

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

حمیدرضا فرداد<sup>۱</sup>، بهروز شاهقلی قهفرخی<sup>۲</sup>، هادی خسروی فارسانی<sup>۳</sup>  
<sup>۱</sup>- عضو هیأت علمی گروه برق، دانشگاه آزاد اسلامی واحد مجلسی، hfardad@iaumajlesi.ac.ir  
<sup>۲</sup>- دانشگاه اصفهان، دانشکده فنی مهندسی، shahgholi@eng.ui.ac.ir  
<sup>۳</sup>- 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 و C)، 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. با توجه 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

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 عبور کرده و نهایتاً در مقصد برداشته می‌شود. RPR به‌منظور مدیریت محیط انتقال مشترک از راهکار الحاق بافر

شبکه حلقوی بسته‌ای با حلقه جهنده<sup>۱</sup> (RPR) یک تکنولوژی شبکه حوزه شهری است که در IEEE 802.17 [۱۵] استاندارد شده است. RPR انتقال داده میان ایستگاه‌هایی که توسط دو حلقه یک‌طرفه به هم متصل شده‌اند را پشتیبانی می‌کند. ایستگاه‌های

توسط مالک این رزرو استفاده نشود می تواند برای فرستادن ترافیک FE مورد استفاده قرار می گیرد.

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 کلاس های A0, A1, B-CIR و FE یک شکل دهنده وجود دارد. به جز ترافیک زیر کلاس A0، دیگر ترافیک ها از یک شکل دهنده دیگر به نام شکل دهنده پایین دستی (downstream shaper) نیز عبور می کنند.

شکل دهنده پایین دستی تضمین می کند که مجموع ترافیک عبوری از یک ایستگاه و ترافیک A0 سایرین بیشتر از نرخ داده رزرو نشده نباشد. دیگر شکل دهنده ها صرفاً نرخ ارسال کلاس ترافیک مربوط به خود را محدود می کنند. شکل دهنده های کلاس های A0, A1 و B-CIR از قبل پیکربندی شده اند، اما شکل دهنده پایین دستی که نرخ داده رزرو نشده را تنظیم می کند دائماً نیاز به تغییر دارد. همچنین پارامترهای شکل دهنده FE نیز بطور پویا از طریق الگوریتم انصاف تنظیم می گردند، شکل (۱).

هر ایستگاه RPR به طور استاندارد باید یک یا دو صف عبوری داشته باشد. یک ایستگاه RPR که شامل تنها یک صف عبوری است، ایستگاه با صف عبوری اولیه یا منفرد (PTQ) نامیده می شود.

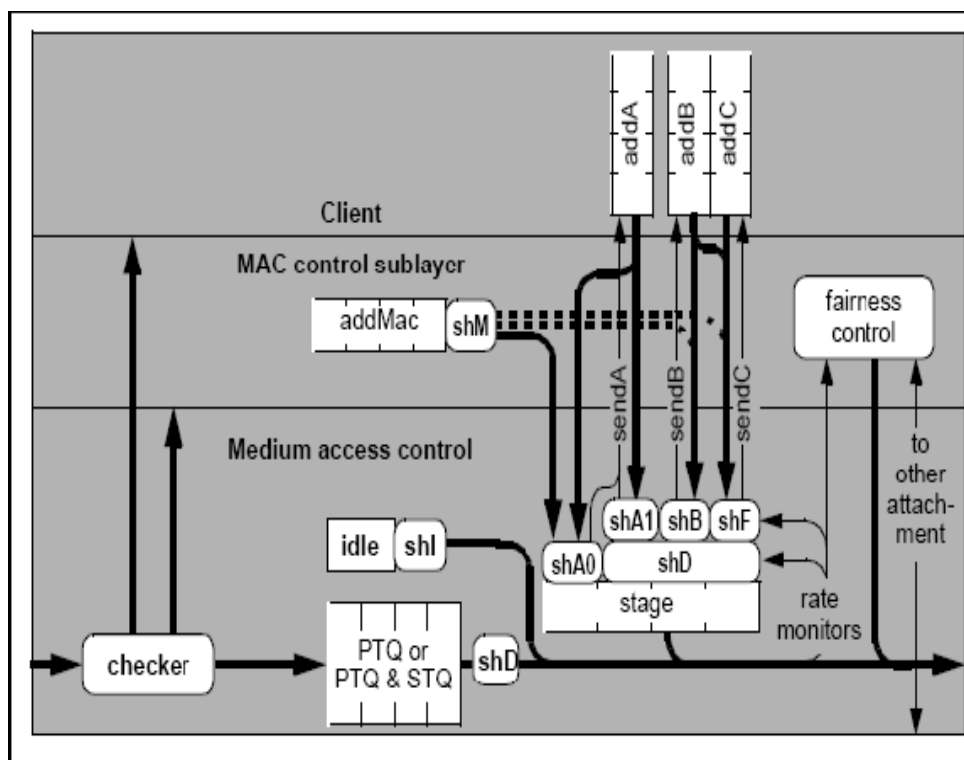
(Insertion Buffer) بهره می گیرد تا از برخورد پیشگیری نماید.

### ۱-۱- استاندارد RPR

RPR طرح اولویت بندی ترافیک مبتنی بر کلاس بندی سه سطحی را فراهم می کند. 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، می باشد [۱۵].

ترافیک کلاس A به صورت داخلی به زیر کلاس های A0 و A1 تقسیم شده و ترافیک کلاس B به زیر کلاس های B-CIR (نرخ داده توافق شده) و B-EIR (نرخ داده اضافی) تقسیم می گردد.

ترافیک کلاس های C و B-EIR ترافیک واجد شرایط انصاف<sup>۲</sup> (FE) نامیده می شوند و چنین ترافیکی توسط الگوریتم انصاف کنترل می گردد. به منظور تضمین کیفیت سرویس جهت کلاس های A0, A1 و B-CIR، پهنای باند مورد نیاز از قبل تخصیص می یابد که این پهنای باند برای کلاس A0 رزرو شده و تنها توسط ایستگاهی که مالک رزرو است مورد استفاده قرار می گیرد. اما پهنای باند تخصیص داده شده جهت ترافیک کلاس های A1 و B-CIR جزء منابع قابل استرداد شناخته شده و اگر این پهنای باند



شکل ۱- مسیر داده ایستگاه های 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 به صورت رزرو شده (AO) تلقی می‌شود [۱۲]. در پیاده‌سازی دو صف فریم‌های عبوری با اولویت بالا (کلاس A) در PTQ صفبندی می‌شوند، در حالی که 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

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

## 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) به صورت تقریباً عادلانه تقسیم شود.

ایستگاه‌های 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 حالی که 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 به صورت 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 کارایی شبکه RPR همچون انصاف و بهره‌وری بالا را فراهم سازد. این الگوریتم در هر گره RPR به صورت توزیع شده عمل می‌کند و از کنترل کننده نسبی (Proportional)، انتگرال‌گیر (Integral) و مشتق‌گیر (Differential) بهره می‌گیرد تا پهنای باند لینک خروجی ایستگاه‌ها را به صورت 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. هر گره 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 فضای اشغال بافر هر گره می‌باشد. این الگوریتم به صورت 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

بسته به عنوان شناسه DS در فیلد TOS قرار داده می شود [۱۹]. مدیریت منابع شبکه (بافرها و پهنای باند لینکها) برای جریانهای مختلف ترافیک با توجه به سیاست فراهم سازی سرویس انجام می شود. سیاست مذکور چگونگی مشروط سازی جریانهای ترافیک و رفتار با آن در طول مسیر را تعیین می کند. مشروط سازی ترافیک معمولاً به هنگام ورود ترافیک به حوزه DS و با توجه به برخی ویژگیها صورت می پذیرد، اما رفتارهای بعدی با بستههای متعلق به یک ترافیک، در سایر گرههای حوزه DS انجام می شود که اصطلاحاً "رفتار به ازای هر گره" (Per Hop Behaviors) نامیده می شود. به منظور تعیین رفتار در هر گره، به هنگام ورود ترافیک به حوزه DS و دستبندی آن، شناسه ای به فیلد TOS سرآیند اضافه می شود 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 می گردد. کلاس EF فراهم سازی سرویس با افت پایین و حداقل تأخیر و تغییرات تأخیر را ضمانت می کند. PHB دیگر که ارسال مطمئن (Assured Forwarding) [۲۰] نام دارد پهنای باند و تأخیر محدود را تضمین می کند. کلاس AF با تعیین اولویتهای سه گانه حذف بسته با توجه به میزان تطابق آنها با توافق صورت گرفته میان مشتری و سرویس دهنده پیاده سازی می گردد. سرانجام PHB پیش فرض در سرویس متفرق که به عنوان هدایت با بهترین تلاش (Best Effort) [۱۹] شناخته می شود، رفتاری دقیقاً شبیه به IP محض دارد. در این مقاله ما یک مکانیزم صفبندی مؤثر برای RPR پیشنهاد نموده ایم که بتواند نگاهی مناسب بین کلاسهای DiffServ و مکانیزمهای تضمین کیفیت سرویس در RPR را برقرار نماید. این روش نو بکار گرفته می شود تا بتواند کیفیت درخواست شده از IP را تحت RPR نیز فراهم سازد.

در [۱۰] به قابلیت های 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، نگاهی ساده ای 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 نگاهی مناسب تری بین کلاسهای سرویس

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

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

چون نیاز بافر در شبکههای RPR جهت سناریوهای مختلف، متفاوت می باشد در نتیجه مدل AQM جهت شبکههای RPR مناسب تر است. علاوه بر آن در این مقاله نشان داده شده است که عملیات TCP در صورت ثابت بودن پارامترهای مدیریت صف، کارا نمی باشد. 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 می گردد. 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 نتیجه گیری مقاله خاتمه می یابد.

## ۱-۴- پیشینه تحقیق

محصول سازی بستههای IP تحت [RPR (IPORPR) [۲۱]، به روش تأمین کیفیت سرویس وابسته است که شامل سرویسهای متفرق (Differentiated Services) می باشد [۱۶]. سرویسهای متفرق (DiffServ) در IP به منظور تفکیک سرویسهای متنوع ارائه شده برای ترافیک در شبکه اینترنت می باشد. DS از فیلد نوع سرویس (TOS) موجود در سرآیند بستههای IP به منظور تفکیک بستههای مختلف ترافیک بهره می گیرد و بدون تغییر در ساختار بستهها و صرفاً براساس عملیاتهای انجام گرفته روی بستهها، سعی در تأمین کیفیت سرویس دارد. عملیاتهای مذکور شامل دسته بندی (Classification) ترافیکهای مختلف و نشانه گذاری (marking) بستههای متعلق به آنها و نیز مشروط سازی (conditioning) ترافیک به کمک ایجاد تأخیر در ارسال یا حذف هدفمند برخی از بستههای متعلق به یک ترافیک است. نشانه هر

مشابه B-CIR است که پهنای باند مورد نیاز برای آن تخصیص می‌یابد. توجه کنیم که مدل پیشنهادی صرفاً به منظور 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<sup>۵</sup> و با اندازه‌ای برابر با مجموع CBS<sup>۶</sup> و EBS<sup>۷</sup> 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<sup>۸</sup> 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 علاوه بر صف گذر اولیه (PTQ) چهارصف گذر ثانویه مجزا نیز برای کلاس‌های B2، B1، B0 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.

موجود در DiffServ و 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 بسته‌های 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 نگاهت 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 بسته‌های 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 نگاهت ترافیک IP روی RPR در نظر 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 متعاقباً تأخیر دسترسی) متناظر در AF می‌باشند. در این بین کلاس B0 دقیقاً

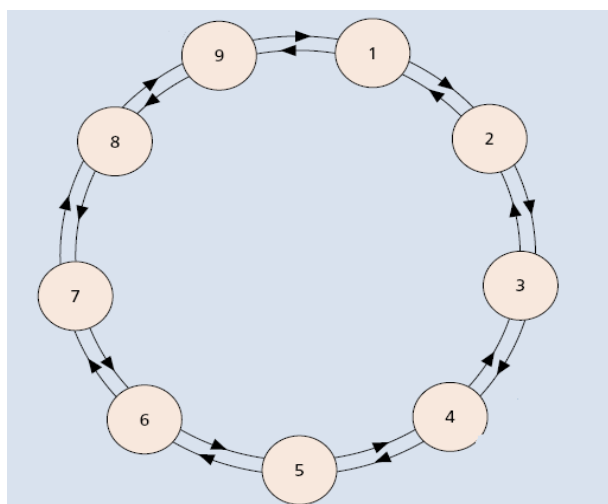
### ۳- نتایج شبیه سازی

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

جدول ۴- تنظیمات مربوط به شبکه شبیه سازی شده

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

چند ترافیک مختلف با ویژگی های متفاوت همانند شکل (۴) به حلقه اعمال می گردد. مجموعه ترافیک مذکور از اتصال UDP برای انتقال استفاده می کنند و سیاست گذاری مناسب جهت تعیین کلاس DiffServ مرتبط در ایستگاه های ورودی ترافیک انجام می شود. جدول (۵) نحوه سیاست گذاری اعمال شده را نشان می دهد.



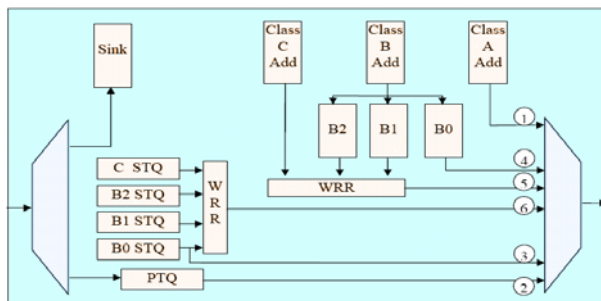
<b>CBR1:</b>	<b>300Mbps, packet size=1000byte</b>
<b>CBR2:</b>	<b>200Mbps, packet size=1000byte</b>
<b>VBR1:</b>	<b>150Mbps, packet size=500byte, burst time=100ms, idle time= 1ms</b>
<b>VBR2:</b>	<b>70Mbps, packet size=500byte, burst time=100ms, idle time= 1ms</b>

شکل ۴- ترافیک اعمال شده به شبکه شبیه سازی شده

جدول ۲- انتخاب فریم برای ارسال در روش پیشنهادی

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

واحد کنترل انصاف کلیه فریم های موجود در صفوف ثانویه (B1, B2 و C) را به منظور تعیین نقاط ازدحام و نیز محاسبه نرخ انصاف در نظر می گیرد. شکل (۳) ساختار کلی یک ایستگاه را در روش پیشنهادی نشان می دهد.



شکل ۳- ساختار کلی ایستگاه ها در روش پیشنهادی

همان گونه که در جدول (۳) نشان داده شده است، ساختار پیشنهادی نگاهت DiffServ روی RPR را کاملاً حمایت می کند. در قسمت بعد به بررسی نتایج شبیه سازی انجام شده به منظور بررسی کارایی روش جدید خواهیم پرداخت.

جدول ۳- نگاهت کلاس های سرویس DiffServ روی کلاس های 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

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 بدست آمده 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.

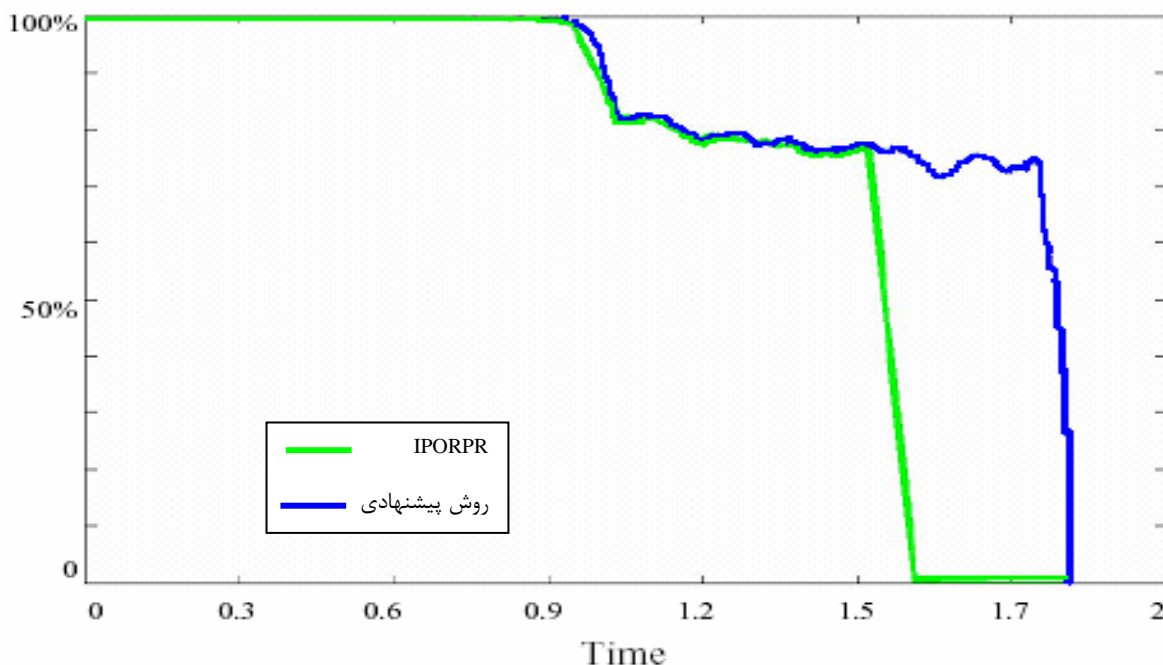
#### ۴- نتیجه‌گیری

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.

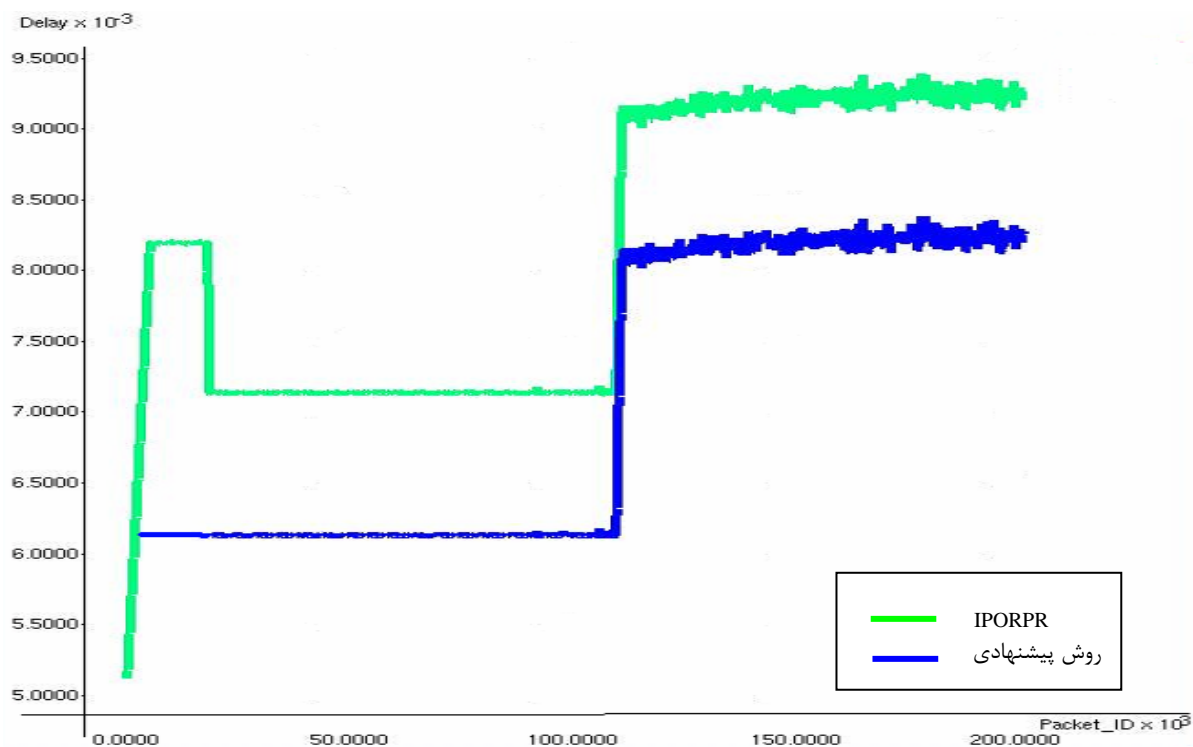
در ادامه به مقایسه روش پیشنهادی با روش پایه IORPR از دیدگاه میزان افت و میزان تأخیر پرداخته می‌شود. نتایج شبیه‌سازی برای مدت زمان ۲ ثانیه مورد بررسی قرار گرفته است. از آنجایی که VBR1 مجموعه اولویت‌های حذف متعدد را شامل می‌شود، از بین ترافیک‌های موجود ترافیک VBR1 به‌منظور تحلیل افت و تأخیر انتخاب گردیده 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) AF01 (<100M)
	TSW2CM-2 (CIR=50Mbps)	AF02 (<50M)
VBR2		BE



شکل ۵- متوسط تعداد بسته هدایت شده در طول زمان



شکل ۶- تغییرات تأخیر بسته‌های هدایت شده در طول زمان

- [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 Form Optical Transmission, Switching, and Subsystems. 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 bandwidth allocation 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**

RPR این تقسیم‌بندی با تغییر در مکانیزم صfbندی فریم‌های امکان هدایت اولویت‌دار بسته‌های DiffServ را فراهم می‌کند. با توجه به این ساختار نداشت 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.



۶- پی نوشتها

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

- [11] Fredrik Davik and Stein Gjessing; "Applying the Diffserv model to a resilient packet ring network", Simula Research Laboratory, August 2005.
- [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. Firoiu, 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.