1) تمثل عدد طلبات الخدمة الواردة في كل شبكة محلية وبالتالي فهي تمثل عدد الجلسات Sessions وإن الجلسة تتكون من ملف واحد بحجم 50000 bytes هذا بالنسبة لخدمة FTP لمستخدمة في نموذج الشبكة والتي يجهزها الخادم المرتبط بالموجه K في هيكلية الشبكة كما في الشكل (3).

2-6 مدخلات الشبكة العصبية في الهيكلية ونتائجها:

عند وضع أي طلبات إضافية من قبل إحدى الشبكات المحلية عند ساعة تشغيل معينة يتم أولاً أخذ إحصائيات الشبكة الحاسوبية المشغلة للخمس دقائق السابقة للطلب، وهذه الإحصائيات هي عبارة عن مقدار الحمل على كل وصلة في الشبكة، ويتم حساب سمات تلك الإحصائيات، وهذه السمات تتمثل بالمعدل والتباين والعزم الثلاثي المركزي، حيث أن متجهات السمات هذه تمثل مدخلات الشبكة العصبية المدربة بعد تطبيق قانون التعيير القياسي عليها. أما مصفوفة الهدف فتمثل أعلى حد لاستغلال الوصلة دون ان تعتبر مكتظة.

3-6 استخدام نتائج الشبكة العصبية في إيجاد أقصر مسار غير مكتظ أولاً:

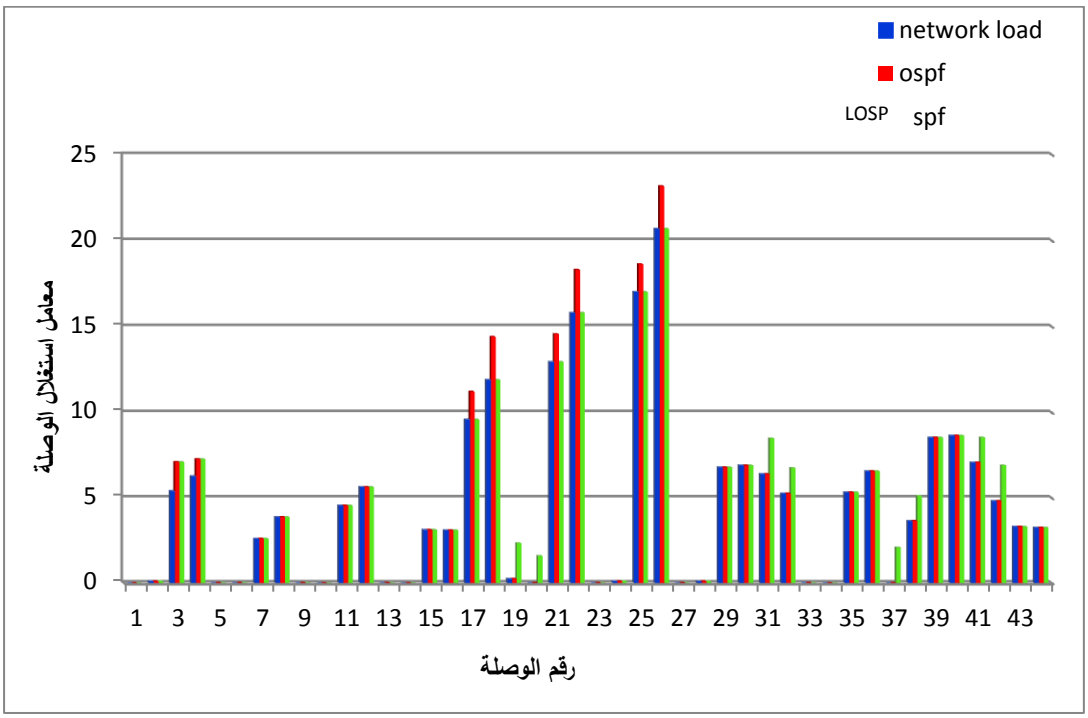
لقد تم وضع طلبات خدمة إضافية على الشبكة وتوجيهها من الشبكات المحلية الى الخادم وذلك بتطبيق الخوارزميتين (خوارزمية جكسترا التقليدية في إيجاد أقصر مسار أولاً OSPF، خوارزمية فتح المسار الأقصر والأقل اكتظاظاً أولاً LOSPF المقترحة) على نماذج الأحمال خلال ساعات مختلفة. بحيث تأخذ خوارزمية LOSPF المقترحة ناتج الشبكة العصبية لمعرفة الوصلات المكتظة بعين الاعتبار وتمت مقارنة النتائج باستخدام برنامج المحاكاة OPNET. كما تمت مناقشتها.

حيث تم تنفيذ طلبات الخدمة الإضافية من عدة مصادر (LAN1 إلى LAN10) إلى الخادم المرتبط بالموجه K، الشكل (3). حيث تم إيجاد المسارات الناتجة من تطبيق كل من الخوارزميتين وكلفها والوقت المستغرق لإيجاد تلك المسارات بتطبيق خوارزمية جكسترا المستخدمة في البروتوكول OSPF مرة وبتطبيق خوارزمية LOSPF مرة أخرى في هذه الشبكة. وقد بينت النتائج أنه ومع ازدياد تكاليف المسارات الناتجة عند تطبيق الخوارزمية LOSPF بالمقارنة مع تكاليف المسارات التي تسلكها الطلبات الجديدة عند تطبيق البروتوكول OSPF والذي يستخدم خوارزمية جكسترا التقليدية، فإن هذه المسارات ستكون أقل اكتظاظاً وعليه فإن أزمان التأخير في الوصلات المكتظة عند توجيه الطلبات الإضافية عند استخدام خوارزمية LOSPF تكون أقل من مثيلتها عند توجيه تلك الطلبات باستخدام بروتوكول OSPF. أما فيما يتعلق بأزمان تنفيذ خوارزمية جكسترا المستخدمة في بروتوكول OSPF وما يقابلها في خوارزمية LOSPF فإنها متساوية تقريباً أو بمعدل فرق بسيط لصالح خوارزمية LOSPF وصل إلى 2msec حيث يعزى هذا الفرق البسيط إلى استبعاد الوصلات المكتظة من فضاء البحث في مصفوفة الجوار والذي سيقلل من الوقت المستغرق للبحث.

7. مقارنة استغلال الوصلات في نموذج هيكلية الشبكة:

لقد تمَّ اختيار نموذج الساعة الثانية H2 للحمل وذلك لظهور عدد أكثر من الوصلات المكتظة فيها، وتم تنفيذ طلب الخدمة الإضافية من عدة شبكات محلية وبصورة متتابعة ومن ثم طبق كلا المسارين الناتجين من استخدام OSPF وLOSPF في سيناريوهات مختلفة وتم اخذ أكبر معدل استغلال للوصلة كمقياس لمقارنة استغلال الوصلات المختلفة في كلتا الحالتين في هيكلية الشبكة ، ويوضح الشكل (4) مقارنة استغلال وصلات الشبكة عند ورود الطلب الإضافي من الشبكة المحلية LAN1.

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com



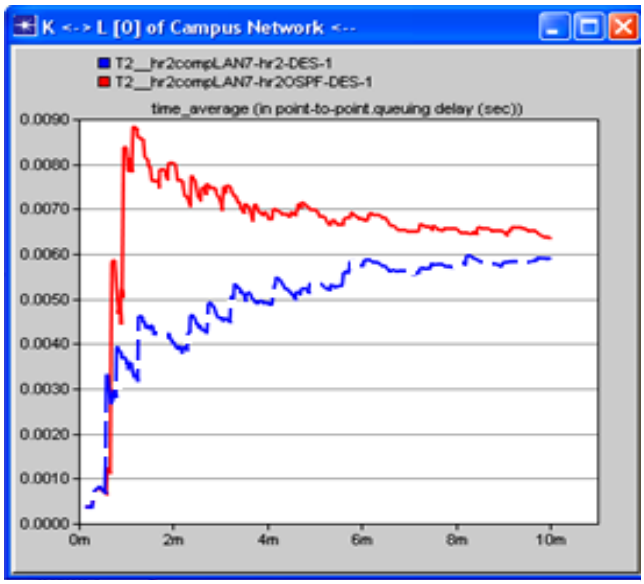
الشكل (4): مخطط مقارنة معامل استغلال الوصلات في الشبكة عند إضافة طلب من LAN1

8. مقارنة زمن التأخير في الوصلات المكتظة عند تطبيق المسارات الناتجة لكلتا الخوارزميتين:

ولما كانت مشكلة الاكتظاظ تؤثر في زمن التأخير الذي تقضيه الحزمة في الطابور الخاص بالموجه فإن حل هذه المشكلة يؤثر ايجابياً في تقليل هذا الوقت ويوضح الجدول (2) مقارنة في أزمان التأخير في الوصلات التي كانت مكتظة عند تطبيق الـOSPF وما يقابلها بعد استخدام الـLOSPF في الشبكة في الساعة الثالثة H3 .

الجدول (2): أزمان التأخير في الوصلات التي يظهر فيها الاكتظاظ وعند تطبيق الـOSPF وما يقابلها عند استخدام الـLOSPF في الشبكة في الساعة الثانية H2

رقم الوصلة	الوصلة	زمن التأخير في OSPF (msec)	زمن التأخير في LOSPF (msec)
7	BF	12.573	6.675
17	EF	7.292	5.563
21	FG	5.033	3.981
22	GF	6.97	4.355
25	GK	7.64	5.335
29	HL	9.076	6.476
35	JK	7.477	4.572
39	KL	19.252	12.764
40	LK	8.716	5.962



الشكل (5): مقارنة زمن التأخير في الوصلة LK عند تطبيق البروتوكول OSPF وعند تطبيق خوارزمية LOSPF

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

ويبين الشكل (5) قيم الفرق بين معدلات أزمان في إحدى الوصلات المكتظة.

9. الاستنتاجات:

في هذا البحث تم تطوير خوارزمية جكسترا لتحديد الوصلات المكتظة في الشبكة واختيار مسارات جديدة غير مكتظة لطلبات الأحمال الجديدة الواردة الى الشبكة الحاسوبية. واستخدمت شبكة الانتشار الخلفي العصبية للتنبؤ بحدوث الاكتظاظ في وصلات الشبكة الحاسوبية واستغلت مخرجات الشبكة العصبية في تطوير عمل خوارزمية جكسترا لتفادي توجيه الأحمال الواردة في المسارات التي تحتوي تلك الوصلات، وسميت تلك الخوارزمية خوارزمية فتح المسار الأقصر والأقل اكتظاظاً أولاً (Less-congested Shortest Path Firs LOSPF). وتم استنتاج مايلي :

1. كان أداء خوارزمية LOSPF متميزاً على أداء خوارزمية جكسترا التقليدية المستخدمة في البروتوكول OSPF من ناحية توزيع استغلال الوصلات وتوازن الأحمال حيث تمكنت خوارزمية LOSPF من تفادي استخدام المسارات التي كان فيها معامل استغلال الوصلة أكثر من 10%. ومن ناحية أخرى تم توجيه الأحمال الى أقصر المسارات والأقل استغلالاً. وقد كان أداء خوارزمية LOSPF متميزاً كذلك في تقليل زمن التأخير في الوصلات المكتظة بمعدل ما يقارب 3.149556 msec .
2. يمكن استخدام الخوارزمية المقترحة LOSPF لتنفيذ موازنة الأحمال على الشبكات الحاسوبية Load Balancing كونها زادت من أحمال الوصلات القليلة الاستغلال وقللت من أحمال الوصلات العالية الاستغلال. وهكذا فإن الخوارزمية المقترحة LOSPF عملت على الاستغلال الكفوء لجميع مصادر الشبكة الحاسوبية.
3. من مقارنة زمن تنفيذ خوارزمية جكسترا التقليدية وخوارزمية LOSPF لوحظ تقارب زمني تنفيذهما، ممّا يدل على أن الخوارزمية الجديدة لا تحتاج الى أي زمن إضافي مع تفوقها في معالجة مشكلة الاكتظاظ وتقليل زمن التأخير.
4. عند تطبيق الخوارزمية الجديدة بنماذج أحمال مختلفة لوحظ تمكنها من الأداء الجيد مما يدل على إمكانية استخدام تلك الخوارزمية في شبكات الأنظمة المستقلة.

المصادر:

1. Piedra N., Chicaiza J., López J. and García J., (2008), "Study of The Application of Neural Networks In Internet Traffic Engineering", Sixth International Conference on Information Research and Applications- i. Tech, Varna, Bulgaria.
2. Sharma R.,(2009), "Computer Network", University Science Press An Imprint of Laxmi Publications Pvt. Ltd. 113, Golden House, Daryagani, New Delhi-110002.
3. Rekhter Y. and Li T., (1995), " A Border Gateway Protocol 4 (BGP-4)", Network Working Group Request for Comments: 1771.
4. Alan bivens J., Szymanski B. K. and Embrechts M. J., (2002), "Network Congestion Arbitration and Source Problem Prediction Using Neural Networks", Smart Engineering System Design. Vol. 4; pp. 243-252.
5. Wang H. and Ito M. R., (2005), "Dynamics of Load Sensitive Adaptive Routing", Proceedings of the IEEE International Conference on Communications (ICC), Vol. 1, pp.213 – 217.
6. Eswaradass A., Sun X. and Wu M., (2005), "A Neural Network Based Predictive Mechanism for Available Bandwidth". IEEE, The ACM Digital Library. http://www.cs.iit.edu/~scs/psfiles/AlakSunWuIPDPS2005.pdf
7. Mishra A. K. and Sahoo A., (2007), 'S-OSPF: "A Traffic Engineering Solution for OSPF Based Best Effort Networks", IEEE International Conference on Global Communications (Globecom), Washington D.C. http://www.cse.iitb.ac.in/~sahoo/papers/globecom2007_aditya.pdf
8. Qazi I. A. , Znati T. and Andrew L. L. H., (2009), "Congestion Control Using Efficient Explicit Feedback", proceedings of the IEEE Communication Society subject matter

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

experts for publication in the IEEE INFOCOM, Rio de Janeiro, Brazil. http://leecenter.caltech.edu/workshop09/papers/low7.pdf

9. Moy J., (1998), "OSPF Version 2", Network Working Group Request for Comments, RFC 3630. http://www.faqs.org/rfcs/rfc2328.html
10. Skrypnyuk N., (2006), " Load-Sensitive Routing", Diplomarbeit in Informatik, Technische Universität München, Garching bei München, Germany, http://www.net.t-labs.tu-berlin.de/papers/S-LSR-06.pdf
11. Macfarlane J., (2006), " Network Routing Basics: Understanding IP Routing in Cisco® Systems" , Published by Wiley Publishing, Inc., Indianapolis, Indiana.
12. Ronaldo M. and Vitor G., (2007), "Efficient Routing Heuristics for Internet Traffic Engineering", Elsevier B.V., Computer Communications 30, pp. 1942–1952.
13. Fortz B., Rexford J. and Thorup M., (2002), "Traffic Engineering With Traditional IP Routing Protocols", IEEE Communication Magazine, Vol. 40, No. 10, pp.118-124. http://www.cs.princeton.edu/~jrex/papers/ieeecomm02.pdf
14. Awduche D., Chiu A., Elwalid A., Widjaja I. and Xiao X., (2002), "Overview and Principles of Internet Traffic Engineering", Network Working Group Request for Comments: RFC 3272. http://www.tools.ietf.org/html/rfc3272.
15. Kalunga J., (2006), "What is Congestion Control in Broadband Networks?", Connexions module: m13361, Version 1.2, US / Central. http://cnx.org/content/m13361/1.2/.
16. Sniedovich M., (2006), "Dijkstra's Algorithm Revisited: The Dynamic Programming Connexion, Department of Mathematics and Statistics", vol. 35 No. 3, Department of Mathematics and Statistics, The University of Melbourne, Australia.
17. Medhi D. and Ramasamy K., (2007), "Network Routing Algorithms, Protocols, and Architectures " , Morgan Kaufmann Publishers, imprint of Elsevier.500 Sansome Street, Suite 400, San Francisco.
18. Dijkstra E, (1959), "A Note on Two Problems in Connexion with Graphs", Numerische-Mathematik, Vol. 1, pp. 269–271.

تم اجراء البحث في كلية الهندسة = جامعة الموصل

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com