

## کنترل درخواست ورود در شبکه‌های ATM با استفاده از اتماتانهای یادگیر بر اساس پاسخ پهنای باند معادل

حمید رضا شهریاری، محمد رضا میدی

مرکز تحقیقات انفورماتیک، آزمایشگاه سیستم‌های نرم‌افزاری

دانشکده مهندسی کامپیوتر

دانشگاه صنعتی امیرکبیر

(shahriari@linux.ce.sharif.ac.ir)

### چکیده

یکی از مسائل مهم در شبکه‌های ATM، کنترل درخواست ورود است، که سعی در جلوگیری از بروز تراکم در شبکه با استفاده از قبول یا رد درخواستهای اتصال می‌کند. روش‌های متعدد تحلیلی از جمله روش پهنای باند معادل و روش تغییر ترافیک سنگین و یا تخمین حد بالای اتفاق سلول ارائه شده‌اند. در این مقاله از اتماتانهای یادگیر با دو عمل برای کنترل درخواست ورود استفاده شده است. اتماتان یادگیر می‌تواند با استفاده از تجربیات سابق خود، خود را با وضعیت موجود شبکه تعیین داده و در مورد قبول درخواستها تصمیم گیری نماید. در این روش اتماتان یادگیر دو عمل متاظر با پذیرش یا رد درخواست دارد، در روش ارائه شده، برای پاسخ محیط از روش پهنای باند معادل استفاده شده است. در اینها پس از برسی اتماتانهای مختلف، اتماتان جدیدی از نوع ساختار ثابت ارائه شده است که کارایی بهتری از دیگر اتماتانها نشان می‌دهد. با استفاده از شیوه‌سازی محیط شبکه ATM، الگوریتم‌های موردنظر از لحاظ بهره‌وری خط و میزان اتفاق سلول مقایسه شده‌اند.

کلمات کلیدی: شبکه‌های ATM، کنترل تراکم، کنترل درخواست ورود، اتماتان یادگیر

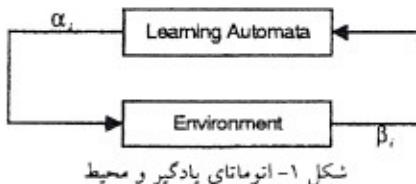
### ۱ مقدمه

به علت سرعت بالای شبکه، کنترل مؤثر ترافیک به جای انفعالی بودن، باید به صورت بازدارنده باشد. کنترل درخواست ورود جزو روش‌های بازدارنده قرار می‌گیرد و سعی می‌کند ترافیک ورودی را کنترل کند. یک درخواست اتصال باید هنگامی پذیرفته شود که کیفیت سرویس (QoS)<sup>۱</sup> در حد مطلوب حفظ شود، در غیر این صورت درخواست رد شود. این تصمیم بر اساس ویژگیهای ترافیکی درخواست جدید و اتصالهای فعلی انجام می‌شود. مسئله کنترل درخواست ورود به علت گستره وسیع سرویسها و نیازهای آنها و نیز ویژگی اتفاقی متابع پیچیده است<sup>[۲]</sup>. تصمیم رد

نکنترولی ATM به عنوان راه کار انتقال برای بیاده‌سازی شبکه‌های B-ISDN پذیرفته شده است<sup>[۱]</sup>. قادر به پشتیبانی سرویس‌های با پهنای باند وسیع مانند صوت و تصویر در سرعتهای بالا با استفاده از مالتی‌پلکس کردن سلولهای با طول ثابت و انتقال آنها در شبکه است. پهنای باند در شبکه به هنگام نیاز تخصیص داده می‌شود و هیچ پهنای باند ثابتی به یک اتصال نسبت داده نمی‌شود. به علت ویژگیهای اتفاقی متابع ترافیکی و مالتی‌پلکس آماری، بهره‌وری بیشتری در پهنای باند بدست خواهد آمد. با این حال مجموع حداقل نرخ بیت درخواستهای پذیرفته شده از ظرفیت خط بیشتر خواهد شد. این امر ممکن است باعث اتفاق سلولها و تأخیر بیش از حد آنها شود.

<sup>1</sup> Call Admission Control (CAC)

<sup>2</sup> Quality of Service



در خرواست ورود استفاده شده است. در این روش اتوماتان ظرفیت معادل هر اتصال را تخمین زده و سپس با استفاده از این تخمین درباره پذیرش یا عدم پذیرش در خرواستها تصمیم گیری می‌کند. از جمله محدودیتهای این روش آن است که فرض شده است منابع متصل به سوئیچ مشابه هستند. از دیگر معایب این روش آن است که تعداد زیربازه‌ها برای تخمین پارامتر زیاد بوده و همگرایی اتوماتان کنترل انجام می‌شود. در این مقاله اتوماتان مستقیماً درباره پذیرش با رد خرواست تصمیم گیری می‌نماید. در این صورت اتوماتان دو عمل متناظر با قبول و رد خرواست خواهد داشت. از جمله بهبودهایی که نسبت به روش ارائه شده در [۸] داده شده است، نحوه پاسخگویی محیط به اتوماتان است. در روش جدید از روش کارایی بهتری باند معادل برای پاسخ محیط استفاده شده است.

بخش دوم مقاله اتوماتان یادگیر پاسخ محیط استفاده شده است. بخش سوم الگوریتم مورد نظر شرح داده می‌شود. در بخش‌های ۴ و ۵ با استفاده از شبیه‌سازی شبکه ATM کارایی الگوریتم‌های مختلف یادگیری از ساختار ثابت، از جنبه‌های گوناگون همچون میزان کارایی خط و درصد سلوکهای از دست رفته مقایسه شده است. در انتها پس از بررسی اتوماتانهای مختلف، اتوماتان جدیدی از نوع ساختار ثابت ارائه شده است که کارایی بهتری از دیگر اتوماتانها نشان می‌دهد.

## ۲ اتوماتان یادگیر

اتوماتان یادگیر یک اتوماتان است که در یک محیط تصادفی عمل می‌کند و احتمالهای هر یک از اعمال را بر حسب ورودهایی که از محیط دریافت می‌کند، بهنگام می‌کند. روش عملکرد یک اتوماتان یادگیر به این صورت است که یک عمل از مجموعه مجاز اعمال انتخاب کرده و عمل انتخاب شده را به یک محیط تصادفی اعمال می‌کند. در مقابل محیط با یک سینگال پس خور پاسخ می‌دهد. این پاسخ باعث می‌شود که وضعیت داخلی اتوماتان برای عمل بعد بهنگام شود. اتوماتانهای یادگیر به دو گروه ساختار ثابت و متغیر دسته‌بندی می‌شوند. شکل ۱ نحوه ارتباط یک اتوماتان یادگیر با محیط نشان می‌دهد.

یک اتوماتان با ساختار متغیر را می‌توان با شش نایبی (P, G, T, H, Q, R) تعریف کرد که  $\sum P + G + T + H + Q + R = 1$  مجموعه عملهای ورودی،  $P$  بردار احتمالهای مجموعه حالتی داخلی،  $G$  مجموعه خروجیها،  $T$  بردار احتمالهای

یا قبول در خرواست ورود باید هر چه سریعتر اتخاذ شود و نباید شامل محاسبات پیچیده باشد. پذیرش در خرواست بر اساس حداقل نرخ بیت باعث کاهش بهره‌وری خط می‌شود. در واقع نقش کنترل در خرواست ورود مصالحة بین بهره‌وری پهنای باند و کیفیت سرویس است.

البته روش‌های متعددی ارائه شده است که در آنها با اتخاذ تقریبهای لازم و بدون حل دقیق معادلات فوق از پیچیدگی مسأله کاسته شده است. از جمله روش‌هایی که سعی در تقریب یکی از پارامترهای سیستم می‌کنند، می‌توان به روش پهنای باند معادل<sup>۱</sup> [۲] و تقریب ترافیکهای سنگین<sup>۲</sup> [۴] اشاره کرد. در این روشها با استفاده از مدل کردن منبع ترافیکی به یک توزیع شناخته شده و تبدیل مسأله به یک مسأله صفت، سعی در تقریب یک پارامتر تصمیم گیری مانند پهنای باند لازم با احتمال اتفاق سلوک می‌کنند. ولی این روشها برخی محدودیتهای اساسی دارند. یکی از محدودیتها آن است که به علت مشکلات در بدست آوردن اطلاعات کامل اماری از ترافیک ورودی، به راحتی نمی‌توان آستانه‌های مؤثر یا پهنای باند معادل را به دقت تعیین کرد. فرایند تصمیم گیری مبنو از عدم قطعیت‌ها است. به عبارتی دیگر به علت مدل کردن، تخمین و تغییرات پیش‌بینی نشده در سیستم، همیشه خطای تصمیم گیری همراه این سیستم است و باعث کاهش کارایی می‌شود<sup>۳</sup> [۵]. از همین رو شهای پریا با قابلیتهای یادگیری و استفاده از تجربیات سابق خود مورد توجه هستند. در این روشها یک الگوریتم یادگیر با مساهده رفتار سیستم خود را با آن وقق می‌دهد و بر اساس رفتار مشاهده شده منابع، در مورد در خرواستهای جدید تصمیم می‌گیرد. روش‌های متعددی برای کنترل در خرواست ورود با قابلیت یادگیری ارائه شده است. از جمله می‌توان به کنترل ترافیک با استفاده از شبکه عصبی<sup>۴</sup> [۶]، با استفاده از منطق فازی<sup>۵</sup> [۶]، یا استفاده از اتوماتان یادگیر<sup>۷</sup> [۷] و یا با استفاده از تخمین پویای آستانه<sup>۹</sup> [۹] اشاره کرد.

در [۷] از اتوماتان یادگیر برای کنترل در خرواست ورود استفاده شده است. در این روش از یک اتوماتان یادگیر نصادرانی تخمین زننده (SELA)<sup>۶</sup> استفاده شده است. برای استفاده در کنترل در خرواست ورود دو عمل  $\{\alpha_0, \alpha_1\}$  برای اتوماتان تعریف شده است که  $\alpha_0$  نشان دهنده قبول در خرواست جدید و  $\alpha_1$  نشان دهنده رد در خرواست است. این اتوماتان با هر در خرواست جدید یکی از اعمال  $\alpha_0$  یا  $\alpha_1$  را انتخاب کرده و سپس با استفاده از تخمین پهنای باند معادل پاسخ محیط را بدست آورده و بردار احتمالهای متناظر با اعمال  $\alpha_1$  را بهنگام می‌کند. در [۸] از اتوماتان یادگیر برای کنترل

<sup>1</sup> Equivalent Capacity

<sup>2</sup> Heavy Traffic Approximation

<sup>3</sup> Stochastic Estimator Learning Algorithm

## ۱-۳ پاسخ محیط با استفاده از پنهانی باند معادل

اتوماتان یادگیری برای ورق دادن خود با محیط و آموزش خود نیاز به دریافت پاسخ از طرف محیط به ازای هر عمل انتخاب شده دارد. به همین دلیل انتخاب نوع پاسخ محیط نقش مهمی در کارایی اتوماتان دارد. در [۸] برای پاسخ محیط از ترتیب اتفاق سلول و طول بافر استفاده شد. این پاسخ باز هم به ترتیب خود اشکالاتی را دارد که از جمله می‌توان به دیر مشخص شدن پاسخ یک عمل (پذیرش یا رد) اشاره کرد. در این مقاله از روش دیگری برای محاسبه پاسخ محیط به عمل اتوماتان استفاده می‌شود.

## ۱-۱-۳ پاسخ دودویی با استفاده از پنهانی باند معادل

برای تعریف پاسخ دو مقادیری با استفاده از روش پنهانی باند معادل، ظرفیت مقادیر اتصالهای قابلی و اتصال جدید ( $C_{\text{obj}}$ ) محاسبه می‌شود. اگر  $b=0$  عمل انتخاب شده اتوماتان و  $C$  ظرفیت خط پاشد، پاسخ دودویی یک محیط P-Model به اتوماتان به صورت زیر تعریف می‌شود:

## پاسخ مطلوب:

اگر ( $\alpha_i = \text{Accept}$  و  $C_{\text{obj}} \leq C$ ) یا ( $\alpha_i = \text{Reject}$  و  $C_{\text{obj}} > C$ )

## پاسخ نامطلوب:

اگر ( $\alpha_i = \text{Accept}$  و  $C_{\text{obj}} > C$ ) یا ( $\alpha_i = \text{Reject}$  و  $C_{\text{obj}} \leq C$ )

با استفاده از این روش می‌توان پاسخ اتوماتان را پلاقالسله پس از انتخاب عمل داد. در صورتی که با استفاده از دیگر معیارها پس از مدت زمان خاصی پس از اعمال تصمیم، تأثیر آن مشخص می‌شد، به عنوان مثال با استفاده از معیار طول بافر پاحداکثر ترتیب اتفاق سلول، پس از پذیرش درخواستی که نباید پذیرفته می‌شد، مدت زمانی لازم است تا منع جدید شروع به کار کرده و پس از مدتی طول بافر به آستانه مورد نظر بررسد یا سریزی کند. در حالی که ممکن است قبل از آماده شدن پاسخ عمل قبول، درخواستهای جدیدی به اتوماتان بررسد که اتوماتان باید درباره آنها تصمیم‌گیری نماید. از آنجا که اتوماتان به ازای هر عمل پاسخی هم از محیط انتظار دارد، در روش قابلی پاسخگویی به اتوماتان تا حد امکان یعنی تا دریافت درخواست بعدی به تعریق می‌افتد، اما ممکن است در این فاصله تأثیر عمل قابل مشخص نشده باشد و در نتیجه پاسخ داده شده به اتوماتان هم درست نباشد.

## ۱-۱-۲ پاسخ پیوسته بر اساس روش پنهانی باند معادل

برای مدل کردن محیط به صورت S-Model [۷] ازانه شده استفاده می‌شود. در ابتداء اگر  $C$  ظرفیت خط پاشد، آستانه ظرفیت خط  $C_{\text{obj}}$  را به طوری که  $C_{\text{obj}} < C$  تعریف می‌کنیم. در این صورت بازه  $[C_{\text{obj}}, C]$  ناحیه هشدار خواهد بود. این اصلی

انتخاب عملها است که در هر مرحله یکی انتخاب می‌شود،  $G$  نگاشت خروجی و  $T$  الگوریتم یادگیری است [۱۰]. واضح است که عامل مؤثر در کارایی اتوماتان یادگیری با ساختار متغیر الگوریتم یادگیری است که برای بهنگام کردن احتمالهای هر یک از عملها استفاده می‌شود. الگوریتمهای یادگیری متعددی در [۱۰] و [۱۱] ارائه شده است. فرض کنید  $b=0$  در زمان  $k$  مطابق توزیع (k) انتخاب شده است. الگوریتم خطی زیر یکی از متداولترین الگوریتمهای یادگیری است:

اگر پاسخ محیط مطلوب باشد:

$$p_j(k+1) = \begin{cases} p_j(k) + a[1 - p_i(k)] & j = i \\ (1-a)p_j(k) & j \neq i \end{cases} \quad (1)$$

اگر پاسخ محیط نامطلوب باشد:

$$p_j(k+1) = \begin{cases} (1-b)p_j(k) & j = i \\ \frac{b}{r-1} + (1-b)p_j(k) & j \neq i \end{cases} \quad (2)$$

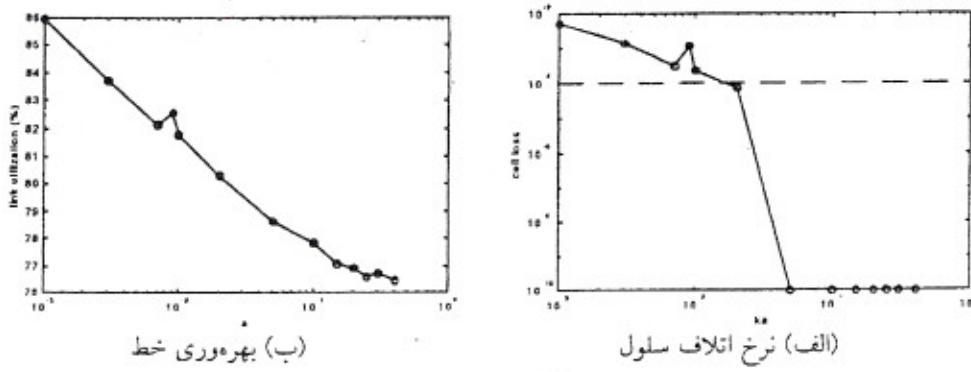
که  $a$  پارامتر پاداش و  $b$  پارامتر جریمه است ( $0 < a, b < 1$ ). میزان پاداش (انزایش احتمال) و  $b$  میزان جریمه (کاهش احتمال) را تعیین می‌کند. در صورتی که  $b=0$  الگوریتم reward-inaction (R-I)، و در صورتی که  $a=b$  باشد، الگوریتم linear (L-R) [۱۲]، و در صورتی که  $a>>b$  باشد، linear reward-penalty (L-R-P) [۱۳] بدست می‌آید و اگر  $a>>b$  باشد، الگوریتم L-R-P بدست می‌آید.

از اتوماتان یادگیر در کاربردهای بسیاری از جمله در سیریزایی سنتهای داده‌ای در شبکه‌های داده‌ای [۱۴]، کنترل جریان در شبکه [۱۵] و کنترل ترافیک با شکل دادن ترافیک شبکه [۱۶]، کنترل سف [۱۷]، مهندسی شبکه‌های عصبی [۱۸]، [۱۹] و تضاظر گراف [۲۰] استفاده شده است. برای مطالعه بیشتر درباره اتوماتنهای یادگیر و کاربردهای آن به [۱۰]، [۱۱]، [۲۰]، [۲۱]، [۲۲] و [۲۳] مراجعه نمایید.

## ۳ کنترل درخواست ورود با استفاده از اتوماتان

## یادگیر با دو عمل

در [۸] کارایی اتوماتنهای یادگیر برای تخمین پنهانی باند معادل و استفاده از آن برای کنترل درخواست ورود بررسی شدند. روش دیگر و مستقیم آن است که اتوماتان مستقیماً درباره پذیرش یا رد درخواست تصمیم‌گیری نماید. در این صورت اتوماتان دو عمل  $\{\alpha_1, \alpha_2\}$  متناظر با قبول و رد درخواست خواهد داشت. نکته مهم آن است که در محیط شبکه به طور مرتب شرایط تغییر یافته و عمل بینه نیز تغییر می‌کند. به همین دلیل اتوماتان باید بتواند خود را سریعاً با تغییرات محیط وفق دهد.

شکل ۲- نتایج شبیه‌سازی الگوریتم  $L_{R,P}$  بر حسب پارامتر پاداش (a=b)

#### ۴ الگوریتم‌های پادگیری خطی استاندارد

در این بخش کارایی اتوماناتهای پادگیر با الگوریتم‌های پادگیری خطی استاندارد  $L_{R,P}$ ,  $L_{R,I}$  و  $L_{R,R}$  مورد بررسی قرار می‌گیرد. برای کنترل درخواست ورود از شبیه‌ساز شبکه ATM که توسط سازمان NIST تهیه شده است، استفاده شده است. در شبیه‌سازی‌های انجام شده فرض می‌شود ۲۰۰ منبع ترافیکی VBR به یک سوییچ ATM متصل هستند. ترافیک ورودی همه این منابع باید در یک خط خروجی سوییچ مالتی‌پلکس شده و به یک گره مقصد راهی شوند. هر یک از منابع در حالت بیکاری (عدم اتصال) با نرخ  $\lambda$  تصادی برقراری اتصال به سوییچ می‌فرستد. در صورت برقراری اتصال، زمان اتصال<sup>۱</sup> دارای توزیع نمایی با میانگین  $h$  خواهد بود.

هر یک از منابع هنگام اتصال به صورت on-off ترافیک تولید می‌کند. منبع به طور متناوب بین حالت‌های on و off تغییر وضعیت می‌دهد. منبع در طول بازه on با حداقل نرخ بیت  $R$  ترافیک تولید کرده و در طول بازه off ترافیکی تولید نمی‌کند. طول بازه‌های on و off دارای توزیع نمایی با میانگین  $T_{on}$  و  $T_{off}$  است. تعداد منابع ترافیکی ۲۰۰ است که هر کدام از منابع به صورت on-off  $T_{on}=400 \mu\text{sec}$  ترافیکی تولید می‌کند. میانگین طول ناحیه انفجار  $\mu\text{sec}$  متوسط زمان بین دو ناحیه انفجار  $T_{off}=1600 \mu\text{sec}$  و حداقل نرخ بیت  $R=10 \text{ Mbit/s}$  است. درخواستهای اتصال به صورت فرآیند پواسون با میانگین  $(1/\text{sec}) = 20 \lambda = 20$  از یک منبع ترافیکی در زمان بیکاری وارد می‌شوند. زمان اتصال هم دارای توزیع نمایی با میانگین  $h=200 \text{ ms}$  است. فرض می‌شود که حداقل نرخ از دست رفتن سلولها  $h=200 \text{ ms}$  است. سوییچ به یک خط با ظرفیت  $K=200 \text{ Mbit/s}$  متصل شده است. ظرفیت بافر  $200 \text{ K}$  سلول بوده و سرعت مالتی‌پلکس کردن سلولها به خط خروجی یا همان سرعت سوییچ کردن برابر سرعت خط خروجی فرض می‌شود. طول هر یک از خطهای فیزیکی  $1 \text{ Km}$  فرض می‌شود و سرعت خطهای فیزیکی

این روش آن است که قبل از وقوع تراکم از آن جلوگیری شود، زیرا روش کنترل درخواست ورود بر آن است که از سرور تراکم جلوگیری کند نه اینکه پس از وقوع تراکم با آن بررسور شود. بنابراین هنگامی که  $C_{eq} \geq C_{thr}$  وارد ناحیه هشدار می‌شود، اتومانات به عمل دور (Reject) ممکرا می‌شود. نهود محاسبه  $C_{eq}$  در ادامه توضیح داده می‌شود.

با ساخت محیط (1) به صورت زیر تعریف می‌شود:

$$b_i(t) = \begin{cases} (2-i)\sqrt[3]{G} & \text{if } C_{eq} \leq C_{thr} \\ (2-i)\sqrt{G} & \text{if } C_{thr} < C_{eq} \leq C \\ i-1 & \text{if } C_{eq} > C \end{cases} \quad (1)$$

$$G = \frac{C - C_{eq}}{C}$$

$i=1$  متناظر با عمل Accept و  $i=2$  متناظر با عمل Reject است.

مقدار  $C_{eq}$  از رابطه  $C_{eq}=T(r)C$  بدست می‌آید که  $T(r)$  یک ضریب ثابت است که بر حسب تابعی از درصد فعالیت منابع به صورت زیر تعریف می‌شود:

برای محاسبه  $T(r)$ ، منابع بر حسب درصد فعالیت منابع  $(r)$  به چهار دسته تقسیم می‌شوند:

$$T_1(r)=0.09 \quad \text{if } 0.05 < r \leq 0.35 \quad (1)$$

$$T_2(r)=0.85 \quad \text{if } 0.35 < r \leq 0.45 \quad (2)$$

$$T_3(r)=0.75 \quad \text{if } 0.45 < r < 0.55 \quad (3)$$

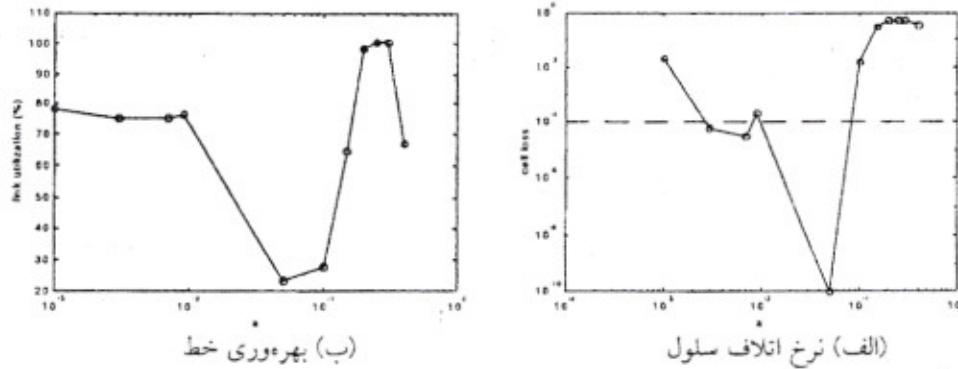
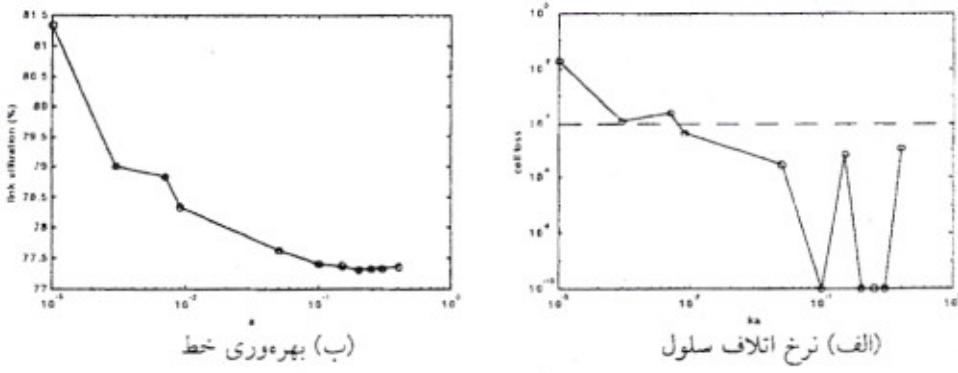
$$T_4(r)=0.50 \quad \text{if } 0.55 < r \leq 1.0 \quad (4)$$

در حالتی که  $n \leq 4$  دسته منابع وجود داشته باشد و  $K_1, K_2, \dots, K_n$  متناظر با تعداد هر دسته باشند، آنگاه  $T(r)$  از رابطه زیر بدست می‌آید:

$$T(r) = \frac{K_1}{K} T_1(r) + \frac{K_2}{K} T_2(r) + \dots + \frac{K_n}{K} T_n(r) \quad (4)$$

$$K = \sum_{i=1}^n K_i \quad \text{که}$$

<sup>1</sup>Holding time

شکل ۳- نتایج شبیه‌سازی الگوریتم  $L_{RI}$  بر حسب پارامتر پاداش (a)شکل ۴- نتایج شبیه‌سازی الگوریتم  $L_{RE-P}$  بر حسب پارامتر پاداش (a)

در این الگوریتم پارامتر جریمه صفر است و تنها به عملهای مطلوب پاداش داده می‌شود. تحقیقات انجام شده نشان می‌دهد که در یک محیط ایستا الگوریتم پادگیری به باعث نزدیک به بهینه شدن رفتار اتوماتان می‌شود.<sup>[10]</sup> نتایج شبیه‌سازی با الگوریتم  $L_{RI}$  نشان می‌دهد که این الگوریتم برای این حالت به خوبی عمل نکرده است. بالاترین مقدار بهره‌وری خط  $a$  با حفظ حداقل نرخ انلاف سلول  $Nrx = 10^{-1}$  به ازای  $100 \times 10^{-1}$  بوده است. مشکل الگوریتم  $L_{RI}$  محیط‌های غیر ایستا آن است که در صورت مجبوب شدن به عمل خاص، دیگر امکان خارج شدن از آن عمل وجود ندارد. به همین علت به ازای مقادیر بزرگ  $a$  اتوماتان در عمل Accept کرده و تعداد بسیار زیادی درخواست را پذیرفته است. در نتیجه نرخ بهره‌وری خط  $a = 100 \times 10^{-1}$  بالا رفته و در مقابل نرخ انلاف سلول  $Nrx = 10^{-1}$  هم رسیده است.

### ۳-۴ الگوریتم پادگیری $L_{RE-P}$

در الگوریتم پادگیری  $L_{RE-P}$  پارامتر پاداش چندین برابر از پارامتر جریمه بزرگتر است. این الگوریتم یک الگوریتم نزدیک به بهینه

در الگوریتم  $L_{RE-P}$  پارامترهای پاداش و جریمه برابر هستند. الگوریتم  $L_{RE-P}$  در یک محیط ایستا، از هر نقطه اولیه اتوماتان را به یک رفتار مصلحت‌گرا سوق می‌دهد. همانگونه که مشاهده می‌شود به ازای مقادیر بزرگ  $a$  و  $b$  نرخ انلاف سلول بالا است. این بدان علت است که با کوچک شدن  $a$  و  $b$  نرخ همگرایی اتوماتان کندتر شده و در صورتی که از مقادیر خاصی کوچکتر باشند، اتوماتان نمی‌تواند همانگونه با تغییرات محیط رفتار خود را تغییر دهد. با کاهش پارامترهای  $a$  و  $b$  نرخ انلاف سلول کاهش یافته تا به صفر (که در نمودار با  $10^{-1}$  نشان داده شده است) می‌رسد.

۱-۱ اتوماتان حافظه دار  $L_{2N,2}$ 

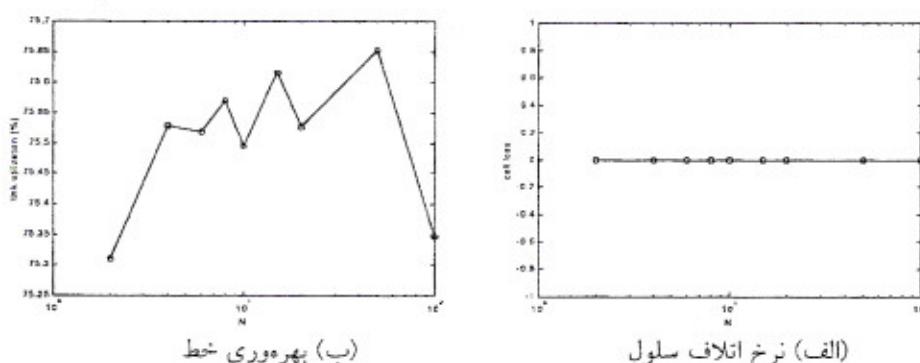
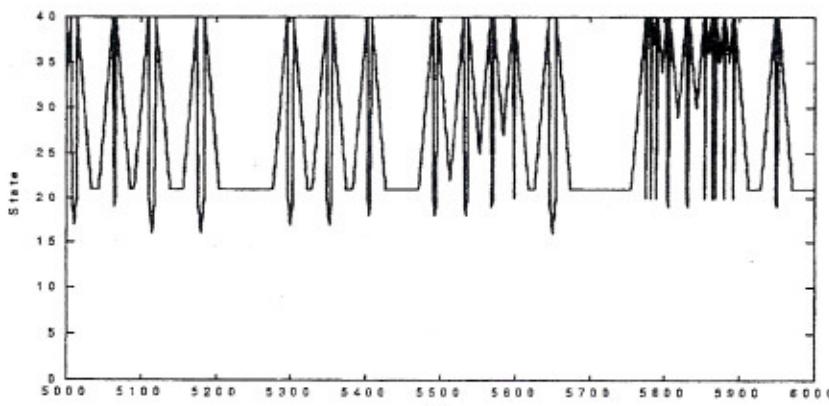
این اتوماتان دارای  $2N$  حالت و ۲ عمل است و سمعی می‌کند از رفتار گذشته مبتنی بر انتخاب عمل بعدی استفاده کند. این اتوماتان تعداد شکستها و موقعیت‌های دریافتی را نگهداری می‌کند و تنها در حالتی که تعداد شکستها از تعداد موقعیت‌ها (که حداقل  $N$  است) بیشتر شود، تغییر حالت می‌دهد. اتوماتان  $L_{2N,2}$ ،  $2N$  حالت  $\phi_1, \phi_2, \dots, \phi_{2N}$  و دو عمل  $\alpha_1$  (Accept) و  $\alpha_2$  (Reject) دارد. حالت‌های  $\phi_1, \dots, \phi_N$  مربوط به عمل  $\alpha_1$  می‌شوند و حالت‌های  $\phi_{N+1}, \dots, \phi_{2N}$  مربوط به عمل  $\alpha_2$  می‌شوند. گراف تغییر حالت این اتوماتان در شکل ۷ مشاهده می‌شود. در شبیه‌سازی مربوط به این اتوماتان، حالت اولیه آن برابر  $N$  فرض شده است. کنترل درخواست ورود با استفاده از این اتوماتان با عمقهای بین ۲ تا ۱۰ آنجام شد، ولی نتایج پکسان و حداقل نرخ بهره‌وری خط  $78/6$  بود، به ازای تعمیم عمقها نرخ انلاف سلول برابر صفر بود. شکل ۵ نتایج مربوط را نشان می‌دهد.

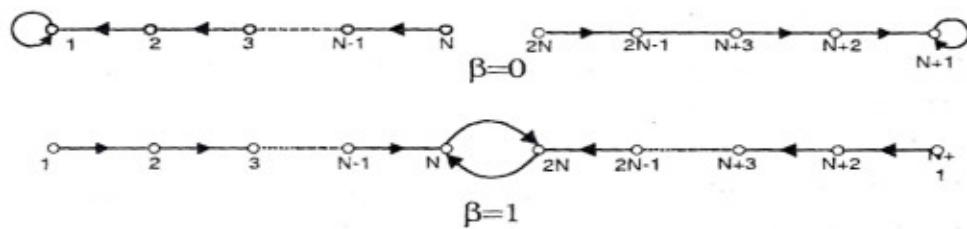
علت این که بهره‌وری از  $78/6$  بیشتر نشده است، آن است که به علت تغییرات زیاد شرایط شبکه، عمل مطلوب محیط متغیراً تغییر

است [۱۱]. پارامتر جرمیه برابر  $b=a/10$  فرض شده است. شکل ۶-۱ نتایج شبیه‌سازی را برای الگوریتم  $L_{R,EP}$  نشان می‌دهد. در شکل ۶-۲-الف نرخ انلاف سلول بر حسب پارامتر پاداش نشان داده شده است. بهترین نتیجه به ازای  $a=0.009$  بدست آمده است که در آن با نرخ انلاف سلول  $4/0000$ ، بهره‌وری  $78/3$  بدست آمده است. همانطور که در شکل ۶-۲ مشاهده می‌شود، نرخ بهره‌وری بر حسب پارامتر  $a$  به صورت نزولی است.

## ۵ استفاده از اتوماتانهای یادگیر با ساختار ثابت

در اتوماتان تصادفی با ساختار ثابت احتمالهای متناظر با عملهای مختلف، ثابت است، در حالی که در یک اتوماتان تصادفی با ساختار متغیر احتمالها در هر نکرار  $n$  بهنگام می‌شوند. اتوماتانهای مورود استفاده تاکنون از نوع ساختار متغیر بودند. در این بخش به بررسی کارایی کنترل درخواست ورود با استفاده از اتوماتانهای با ساختار ثابت می‌پردازیم، در ابتدا با اتوماتان ساده  $L_{2N,2}$  می‌در حل مسأله کنترل درخواست ورود می‌نماییم. اتوماتانهای دیگری از قبیل  $G_{2N,2}$  و Krinsky نیز مورد بررسی قرار گرفته‌اند. یک اتوماتان جدید نیز ارائه شده است که کارایی بهتری از بقیه دارد.

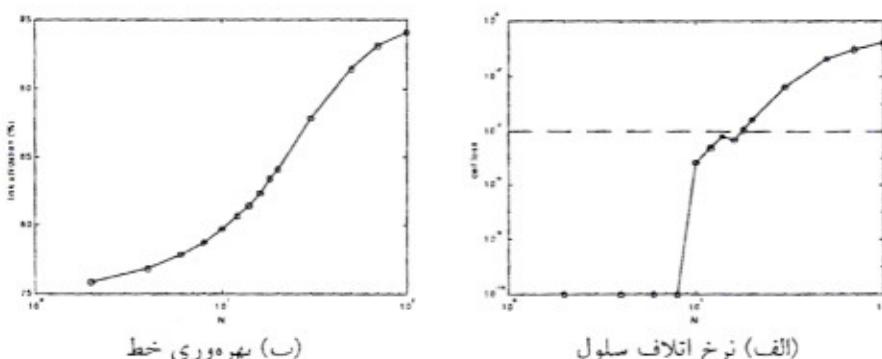
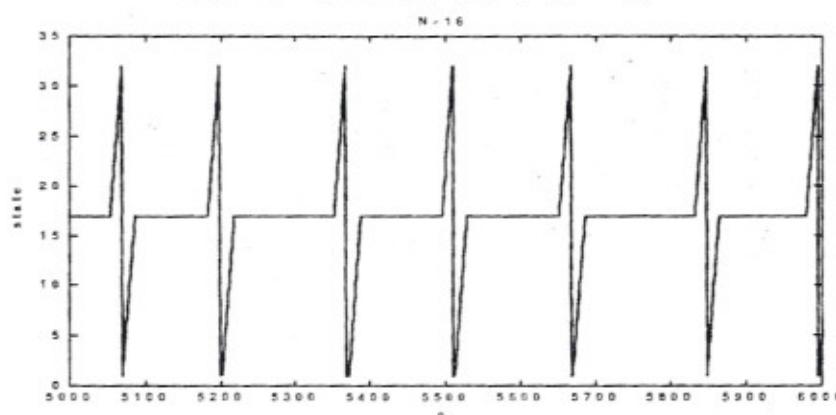
شکل ۵- نتایج شبیه‌سازی الگوریتم  $L_{2N,2}$  بر حسب عمق ( $N$ )شکل ۶- نمودار وضعیت اتوماتان  $L_{2N,2}$  بر حسب شماره درخواست ورود در یک بازه هزار تایی

شکل ۷- گراف تغییر حالت  $L_{2N,2}$ 

نمی‌کند. سرعت تغییرات به حدی است که هیچگاه اتوماتان پیش از پنج مرحله در عمق عمل Accept فرو نرفته است. همانطور که مشاهده می‌شود، در اکثر مواقع اتوماتان در وضعیت‌های مربوط به عمل Reject فرار دارد. در ابتدای نسودار اتوماتان بین وضعیت ۲۰ و ۴۰ قرار داشته که مربوط به عمل Reject است، ولی این عمل نامطلوب بوده و اتوماتان به سمت وضعیت‌های عمل Accept پیش می‌رود. پس از رسیده و پس از ۲۰ عمل انتخابی اتوماتان هم تغییر پیدا کرده و عمل Accept انتخاب می‌شود. پس از چهار قدم به سوی عمق مربوط به عمل Accept، شبکه اشیاع شده و روش پنهانی باند معادل این عمل را نامطلوب تشخیص می‌دهد و اتوماتان شروع به بیرون آمدن از عمق به حرکت به سوی وضعیت‌های مربوط

می‌پاید. به ازای  $N$ ‌های بزرگتر از ۵ هنگامی که اتوماتان در عمق عمل مربوط به Reject فرو می‌رود، با تغییر شرایط و نامطلوب شدن عمل Reject اتوماتان کم کم می‌دریگردد. این اتفاق معمولاً در بیرون آمدن از عمق می‌نماید، ولی پس از آنکه چند مرحله در عمق عمل Accept فرو رفت، به علت اشیاع شدن شبکه، عمل Accept هم نامطلوب شده و اتوماتان شروع به بازگشت به حالت‌های Reject مربوط به Reject می‌نماید. بنابراین چندین بار به جای عمل Accept انتخاب می‌شود تا اتوماتان از عمق عمل Reject درآید.

شکل ۶ نسودار وضعیت اتوماتان  $L_{2N,2}$  با عمق  $N=20$  بر حسب شماره درخواست ورود در یک بازه هزارانی نشان می‌دهد. همانگونه مشاهده می‌شود، تقریباً هر ۵۰ بار عمل مطلوب تغییر

شکل ۸- نتایج شیوه‌سازی الگوریتم  $G_{2N,2}$  بر حسب عمق ( $N$ )شکل ۹- نمودار وضعیت اتوماتان  $G_{2N,2}$  بر حسب شماره درخواست ورود در یک بازه هزارانی ( $N=16$ )

تغییر حالت می‌دهد. معمولاً پس از چند بار پذیرش درخواست، عمل Accept نامطلوب شده و این بار اتوماتان به تدریج از عمق مربوط به عمل Accept بیرون می‌آید. حال هر چه عمق بیشتر باشد تعداد درخواستهای پذیرفته شده در هر بار برگشت از عمق عمل Accept بیشتر خواهد بود. پس از این با افزایش  $N$  تعداد درخواستهای پذیرفته شده و در نتیجه بهره‌وری خطف و نرخ اتلاف سلول افزایش می‌یابند.

بهترین حالت این الگوریتم به ازای  $N=16$  بدست آمده است که با نرخ اتلاف سلول  $4.48 \times 10^{-4}$  بهره‌وری به  $82.28\%$  رسیده است. این الگوریتم بسیار بهتر از  $L_{2N,2}$  عمل کرده است.

شکل ۹ نمودار تغییر وضعیت اتوماتان را برای  $N=16$  در یک بازه هزار تابی نشان می‌دهند. در شکل مشخص است که اتوماتان پس از نامطلوب شدن عمل Reject به عمق عمل Accept (حالت ۱) پرس می‌کند. این تنها تقاضت این اتوماتان با اتوماتان  $L_{2N,2}$  است که باعث عملکرد بهتر آن می‌شود.

### ۴-۵ اتوماتان Krinsky

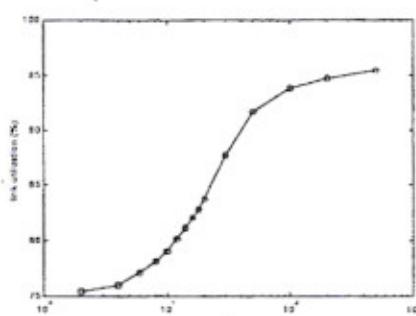
در این اتوماتان هنگامی که پاسخ محیط نامطلوب باشد، مانند

به Reject می‌نماید.

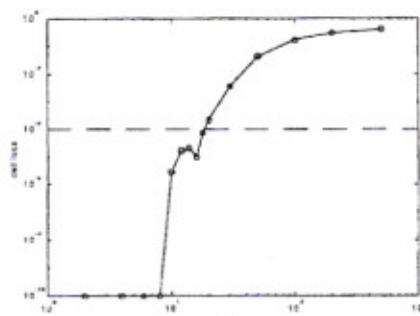
### ۲-۵ اتوماتان $G_{2N,2}$

اتوماتان  $L_{2N,2}$  هنگام دریافت پاسخ نامطلوب از حالت  $\phi_N$  به حالت  $\phi_{2N}$  و بالعکس مستقل می‌شود. با دریافت پاسخهای نامطلوب دیگر عملهای  $\alpha_1$  و  $\alpha_2$  به تقاضت انتخاب می‌شوند. فرم Testlin دیگری ارائه کرد که در آن اتوماتان با دریافت پاسخ نامطلوب از  $\phi_{N+1}$  مستقل می‌شود. در این اتوماتان، برخلاف اتوماتان  $L_{2N,2}$ ، قبل از انتخاب دوباره  $\alpha_1$  حداقل  $N$  بار انجام می‌شود.

نتایج شبیه‌سازی کنترل درخواست ورود با اتوماتان  $G_{2N,2}$  در شکل ۸ آمده است. مشاهده می‌شود که از ای مقادیر کوچک عمق اتوماتان ( $N$ )، مقدار بهره‌وری خط پایین بوده و به تدریج با افزایش عمق، افزایش می‌یابد. علت معودی بسوند بهره‌وری خط و تعداد درخواستهای پذیرفته شده بر حسب  $N$  آن است که در اتوماتان  $G_{2N,2}$  در صورت نامطلوب بودن عمل Reject اتوماتان از حالتهای آن عمل به تدریج بیرون آمده و در آخرین حالت مربوط به Reject (عنی حالت  $N+1$ ) مستقیماً به عمق عمل Accept در حالت ۱

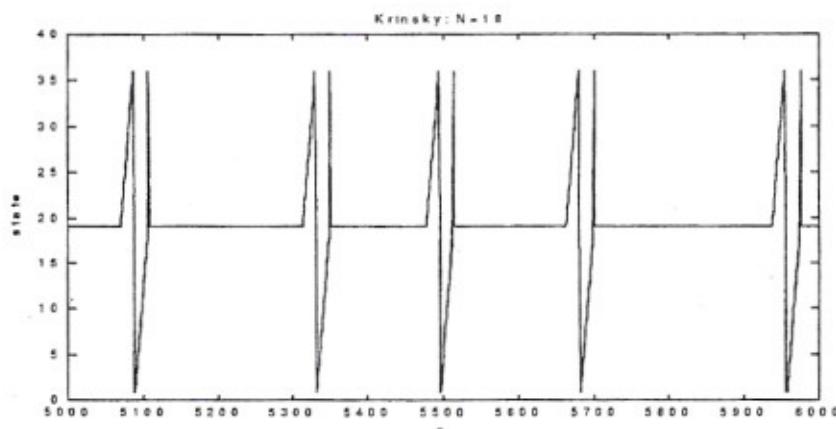


(ب) بهره‌وری خط

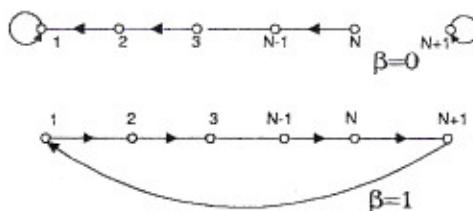


(الف) نرخ اتلاف سلول

شکل ۱۰- نتایج شبیه‌سازی الگوریتم Krinsky بر حسب عمق (N)



شکل ۱۱- نمودار وضعیت اتوماتان Krinsky بر حسب شماره درخواست ورود در یک بازه هزار تابی ( $N=18$ )



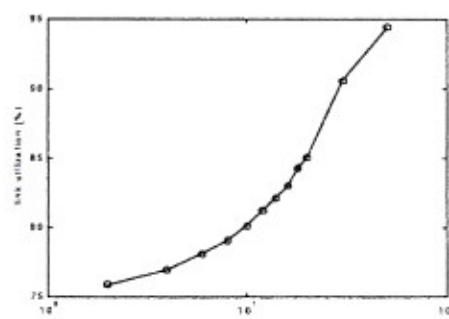
شکل ۱۲- گراف تغییر حالت اتوماتان ارائه شده.

## ۴-۵ ارائه یک اتوماتان جدید

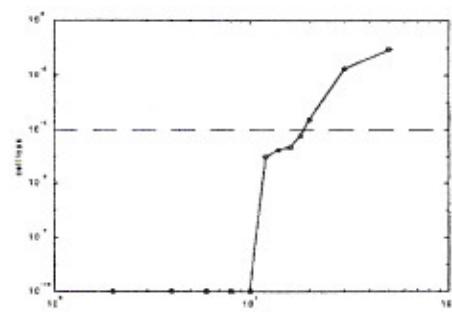
در هر یک از این اتوماتانها با نامطلوب شدن یک عمل، اتوماتان به تدریج از عمق آن عمل بیرون می‌آید. در روش تخمین پهنای باند معادل، مقدار تخمین ظرفیت معادل به خصوصی در درصد بایین فعالیت منابع، کمتر از حد واقعی است [۳]. بنابراین در صورتی که با استفاده از روش پهنای باند معادل درخواست ورود رد شد، می‌توان با توجه به شرایط محیط چند درخواست دیگر هم پذیرفت، اما اگر براساس روش پهنای باند معادل، پذیرش درخواست مطلوب شد، برای بالا رفتن بهره‌وری خط بهتر است، هر چه زودتر اتوماتان عمل Accept را انتخاب کند. برای همین منظور یک اتوماتان جدیدی

اتوماتان  $L_{2N,2}$  عمل می‌کند. ولی با دریافت پاسخ مطلوب از هر حالت  $i=1,2,\dots,N$  ( $\phi_i$ ) به حالت  $1$  و از هر حالت  $i=1,2,\dots,N$  ( $\phi_i$ ) به حالت  $N+1$  می‌رود. بنابراین یک رشته از  $N$  پاسخ متولی نامطلوب مورد نیاز است تا عمل اتوماتان تغییر کند. اتوماتان Krinsky در همه محیط‌های تصادفی است، نزدیک به بهینه است.

نتایج شبیه‌سازی مشابه اتوماتان  $G_{2N,2}$  است. به ازای مقادیر کوچک  $N$  نرخ اتلاف سلول صفر است و با افزایش عمق بهره‌وری خط و نرخ اتلاف سلول افزایش می‌یابد. بهترین نتیجه به ازای  $N=18$  بدست آمده است که با نرخ اتلاف سلول  $7.22 \times 10^{-5}$  بهره‌وری  $82.83\%$  بدست آمده است. شکل ۱۱ نمودار وضعیت‌های اتوماتان Krinsky را در یک بازه هزار تابی نشان می‌دهد. همانطور که مشاهده می‌شود، این اتوماتان تنها با یک بار موقتی آمیز بودن عملی به عمق آن عمل تغییر وضعیت می‌دهد، ولی درصورت نامطلوب بودن آن عمل به تدریج از عمق بیرون می‌آید. همین امر موجب می‌شود که با افزایش عمق اتوماتان، تعداد درخواست‌ها پذیرش شده بیشتر شود.

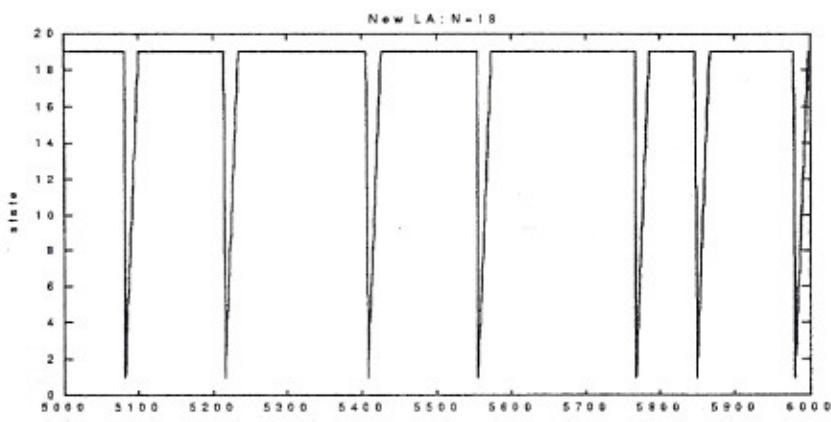


(ب) بهره‌وری خط



(الف) نرخ اتلاف سلول

شکل ۱۳- نتایج شبیه‌سازی الگوریتم ارائه شده بر حسب عمق (N)



شکل ۱۴- نمودار وضعیت اتوماتان ارائه شده بر حسب شماره درخواست ورود در یک بازه هزار تابی

جدول ۱- خلاصه نتایج شبیه‌سازی کنترل درخواست ورود با اتماتانهای با دو عمل Accept و Reject

اتلاف سلول	بهره‌وری خط (%)	تعداد درخواستهای پذیرفته شده	پارامتر	نوع اتماتان
$2/9 \times 10^{-5}$	۷۵/۴۶	۲۰۴۳	$a=0/0/0/0$	$L_{R,I}$
$7/75 \times 10^{-5}$	۷۸/۳۵	۲۱۱۳	$a=0/0/0/0$ $b=a/1/0$	$L_{R,EP}$
$7/95 \times 10^{-5}$	۸۰/۳	۲۱۱۳	$a=b=0/0/2$	$L_{R,P}$
$5/14 \times 10^{-5}$	۷۷/۱	۲۰۸۴	$N=200$	گسته $L_{R,P}$
$1/7 \times 10^{-5}$	۷۱/۲	۱۸۲۵	$a=0/0/0/0$	$S-L_{R,I}$
این الگوریتم به ازای تمامی مقادیر $N$ در همان مراحل ابتدایی جذب یک عمل می‌شد و تا به انتهای همان عمل را انتخاب می‌نمود.				پیگیر گسته (DPA)
*	۷۵/۶۲	۲۰۰۷	$N=15$	$L_{2N,2}$
$4/49 \times 10^{-5}$	۸۲/۳	۲۲۲۳	$N=16$	$G_{2N,2}$
$7/22 \times 10^{-5}$	۸۲/۸۳	۲۲۴۰	$N=18$	Krinsky
$9/01 \times 10^{-5}$	۸۴/۳	۲۲۳۱	$N=18$	اتوماتان ارائه شده

بدست آمده است که با نرخ اتلاف سلول  $6/01 \times 10^{-5}$  بهره‌وری  $84/8\%$  بدست آمده است.

## ۶ خلاصه

در این مقاله از اتماتانهای پذیرگیر با دو عمل Accept و Reject برای کنترل درخواست ورود استفاده شد. برای پاسخ محیط از روش پهنه‌ای باند معادل استفاده شد. این روش در برخی حالتها از جمله در درصد بهره‌وری پایین منابع، تخمین بالاتری از ظرفیت معادل ارائه می‌دهد. نتایج نشان دهد که اتماتانهایی که به عمل نامطلوب جریمه نمی‌دهند، از جمله اتماتانهای  $L_{RI}$  و الگوریتم پذیرگیر پیگیر برای این کار مناسب نیستند، زیرا محیط غیر ایستا است و این الگوریتمها به یک عمل بهینه مقطعی جذب می‌شوند. کنترل درخواست ورود با استفاده از اتماتانهای با ساختار ثابت هم بررسی شد. اتماتان  $2N,2$  نتیجه خوبی نداشت، اتماتانهای  $G_{2N,2}$  و Krinsky نتایج بهتری داشتند. با استفاده از یافته‌ها در شبیه‌سازی اتماتانهای ساختار ثابت، اتماتان جدیدی ارائه شد که از تمامی اتماتانها بهتر عمل کرد.

جدول ۱ بهترین نتایجی که از هر الگوریتم بدست آمده را خلاصه کرده است. بهترین نتیجه آن است که با حفظ معیار جداکثر نرخ اتلاف سلول بیشترین بهره‌وری خط (یا تعداد درخواستهای پذیرفته شده) را داشته باشد. از میان اتماتانهای ساختار متغیر، اتماتان  $L_{R,P}$  بهترین نتیجه را با بهره‌وری خط  $80/3$  و نرخ اتلاف سلول  $7/95 \times 10^{-5}$  دارد. در میان همه اتماتانها، اتماتان ارائه شده با

معرفی می‌شد که در آن عمق عمل Reject یک بوده ولی عمق عمل Accept بزرگتر از یک است.

اتوماتان جدید،  $N+1$  حالت  $\phi_1, \phi_2, \dots, \phi_{N+1}$  و دو عمل  $\alpha_1$  و  $\alpha_2$  دارد. حالت‌های  $\phi_1, \dots, \phi_N$  مربوط به عمل  $\alpha_1$  می‌شوند و حالت  $\phi_{N+1}$  مربوط به عمل  $\alpha_2$  می‌شوند. بنابراین:

$$G[\phi_i] = \begin{cases} \alpha_1 & i = 1, 2, \dots, N \\ \alpha_2 & i = N+1 \end{cases} \quad (5)$$

اگر اتماتان در حالت  $\phi_i$  ( $i \leq N$ ) باشد عمل  $\alpha_1$  را انتخاب می‌کند. اگر پاسخ نامطلوب دریافت کند به صورت زیر تغییر حالت می‌دهد:

$$\begin{aligned} \phi_i &\rightarrow \phi_{i+1} & (i = 1, 2, \dots, N) \\ \phi_{N+1} &\rightarrow \phi_1 \end{aligned} \quad (6)$$

به طور مشابه با دریافت پاسخ مطلوب:

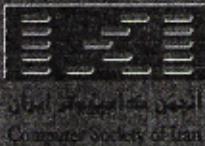
$$\begin{aligned} \phi_i &\rightarrow \phi_{i-1} & (i = 2, 3, \dots, N) \\ \phi_1 &\rightarrow \phi_1 \\ \phi_{N+1} &\rightarrow \phi_{N+1} \end{aligned} \quad (7)$$

شکل ۱۲ اتماتان مورد نظر را نشان می‌دهد. نمودار ۱۲ نتایج شبیه‌سازی الگوریتم ارائه شده بر حسب عمق (N) نشان می‌دهد. در این الگوریتم هم مانند اتماتانهای  $G_{2N,2}$  و Krinsky با افزایش عمق تعداد درخواستهای پذیرفته شده، نرخ بهره‌وری و نرخ اتلاف سلول افزایش می‌یابد. نمودار ۱۴ نشان می‌دهد که پس از نامطلوب شده عمل Reject اتماتان فوراً به عمق عمل Accept تغییر حالت داده و در صورت مطلوب بوده عمل Accept در همان حالت باقی می‌ماند. بهترین نتیجه به ازای  $N=18$

بهره‌وری خط ۸۴/۳ و نرخ اتلاف سلول ۰/۰۱۶ بهترین نتیجه را دارد.

## مراجع

- [13]. P. Mars, K. S. Narendra, "Routing, Flow Control and Learning Algorithms", In Proc. 1st IEE Int. Conf. on Communication Networks, 1987.
- [14]. A. V. Vasilakos and A. F. Atlas, "LB-SELA: Rate based Access Control for ATM Networks", In Proc. IEEE INFOCOM'94, 1994, pp. 1552-1559.
- [15]. M. R. Meybodi and S. Lakshminarhan, "A Learning Approach to Assignment in a Two class M/M/1 Queuing System with Unknown Parameters", Proc. of Third Yale Workshop on Applications of Adaptive Systems Theory, Yale University, pp. 106-109, 1983.
- [16]. M. R. Meybodi and H. Beigy, "Neural Network Engineering Using Learning Automata: Determination of Desired Size for Three Layer Feed-forward Neural Networks", Proc of 5th Annual Int. Computer Society of Iran Computer Conf. CSICC'2000, Tehran, Iran, pp. 431-450.
- [17]. P. Bahir and M. R. Meybodi, "A Method for Adaptation of Vigilance Factor and Choice Parameter in Fuzzy ART Systems", Proc. of 7th Iranian Conf. on Electrical Engineering, ICEE'99, Tehran, Iran, Vol. 3, pp. 12-27.
- [18]. H. Beigy and M. R. Meybodi, "Graph Isomorphism Using Learning Automata", Proc of 5th Annual Int. Computer Society of Iran Computer Conf. CSICC'2000, Tehran, Iran, pp. 402-415.
- [19]. K. S. Narendra and M. A. L. Thathachar, "Learning Automata: An Introduction", Prentice-Hall, Englewood cliffs, 1989.
- [20]. M. R. Meybodi and S. Lakshminarhan, "Optimality of a General Class of Learning Algorithms", Information Science, Vol. 28, pp. 1-20, 1982.
- [21]. M. R. Meybodi, "Results on Strongly Absolutely Expedient Learning Automata", Proc. of OU Inference Conf. 86, ed. D. R. Moots and R. Butrick, Athens, Ohio: Ohio Univ. Press, pp. 197-204, 1984.
- [22]. S. Lakshminarhan, "Learning Algorithms: Theory and Applications", New York, Springer-Verlag, 1991.
- [1]. ITU-T, "Broadband Aspects of ISDN ITU-T Recommendation I.121", 1991.
- [2]. H. G. Perros, K. M. Elsayed, "Call Admission Control Schemes: A Review", IEEE Commun. Magazine, Nov. 1996, pp. 82-91.
- [3]. R. Guerin, H. Ahmadi, M. Naghshineh, "Equivalent Capacity and Its Application to Bandwidth Allocation in High-Speed Networks", IEEE JSAC, Vol. 9, 1991, pp. 968-81.
- [4]. K. Sohraby, "On the Asymptotic Behavior of Heterogeneous Statistical Multiplexer With Applications", Proc. INFOCOM'92, pp. 839-47.
- [5]. R.-G Cheng, C.-J. Chang, "Neural-Network Connection-Admission Control for ATM Networks", IEE Proc. Commun. Vol. 144, No. 2, April 1997, pp. 93-98.
- [6]. Chang-Ju Chang, Ray-Guang Cheng, "Traffic Control in an ATM Network Using Fuzzy Set Theory", Proceedings IEEE INFOCOM, Vol. 3, 1994.
- [7]. A. V. Vasilakos, N. H. Loukas and A. F. Atlas, "The Use of Learning Algorithms in ATM Networks Call Admission Control Problem: A Methodology", Proc. IEEE Local Computer Networks, 1995, pp. 407-412.
- [۸] حمید رضا شهریاری و محمد رضا میدی، "کنترل درخواست ورود در شبکهای ATM با استفاده از آنوماتنهای پادگیر با ساختار متغیر"، هشتمین کنفرانس مهندسی برق، ایران، اصفهان، ۱۳۷۹، دانشگاه صنعتی اصفهان، مجموعه مقالات، جلد ۴، ص ۱۷۷-۱۹۰
- [9]. A. T. Burrel, P. Papantoni-Kazakos, "Real Time Learning and Traffic Monitoring for the Traffic Management of ATM Networks", International Conference on Telecommunications, Jun. 1998, Vol. 2, pp. 21-25.
- [10]. P. Mars, J. R. Chen, R. Nambiar, "Learning Algorithms, Theory and Applications in Signal Processing, Control and Communications", CRC Press, 1996.
- [11]. K. S. Narendra and M. A. L. Thathachar, "Learning Automata: An Introduction", Prentice-Hall, Englewood cliffs, 1989.
- [12]. A. V. Vasilakos, S. A. Koubias, "On Routing and Performance Comparison of Techniques for Packet-Switched Networks Using Learning Automata", IEEE Int. Symposium on Circuits and Systems 1988, pp. 109-113.



الجمعية الفيزيائية  
Computer Society of Iran



IEEE - IRAN



مجموعه مقالات  
ششمین کنفرانس بین المللی سالانه  
انجمن کامپیوتر ایران  
گروه مهندسی کامپیوتردانشگاه اصفهان



۱۳۷۹ اسفندماه ۴ تا ۲

