University of Mosul
College of Engineering

Design and Performance Evaluation of a Reconfigurable Internet Router

Ahmad Falih Mohmood Al-Allaf

Doctor of Philosophy Thesis in

Electrical Engineering/Computer networks

Supervised by

Prof. Dr. A. I. A. Jabbar

2018 A.D. 1439 A.H.

Abstract

The growth of today's Internet network depends mainly on the improvement and performance of interconnecting routers. These devices rely heavily on scheduling and queuing techniques in order to provide high throughput and quality of services to the Internet users. This thesis uses the Reconfigurable technique to improve the performance of some of scheduling and queuing algorithms in the internet router aiming at improving the quality of service (QoS).

In the first part of this thesis, a Reconfigurable Scheduler Model (RSM) for the DiffServ router has been designed and implemented as a custom model in OPNET Modular. It aims to improve the quality of service (QoS) of multimedia traffic in DiffServ routers by applying three queuing schemes: Priority Queuing (PQ), Class-Based Weighted Fair Queuing (CBWFQ) and Modified Deficit Round Robin (MDRR). The voice traffic (EF traffic) is put into the highest priority queue and has strict priority over the other classes. To improve the QoS of the video traffic, a reconfigurable technique by switching between two schedulers (MDRR or CBWFQ) shows a smallest queuing delay of the video traffic.

Moreover, a reconfigurable bandwidth allocation technique based on DiffServ router is designed and implemented in OPNET. The goal of this scheme is to improve the performance and bandwidth utilization of multimedia applications by allowing video traffic class to share the bandwidth of other traffic classes that can tolerate a certain percentage of packet loss without degradation in QoS. The bandwidth assigned to video traffic is adjusted dynamically according to the percentage of the packet loss of other classes if it is within the recommended values. As a study case, the reconfigurable bandwidth allocation scheme is applied to a network model based on modified deficit round robin (MDRR) scheduler (named as Reconfigurable Bandwidth MDRR "RB-MDRR"). It has been seen

from the simulation for both two schemes, that the proposed models improve the QoS of multimedia traffic by (8-12.5% according to the implemented scenario). To verify those two OPNET-based proposed models, MATLAB program is used to re-implement the models (RMS and RB-MDRR). The MATLAB and OPNET implementations show comparable results.

In the second part of the thesis, a queuing scheme called as "RED with Reconfigurable Maximum Dropping Probability (RRMDP) " aims at improving the RED algorithm is proposed. The results of simulation show that the proposed algorithm reduces queue delay of multimedia traffic according to parameters setting by (20% to 45% depending on the traffic load) compared to the RED algorithm without significantly increasing the packet loss rate or decreasing the link utilization.

In another proposed queuing scheme, two nonlinear GRED algorithms have been suggested to study the effect of max_{th} and max_p in the GRED algorithm. In both algorithms, the nonlinearity degree of the two parts of the dropping probability curve of the GRED algorithm is computed to prevent the discontinuity between them.

After that, the study proposed a third algorithm (called Reconfigurable Nonlinear GRED "RNLGRED" that uses the reconfigurability technique to select the best nonlinearity configuration between the first two algorithms. A simulation carried out in OPNET shows that the proposed RNLGRED algorithm achieve a significant reduction in the queuing delay, jitter, and average queue size when compared with the classical GRED scheme. The reduction in queuing delay, jitter, and average queue size, for example in scenario-1, is up to 40%, 40%, and 35% respectively.

الخلاصة

يعتمد نمو شبكة الإنترنت اليوم بشكل رئيسي على تحسين وأداء أجهزة التوجيه. هذه الأجهزة تعتمد بشكل كبير على تقنيات الجدولة والطابور من أجل توفير معدل نقل مرتفع وجودة خدمات لمستخدمي الإنترنت.
في الجزء الاول من الأطروحة والمتعلقة بأنظمة الجدولة لقد تم تصميم وتنفيذ نموذج جدولة قابل لإعادة التشكيل لموجهات DiffServ كنموذج مخصص باستخدام برنامج OPNET Modeler.
يهدف هذا النموذج الى تحسين جودة الخدمة لتطبيقات الوسائط المتعددة في موجّهات DiffServ من خلال استخدام ثلاث انواع من انظمة الطوابير:
طوابير الاسبقية (Priority Queuing), طوابير الوزن العادل على اساس الصنف (CBWFQ) و طوابير جولة روبن عجز المعدل (MDRR).بيانات الصوت تم وضعها في طابور اسبقية عليا وصارمة على بقية اصناف البيانات. لغرض تحسين جودة الخدمة لبيانات الفيديو تم استخدم تقنية اعادة التشكيل وذلك بالتبديل بين نوعين من انظمة الجدولة هما (MDRR و CBWFQ) باعتماد زمن تأخير الطابور الاقل.
من جهة اخرى, تم تصميم وتنفيذ نظام تخصيص عرض نطاق قابل لإعادة التشكيل. تهدف هذه المنظومة الى تحسين استخدام عرض النطاق لبيانات الوسائط المتعددة وذلك من خلال السماح لفئة بيانات الفيديو بمشاركة عرض النطاق الترددي لفئات البيانات الأخرى التي يمكنها تحمل نسبة معينة من فقدان الرزم دون حدوث تدهور في جودة الخدمة.
يتم اعادة تخصيص عرض النطاق لبيانات الفيديو ديناميكيا اعتمادا على نسبة الفقد لبقية اصناف البيانات اذا كانت هذه النسبة ضمن الحدود المقبولة. وكدراسة حالة تم تطبيق هذه النظام على نموذج شبكة يستخدم خوارزمية MDRR. وقد بينت نتائج المحاكاة تحسن في اداء الشبكة من خلال تقليل معدل تأخير ومعدل حجم الطابور بالإضافة الى تحسين استخدام الناقل لبيانات الفيديو بنسب تتراوح بين 8-12.5% حسب السيناريو المنفذ.
ولغرض التحقق من صحة النموذجين اعلاه فقد تمت اعادة تصميم كلا النموذجين باستخدام برنامج MATLAB وقد اظهرت نتائج المحاكات لكلا النموذجين المقترحتين تقارب كبير مع نتائج المحاكاة باستخدام برنامج OPNET.
في الجزء الثاني من الاطروحة والمتعلق بمنظومة الطوابير فقد تم اقترح منظومتين باستخدام اسلوب اعادة التشكيل. المنظومة الاولى تسمى " خوارزمية RED مع احتمالية اسقاط قصوى قابلة لإعادة

التشكيل RRMDP " تهدف لتحسين اداء خوارزمية RED. في هذه المنظومة يتم تغيير قيمة احتمالية الاسقاط القصوى بشكل ديناميكي حسب تغير معدل ارسال البيانات والمتمثلة بتغير متوسط حجم الطابور. لقد تم تطبيق المنظومة المقترحة على نموذج شبكة يستخدم بيانات UDP فقط و نموذج يستخدم UDP و TCP و نموذج شبكة يستخدم بيانات TCP فقط. لقد بينت نتائج المحاكاة ان الخوارزمية المقترحة خفضت من تأخير الطابور لدى بيانات الفيديو وفقا للسيناريو المنفذ بنسب تتراوح بين 20% الى 45 % حسب مستوى الحمل مع المحافظة على نسب الاسقاط و استخدام الناقل عند نفس القيم.

واخيرا فقد تم اقتراح منظومة ثانية تم فيها تطوير ثلاث خوارزميات متعلقة بأنظمة الطوابير اعتمادا على خوارزمية GRED :

الخوارزمية الاولى والثانية تتعلقان بدراسة استخدام الاخطية مع تغير العتبة القصوى لطابور الحزم في الخوارزمية الاولى وتغيير احتمالية الاسقاط القصوى في الخوارزمية الثانية, بهدف تحسين اداء خوارزمية GRED. ويتم حساب درجة الاخطية لجزئي منحنى GRED بحيث لا يكون هناك عدم استمرارية بين جزئي المنحني.

اما الخوارزمية الثالثة فهي تستخدم اسلوب اعادة التشكيل لغرض تحقيق اقل زمن تأخير طابور من بين افضل تشكيل للخوارزمية الاولى والثانية. من خلال نتائج المحاكات باستخدام برنامج OPNET على نماذج شبكة تستخدم انواع مختلفة من البيانات, تبين ان الخوارزميات المقترحة قد حسنت بشكل مهم من تأخير الطابور و متوسط حجم الطابور وكذلك من معدلات تغير التأخير (على سبيل المثال في سيناريو-1 كانت نسب التحسن بمقدار 40%, 40% و 35% على التوالي).

جامعة الموصل/كلية الهندسة
قسم الهندسة الكهربائية

تصميم وتقييم اداء موجه أنترنت قابل لإعادة التشكيل

احمد فالح محمود العلاف

اطروحة دكتوراه فلسفة في
الهندسة الكهربائية (شبكات حاسبات)

بأشراف
الاستاذ الدكتور عبد الاله عبد الجبار

2018م 1439هـ