

## مدیریت ترافیک در شبکه های وایمکس با استفاده از آتاماتای یادگیری

سعید محمدجعفری<sup>۱</sup>

### چکیده

در این مقاله، به بررسی توانایی مدل اتوماتای یادگیر برای حل مسائل مطرح در شبکه های وایمکس پرداخته شده است. با توجه به توانایی های اتوماتای یادگیر (از قبیل بار محاسباتی کم، قابلیت استفاده در محیط های توزیع شده و دارای اطلاعات نادقیق، نیاز به کمترین بازخورد از محیط و ...)، به نظر می رسد که استفاده از این روش برای حل مسائل مطرح در شبکه های وایمکس مناسب باشد. فراهم کردن انواع مختلف خدمات از ویژگی های نسل بعدی شبکه های بی سیم از جمله وایمکس میباشد پس چگونگی تخصیص پهنای باند و تضمین کیفیت خدمات، چالش بزرگی برای فراهم کننده است. ابزار کلیدی در تضمین کیفیت خدمات، کنترل دخول و تخصیص پهنای باند در ایستگاه پایه است. در الگوریتم پیشنهادی<sup>۲</sup> قصد داریم عمل تخصیص پهنای باند را (به دلیل اینکه درخواست های پهنای باند و تاخیر را برای تمام ایستگاه ها برآورده کنیم و تعادلی بین کارایی و عدالت در میان ارتباطات مختلف برقرار سازیم) در دو فاز انجام دهیم.

### کلید واژه

وایمکس، تخصیص پهنای باند، آتاماتاهای یادگیر، الگوریتم های زمان بندی

۱. کارشناس ارشد IT، دانشگاه آزاد اسلامی واحد قزوین sd\_mjafari@yahoo.com

2. Two-Phase Learning Automaton Queuing (2PLAQ) Algorithm

تاریخ دریافت: ۸۹/۶/۵ تاریخ پذیرش: ۸۹/۷/۱۴

## مقدمه

با افزایش نرخ انتقال داده در نسل بعدی شبکه های بیسیم، پاسخگویی به کاربردهایی با نرخ داده بالا مثل ویدئوی بیدرنگ، دانلود با سرعت بالا امکان پذیر شده است. همچنین نرخ انتقال بالای داده در نسل بعدی شبکه های بیسیم امکان اجتماع انواع مختلف سرویس ها مثل صدا، ویدئو و داده را بوجود آورده است تأمین کیفیت سرویس در شبکه های مختلف یا ساختارهای متفاوت، خود به تنهایی مسالهای پیچیده است. پیچیدگی مساله ذاتا به عدم وجود مدل ریاضی ساده و سراسری برای شبکه های داده برمی گردد. گروههای تحقیقاتی متفاوت روشهای مختلفی را در برخورد با این مساله در پیش میگیرند. بعضی گروهها با ارائه مدلهای ساده شده به تحلیل مساله می پردازند و نهایتا با ارائه شبیه سازیهای نسبتاً ساده، قدرت الگوریتم های پیشنهادی خود را به اثبات می رسانند. گروههایی نیز اساس کار را بر شبیه سازی هایی نسبتاً دقیق می گذارند و به نتایجی دست پیدا می کنند که ناگزیر نتایج نوعاً جزئی (ویژه آن شرایط شبیه سازی خاص) محسوب می شوند. از مهمترین موضوعات مطرح در زمینه کیفیت سرویس شبکه های وایمکس، میتوان به دسترسی چندگانه، تخصیص پهنای باند بالا و جهت رو به پایین، پارامترهای کیفیت سرویس و دسته بندی متناظر ترافیک ها برحسب پارامترهای کیفیت سرویس اشاره نمود، فراهم کردن انواع مختلف سرویس ها از ویژگی های نسل بعدی شبکه های بی سیم است پس چگونگی تضمین کیفیت سرویس تمرکز بزرگی برای سرویس دهندگان بوجود آورده است. در این راستا استاندارد ۸۰۲،۱۶ یا همان تکنولوژی وایمکس [۱]، [۲] چندین مزیت از قبیل پشتیبانی از کیفیت سرویس برای کاربردهایی نظیر پخش زنده تلویزیونی، رادیوهای اینترنتی، سرعت بالای دستیابی در مقایسه با دیگر روشها، پوشش وسیع جغرافیایی (محدوده یک شهر)، پشتیبانی از شبکه تلفنهای همراه، اینترنت قابل حمل، ایجاد ارتباط با کاربران متحرک، عدم نیاز به کابل کشی وغیره را فراهم می آورد. یکی از ویژگیهای مهم وایمکس پشتیبانی از کیفیت سرویس برای انواع مختلفی از ترافیکها میباشد. وایمکس از توپولوژی یک نقطه به چندین نقطه<sup>۱</sup> استفاده می کند و چارچوبی برای چهار نوع ترافیک تعریف میکند که عبارتند از: سرویس غیردرخواستی<sup>۲</sup>، سرویس بی درنگ<sup>۳</sup>، سرویس غیر بیدرنگ<sup>۴</sup> و بهترین تلاش<sup>۵</sup>. سرویس غیر درخواستی از جریان های بی درنگی که اندازه بسته ثابتی دارند پشتیبانی می نماید، سرویس بیدرنگ از جریان

- 
1. Point to Multi Point
  2. Unsolicited Grant Service
  3. real-time Polling Service
  4. non real-time Polling Service
  5. Best Effort

هایی با نرخ داده متغیر پشتیبانی می کند. سرویس غیر بی درنگ برای جریان هایی که نرخ داده متغیری دارند طراحی شده است و همچنین در سرویس بهترین تلاش تضمینی برای تأخیر و توان عملیاتی وجود ندارد. این کلاسها به منظور دسته بندی کیفیت سرویس تهیه شده است. در این مقاله، الگوریتمی بر اساس اتوماتاهای یادگیر پیشنهاد شده است که در آن معیار تأخیر بسته ها و عدالت مد نظر قرار گرفته و سعی شده است که این مورد تأمین گردد. در همین حوزه یک ساز و کار زمانبندی با استفاده از اتوماتای یادگیر پیشنهاد شده است. در این روش قصد داریم عمل تخصیص پهنای باند را (به دلیل اینکه درخواست های پهنای باند و تأخیر را برای تمام ایستگاهها برآورده کرده و تعادلی بین کارایی و توازن در میان ارتباطات مختلف برقرار سازیم) در دو فاز انجام می دهیم. در این پیشنهاد روی کلاس های غیر بی درنگ و بی درنگ تمرکز می شود و تأخیر و پهنای باند به عنوان نیازهای کیفیت خدمات، مورد بررسی قرار می گیرد. تمامی الگوریتم های مورد مقایسه با سازو کار پیشنهادی با استفاده از نرم افزار NS2 شبیه سازی شده است. نتایج ارزیابی ها عملکرد مطلوب الگوریتم پیشنهادی را نشان می دهد، مطلوب بودن نتایج این بررسی ها در حقیقت نشان می دهد که مدل اتوماتای یادگیر مدلی مناسب برای حل مسائل مطرح در شبکه های وایمکس می باشد.

در ادامه، مقاله بدین صورت سازماندهی شده است: در بخش ۲ به طور مختصر الگوریتم های زمانبندی مربوطه را معرفی خواهیم کرد، در بخش ۳ الگوریتم دو مرحله ای پیشنهادی (PLAQ) ارائه می شود، در بخش ۴ ارزیابی و شبیه سازی الگوریتم پیشنهادی را خواهیم داشت و بخش نهایی مربوط به نتیجه گیری می باشد.

## الگوریتم های زمانبندی مربوطه

تاکنون الگوریتم های زمانبندی متفاوتی در شبکه های وایمکس ارائه شده که قصد داریم در این بخش تعدادی از الگوریتم های زمانبندی را معرفی کنیم. الگوریتم صف بندی وزن دار<sup>۱</sup> با استفاده از مدل صف بندی M/G/FQ ارائه شده است. هر چند این الگوریتم می تواند کمترین نرخ داده ای ارتباطات را تضمین می کند ولی ضوابط تأخیر را در نظر نمی گیرد. گذشته از این پیچیدگی زمانی این الگوریتم خیلی بالا است [۳]. یک معماری دو لایه ای در [۴] برای زمانبندی جریان رو به بالای شبکه های وایمکس پیشنهاد شده است. در این معماری، از اولویت محدودی برای هدایت ترافیک درون چهار صف بر اساس نوع جریان سرویس استفاده شده است سپس هر صف با الگوریتم خاصی زمانبندی می شود، مثلاً تخصیص ثابت برای جریان سرویس غیر درخواستی، الگوریتم کمترین بازه

1. WFQ (Weight Fair Queuing)

زمانی<sup>۱</sup> برای سرویس سرکشی بی درنگ، الگوریتم صف بندی وزن دار برای سرویس سرکشی غیر بی درنگ، و تقسیم مساوی پهنای باند باقی مانده برای سرویس بهترسن تلاش. هرچند الگوریتم کمترین بازه زمانی به نیازمندی های تاخیر خیلی حساس است ولی یک ارتباط سرویس بی درنگ با نیازمندی تاخیر سخت، ممکن است به پهنای باند تسلط پیدا کرده و موجب گرسنگی ارتباطات بی درنگ دیگر شود. رویکرد مشابهی در [۷] ارائه شده است که الگوریتم اولویت محض را با الگوریتم صف عادلانه اولویت کسری بودجه<sup>۲</sup> جایگزین می کند. ایده اصلی این الگوریتم از الگوریتم نوبتی گردشی وزن دار است تا پهنای باند را برای هر چهار صف تضمین کند. مدل تحلیلی بخش مهمی از تحقیق در الگوریتم های زمانبندی است. در [۳] محدوده میانگین تاخیر با استفاده از مدل صفی M/G/FQ استنتاج شده است اما مبتنی بر الگوریتم صف بندی وزن دار است که پارامترهای دیگر کیفیت سرویس را در نظر نمی گیرد. پارامترهای کیفیت سرویس در [۶] لحاظ نشده اند. که از مدل مارکوف فرایند پواسون<sup>۳</sup> برای محاسبه نرخ حذف بسته و ترافیک موجود در صف های بی درنگ و غیر بی درنگ استفاده شده است. برای الگوریتم های زمانبندی دیگر در [۴]، [۵]، [۷]، [۸]، [۹]، [۱۰]، [۱۱] و [۱۲] مقایسه و شبیه سازی شده اند.

### الگوریتم صف بندی دو مرحله ای آتاماتای یادگیری

در این قسمت، قصد داریم الگوریتم پیشنهادی خودمان را معرفی کنیم. الگوریتم پیشنهادی عمل تخصیص پهنای باند را به دلیل اینکه درخواستهای پهنای باند و تاخیر را برای تمام ایستگاهها برآورده کرده و تعادلی بین کارایی و عدالت در میان ارتباطات مختلف برقرار سازد در دو فاز انجام می دهد.

### روش تخصیص پهنای باند در الگوریتم 2PLAQ

در الگوریتم پیشنهادی روی کلاس های غیر بی درنگ و بی درنگ تمرکز کرده و تاخیر و پهنای باند به عنوان نیازهای کیفیت سرویس، مورد بررسی قرار می گیرد به خاطر برقراری تعادل بین درخواست پهنای باند و تاخیر، با استفاده از آتاماتای یادگیری در نظر داریم که آن دو را از هم جدا کرده و در دو فاز مختلف پهنای باند را تخصیص داده و نیازمندی های کیفیت سرویس را تامین بکنیم در فاز اول، هر ارتباطی می تواند از یک میزان سرویس پایه ای بر طبق پهنای باند رزرو شده با استفاده از فرمول  $MRRi * \Delta i$  که  $0 \leq \Delta \leq 1$  می باشد تخصیص می یابد، برخوردار شود.

1. EDF (Earliest Deadline First)

2.DFPQ (Deficit Fair Priority Queue)

2.Markov Modulated Poisson Process

این روش می تواند از هر ارتباطی که همه پهنای باند را خالی کند و باعث گرسنگی بقیه شود، جلوگیری کند، مخصوصا زمانی که این ارتباط مقدار زیادی ترافیک بالاتر از میزان کمترین نرخ رزرو شده را تولید کند. به عبارت دیگر فاز اول سعی می کند که هر ارتباطی را توسط پارامتر کمترین نرخ رزروی محافظت کند. می دانیم که ترافیک به صورت پشت سرهم و تصادفی وارد می شود. پهنای باند اختصاص یافته به هر ارتباطی ممکن است بالاتر یا کمتر از  $\Delta i * MRRi$  باشد اگر ترافیک ارتباطی بالاتر از پارامتر کمترین نرخ رزروی باشد قسمتی از درخواست نمی تواند در فاز اول زمانبندی شود و به فاز دوم می رود، در غیر این صورت همه در فاز اول سرویس دهی می شود و در همان زمان، پهنای باند باقی مانده برای استفاده در فاز دوم توسط ارتباطات دیگر که هنوز درخواستشان زمانبندی نشده است داده می شود. فاز دوم در اصل اجازه می دهد که ارتباطات توسط پهنای باند باقی مانده بعد از فاز اول کامل شوند و اولویت به ترافیک هایی که بازه تاخیر کمی دارند داده می شود، کاربردهای مختلف وجود دارند که برخی نسبت به پارامتر تاخیر و برخی دیگر نسبت به پهنای باند رزروی حساس اند. مقدار دلتا تعیین می کند که چه مقدار از پهنای باند درخواست شده به سرویس موردنظر داده شود و بایستی به گونه ای برای هر ارتباط  $\Delta$  معین شود که بتواند به این نیازمندا جواب بدهد بنابراین برداری از  $\Delta$  ها خواهیم داشت. این  $\Delta$  ها را توسط آتاماتای یادگیر برای هر ارتباطی آموزش می دهیم که انتخاب  $\Delta$  به عنوان عمل انتخابی، میزان تاخیر و پهنای باند را در سیستم نشان می دهد هر چه در انتخاب این عمل دقت شود به همان میزان حذف بسته ها کاهش و توازن بیشتر خواهد شد و به سمت وضعیتی در سامانه خواهیم رفت تا هر دو مقوله تاخیر و توازن را در کنار هم حفظ کنیم. اگر مقدار دلتا کم باشد یعنی  $\frac{1}{10}$  پهنای باند رزرو شده هر جریان در فاز اول داده می شود و بقیه پهنای باند در فاز دوم می ماند که  $\Delta$  کوچک، پهنای باند کمتری را به فاز اول داده و منجر به افزایش حذف بسته ها و عدم توازن می شود و  $\Delta$  بزرگتر، پهنای باند بیشتری را به فاز اول می دهد که منجر به کاهش حذف بسته و کاهش توازن می گردد. لذا الگوریتم 2PLAQ در ۳ گام کار خود را انجام می دهد:

گام اول: ابتدا بردار احتمال ما شامل اعداد تصادفی یکسان می باشد، چون چندین ارتباط از جریان های سرویس داریم.

گام دوم: درایه ای که انتخاب می گردد، بر حسب تاخیر مقداردهی می شود. اگر تاخیر نداشته باشد بر حسب مقدار تاخیر درایه مورد نظر جریمه می شود. اگر تاخیر داشته باشد بر حسب مقدار تاخیر درایه مورد نظر پاداش می گیرد.

گام سوم: بر حسب مقدار درایه به روز شده، کل بردار احتمال به روز می شود. در ابتدا، بردار احتمال حاوی مقادیر اولیه است و چون این مقادیر در ابتدا با هم برابراند شانس انتخاب هر عملی مساوی میباشد. بعد از این که عمل  $\alpha$  اجرا شد. پاداش حالت را فوراً دریافت می کند و بنا به پاداش گرفته، بردار احتمال توسط رابطه زیر به روز میشود.

$$p_{t+1,i} = p_t + \alpha * (M_i - R_i)$$

$M_i$  و  $R_i$  به ترتیب میانگین و حداکثر تاخیر موجود برای ارتباطات در نظر گرفته شده اند. در رابطه بالا از مقدار ثابت  $\alpha$  استفاده شده است که مقدار این عدد ثابت در هر چهار نوع ترافیک متفاوت است.

### تحلیل مدل مارکوف الگوریتم پیشنهادی (۲PLAQ)

در این بخش ما کارایی الگوریتم پیشنهادی را بررسی می کنیم تا کارایی آن را اثبات کنیم. تحلیل ما از الگوریتم پیشنهادی به دلایل زیر بدیهی نیست:

**اصول متفاوت صف بندی:** الگوریتم پیشنهادی شامل دو فاز با صف بندی متفاوت است، به عبارتی در فاز اول FCFS<sup>۱</sup> و در فاز دوم EDF<sup>۲</sup>.

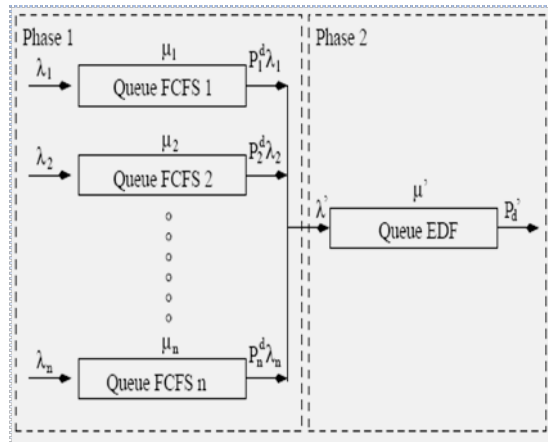
**محدودیت تاخیر:** هر بسته داده در صف با یک محدوده تاخیر خاصی وابسته شده است بسته داده اگر زمان انتظارش طولانی تر از بازه تاخیرش باشد حذف می شود. محدودیت تاخیر به طور چشمگیری پیچیدگی آنالیز را افزایش می دهد.

**ورودی ناشناخته برای فاز دوم:** ورودی فاز دوم داده ای است که در فاز اول خدمات داده نشده که پارامتر ناشناخته ای است.

برای این کار، یک مدل صف همانند شکل (۱) که برای الگوریتم پیشنهادی ساخته شده در نظر گرفته شده است. ایده کلیدی ما به کار بردن صف  $M/D/1+D$  تحت سیاست صفهای FCFS, EDF هست. ما سناریو را برای جایی در نظر گرفتیم که  $n$  تا ارتباط  $r_{tps}$  مستقر شده است. ارتباط  $i$  یک نرخ ورود  $\lambda_i$ ، بازه تاخیر  $\tau_i$  و کمترین پهنای باند رزرو شده  $MRR_i$  دارد. برای ساده گی تحلیل، فرض می کنیم که شکل ورود داده پواسون است و تمام صف ها اندازه نامحدود دارند. نرخ خدمات صف  $i$  برابر است با:  $\mu = MRR_i / L$  (۱)

$L$  طول بسته داده است.

1. First Come First Service
2. Earliest Deadline First



شکل (۱) - مدل تحلیلی الگوریتم ۲PLAQ

نرخ سرویس صف  $i$  با  $MRR$  ارتباط  $i$  متناسب است. با توجه به اینکه بسته های داده ای که نمی توانند در فاز ۱ به دلیل  $MRR$  محدود، سرویس بگیرند. کلاً به فاز ۲ عبور داده می شوند. بنابراین ما بطور ساختگی مرز تاخیر  $T$  (که دوره یک فریم است) برای صف های در فاز ۱ تنظیم می کنیم. بر طبق بحث بالا، ما در یک صف  $M/D/1+D$  برای هر ارتباط در فاز ۱ وارد می شویم که نرخ ورود  $i\lambda$ ، نرخ سرویس  $\mu$  و بازه تاخیر  $T$  است. صف  $M/D/1+D$  تحت سیاست صف  $FCFS$  بکار گرفته شده است. طبق [۱۴]، نرخ حذف بسته صف  $i$  ام برابر است با:

$$P_{id} = 1 - \frac{1}{\rho_i} + [\rho_i + \rho_i^2 e^{\lambda_i T} \sum_{j=0}^r (-1)^j \frac{(\lambda_i T - \rho_i)^j}{j!} e^{-\rho_i^j}] - 1 \quad (2)$$

که  $\rho_i$  برابر با  $\frac{\lambda_i}{\mu_i}$  و  $\tau$  بازه تاخیر است که به  $T$  تنظیم می شود و  $r$  عدد صحیحی است بین .

$$(\mu_i \tau - 1) < r < \mu_i \tau$$

بسته های حذف شده در فاز اول، ورودی فاز دوم هستند. چون که حذف بسته های حذف شده به طور تصادفی انجام می شود، حذف شدن بسته ها از صف  $i$  به شکل یک فرآیند پواسن با نرخ میانگین ورود  $\lambda_i \times P_i^d$  است. همان طور که در شکل (۱) می بینید، ورودی صف تراکمی از بسته های حذف شده از همه صف ها در فاز اول است. چون که بسته های حذف شده از هر صف پواسن است پس مجموع آن ها هم پواسن است که با نرخ میانگین ورود  $\lambda' = \sum_{i=1}^n P_i^d \times \lambda_i$  (۳). نرخ سرویس در فاز دوم ( $\mu'$ )، هم به شکل زیر برآورد شده است:

مقدار پهنای باند موجود در فاز دوم مقداری است که از فاز اول باقی می ماند. به عبارت دیگر، اگر پهنای باندی، بعد از این که زمان بند الگوریتم پیشنهادی در فاز اول اجرا شد باقی بماند این مقدار پهنای باند برای زمانبندی EDF در فاز دوم تخصیص می یابد. ما فرض می کنیم که کل پهنای باند رزرو شده هرگز بزرگتر از کل پهنای باند موجود نیست به عبارت دیگر  $\sum_{i=1}^n MRR_i \leq W$  که کل پهنای باند را نشان می دهد

بنابراین کل پهنای باند مابقی بدین صورت است:

❖ پهنای باندی که توسط هیچ ارتباطی رزرو نشده است.

❖ پهنای باندی رزرو شده است، اما به طور واقعی به صورت کامل توسط تعدادی از ارتباطات به کار نمی رود.

زمانی که ارتباطی بیکار است پهنای باند رزرو شده آن به کار نمی رود؛ بنابراین در فاز دوم از آن استفاده می شود. برای کشف این پهنای باند بالقوه، ما ابتدا درصدی از زمان را محاسبه می کنیم که در آن یک ارتباط بیکار است. برای صف  $i$  در فاز اول، درصدی از زمان که بسته ها در حال سرویس دهی اند عبارتند از:

$$\frac{t_{busy}}{t} = \frac{\lambda(1-P_i^d) \times t \times \frac{1}{\mu_i}}{t} = \lambda(1-P_i^d) \times \frac{1}{\mu_i} \quad (4)$$

که  $t$  فاصله زمانی معینی و  $t_{busy}$  دوره اشغال شده را در طول  $t$  نشان می دهد. در معادله بالا،  $\lambda(1-P_i^d) \times \frac{1}{\mu_i}$  مقدار واقعی ورودی ها در  $t$  است (به استثنای آن هایی که حذف می شوند) و  $\frac{1}{\mu_i}$  زمان سرویس برای هر بسته است، بنابراین کسری از زمان بیکار توسط  $P_i^0$  برابر است با:

(۵)

$$P_i^0 = 1 - \lambda_i(1 - P_i^d) \times \frac{1}{\mu_i}$$

پس روی هم نرخ سرویس در فاز دوم برابر است با:

(۶)

$$\mu' = \frac{W - \sum_{i=1}^n MRR_i}{1} + \sum_{i=1}^n P_i^0 \mu_i$$

معادله ۴ شکلی از تئوری لیتل است [۱۳] و  $1-P^0$  به عنوان فاکتور بهره وری شناخته می شود.

معادله ۶ میانگین نرخ سرویس در فاز دوم را نشان می دهد. پهنای باند موجود واقعی در فاز دوم

وابسته به پهنای باند باقی مانده در فاز اول پویا است. برای تحلیل، ما تغییرات پهنای باند موجود در فاز دوم را بحث می کنیم که به خاطر تجمع اکثر ارتباطات کوچک است. بنابراین ما فاز دوم را با صف  $M/D/1+D$  مدل می کنیم که  $\lambda'$  نرخ ورود و  $\mu'$  نرخ سرویس است. همان طور که در شکل (۱) نشان داده شده است ورودی های واقعی در سامانه با  $\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_n$  در فاز اول تعریف می شود بنابراین روی هم رفته احتمال رد شدن عبارتست از:

$$P_d = P'_d \frac{\lambda'}{\sum_{i=1}^n \lambda_i} \quad (7)$$

و گذردهی هم برابر است با:  $1 - P_d$ .

### شبیه سازی و ارزیابی الگوریتم 2PLAQ

ما قصد داریم صحت کارایی مدل تحلیلی الگوریتم پیشنهادی را ارزیابی و با تعدادی از الگوریتم های زمانبندی از قبیل  $EDF^1, WRR^1, DFPQ^2$  با پارامتر های ارزیابی چون نرخ حذف شدن بسته ها، میزان گذردهی و همچنین کارایی توازن مقایسه کنیم. [۷] که این کارایی عدالت را از رابطه توازن Jain بدست می آوریم [۱۵].

$$f(X_1, X_2, \dots, X_n) = \frac{(\sum_{i=1}^n X_i)^2}{n \sum_{i=1}^n X_i^2} \quad (3)$$

که  $X_i$  گذردهی نرمال شده ارتباط  $i$  ام و  $n$  تعداد کل ارتباطات است، که  $X_i$  از رابطه  $\frac{Th_i}{MRR_i} =$  بدست می آید.  $Th_i$  نرخ داده واقعی و  $MRR_i$  نرخ داده رزرو شده ارتباط  $i$  ام هستند. محدوده اندیس توازن Jain بین ۱ و ۱۰ است، لذا اگر  $Th_i = MRR_i$  باشد اندیس بالاتر توازن بهتری دارد که آنگاه اندیس توازن Jain مساوی ۱ و بهترین حالت را خواهیم داشت.

تمام شبیه سازی ها و ارزیابی الگوریتم های مورد مقایسه با استفاده از نرم افزار شبیه سازی (2.34) Ns2 انجام شده است.

## پارامترهای شبیه سازی و ارزیابی

SS ID	SS1	SS2	SS3	SS4
Modulation type	BPSK	QPSK	16QAM	64QAM
Inner code rate	1/2	2/3	3/4	5/6
Bits / symbol	1	2	4	6
Raw data rate <i>R<sub>b</sub></i> (Mbps)	3.7160	9.9094	22.2962	37.1603
Bytes / mini slot	1.875	4.999	11.247	18.745

جدول (۱)- نرخ داده خام

rtps	rtps1	rtps2	rtps3	rtps4
MRR (kbps)	19.2	64	384	1024
Delay (ms)	10	30	20	40
nrtps	nrtps1	nrtps2	nrtps3	nrtps4
MRR (kbps)	24	48	256	768
Delay (ms)	100	130	170	200

جدول (۲)- بازه های زمانی تاخیر و MRR برای ارتباطات مختلف

SS ID	SS1	SS2	SS3	SS4
rtps1+ nrtps1	✓			
rtps2 + nrtps2	✓	✓	✓	
rtps3 + nrtps3		✓	✓	✓
rtps4 + nrtps4				✓

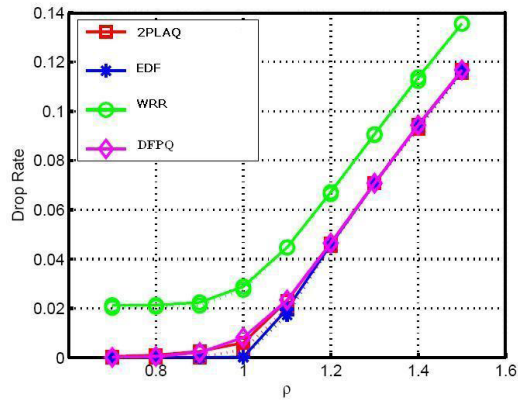
جدول (۳)- توزیع ۸ ارتباط بر روی ۴ ایستگاه وابسته

طبق جدول ۳ هر SS، ۴ ارتباط دارد برای مثال SS<sub>۱</sub> چهار ارتباط rtps<sub>۱</sub>، nrtps<sub>۱</sub>، rtps<sub>۲</sub> و nrtps<sub>۲</sub> را به خود اختصاص داده است. در نتیجه ۱۶ ارتباط وجود دارد. ما دو نوع ترافیک در شبیه

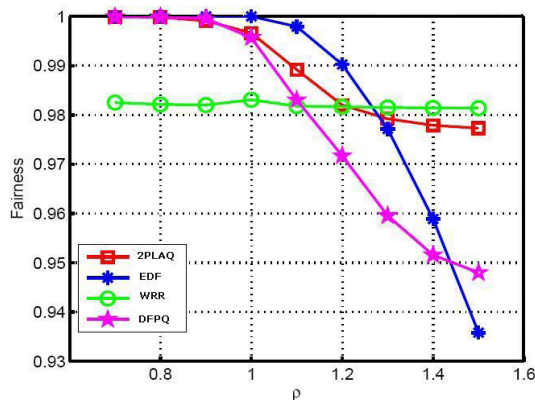
سازی برای این الگوریتم در نظر گرفته شده است: ۱- ترافیک پواسون ۲- ترافیک تولیدی پشت سر هم (ترافیک انفجاری).

### مدل ترافیکی پواسون

در این مدل از ترافیک اندازه بسته ها برابر با  $L=800 \text{ byte}$  و نرخ های ورودی تمام ارتباطات به جز  $\text{rtps}^3$  ثابت و مطابق با نرخ های داده رزرو شده در نظر گرفته شده اند. نتایج شبیه سازی در شکل (۲) نشان داده شده اند. محور  $X$  ها بار ترافیکی و محور  $Y$  ها مجموع نرخ حذف شدن بسته ها را در تمام ارتباطات را نشان می دهد.



شکل (۲) - نرخ حذف بسته تحت مدل ترافیکی پواسون

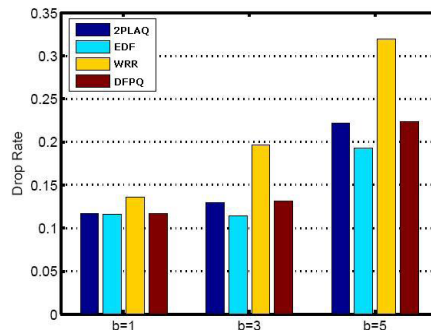


شکل (۳) - میزان توازن تحت مدل ترافیکی پواسون

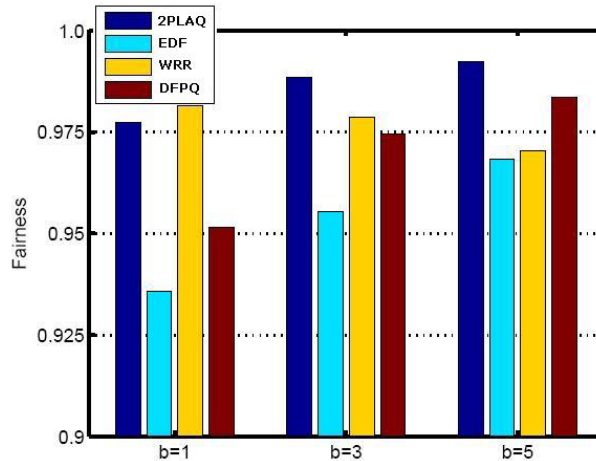
در شکل (۲) مشاهده می شود که الگوریتم های EDF-2PLAQ-DFPQ از نرخ حذف بسته یکسانی برخوردارند در حالیکه نرخ حذف در الگوریتم WRR بدلیل توجه نکردن به بازه تاخیر این الگوریتم، افزایش می یابد. با افزایش بار ترافیکی rtps3 کل بار ترافیکی بطور قابل توجهی بالاتر از کل پهنای باند موجود می شود. لذا تمام الگوریتم های موجود، نرخ حذف بالایی را نشان می دهند. و میزان توازن الگوریتم EDF هم طبق شکل (۳) نزول می کند. زمانیکه بار ترافیکی rtps3 بالاتر از MRR می شود. چون ترافیک بی درنگ افزوده با بازه تاخیر سخت، پهنای باند را از ارتباطات ntps تحت الگوریتم EDF بیرحمانه می گیرد و منجر به کاهش گذردهی و افزایش عدم توازن می گردد. زمانیکه  $\rho$  از ارتباط rtps3 بزرگتر از ۱ می شود میزان عدالت هر دو الگوریتم 2PLAQ و DFPQ پایین می آید ولی مقدار برای الگوریتم DFPQ با سرعت بیشتری کاهش می یابد که می تواند دو دلیل داشته باشد ۱- الگوریتم DFPQ اولویت بالاتری را به ترافیک های بی درنگ نسبت به ترافیک غیر بی درنگ در نظر می گیرد. ۲- DFPQ مینیمم نرخ رزرو شده را برای هر ارتباط بی درنگ تضمین نمی کند در حالیکه EDF در داخل تمام ارتباطات بی درنگ گسترش یافته است. در بین چهار الگوریتم مورد استفاده، WRR در ترافیک ورودی متغیر، عدالت پایدارتری را به خود گرفته است در نتیجه میزان عدالت الگوریتم پیشنهادی بهتر از الگوریتم های EDF و DFPQ می باشد.

### مدل ترافیکی پشت سر هم (انفجاری)

برای تحلیل کارایی الگوریتم پیشنهادی و الگوریتم های زمانبندی دیگر تحت مدل ترافیک پشت سر هم، از مدل مارکوف برای تولید بسته های داده استفاده می کنیم. لازم به ذکر است  $b = \frac{\lambda_{max}}{\lambda_{avg}}$  زمانی که  $b=1$  است مدل مارکوف (ترافیک پشت سر هم) مساوی با مدل پواسون خواهد بود. نرخ حذف بسته و میزان توازن برای الگوریتم های استفاده شده در شبیه سازی به صورت شکل های زیر می باشند.

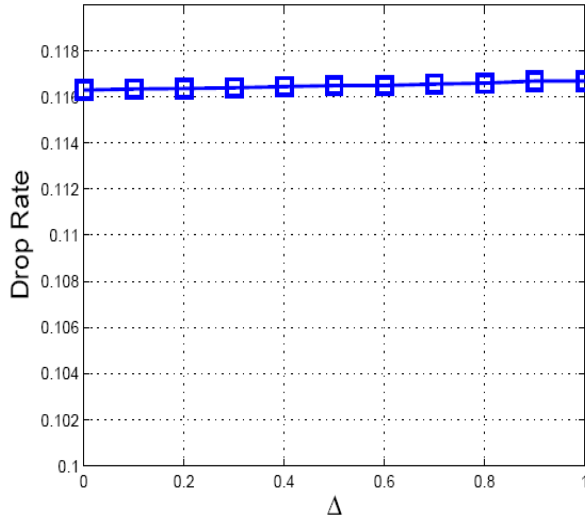


شکل (۴) - نرخ حذف بسته تحت مدل ترافیکی انفجاری

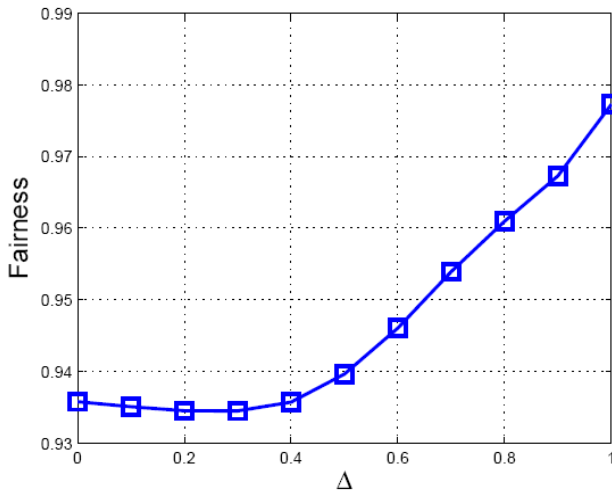


شکل (۵) - میزان عدالت تحت مدل ترافیکی انفجاری

با توجه به شکل (۴) مشاهده می شود که الگوریتم WRR با ترافیک انفجاری، آسیب پذیرتر است که با بالاتر رفتن مقدار  $b$ ، نرخ حذف بسته بطور چشم گیری افزایش می یابد. در مقابل الگوریتم های EDF، 2PLAQ و DFPQ می توانند نرخ حذف بسته را بطور معقولانه ای پایین نگه دارند حتی زمانی که  $b$  بزرگتر است. با توجه به شکل (۵) الگوریتم پیشنهادی میزان عدالت بیشتری را همیشه دارا می باشد در حالیکه میزان عدالت الگوریتم EDF بدترین مقدار را در بین الگوریتم ها به خود اختصاص داده است. با افزایش  $b$  میزان عدالت در الگوریتم EDF افزایش می یابد. دلیل این امر آن است که تعدادی از بسته های بی درنگ ارتباط  $rtps3$  در  $b$  های بالاتر حذف شده اند. بنابراین میزان گذردهی  $rtps3$  با مقداری نزدیک تر به گذردهی رزو شده کاهش می یابد. الگوریتم پیشنهادی می تواند با نرخ پایین حذف بسته و بهترین کارایی عدالت به یک تعادلی بین الگوریتم های WRR و EDF دست یابد.



شکل (۶) - نرخ حذف بسته تحت تاثیر تخصیص پهنای باند در ۲ فاز برای  $\Delta$  های متفاوت



شکل (۷) - میزان عدالت تحت تاثیر تخصیص پهنای باند در ۲ فاز برای  $\Delta$  های متفاوت

همانطور که اخیراً گفته شد  $\Delta$  کوچکتر، پهنای باند بیشتری را برای فاز ۲ تخصیص می دهد. شبیه سازی ها نشان می دهند که الگوریتم پیشنهادی به کارایی بالاتری را تحت  $\Delta$  بزرگتر، دست می یابد. طبق شکل‌های (۶) و (۷)، زمانیکه  $\Delta$  از صفر به ۱ افزایش می یابد نرخ حذف بسته فقط 0.1% افزایش می یابد، در حالیکه توازن Jain از 0.93 تا 0.98 تغییر می کند که به توازن کامل نزدیکتر است.

## نتیجه گیری

در این مقاله، رفتار تعدادی از الگوریتم‌های زمانبندی مورد ارزیابی قرار گرفت. الگوریتم پیشنهادی عمل تخصیص پهنای باند را به دلیل اینکه درخواست های پهنای باند و تاخیر را برای تمام ایستگاهها برآورده کرده و تعادلی بین کارایی و عدالت در میان ارتباطات مختلف برقرار سازد در دو فاز انجام داده و روی کلاس های غیر بی درنگ و بی درنگ تمرکز کرده و تاخیر و پهنای باند به عنوان نیازهای کیفیت سرویس، مورد بررسی قرار گرفته و الگوریتم ها را بر اساس نرخ حذف بسته و میزان عدالت مقایسه کردیم. در شبیه سازی ها دو نوع مدل ترافیکی را مورد بحث قرار دادیم. نتایج شبیه‌سازی نشان می‌دهد که الگوریتم پیشنهادی 2PLAQ بهترین راه حل برای ترافیک های بیدرنگ و غیر بی‌درنگ می‌باشد و به نرخ حذف بسته کمتر و گذردهی بالاتری را زمانی که عدالت بین ارتباطات مختلف حفظ شود، دست می یابد و پهنای باند را به صورت عادلانه بین کاربردهای مختلف تقسیم می‌کند.

## مراجع

1. IEEE 802.16-2004, IEEE Standard for local and metropolitan area Networks, Air Interface for Fixed Broadband Wireless Access Systems, Oct 2004.
2. "IEEE 802.16e, IEEE Standard for local and metropolitan area networks, Air Interface for Fixed Broadband Wireless Access System, Amendment", 2005.
3. M. Hawa, "Stochastic Evaluation of Fair Scheduling with Applications to Quality-of-Service in Broadband Wireless Access Networks", Ph.D. dissertation, University of Kansas. 2003.

4.K. Wongthavarawat and A. Ganz, "IEEE 802.16 Based Last Mile Broadband Wireless Military Networks with Quality of Service Support", in Proc. Mil. Commun. Conf, pp. 779–784, 2003.

5.Q. Liu, X. Wang and G. Giannakis, "A Cross-Layer Scheduling Algorithm with QoS Support in Wireless Networks", IEEE Trans. Veh. Tech., vol. 55, no. 3, pp. 839–847, May 2006.

6.D. Niyato and E. Hossain, "Queue-aware Uplink Bandwidth Allocation and Rate Control for Polling Service in IEEE 802.16 Broadband Wireless Networks", IEEE Trans. Mobile Comp, vol. 5, no. 8, pp. 668–679, Dec. 2006. Veh. Tech., vol. 55, no. 3, pp. 839–847, May 2006.

7.J. Chen, W. Jiao and H. Wang, "A Service Flow Management Strategy for 802.16 Broadband Wireless Access System in TDD Mode", in Proc. IEEE ICC, pp. 3422–3426, 2005.

8.K. R. Raghu, S. K. Bose and M. Ma, "Queue Based Scheduling for IEEE 802.16 Wireless Broadband", in Proc. 6th IEEE Int. Conf. ICICS, pp. 1–5. 2007.

9.V. Sharma and N. Vamaney, "The Uniformly-Fair Deficit Round-Robin (UF-DRR) Scheduler for Improved QoS Guarantees in IEEE 802.16 WiMAX Networks", in Proc. Mil. Commun. Conf, pp. 1–7, 2007

10.A. Shejwal and A. Parhar, "Service Criticality Based Scheduling for IEEE 802.16 WirelessMAN," in Proc. 2nd IEEE Int. Conf. AusWireless, pp. 12–18. 2007.

11.N. Salodjar and A. Karandikar, "An Indexing Scheduler for Delay Constrained Scheduling with Applications to IEEE 802.16", in Proc. IEEE WCNC, pp. 1471–1476. 2008.

12.X. Bai, A. Shami and Y. Ye, "Robust QoS Control for Single Carrier PMP Mode IEEE 802.16 Systems", IEEE Trans. Mobile Comp, vol. 7, no.

4, pp. 416–429, May 2008.

13.L. Kleinrock, Queueing Systems, Volume 1: Theory. Hoboken, NJ: John Wiley and Sons, 1975.

14.A. G. D. Kok and H. C. Tijms, “A Queueing System with Impatient Customers”, J. Appl. Prob., vol. 22, no. 3, pp. 688–696, Nov. 1985.

15.D. M. C. R. Jain and W. Hawe, “A Quantitative Measure of Fairness and Discrimination for Resource Allocation in Shared Systems”, dEC Research Report, TR-301. 1984.

