ارائه یک روش صف‌بندی جدید برای انتقال ترافیک Diffserv روی شبکه RPR

حمیدرضا فرداد[۱]، بهروز شاهقلی قهفرخی[۲]، هادی خسروی فارسانی[۳]
۱- عضو هیأت علمی گروه برق، دانشگاه آزاد اسلامی واحد مجلسی، hfardad@iaumajlesi.ac.ir
۲- دانشگاه اصفهان، دانشکده فنی مهندسی، shahgholi@eng.ui.ac.ir
۳- دانشگاه اصفهان، دانشکده فنی مهندسی، khosravi@eng.ui.ac.ir

چکیده

اخیراً شبکه حلقوی بسته‌ای با حلقه جهنده (RPR) به‌عنوان نسل جدیدی از شبکه‌های شهری توسط استاندارد IEEE 802.17 مورد توجه قرار گرفته است. این شبکه با تعریف کلاس‌های سرویس مختلف (شامل A, B وC)، محیط کاملاً انعطاف‌پذیری جهت کاربران فراهم کرده است. از سوی دیگر DiffServ یکی از رایج‌ترین استانداردهای موجود در IP است که کلاس‌های سرویس را برای انواع ترافیک IP تعریف و مدیریت می‌کند. باتوجه به اینکه عمده داده‌های ارسال شده روی شبکه را بسته‌های IP تشکیل می‌دهند؛ هدف از این مقاله ارائه مکانیزم صف‌بندی مؤثر برای ایستگاه‌های شبکه RPR به‌منظور نگاشت بهتر میان کلاس‌های ترافیک DiffServ به مکانیزم‌های تضمین کیفیت سرویس تعریف شده در شبکه RPR می‌باشد. سه کلاس سرویس متفاوت توسط DiffServ استاندارد شده است که این سه کلاس شامل ارسال سفارشی، ارسال مطمئن و بهترین تلاش می‌باشند. کلیه بسته‌های ترافیک با ارسال سفارشی هنگام عبور از شبکه RPR به کلاس A تعلق می‌گیرند. کلاس سرویس ارسال مطمئن بسته شامل چهار جریان ترافیک متفاوت می‌باشد که هر کدام دارای اولویت حذف چندگانه است. در این تحقیق به‌منظور اصلاح کیفیت جریان ترافیک کلاس ارسال مطمئن، یک روش صف‌بندی چند سطحی با سطوح مختلف اولویت حذف در ایستگاه‌های RPR پیشنهاد گردیده است. در این روش زمانبندی بسته‌های کلاس ارسال مطمئن بر اساس اولویت حذف صورت می‌پذیرد. بسته‌های ترافیک با بهترین تلاش نیز به کلاس C پیش فرض نگاشته می‌شوند. مدل پیشنهادی در محیط NS2 شبیه‌سازی شده و نتایج شبیه‌سازی بهبود قابل توجهی در کاهش میزان افت و تأخیر ترافیک ارسالی نشان می‌دهد.

واژه‌های کلیدی

شبکه‌های RPR، سرویس‌های متفرق(DiffServ)، کیفیت سرویس، زمانبندی صف

۱– مقدمه

شبکه حلقوی بسته‌ای با حلقه جهنده[۱] (RPR) یک تکنولوژی شبکه حوزه شهری است که در IEEE 802.17 [۱۵] استاندارد شده است. RPR انتقال داده میان ایستگاه‌هائی که توسط دو حلقه یک‌طرفه به هم متصل شده‌اند را پشتیبانی می‌کند. ایستگاه‌های شرکت‌کننده در این حلقه هنگام ارسال بسته یکی از حلقه‌ها را انتخاب و بسته را از طریق آن می‌فرستند که این بسته از ایستگاه‌های بین راه عبورکرده و نهایتاً در مقصد برداشته می‌شود. RPR به‌منظور مدیریت محیط انتقال مشترک از راهکار الحاق بافر

(Insertion Buffer) بهره می‌گیرد تا از برخورد پیشگیری نماید.

۱–۱– استاندارد RPR

RPR طرح اولویت‌بندی ترافیک مبتنی بر کلاس‌بندی سه سطحی را فراهم می‌کند. هدف از این طرح، تقسیم ترافیک به کلاس A با حداقل تأخیر و تغییرات تأخیر، کلاس B که تأخیر و تغییرات تأخیر آن با مقدار مشخصی تعیین شده و کلاس C که انتقال با بهترین تلاش است، می‌باشد[۱۵].

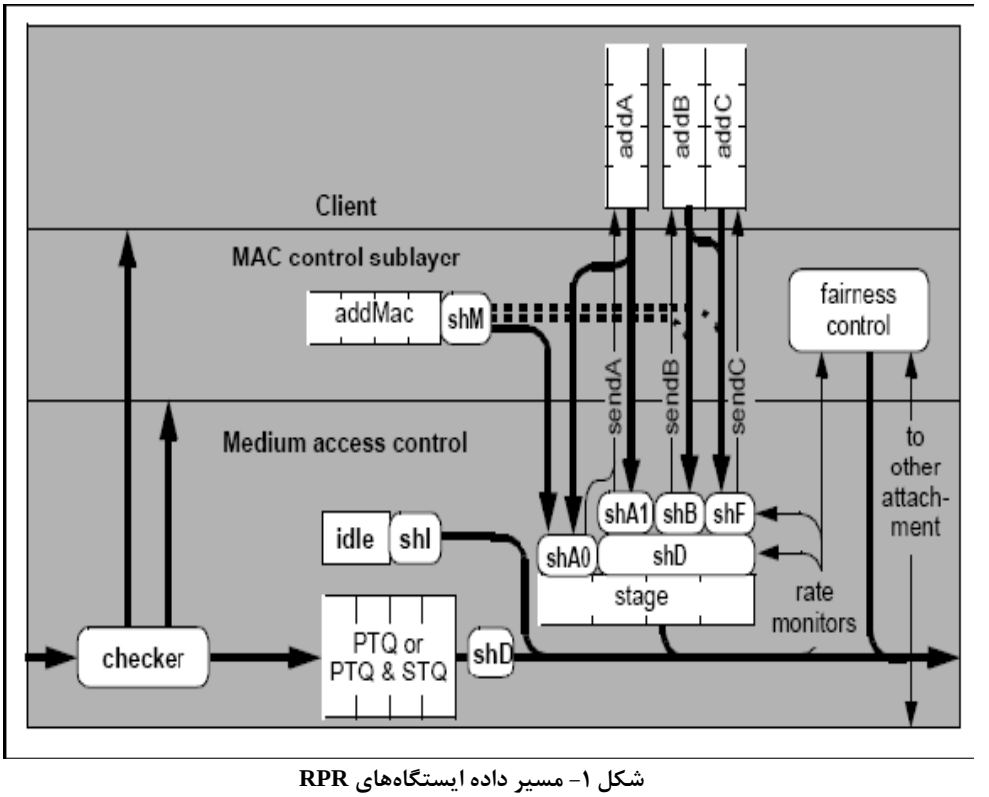
ترافیک کلاس A به‌صورت داخلی به زیرکلاس‌های A0 و A1 تقسیم شده و ترافیک کلاس B به زیرکلاس‌های B-CIR (نرخ داده توافق شده) و B-EIR (نرخ داده اضافی) تقسیم می‌گردد.

ترافیک کلاس‌هایC و B-EIR ترافیک واجد شرایط انصاف [۲] (FE) نامیده می‌شوند و چنین ترافیکی توسط الگوریتم انصاف کنترل می‌گردد. به‌منظور تضمین کیفیت سرویس جهت کلاس‌های A0، A1 و B-CIR ، پهنای باند مورد نیاز از قبل تخصیص می‌یابد که این پهنای باند برای کلاس A0 رزرو شده و تنها توسط ایستگاهی که مالک رزرو است مورد استفاده قرار می‌گیرد. اما پهنای باند تخصیص داده شده جهت ترافیک کلاس‌های A1 و B-CIR جزء منابع قابل استرداد شناخته شده و اگر این پهنای باند توسط مالک این رزرو استفاده نشود می‌تواند برای فرستادن ترافیک FE مورد استفاده قرار می‌گیرد.

هر ایستگاه RPR چندین شکل دهنده ترافیک (برای هر حلقه) دارد که بتواند ترافیک اضافه شده را محدود کند و ترافیک عبوری را هموار سازد. برای هر یک از کلاس‌های A0، A1، B-CIR و FE یک شکل‌دهنده وجود دارد. به جز ترافیک زیر کلاسA0، دیگر ترافیک ها از یک شکل‌دهنده دیگر به نام شکل دهنده پایین دستی (downstream shaper) نیز عبور می‌کنند.

شکل‌دهنده پایین دستی تضمین می‌کند که مجموع ترافیک عبوری از یک ایستگاه و ترافیک A0 سایرین بیشتر از نرخ داده رزرو نشده نباشد. دیگر شکل دهنده‌ها صرفاً نرخ ارسال کلاس ترافیک مربوط به خود را محدود می‌کنند. شکل دهنده‌های کلاس‌های A0، A1 و B-CIR ازقبل پیکربندی شده‌اند، اما شکل‌دهنده پایین‌دستی که نرخ داده رزرو نشده را تنظیم می‌کند دائما نیاز به تغییر دارد. همچنین پارامترهای شکل دهنده FE نیز بطور پویا از طریق الگوریتم انصاف تنظیم می‌گردند، شکل (۱).

هر ایستگاه RPR به‌طور استاندارد باید یک یا دوصف عبوری داشته باشد. یک ایستگاه RPR که شامل تنها یک صف عبوری است، ایستگاه با صف عبوری اولیه یا منفرد (PTQ) نامیده می‌شود.



شکل ۱- مسیر داده ایستگاه‌های RPR

۱–۲– زمانبندی بسته‌ها در RPR

اولویت ترافیک عبوری نیز با توجه به سایر ترافیک‌ها به ترتیبی اتخاذ می‌شود که ترافیک کلاس A در حلقه حداقل تأخیر را دارا باشد. علاوه بر آن در صف منفرد کلیه ترافیک کلاس A به‌صورت رزروشده (A0) تلقی می‌شود [۱۲]. در پیاده‌سازی دو صفه فریم‌های عبوری با اولویت بالا (کلاس A) در PTQ صف‌بندی می‌شوند، در حالی‌که فریم‌های کلاس B و C در صف عبوری ثانویه (STQ) صف‌بندی می‌شوند. بسته‌های PTQ با اولویت بالاتر از STQ و سایر ترافیک‌های اضافه شده توسط ایستگاه، هدایت می‌شوند. نحوه اولویت‌دهی انواع بسته در جدول (۱) مشاهده می‌شود. بنابراین عبور فریم کلاس A در حلقه معمولاً با حداقل تأخیر می‌باشد.

جدول ۱- اولویت زمانبندی انواع فریم

انواع بسته	اولویت
فریم‌های زمان بیکاری (idle)	1
فریم‌های انصاف و دیگر فریم‌های کنترلی	2
فریم‌های صف‌گذر اولیه	3
فریم‌های صف‌گذر ثانویه در حالت ازدحام	4
ترافیک جدیدالورود	5
فریم‌های صف‌گذر ثانویه	6

۱–۳– الگوریتم‌های منصفانه

RPR مسئول توزیع عادلانه پهنای باند تخصیص داده نشده و قابل استرداد (استفاده نشده) در بین ایستگاه‌های مجادله کننده، با استفاده از الگوریتم انصاف می‌باشد. هرگاه تمام پهنای باند لینک توسط یک ایستگاه مصرف گردد، لینک و ایستگاه مذکور مزدحم شده و الگوریتم انصاف کار خود را آغاز می‌کند. مقدار نرخ انصاف تقریبی توسط ایستگاه مزدحم محاسبه و به ایستگاه‌های بالا دستی که در ازدحام مشارکت دارند منتشر می‌شود. این کار باعث می‌شود تا پهنای باند قابل دسترس بین کلیه ایستگاه‌های بالادستی (که اخیراً از میان این ایستگاه‌ها فریم ارسال شده) به‌صورت تقریباً عادلانه تقسیم شود.

ایستگاه های دریافت کننده پیام و ایستگاه مزدحم یک ناحیه ازدحام(congestion domain) تشکیل می‌دهند[۱۲]. دو روش برای الگوریتم انصاف پیش‌بینی شده که یکی روش تهاجمی (aggressive) و دیگری روش محافظه کارانه (conservative) است. در روش تهاجمی تنظیم و به‌روزرسانی نرخ انصاف به‌نحوی انجام می‌شود که در نهایت بهره‌وری پهنای باند به پایداری نرخ بیت ترجیح داده شود. در حالی‌که در روش محافظه کارانه پایداری نرخ بیت به بهره‌وری بیشتر از پهنای باند، ترجیح داده می‌شود.

محققین در ارتباط با شبکه‌های RPR مطالعات و تحقیق بسیار نموده‌اند. در این بین مقاله [۱] الگوریتمی با استفاده از تخصیص پهنای باند توزیع شده، ارائه نموده است که به‌صورت منصفانه پهنای باند را بین گره‌های RPR با پائین‌ترین پیچیدگی محاسباتی O(1) تخصیص می‌دهد. در مقاله [۶] به نسخه 2.4 استاندارد RPR اشاره شده که سرویس‌های آن در برخی کمپانی‌ها استفاده می‌شود. تعدادی از کمپانی‌ها، سرویس‌های RPR را قبل از استاندارد شدن تشخیص داده‌اند و برای یک بازاریابی خوب این سرویس‌ها را پیاده نموده‌اند.

تعدادی از این سرویس‌ها عبارتند از خط خصوصی اترنت (EPL)، سرویس‌های LAN و تجمع‌سازی خطوط اترنت (ELA) و غیره. کیفیت سرویس (QOS) مهم‌ترین بخش از این سرویس‌ها است، با تضمین کیفیت سرویس، برنامه‌های کاربردی مشتریان در چنین شبکه‌هایی قرار داده می‌شود. پارامترهای کیفیت سرویس (QOS) همچون سیاست‌گذاری، کلاس‌بندی، شکل‌دهی و زمانبندی در این مقاله بررسی شده و یک روش کیفیت سرویس برای ترافیک حلقه‌ها ارائه شده است.

در [۷] یک الگوریتم تخصیص پهنای باند منصف به نام PID-RPR معرفی شده است که بتواند اهداف کارائی شبکه RPR همچون انصاف و بهره‌وری بالا را فراهم سازد. این الگوریتم در هر گره RPR به‌صورت توزیع شده عمل می‌کند و از کنترل‌کننده نسبی(Proportional)، انتگرال‌گیر (Integral) و مشتق‌گیر Differential)) بهره می‌گیرد تا پهنای باند لینک خروجی ایستگاه‌ها را به‌صورت وزن‌دار تخصیص دهد.

برای رسیدن به هماهنگی بین گره‌ها، یک بسته کنترلی حاوی پیام همه گره‌ها در طول حلقه فرستاده می‌شود و در نتیجه آن اطلاعات مورد نیاز از وضعیت کلیه گره‌ها روی حلقه به هنگام می‌شود. هرگره مطابق با نرخ خودش، قسمتی از درون بسته کنترلی را تنظیم می‌کند. هنگامی که بسته کنترلی در طول حلقه منتشر می‌شود، هر گره متعاقباً می‌تواند نرخ ارسال خود را مطابق با تقسیم انصاف تنظیم کند. عمل تنظیم مطابق با معیار انصاف وفضای اشغال بافر هر گره می‌باشد. این الگوریتم به‌صورت توزیع شده است و ایستگاه‌های بالادستی ترافیک را بر اساس ازدحام وانصاف ایستگاه‌های پایین دستی تنظیم می‌کنند.

DVSR الگوریتمی است که جهت حل انصاف با حذف نوسانات در وضعیت پایدار طراحی شده است و پیچیدگی محاسبات

بالایی از مرتبه O (NlogN) دارد که در آن N تعداد گره‌های حلقه است [۲]. در [۳] الگوریتم انصاف جدیدی که مبتنی بر زمانبندی DRR[۳] بوده و از بازخورد نیز بهره می‌گیرد، ارائه گردیده است. در این روش که به FBDRR [۴] موسوم است فریم‌های ترافیک واجد شرایط انصاف با توجه به ایستگاه مبدأ در صف‌های جداگانه نگهداری می‌شوند و انتخاب فریم ارسالی بر اساس الگوریتم نوبت گردشی DDR و از میان صف‌های مذکور صورت می‌گیرد. در دوره‌های زمانی T بر اساس تعداد بیت ارسال شده از هر صف (L_i) تعداد N نرخ انصاف جداگانه برای هر فرستنده محاسبه می‌گردد.

در [۸] تأثیر کنترل ازدحام TCP تحت مدل انصاف تهاجمی RPR بررسی شده و دو راه برای بهبود این تاثیر پیشنهاد شده است. اول فراهم نمودن بافر با اندازه مناسب به‌منظور جلوگیری از دور ریختن بسته‌ها و دوم بکارگرفتن الگوریتم صف‌بندی پیشرفته (AQM) می‌باشد.

چون نیاز بافر در شبکه‌های RPR جهت سناریوهای مختلف، متفاوت می‌باشد در نتیجه مدل AQM جهت شبکه‌های RPR مناسب‌تر است. علاوه‌بر آن در این مقاله نشان داده شده است که عملیات TCP در صورت ثابت بودن پارامترهای مدیریت صف ،کارا نمی‌باشد. لذا مدل مدیریت صف پویا با اطلاعات باز خورد RPR، پیشنهاد شده است.

ادامه این مقاله به قرار ذیل سازماندهی شده است: در خاتمه این بخش برخی از کارهای انجام شده در زمینه انتقال ترافیک IP بر روی شبکه RPR تشریح می‌گردد. در بخش ۲ روش پیشنهادی ارائه شده و در بخش ۳ نتایج حاصل از شبیه سازی راهکار پیشنهادی را مشاهده می کنیم و بخش ۴ با نتیجه‌گیری مقاله خاتمه می‌یابد.

۱-۴- پیشینه تحقیق

محصول‌سازی بسته‌های IP تحت [(IPORPR) RPR۲۱]، به روش تأمین کیفیت سرویس وابسته است که شامل سرویس‌های متفرق (Differentiated Services) می‌باشد [۱۶]. سرویس‌های متفرق (DiffServ) در IP به‌منظور تفکیک سرویس‌های متنوع ارائه شده برای ترافیک در شبکه اینترنت می‌باشد. DS از فیلد نوع سرویس(TOS) موجود در سرایند بسته‌های IP به‌منظور تفکیک بسته‌های مختلف ترافیک بهره می‌گیرد و بدون تغییر در ساختار بسته‌ها و صرفاً براساس عملیات‌های انجام گرفته روی بسته‌ها، سعی در تأمین کیفیت سرویس دارد. عملیات‌های مذکور شامل دسته‌بندی (Classification) ترافیک‌های مختلف و نشانه‌گذاری (marking) بسته‌های متعلق به آنها و نیز مشروط‌سازی (conditioning) ترافیک به کمک ایجاد تأخیر در ارسال یا حذف هدفمند برخی از بسته‌های متعلق به یک ترافیک است. نشانه هر بسته به‌عنوان شناسه DS در فیلد TOS قرار داده می‌شود [۱۹]. مدیریت منابع شبکه (بافرها و پهنای باند لینک‌ها) برای جریان‌های مختلف ترافیک با توجه به سیاست فراهم‌سازی سرویس انجام می‌شود. سیاست مذکور چگونگی مشروط‌سازی جریان‌های ترافیک و رفتار با آن در طول مسیر را تعیین می‌کند. مشروط‌سازی ترافیک معمولاً به هنگام ورود ترافیک به حوزه DS و با توجه به برخی ویژگی‌ها صورت می‌پذیرد، اما رفتارهای بعدی با بسته‌های متعلق به یک ترافیک، در سایر گره‌های حوزه DS انجام می‌شود که اصطلاحاً "رفتار به‌ازای هر گره" (Per Hop Behaviors) نامیده می‌شود. به منظور تعیین رفتار در هر گره، به هنگام ورود ترافیک به حوزه DS و دسته‌بندی آن، شناسه‌ای به فیلد TOS سرآیند اضافه می‌شود که مشخص کننده PHB در طول مسیر خواهد بود.

یکی از این PHBها متعلق به کلاس ارسال سفارشی(Expedited Forwarding) [۱۸] که با کلاس EF مشخص می‌گردد. کلاس EF فراهم‌سازی سرویس با افت پایین و حداقل تأخیر و تغییرات تاخیر را ضمانت می‌کند. PHB دیگر که ارسال مطمئن (Assured Forwarding) [۲۰] نام دارد پهنای باند و تأخیر محدود را تضمین می‌کند. کلاس AF با تعیین اولویت‌های سه گانه حذف بسته با توجه به میزان تطابق آنها با توافق صورت گرفته میان مشتری و سرویس دهنده پیاده‌سازی می‌گردد. سرانجام PHB پیش فرض در سرویس متفرق که به‌عنوان هدایت با بهترین تلاش (Best Effort) [۱۹] شناخته می‌شود، رفتاری دقیقاً شبیه به IP محض دارد. در این مقاله ما یک مکانیزم صف‌بندی مؤثر برای RPR پیشنهاد نموده‌ایم که بتواند نگاشت مناسب بین کلاس‌های DiffServ و مکانیزم‌های تضمین کیفیت سرویس در RPR را برقرار نماید. این روش نو بکار گرفته می‌شود تا بتواند کیفیت درخواست شده از IP را تحت RPR نیز فراهم سازد.

در [۱۰] به قابلیت‌های فراهم شده توسط تکنولوژی RPR اشاره شده است که عبارتند از توانایی فراهم نمودن کیفیت سرویس برای کلاس‌های مختلف ترافیک، انتقال دوطرفه داده به طرف مقصد و حفاظت سریع در صورت بروز نقص در گره یا لینک. پس از آن و با توجه به این مشخصات, نگاشت ساده‌ای بین کلاس‌های سرویس RPR و گروه‌های PHB موجود در سرویس‌های متفرق طراحی گردیده است.

۲- راهکار پیشنهادی

در این بخش، یک راهکار نوین برای صف‌بندی مؤثر در RPR پیشنهاد شده که بتواند نگاشت مناسب‌تری بین کلاس‌های سرویس

موجود در DiffServو مکانیزم‌های تضمین کیفیت سرویس RPR برقرار نماید. استاندارد IPORPR [۲۱] به چگونگی بسته‌بندی بسته‌های IP نسخه 4 و 6 به‌منظور هدایت توسط RPR پرداخته است. البته به منظور هدایت بسته های IP معمولی، بخش کمی از توابع و قابلیت‌های RPR مورد استفاده قرار می‌گیرد که با در نظر گرفتن وضعیت‌های مرتبط با QOS، باید تمهیدات بیشتری بدین منظور بکار گرفته شود. در اینجا شبکه RPR به‌عنوان زیرساخت ساده و یکنواخت (مانند اترنت) در نظر گرفته شده است. هنگام ارسال یک بسته IP یا MPLS، هر ایستگاه باید پارامترهایی را برای لایه MAC (پروتکل RPR) فراهم کند. این پارامترها عبارتند از: آدرس MAC، مشخصه حلقه، کلاس سرویس و markFE. کلاس سرویس پیش‌فرض در نظر گرفته شده برای کلیه بسته‌ها در استاندارد مذکور، کلاس C است و markFE مقداردهی نمی‌گردد (زیرا همه بسته‌های IP با کلاس سرویس C ارسال می‌شوند که تحت کنترل واحد انصاف می‌باشد).

همان‌گونه که قبلاً اشاره شد سه کلاس سرویس متفاوت برای DiffServ استاندارد شده است [10] که این سه کلاس (سه گروه PHB) شامل ارسال سفارشی (EF)، ارسال مطمئن (AF) و بهترین تلاش می‌باشند. ساده‌ترین نگاشت ممکن میان کلاس‌های سرویس DiffServ و کلاس‌های سرویس در RPR به این صورت می‌باشد که کلیه بسته‌های ترافیک EF هنگام عبور از RPR به‌عنوان کلاس A مارک زده شوند. برای بسته های با کد AF، کلاس سرویس B و برای بسته‌های BE نیز همان کلاس C پیش‌فرض در نظر گرفته شده است.

اما با توجه به مطالب بخش قبل، می‌توان دریافت که یکی از ویژگی‌های مهم سرویس AF پیاده‌سازی اولویت‌های سه‌گانه حذف بسته‌ها با توجه به میزان تطابق آنها با توافق صورت گرفته میان مشتری و سرویس‌دهنده است. همان‌گونه که قبلاً مطرح گردید AF به‌منظور هدایت ترافیک‌هایی بکار می‌رود که نیازمند ضمانت پهنای باند و تأخیر محدود هستند، اما پروفایل آنها متغیر است و رفتار ثابتی ندارند. از اینرو اولویت‌های حذف چندگانه با توجه به میزان تخلف از توافق در نظر گرفته می‌شود. لذا آنچه ضروری به نظر می‌رسد این است که اولویت‌های مذکور باید در نگاشت ترافیک IP روی RPR درنظر گرفته شود.

در روش جدید پیشنهادی تغییراتی در ایستگاه‌های RPR انجام می‌شود که کیفیت هدایت ترافیک را بهبود دهد. در این شیوه، ترافیک کلاس B را به‌صورت سه زیر کلاس B0، B1 و B2 در نظر می‌گیریم که هر کدام معادل اولویت‌های حذف (و متعاقبا تأخیر دسترسی) متناظر در AF می‌باشند. در این بین کلاس B0 دقیقاً مشابه B-CIR است که پهنای باند مورد نیاز برای آن تخصیص می‌یابد. توجه کنیم که مدل پیشنهادی صرفا به‌منظور هدایت ترافیک DiffServ نیست، بلکه به‌عنوان یک مدل کلی است که اولویت‌های حذف متعدد برای ترافیک‌های حساس که پروفایل متغیر دارند را پیاده‌سازی می‌کند. همان‌گونه که در [۲۰] نیز پیشنهاد گردیده است، از شیوه ظرف نشانه‌ها (Token Bucket) برای نشانه‌گذاری سطوح حذف مذکور روی بسته‌ها استفاده می‌گردد. به‌منظور دسته‌بندی ترافیک کلاس B ورودی به یک ایستگاه، ظرف نشانه‌ای با نرخ توافق شده CIR[5] و با اندازه‌ای برابر با مجموع CBS[6] و EBS[7] در نظر گرفته می‌شود که از قانون شکل (۲) به‌منظور دسته‌بندی استفاده می‌کند.

```
If (creditB>CBS)
      Assign packet as class B0;
else if (creditB>=loLimitB)
      Assign packet as class B1;
else
      Assign packet as class B2;
End
```

شکل ۲- دسته‌بندی بسته‌های کلاس B

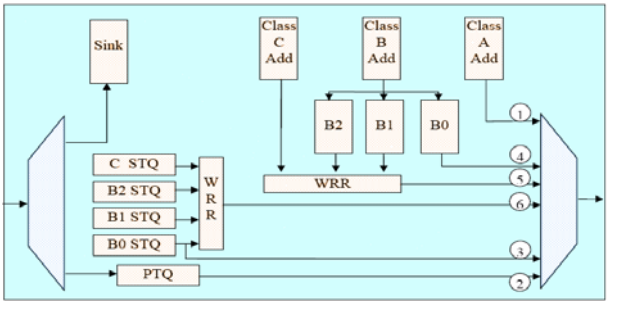
در بین این سه زیر کلاس، دو زیر کلاس B1 و B2 به‌عنوان ترافیک واجد شرایط انصاف در نظر گرفته می‌شوند که رفتار با آنها در ادامه توضیح داده می‌شود. سه زیر کلاس مذکور به‌صورت داخلی توسط هر ایستگاه تعیین می‌شوند و هر ایستگاه به‌منظور انتخاب از میان ترافیک‌های کلاس B1، B2 و C از الگوریتم دوره گردشی وزندار یا WRR[8] استفاده می‌کند. وزن در نظر گرفته شده برای سه کلاس مذکور بر اساس نامساوی B1>B2>C تعیین می‌شود.

دسته‌بندی مذکور تنها محدود به صف‌های مربوط به ترافیک جدیدالورود به حلقه (add) نیست، بلکه تغییراتی نیز در صف‌های گذر ایستگاه‌ها داده شده است. در هر ایستگاه علاوه‌بر صف‌گذر اولیه (PTQ) چهارصف‌گذر ثانویه مجزا نیز برای کلاس‌های B0،B1، B2 و C در نظر گرفته شده است. در شرایط بدون ازدحام اولویت دسترسی به صف‌های گذر مذکور به‌این‌صورت است که صف PTQ اولویت اول بوده و از میان چهارصف دیگر به کمک WRR بسته‌ها انتخاب می‌شوند. اما در شرایط ازدحام صف B0 اولویت بیشتر داشته و بسته‌های آن مستقل از الگوریتم WRR هدایت می‌شود. در حالت کلی جدول ۲ نحوه انتخاب فریم برای ارسال را در روش جدید نشان می‌دهد.

جدول ۲- انتخاب فریم برای ارسال در روش پیشنهادی

اولویت	انواع بسته
1	فریم‌های زمان بیکاری (idle)
2	فریم‌های انصاف و دیگر فریم‌های کنترلی
3	فریم‌های صف‌گذر اولیه
4	فریم‌های منتظر در صف‌گذر B0 که مزدحم شده باشد
5	فریم‌های منتظر در صف‌های گذر B1، B2 و C که مزدحم شده باشند.
6	ترافیک جدیدالورود
7	فریم‌های صفوف گذر ثانویه (به کمک WRR)

واحد کنترل انصاف کلیه فریم‌های موجود در صفوف ثانویه (B1، B2 و C) را به‌منظور تعیین نقاط ازدحام و نیز محاسبه نرخ انصاف در نظر می‌گیرد. شکل (۳) ساختار کلی یک ایستگاه را در روش پیشنهادی نشان می‌دهد.



شکل ۳- ساختار کلی ایستگاه‌ها در روش پیشنهادی

همان‌گونه که در جدول (۳) نشان داده شده است، ساختار پیشنهادی نگاشت DiffServ روی RPR را کاملاً حمایت می‌کند. در قسمت بعد به بررسی نتایج شبیه‌سازی انجام شده به‌منظور بررسی کارآیی روش جدید خواهیم پرداخت.

جدول ۳- نگاشت کلاس‌های سرویس DiffServ روی کلاس‌های RPR در ساختار جدید

Diffserv Code Point	RPR Class
EF PHB	Class A
AFx0 PHB Group	Class B0
AFx1 PHB Group	Class B1
AFx2 PHB Group	Class B2
BE PHB	Class C

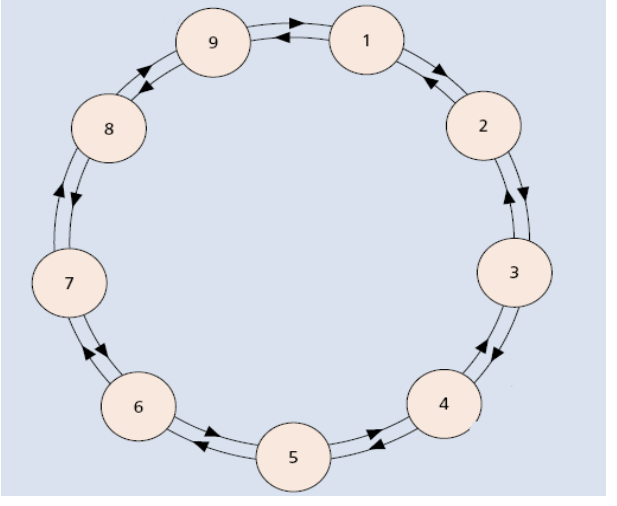
۳– نتایج شبیه سازی

در این بخش به بررسی نتایج حاصله از شبیه‌سازی مدل پیشنهادی می‌پردازیم که شبیه‌سازی مدل مذکور توسط NS2 انجام پذیرفته است. محیط شبیه‌سازی شامل ۹ ایستگاه روی حلقه دوگانه RPR می‌باشد و تنظیمات مرتبط با آن در جدول (۴) آمده است.

جدول ۴- تنظیمات مربوط به شبکه شبیه‌سازی شده

پهنای باند حلقه	625Mbps
تأخیر حلقه	0.001 ثانیه
الگوریتم انصاف	Aggressive
طول عمر (aging)	0.002 ثانیه
دوره اعلام (advertisement)	0.001 ثانیه
اندازه صفوف ثانویه	هرکدام 32000 بایت

چند ترافیک مختلف با ویژگی‌های متفاوت همانند شکل (۴) به حلقه اعمال می‌گردد. مجموعه ترافیک مذکور از اتصال UDP برای انتقال استفاده می‌کنند و سیاست‌گذاری مناسب جهت تعیین کلاس DiffServ مرتبط در ایستگاه‌های ورودی ترافیک انجام می‌شود. جدول (۵) نحوه سیاست‌گذاری اعمال شده را نشان می‌دهد.



CBR1: 300Mbps, packet size=1000byte
CBR2: 200Mbps, packet size=1000byte
VBR1: 150Mbps, packet size=500byte, burst time=100ms, idle time= 1ms
VBR2: 70Mbps, packet size=500byte, burst time=100ms, idle time= 1ms

شکل ۴- ترافیک اعمال شده به شبکه شبیه‌سازی شده

در ادامه به مقایسه روش پیشنهادی با روش پایه IORPR از دیدگاه میزان افت و میزان تأخیر پرداخته می‌شود. نتایج شبیه‌سازی برای مدت زمان ۲ ثانیه مورد بررسی قرار گرفته است. از آنجایی که VBR1 مجموعه اولویت‌های حذف متعدد را شامل می‌شود، از بین ترافیک‌های موجود ترافیک VBR1 به‌منظور تحلیل افت و تأخیر انتخاب گردیده است.

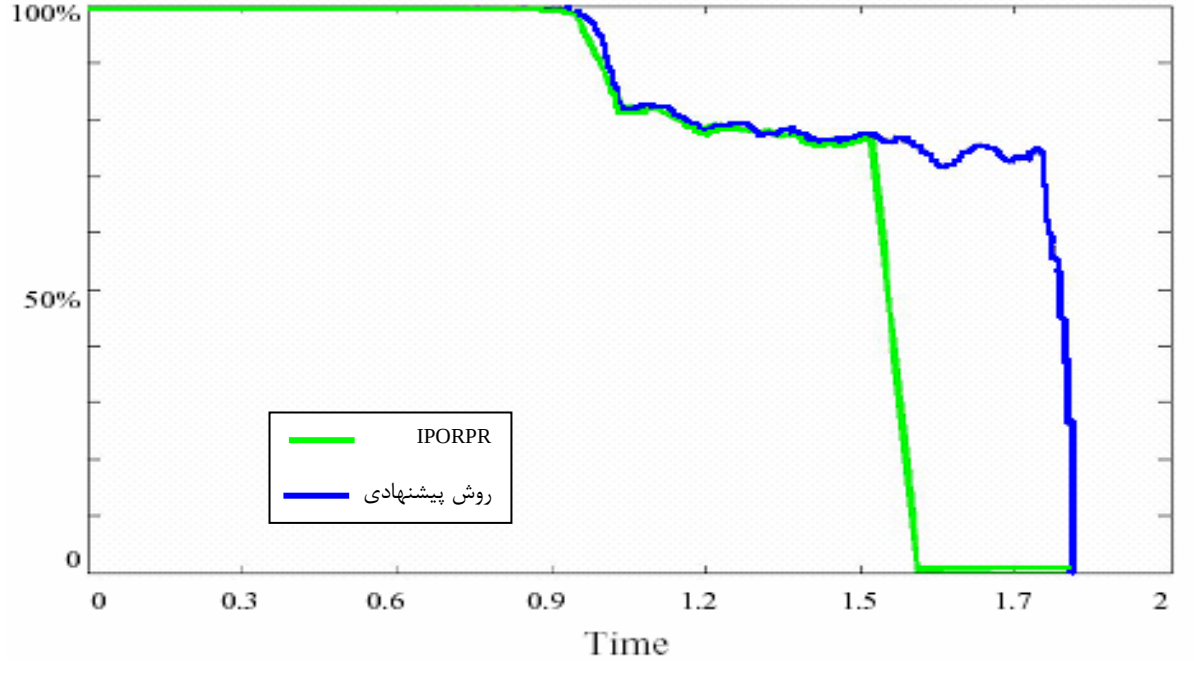
جدول ۵- سیاست‌گذاری ترافیک ورودی به حلقه. برای هر کدام از انواع ترافیک (بخش مجاز و خارج از تعهد) کلاس ارسال Diffserv مربوطه مشخص شده است.

CBR1	In profile	EF
	Out of Profile	BE
CBR2	In profile	EF
	Out of Profile	BE
VBR1	TSW2CM-1 (CIR=100Mbps)	AF00 (100M)
	TSW2CM-2 (CIR=50Mbps)	AF01(<100M) AF02 (<50M)
VBR2		BE

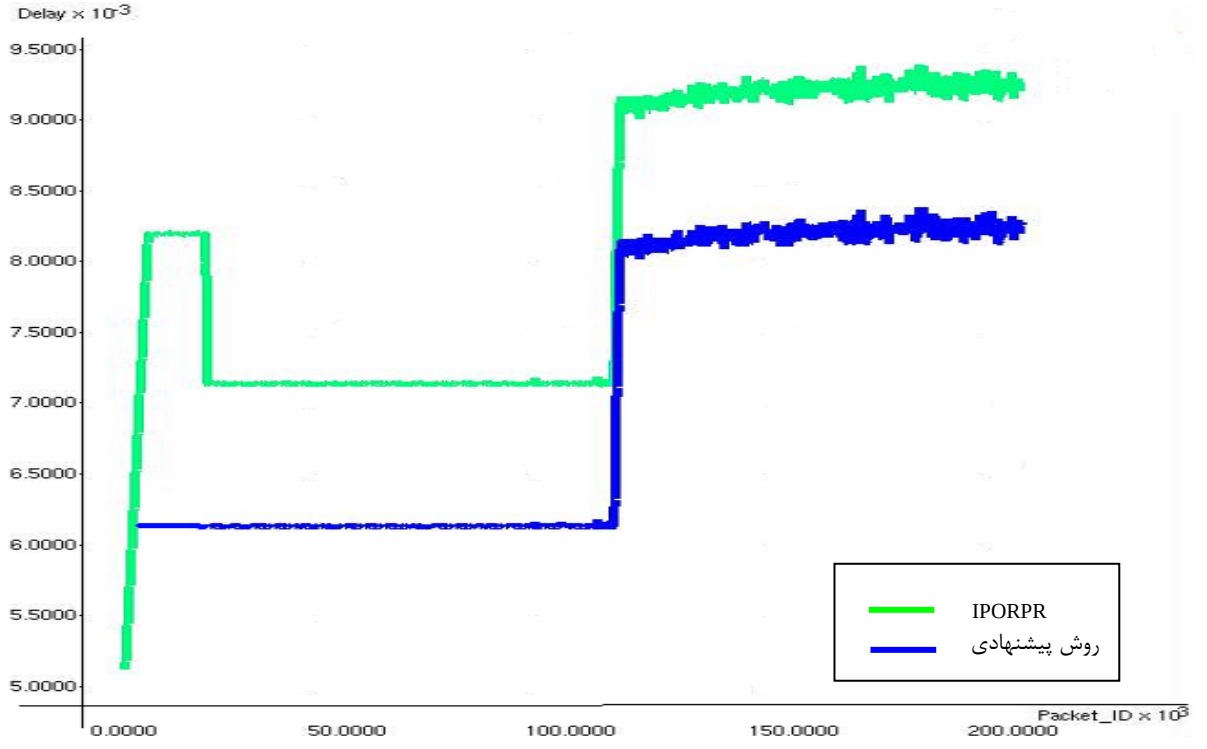
شکل (۵) نمودار متوسط میزان هدایت بسته ها را برای این ترافیک نشان می‌دهد که متوسط‌گیری مذکور با پنجره به طول 0.01 ثانیه روی بسته‌های دریافتی بدست‌آمده است. همان‌گونه که مشاهده می‌شود با گذشت نیمی از زمان شبیه‌سازی، با توجه به پرشدن بافرها و وقوع ازدحام در حلقه، میزان افت ترافیک در روش پیشنهادی از روش رایج بهتر می‌باشد. شکل (۶) نیز منحنی تغییرات تأخیر را برای بسته‌های دریافت شده (بر اساس شماره ترتیب) نشان می‌دهد. همان‌گونه که مشاهده می‌شود، وضعیت کلی تأخیر نیز برای روش پیشنهادی بهبود یافته است. نکته قابل توجه این است که میزان افت و تأخیر ترافیک CBR در هر دو روش تقریباً یکسان است و تفاوت چشمگیری مشاهده نگردیده است.

۴- نتیجه‌گیری

در این مقاله ساختار جدیدی برای ایستگاه‌های RPR معرفی گردید. ساختار پیشنهادی امکان تفکیک بیشتر سرویس‌های ارائه شده توسط RPR را با تعریف سطوح حذف مختلف برای کلاس سرویس B فراهم نموده است.



شکل ۵- متوسط تعداد بسته هدایت شده در طول زمان



شکل ۶- تغییرات تأخیر بسته‌های هدایت شده در طول زمان

این تقسیم‌بندی با تغییر در مکانیزم صف‌بندی فریم‌های RPR امکان هدایت اولویت‌دار بسته‌های DiffServ را فراهم می‌کند. با توجه به این ساختار نگاشت کلاس‌های ترافیک DiffServ روی RPR با کیفیت بیشتر امکان‌پذیر شده است. نتایج شبیه‌سازی نیز بهبود مذکور را از نظر کاهش افت و تأخیر نشان می‌دهد.

۵- مراجع

[1] F. Alharbi, N. Ansari; "**Distributed bandwidth allocation for resilient packet ring networks**", Computer Networks (49), pp. 161-171, 2005.

[2] V. Gambirozaq; et al.;"**Design, analysis, and implementation of DVSR: A fair, high performance protocol for Packet Rings**", IEEE /ACM Transactions on Networking 12 (1), pp. 85-102, 2004.

[3] H. Fang, Peng Wang , D. Jin, L. Zeng**; "A New RPR fairness Algorithm Based on Deficit Round Robin Scheduling Algorithm"**, Proceedings of IEEE Infocom proceedings, pp. 698-702, 2004.

[4] A. Shokrani, L. Lambadaris , J. Talim; **"An analytical model for fair rate calculation in resilient packet rings"**, IEEE Globecom 2005, pp. 592-597, 2005.

[5] A. Shokrani, I. Lambadaris, and J. Talim; **"An Accurate Model for Fair Rate Calculation in Resilient Packet Rings"**,CCECE/CCGEI 2005, pp. 296-299, 2005.

[6] Wang, Xiaoling, Huang, Benxiong, Yu, Xin, Zhang, Fan; **"edge QoS study of RPR equipment"**, Bottom of FormOptical Transmission, Switching, and Subsystems.

[7] Edited by Lam, Cedric F.; Fan, Chongcheng; Hanik, Norbert; Oguchi, Kimio. Proceedings of the SPIE, Volume 5281, pp. 396-403 (2004).

[8] Liansheng TAN, Yan YANG, Chauang LIN, and Naixue XIONG; **"PID_RPR: A high performance bandwidthallocation approach for RPR networks",** IEICE TRANS, COMMUN, Vol.E88-B, No.7 July 2005.

[9] Jung-Shian Li, Chuan-Gang Liu; "**Improve TCP performance with a novel adaptive queue management scheme in IEEE 802.17 RPR optical networks**", Department of Electrical Engineering, Institute of Computer and Communication Engineering, National Cheng Kung University, pp. 2762 – 2786, 2005.

[10] Fredrik David, Amund Kvalbein, Stein Gjessing; **"Congestion domain**

۶– پی‌نوشت‌ها

1- Resilient Packet Ring
2- Fairness Eligible
3- Deficit Round Robin
4- Feedback Based DRR
5- Committed Information Rate
6- Committed Burst Size
7- Excess Burst Size
8-Weighted Round Robin

boundaries in RPR", Simula Research Laboratory, August 2005.

[11] Fredrik Davik and Stein Gjessing; "**Applying the Diffserv model to a resilient packet ring network**", Simula Research

[12] Laboratory, Feb 2005.

[13] Prisma IP Product Management Team, **"Quality of Service in Resilient Packet Rings"**, Marketing and Business Development, Prisma IP Technical Notes, Scientific-Atlanta, Inc, 2003.

[14] Fredrik Davik, Mete Yilmaz, Stein jessing, Necdet Uzun, **"IEEE 802.17 Resilient Packet Ring tutorial"**,IEEE communications magazine, pp. 112-118, March 2004.

[15] F. Davik, A. Kvalbein, S. Gjessing, **"Improvement of resilient packet ring fairness",** Globecom 2005, pp. 581-586,2005.

[16] Changcheng Huang, Harry Peng, Fengjie Yuan, and John Hawkins; **"A Steady State Bound for Resilient Packet Rings"**, Global Telecommunications Conference, GLOBECOM '03, pp. 4054- 4058, 2003.

[17] IEEE Computer Society, "**IEEE Std 802.17-2004 Resilient packet ring (RPR) access method and physical layer specifications**", September 24 2004.

[18] S. Blake, D. Black, M. Carlson, E. Davies, Z. Wang, and W.Weiss, **"An architecture for differentiated services",** December 1998, IETF, RFC 2475.

[19] M. A. El-Gendy, A. Bose, and K. G. Shin, **"Evolution of the Internet QoS and support for soft real-time applications",** Proceedings of the IEEE, vol. 91, 2003.

[20] B. Davie, A. Charny, J. Bennett, K. Benson, J. L. Boudec, W. Courtney, S. Davari, V. Firoiua, and D. Stiliadis, **"An Expedited Forwarding PHB (Per-Hop Behavior)",** March 2002, IETF, RFC 3246.

[21] K. Nichols, S. Blake, F. Baker, and D. Black; "**Definition of the Differentiated Services field (DS field) in the IPv4 and IPv6 headers**", December 1998, IETF, RFC 2474.

[22] Heinanen, J., Baker, F., Weiss, W., Wroclawski, J.: Assured Forwarding PHB group (1999) IETF, RFC 2597.

[23] F. Kastenholz; "**A Core Standard for Transmission of IP Packets over IEEE 802.17 (Resilient Packet Ring) Networks**", draft-ietf-iporpr-core-00.