

کنترل درخواست ورود در شبکه‌های ATM با استفاده از اتوماتانهای 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 تقریب ترافیک سنگین و یا تخمین حد بالای اتلاف سلول ارائه شده‌اند. در این مقاله از اتوماتانهای یادگیر با دو عمل برای کنترل درخواست ورود استفاده شده است. اتوماتان یادگیر می‌تواند با استفاده از تجربیات سابق خود، خود را با وضعیت موجود شبکه تطبیق داده و در مورد قبول درخواستها تصمیم‌گیری نماید. در این روش اتوماتان یادگیر دو عمل متناظر با پذیرش یا رد درخواست دارد. در روش ارائه شده، برای پاسخ محیط از روش پهنای باند معادل استفاده 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. با استفاده از شبیه‌سازی محیط شبکه ATM، الگوریتمهای مورد نظر از لحاظ بهره‌وری خط و میزان اتلاف سلول مقایسه شده‌اند.

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

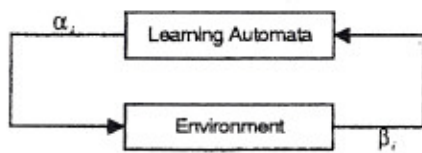
۱ مقدمه

به علت سرعت بالای شبکه، کنترل مؤثر ترافیک به جای انفعالی بودن، باید به صورت بازدارنده باشد. کنترل درخواست ورود^۱ جزو روشهای بازدارنده قرار می‌گیرد و سعی می‌کند ترافیک ورودی را کنترل کند. یک درخواست اتصال باید هنگامی پذیرفته شود که کیفیت سرویس (QoS)^۲ 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. مسأله کنترل درخواست ورود به علت گستره وسیع سرویسها و نیازهای آنها و نیز ویژگی انفجاری منابع پیچیده است [۲]. تصمیم رد

نکنولوزی ATM به عنوان راه‌کار انتقال برای پیاده‌سازی شبکه‌های B-ISDN پذیرفته شده است [۱]. ATM قادر به پشتیبانی سرویسهایی 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 انفجاری منابع ترافیکی و مالتی‌پلکس آماری، بهره‌وری بیشتری در پهنای باند بدست خواهد آمد. با این حال مجموع حداکثر نرخ بیت درخواستهای پذیرفته شده از ظرفیت خط بیشتر خواهد شد. این امر ممکن است باعث اتلاف سلولها و تأخیر بیش از حد آنها شود.

^۱ Call Admission Control (CAC)

^۲ Quality of Service



شکل ۱- اتوماتای یادگیر و محیط

درخواست 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 درخواستها تصمیم گیری می کند. 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 کندتر انجام می شود. در این مقاله اتوماتان مستقیماً درباره پذیرش یا رد درخواست تصمیم گیری می نماید. در این صورت اتوماتان دو عمل متناظر با قبول و رد درخواست 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 کارای پهنای باند معادل برای پاسخ محیط استفاده شده است.

بخش دوم مقاله اتوماتان یادگیر را معرفی می کند. در بخش سوم الگوریتم مورد نظر شرح داده می شود. در بخشهای ۴ و ۵ با استفاده از شبیه سازی شبکه ATM کارایی الگوریتمهای مختلف یادگیری از جمله الگوریتمهای یادگیری خطی استاندارد و نیز اتوماتانهای با ساختار ثابت، از جنبه های گوناگون همچون میزان کارایی خط و درصد سلولهای 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 می دهد.

۲ اتوماتان یادگیر

اتوماتان یادگیر یک اتوماتان است که در یک محیط تصادفی عمل می کند و احتمالاتی هر یک از اعمال را بر حسب ورودیهایی که از محیط دریافت می کند، بهنگام می کند. 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 می کند. در مقابل محیط با یک سیگنال پس خور پاسخ می دهد. این پاسخ باعث می شود که وضعیت داخلی اتوماتان برای عمل بعد بهنگام شود. اتوماتانهای یادگیر به دو گروه ساختار ثابت و متغیر دسته بندی می شوند. شکل ۱ نحوه ارتباط یک اتوماتان یادگیر با محیط نشان می دهد.

یک اتوماتان با ساختار متغیر را می توان با شش تایی مجموعه حالت های داخلی، \mathcal{Q} ، مجموعه خروجیها، \mathcal{P} ، بردار احتمالاتی

یا قبول درخواست ورود باید هر چه سریعتر اتخاذ شود و نباید شامل محاسبات پیچیده باشد. پذیرش درخواست بر اساس حداکثر نرخ بیت باعث کاهش بهره وری خط می شود. در واقع نقش کنترل درخواست ورود مصالحه بین بهره وری 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 می کنند، می توان به روش پهنای باند معادل [۳] و تقریب ترافیکهای سنگین [۴] اشاره کرد. در این روشها با استفاده از مدل کردن منبع ترافیکی به یک توزیع شناخته شده و تبدیل مسأله به یک مسأله صف، سعی در تقریب یک پارامتر تصمیم گیری مانند پهنای باند لازم با احتمال اتلاف سلول می کنند. ولی این روشها برخی محدودیتهای اساسی دارند. یکی از محدودیتهای آن است که به علت مشکلات در بدست آوردن اطلاعات کامل آماری از ترافیک ورودی، به راحتی نمی توان آستانه های مؤثر یا پهنای باند معادل را به دقت تعیین کرد. فرایند تصمیم گیری مملو از عدم قطعیتها است. به عبارتی دیگر به علت مدل کردن، تخمین و تغییرات پیش بینی نشده در سیستم، همیشه خطای تصمیم گیری همراه این سیستمها است و باعث کاهش کارایی می شود [۵]. از همین رو روشهای پویا با قابلیت های یادگیری و استفاده از تجربیات سابق خود مورد توجه هستند. در این روشها یک الگوریتم یادگیر با مشاهده رفتار سیستم خود را با آن وفق می دهد و بر اساس رفتار مشاهده شده منابع، در مورد درخواستهای جدید تصمیم می گیرد. روشهای متعددی برای کنترل درخواست ورود با قابلیت یادگیری ارائه شده است. از جمله می توان به کنترل ترافیک با استفاده از شبکه عصبی [۵]، یا استفاده از منطق فازی [۶]، یا استفاده از اتوماتان یادگیر [۷] [۸] و با استفاده از تخمین پویای آستانه [۹] اشاره کرد.

در [۷] از اتوماتان یادگیر برای کنترل درخواست ورود استفاده شده است. در این روش از یک اتوماتان یادگیر تصادفی تخمین زننده (SELA)^۱ استفاده شده است. برای استفاده در کنترل درخواست ورود دو عمل $\{\alpha_0, \alpha_1\}$ برای اتوماتان تعریف شده است که α_0 نشان دهنده قبول درخواست جدید و α_1 نشان دهنده رد درخواست است. این اتوماتان با هر درخواست جدید یکی از اعمال α_0 یا α_1 را انتخاب کرده و سپس با استفاده از تخمین پهنای باند معادل پاسخ محیط را بدست آورده و بردار احتمالات متناظر با اعمال α را بهنگام می کند. در [۸] از اتوماتان یادگیر برای کنترل

^۱ Equivalent Capacity

^۲ Heavy Traffic Approximation

^۳ Stochastic Estimator Learning Algorithm

۳-۱ پاسخ محیط با استفاده از پهنای باند معادل

اتوماتان یادگیر برای وفق 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 نرخ اتلاف سلول و طول بافر استفاده شد. این پاسخ باز هم به نوبه 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.

۳-۱-۱ پاسخ دودویی با استفاده از پهنای باند معادل

برای تعریف پاسخ دو مقداری با استفاده از روش پهنای باند معادل، ظرفیت متادل اتصالات قبلی و اتصال جدید (C_{eq}) محاسبه می‌شود. اگر α عمل انتخاب شده اتوماتان و C ظرفیت خط باشد، پاسخ دودویی یک محیط P-Model به اتوماتان به صورت زیر تعریف می‌شود:

• پاسخ مطلوب:

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

• پاسخ نامطلوب:

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

با استفاده از این روش می‌توان پاسخ اتوماتان را بلافاصله 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 می‌شود. به عنوان مثال با استفاده از معیار طول بافر یا حداکثر نرخ اتلاف سلول، پس از پذیرش درخواستی که نباید پذیرفته می‌شد، مدت زمانی لازم است تا منبع جدید شروع به کار کرده و پس از مدتی طول بافر به آستانه مورد نظر برسد یا سرریز کند. در حالی که ممکن است قبل از آماده شدن پاسخ عمل قبلی، درخواستهای جدیدی به اتوماتان برسد که اتوماتان باید درباره آنها تصمیم‌گیری نماید. از آنجا که اتوماتان به ازای هر عمل پاسخی هم از محیط انتظار دارد، در روش قبلی پاسخگویی به اتوماتان تا حد امکان یعنی تا دریافت درخواست بعدی به تعویق می‌افتد، اما ممکن است در این فاصله تأثیر عمل قبلی مشخص نشده باشد و در نتیجه پاسخ داده شده به اتوماتان هم درست نباشد.

۳-۱-۲ پاسخ پیوسته بر اساس روش پهنای باند معادل

برای مدل کردن محیط به صورت S-Model از روشی که در [۷] ارائه شده استفاده می‌شود. در ابتدا اگر C ظرفیت خط باشد، آستانه ظرفیت خط C_{eq} را به طوری که $C_{eq} < C$ تعریف می‌کنیم. در این صورت بازه $[C_{eq}, C]$ ناحیه هشدار خواهد بود. ایده 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 یادگیر با ساختار متغیر الگوریتم یادگیری است که برای بهنگام کردن احتمالات هر یک از عملها استفاده می‌شود. الگوریتمهای یادگیری متعددی در [۱۰] و [۱۱] ارائه شده است. فرض کنید α در زمان k مطابق توزیع $p(k)$ انتخاب شده است. الگوریتم خطی زیر یکی از متداولترین الگوریتمهای یادگیری است:

اگر پاسخ محیط مطلوب باشد:

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

اگر پاسخ محیط نامطلوب باشد:

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

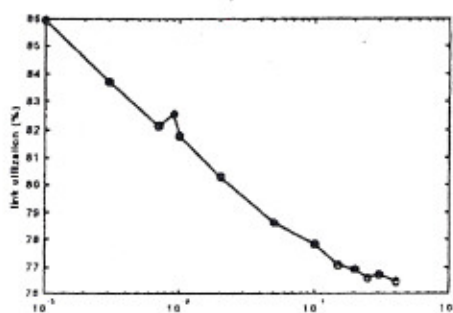
که a پارامتر پاداش و b پارامتر جریمه است ($0 < a, b < 1$). میزان پاداش (افزایش احتمال) و b میزان جریمه (کاهش احتمال) را تعیین می‌کند. در صورتی که $b=0$ الگوریتم reward-inaction linear (L_R-I)، و در صورتی که $a=b$ باشد، الگوریتم linear reward-penalty (L_R-P) بدست می‌آید و اگر $a > b$ باشد، الگوریتم L_R-P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

از اتوماتان یادگیر در کاربردهای بسیاری از جمله در مسیریابی بسته‌های داده‌ای در شبکه‌های داده‌ای [۱۲]، کنترل جریان در شبکه [۱۳] و کنترل ترافیک با شکل دادن ترافیک شبکه [۱۴]، کنترل صف [۱۵]، مهندسی شبکه‌های عصبی [۱۶]، [۱۷] و تناظر گراف [۱۸] استفاده شده است. برای مطالعه بیشتر درباره اتوماتانهای یادگیر و کاربردهای آن به [۱۰]، [۱۱]، [۱۹]، [۲۰]، [۲۱] و [۲۲] مراجعه نمایید.

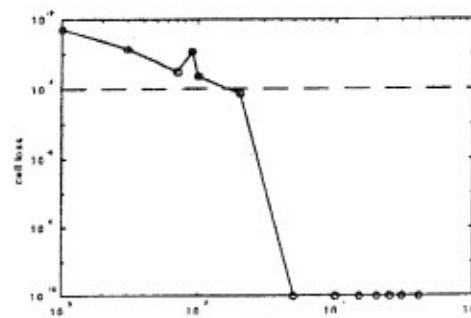
۳ کنترل درخواست ورود با استفاده از اتوماتان

یادگیر با دو عمل

در [۸] کارایی اتوماتانهای یادگیر برای تخمین پهنای 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 بهینه نیز تغییر می‌کند. به همین دلیل اتوماتان باید بتواند خود را سریعاً با تغییرات محیط وفق دهد.



(ب) بهره‌وری خط



(الف) نرخ اتلاف سلول

شکل ۲- نتایج شبیه‌سازی الگوریتم LRP بر حسب پارامتر پاداش (a=b)

۴ الگوریتمهای یادگیری خطی استاندارد

در این بخش کارایی اتوماتانهای یادگیر با الگوریتمهای یادگیری خطی LRP، LRP-1 و LRP-EP مورد بررسی قرار می‌گیرند. برای کنترل درخواست ورود از شبیه‌ساز شبکه ATM که توسط سازمان NIST تهیه شده است، استفاده شده است. در شبیه‌سازهای انجام شده فرض می‌شود ۲۰۰ منبع ترافیکی VBR به یک سوئیچ ATM متصل هستند. ترافیک ورودی همه این منابع باید در یک خط خروجی سوئیچ مالتی‌پلکس شده و به یک گره مقصد راهی شوند. هر یک از منابع در حالت بیکاری (عدم اتصال) با نرخ λ تقاضای برقراری اتصال به سوئیچ می‌فرستند. در صورت برقراری اتصال، زمان اتصال^۱ دارای توزیع نمایی با میانگین h خواهد بود.

هر یک از منابع هنگام اتصال به صورت on-off ترافیک تولید می‌کنند. منبع به طور متناوب بین حالت‌های on و off تغییر وضعیت می‌دهد. منبع در طول بازه on با حداکثر 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 $N_{max}=200$ است که هر کدام از منابع به صورت on-off ترافیک تولید می‌کنند. میانگین طول ناحیه انفجار $T_{on}=400 \mu sec$ ، متوسط زمان بین دو ناحیه انفجار $T_{off}=1600 \mu sec$ و حداکثر نرخ بیت $R=10 \text{ Mbit/s}$ است. درخواستهای اتصال به صورت فرآیند پواسون با میانگین $\lambda=20 (1/sec)$ 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 حداکثر نرخ از دست رفتن سلولها 10^{-4} است. سوئیچ به یک خط با ظرفیت $C=150 \text{ Mbit/s}$ متصل شده است. ظرفیت بافر $K=200$ سلول بوده و سرعت مالتی‌پلکس کردن سلولها به خط خروجی یا همان سرعت سوئیچ کردن برابر سرعت خط خروجی فرض می‌شود. طول هر یک از خطهای فیزیکی 1 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 بروز تراکم جلوگیری کند نه اینکه پس از وقوع تراکم با آن برخورد شود. بنابراین هنگامی که C_{eq} وارد ناحیه هشدار می‌شود، اتوماتان به عمل دوم (Reject) متمرکز می‌شود. نحوه محاسبه C_{eq} در ادامه توضیح داده می‌شود.

پاسخ محیط $b_i(t)$ به صورت زیر تعریف می‌شود:

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

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

($i=1$) 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:

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

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

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

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

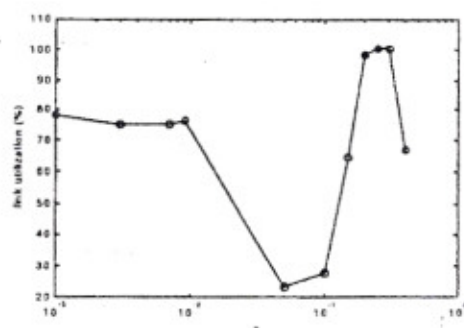
در حالتی که $n (n \leq 4)$ دسته منابع وجود داشته باشد و K_1 ،

K_2, \dots, K_n متناظر با تعداد هر دسته باشند، آنگاه $T(r)$ از رابطه زیر بدست می‌آید:

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

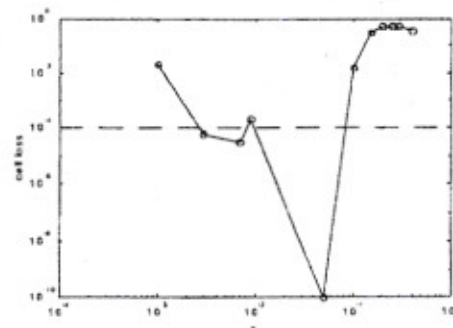
$$K = \sum_{i=1}^n K_i \quad \text{که}$$

^۱ Holding time

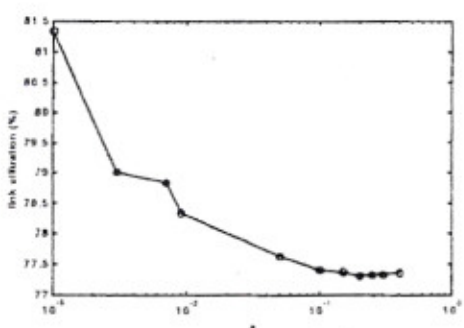


(ب) بهره‌وری خط

شکل ۳- نتایج شبیه‌سازی الگوریتم L_{R-1} بر حسب پارامتر پاداش (a)

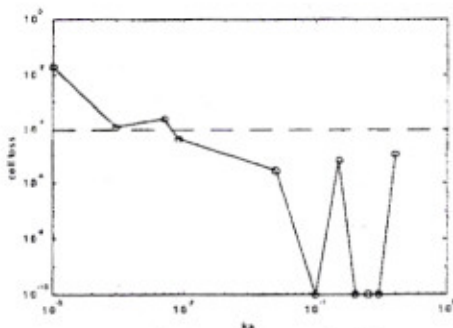


(الف) نرخ اتلاف سلول



(ب) بهره‌وری خط

شکل ۴- نتایج شبیه‌سازی الگوریتم L_{R-EP} بر حسب پارامتر پاداش (a)



(الف) نرخ اتلاف سلول

۲-۴ الگوریتم یادگیری L_{R-1}

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 یادگیری L_{R-1} باعث نزدیک به بهینه شدن رفتار اتوماتان می‌شود [۱۰]. نتایج شبیه‌سازی با الگوریتم L_{R-1} نشان می‌دهد که این الگوریتم برای این حالت به خوبی عمل نکرده است. بالاترین مقدار بهره‌وری خط با حفظ حداکثر نرخ اتلاف سلول ۷۶/۴٪ به ازای $a=0.009$ بوده است. مشکل الگوریتم L_{R-1} در محیطهای غیر ایستا آن است که در صورت مجذوب شدن به یک عمل خاص، دیگر امکان خارج شدن از آن عمل وجود ندارد. به همین علت به ازای مقادیر بزرگ a اتوماتان در عمل Accept گیر کرده و تعداد بسیار زیادی درخواست را پذیرفته است، در نتیجه نرخ بهره‌وری خط تا ۱۰۰٪ بالا رفته و در مقابل نرخ اتلاف سلول تا ۵۰٪ هم رسیده است.

۳-۴ الگوریتم یادگیری L_{R-EP}

در الگوریتم یادگیری L_{R-EP} پارامتر پاداش چندین برابر از پارامتر جریمه بزرگتر است. این الگوریتم یک الگوریتم نزدیک به بهینه

برای انتقال سلولها برابر سرعت نور در نظر گرفته شده است. طول زمان شبیه‌سازی برابر 7000 ms فرض شده است.

۱-۴ الگوریتم یادگیری L_{R-P}

در الگوریتم L_{R-P} پارامترهای پاداش و جریمه برابر هستند. الگوریتم L_{R-P} در یک محیط ایستا، از هر نقطه اولیه اتوماتان را به یک رفتار مصلحت‌گرا سوق می‌دهد [۱۰]. نتایج شبیه‌سازی با الگوریتم L_{R-P} نشان می‌دهد که این الگوریتم برای این روش به ازای $a=0.02$ به خوبی عمل کرده است و با حفظ حداکثر نرخ اتلاف سلول، میزان بهره‌وری را ۸۰ درصد رسانده است.

شکل ۲ نمودارهای نرخ اتلاف سلول، بهره‌وری خط و تعداد اتصالات پذیرفته شده را نشان می‌دهد. همانگونه که مشاهده می‌شود به ازای مقادیر بزرگ a و b نرخ اتلاف سلول بالا است. این بدان علت است که با کوچک شدن a و b نرخ همگرایی اتوماتان کندتر شده و در صورتی که از مقدار خاصی کوچکتر باشند، اتوماتان نمی‌تواند هماهنگ با تغییرات محیط رفتار خود را تغییر دهد. با کاهش پارامترهای a و b نرخ اتلاف سلول کاهش یافته تا به صفر (که در نمودار با 10^{-10} نشان داده شده است) می‌رسد.

۱-۵ اتوماتان حافظه دار $L_{2N,2}$

این اتوماتان دارای $2N$ حالت و 2 عمل است و سعی می‌کند از رفتار گذشته سیستم در انتخاب عمل بعدی استفاده کند. این اتوماتان تعداد شکست‌ها و موفقیت‌های دریافتی را نگهداری می‌کند و تنها در حالتی که تعداد شکست‌ها از تعداد موفقیت‌ها (که حداکثر N است) بیشتر شود، تغییر حالت می‌دهد. اتوماتان $L_{2N,2}$ ، $2N$ حالت $\phi_1, \phi_2, \dots, \phi_{2N}$ و دو عمل α_1 (Accept) و α_2 (Reject) دارد. حالت‌های ϕ_1, \dots, ϕ_N مربوط به عمل α_1 می‌شوند و حالت‌های $\phi_{N+1}, \dots, \phi_{2N}$ مربوط به عمل α_2 می‌شوند. گراف تغییر حالت این اتوماتان در شکل ۷ مشاهده می‌شود.

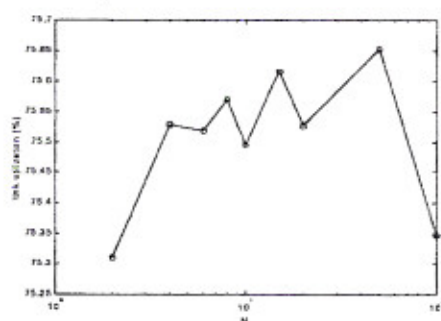
در شبیه‌سازی مربوط به این اتوماتان، حالت اولیه آن برابر N فرض شده است. کنترل درخواست ورود با استفاده از این اتوماتان با عمل‌های بین 2 تا 100 انجام شد، ولی نتایج یکسان و حداکثر نرخ بهره‌وری خط $75/6\%$ بود. به ازای تمامی عمق‌ها نرخ اتلاف سلول برابر صفر بود. شکل ۵ نتایج مربوط را نشان می‌دهد.

علت این که بهره‌وری از $75/6\%$ بیشتر نشده است، آن است که به علت تغییرات زیاد شرایط شبکه، عمل مطلوب محیط متناوباً تغییر

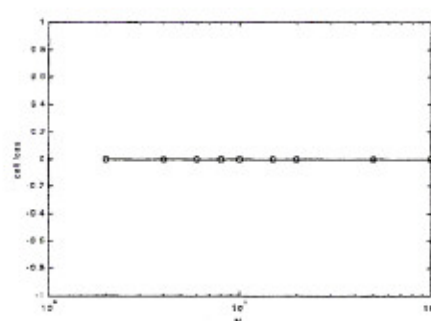
است [۱۱]. پارامتر جریمه برابر $b=a/10$ فرض شده است. شکل ۴ نتایج شبیه‌سازی را برای الگوریتم LQR-EP نشان می‌دهد. در شکل ۴-الف نرخ اتلاف سلول بر حسب پارامتر پاداش نشان داده شده است. بهترین نتیجه به ازای $a=0/009$ بدست آمده است که در آن با نرخ اتلاف سلول $0/0004$ ، بهره‌وری $78/3\%$ بدست آمده است. همانطور که در شکل ۴ مشاهده می‌شود، نرخ بهره‌وری بر حسب پارامتر a به صورت نزولی است.

۵ استفاده از اتوماتانهای یادگیر با ساختار ثابت

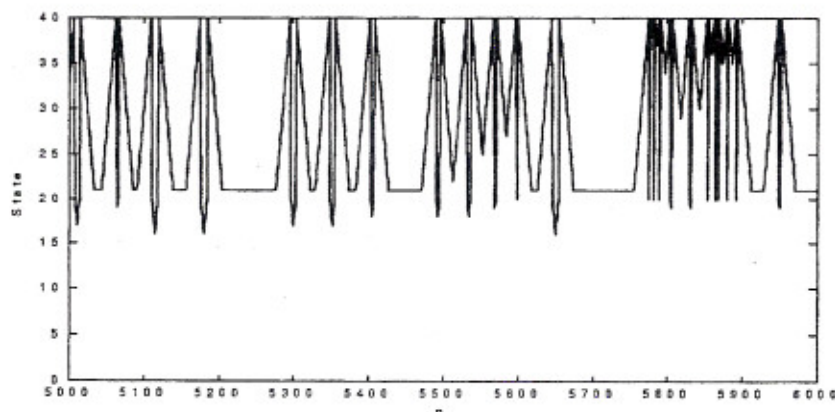
در اتوماتان تصادفی با ساختار ثابت احتمالاتی متناظر با عمل‌های مختلف، ثابت است، در حالی که در یک اتوماتان تصادفی با ساختار متغیر احتمالات در هر تکرار n بهنگام می‌شوند. اتوماتانهای مورد استفاده تاکنون از نوع ساختار متغیر بودند. در این بخش به بررسی کارایی کنترل درخواست ورود با استفاده از اتوماتانهای با ساختار ثابت می‌پردازیم. در ابتدا با اتوماتان ساده $L_{2N,2}$ سعی در 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.

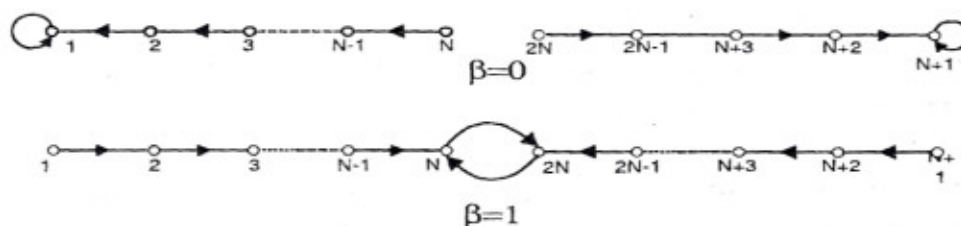


(ب) بهره‌وری خط



(الف) نرخ اتلاف سلول

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 هزارتایی

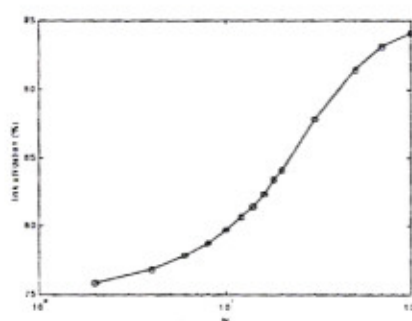


شکل ۷- گراف تغییر حالت $L_{2N,2}$

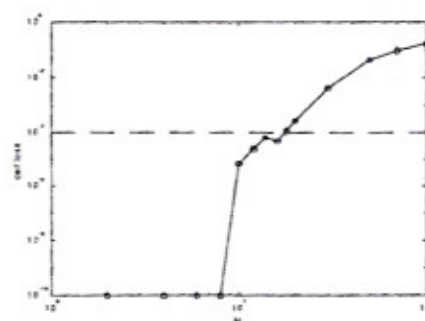
می‌کند. سرعت تغییرات به حدی است که هیچگاه اتوماتان پیش از پنج مرحله در عمق عمل **Accept** فرو نرفته است. همانطور که مشاهده می‌شود، در اکثر مواقع اتوماتان در وضعیتهای مربوط به عمل **Reject** قرار دارد. در ابتدای نمودار اتوماتان بین وضعیت ۲۰ و ۴۰ قرار داشته که مربوط به عمل **Reject** است، ولی این عمل نامطلوب بوده و اتوماتان به سمت وضعیتهای عمل **Accept** پیش می‌رود. پس از رسیدن به وضعیت 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 اشباع شده و روش پهنای باند معادل این عمل را نامطلوب تشخیص می‌دهد و اتوماتان شروع به بیرون آمدن از عمق به حرکت به سوی وضعیتهای مربوط

می‌یابد. 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 کم‌کم سعی در بیرون آمدن از عمق می‌نماید، ولی پس از آنکه چند مرحله در عمق عمل **Accept** فرو رفت، به علت اشباع شدن شبکه، عمل **Accept** هم نامطلوب شده و اتوماتان شروع به بازگشت به حالت‌های مربوط به **Reject** می‌نماید. بنابراین چندین بار به جای عمل **Accept** عمل **Reject** انتخاب می‌شود تا اتوماتان از عمق عمل **Reject** درآید.

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

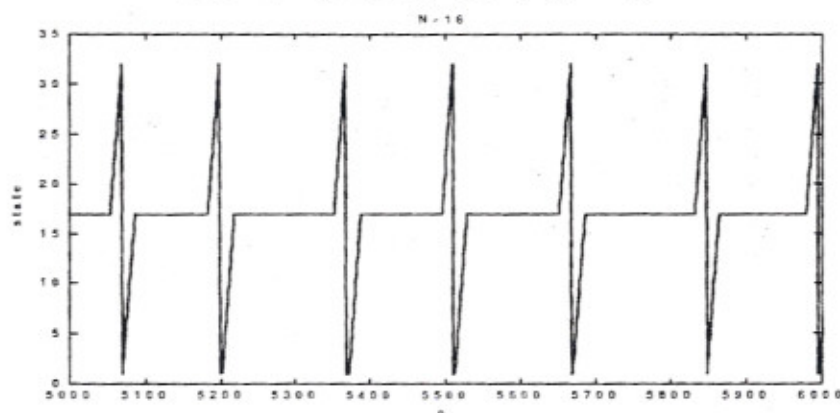


(ب) بهره‌وری خط



(الف) نرخ اتلاف سلول

شکل ۸- نتایج شبیه‌سازی الگوریتم $G_{2N,2}$ بر حسب عمق (N)



شکل ۹- نمودار وضعیت اتوماتان $G_{2N,2}$ بر حسب شماره درخواست ورود در یک بازه هزارتایی ($N=16$)

به Reject می‌نماید.

۲-۵ اتوماتان $G_{2N,2}$

اتوماتان $L_{2N,2}$ هنگام دریافت پاسخ نامطلوب از حالت ϕ_N به حالت ϕ_{2N} و بالعکس منتقل می‌شود. با دریافت پاسخهای نامطلوب دیگر عملهای α_1 و α_2 به تفاوت انتخاب می‌شوند. Testlin فرم دیگری ارائه کرد که در آن اتوماتان با دریافت پاسخ نامطلوب از ϕ_N به ϕ_{N+1} منتقل می‌شود. در این اتوماتان، بر خلاف اتوماتان $L_{2N,2}$ ، قبل از انتخاب دوباره α_1 ، α_2 حداقل N بار انجام می‌شود.

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

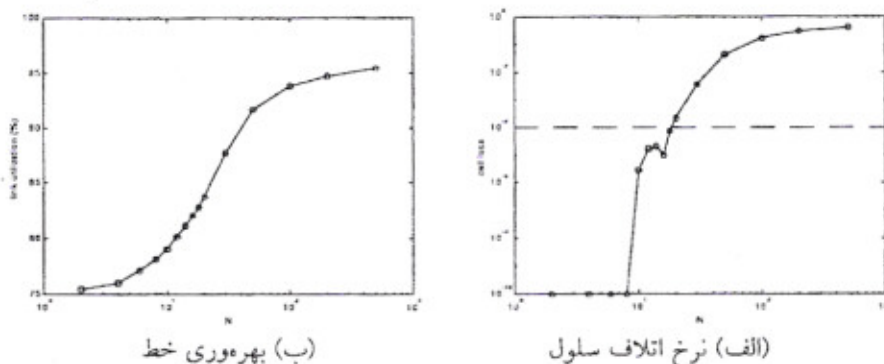
تغییر حالت می‌دهد. معمولاً پس از چند بار پذیرش درخواست، عمل Accept نامطلوب شده و این بار اتوماتان به تدریج از عمق مربوط به عمل Accept بیرون می‌آید. حال هر چه عمق بیشتر باشد تعداد درخواستهای پذیرفته شده در هر بار برگشت از عمق عمل Accept بیشتر خواهد بود. بنابراین با افزایش N تعداد درخواستهای پذیرفته شده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

بهترین حالت این الگوریتم به ازای $N=16$ بدست آمده است که با نرخ اتلاف سلول 4.48×10^{-5} ، بهره‌وری به 82.28% رسیده است. این الگوریتم بسیار بهتر از $L_{2N,2}$ عمل کرده است.

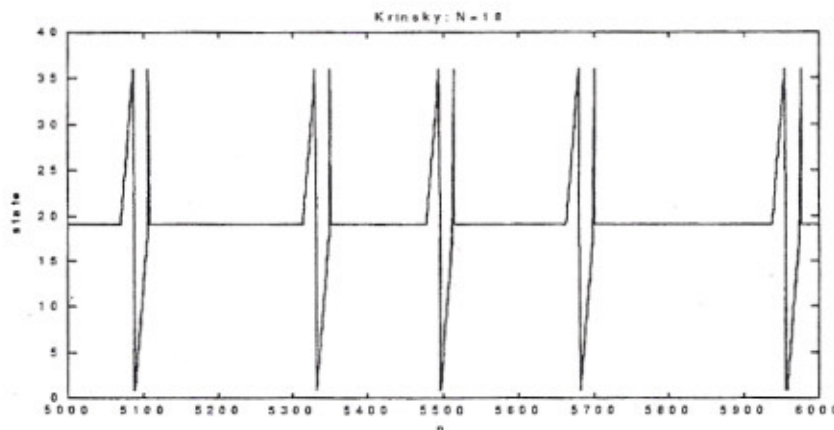
شکل ۹ نمودار تغییر وضعیت اتوماتان را برای $N=16$ در یک بازه هزارتایی نشان می‌دهند. در شکل مشخص است که اتوماتان پس از نامطلوب شدن عمل Reject به عمق عمل Accept (حالت ۱) پرش می‌کند. این تنها تفاوت این اتوماتان با اتوماتان $L_{2N,2}$ است که باعث عملکرد بهتر آن می‌شود.

۳-۵ اتوماتان Krinsky

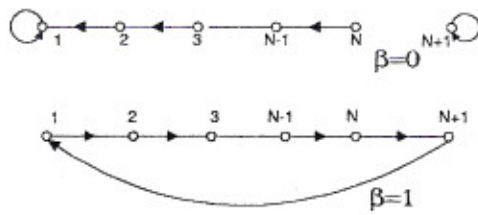
در این اتوماتان هنگامی که پاسخ محیط نامطلوب باشد، مانند



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



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



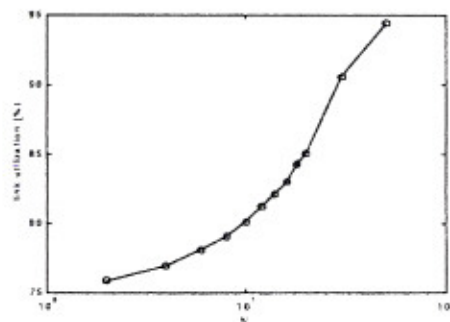
شکل ۱۲- گراف تغییر حالت اتوماتان ارائه شده.

۴-۵ ارائه یک اتوماتان جدید

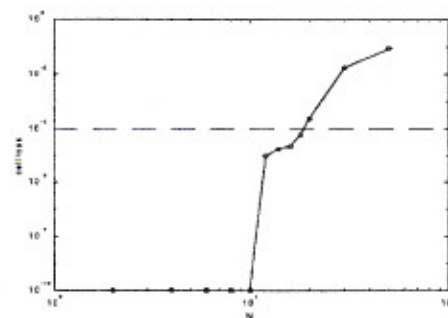
در هر یک از این اتوماتانها با نامطلوب شدن یک عمل، اتوماتان به تدریج از عمق آن عمل بیرون می‌آید. در روش تخمین پهنای باند معادل، مقدار تخمین ظرفیت معادل به خصوص در درصد پایین فعالیت منابع، کمتر از حد واقعی است [۳]. بنابراین در صورتی که با استفاده از روش پهنای باند معادل درخواست ورود رد شد، می‌توان با توجه به شرایط محیط چند درخواست دیگر هم پذیرفت. اما اگر بر اساس 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 ϕ_i ($i=1,2,\dots,N$) به حالت ϕ_1 و از هر حالت ϕ_i ($i=1,2,\dots,N$) به حالت ϕ_{N+1} می‌رود. بنابراین یک رشته از N پاسخ متوالی نامطلوب مورد نیاز است تا عمل اتوماتان تغییر کند. اتوماتان Krinsky در همه محیطهای تصادفی ایستا، 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 هزارتایی نشان می‌دهد. همانطور که مشاهده می‌شود، این اتوماتان تنها با یک بار موفقیت‌آمیز بودن عملی به عمق آن عمل تغییر وضعیت می‌دهد، ولی در صورت 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.

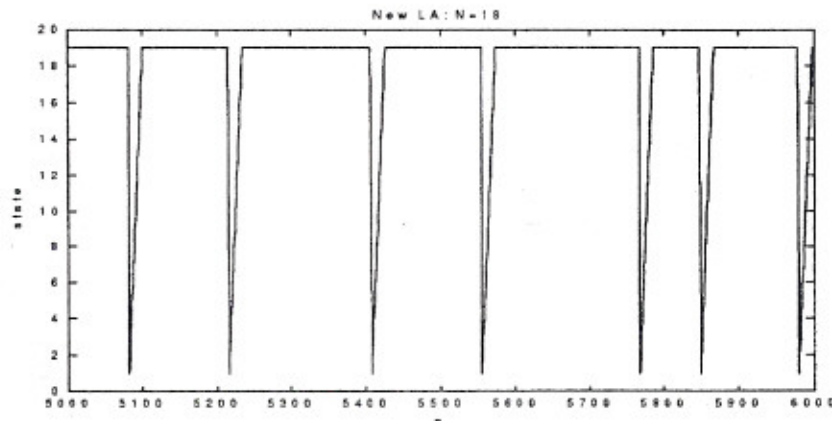


(ب) بهره‌وری خط



(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 هزارتایی

جدول ۱- خلاصه نتایج شبیه سازی کنترل درخواست ورود با اتوماتانهای با دو عمل Accept و Reject.

نوع اتوماتان	پارامتر	تعداد درخواستهای پذیرفته شده	بهره وری خط (%)	اتلاف سلول
L_{R-1}	$a=0.07$	۲۰۴۳	۷۵/۴۶	$2/9 \times 10^{-5}$
L_{R-EP}	$a=0.09$ $b=a/10$	۲۱۱۳	۷۸/۳۵	$7/75 \times 10^{-5}$
L_{R-P}	$a=b=0.02$	۲۱۱۳	۸۰/۳	$7/95 \times 10^{-5}$
L_{R-P} گسته	$N=200$	۲۰۸۴	۷۷/۱	$5/14 \times 10^{-5}$
$S-L_{R-1}$	$a=0.07$	۱۸۳۵	۷۱/۲	$1/7 \times 10^{-5}$
پیگیر گسته (DPA)	این الگوریتم به ازای تمامی مقادیر N در همان مراحل ابتدایی جذب یک عمل می شد و تا به انتها همان عمل را انتخاب می نمود.			
$L_{2N,2}$	$N=15$	۲۰۰۷	۷۵/۶۲	۰
$G_{2N,2}$	$N=16$	۲۲۲۳	۸۲/۳	$4/49 \times 10^{-5}$
Krinsky	$N=18$	۲۲۴۰	۸۲/۸۳	$7/22 \times 10^{-5}$
اتوماتان ارائه شده	$N=18$	۲۲۳۱	۸۴/۳	$6/01 \times 10^{-5}$

بدست آمده است که با نرخ اتلاف سلول $6/01 \times 10^{-5}$ بهره وری ۸۴/۸٪ بدست آمده است.

۶ خلاصه

در این مقاله از اتوماتانهای یادگیر با دو عمل Accept و Reject برای کنترل درخواست ورود استفاده شد. برای پاسخ محیط از روش پهنای باند معادل استفاده شد. این روش در برخی حالتها از جمله در درصد بهره وری پایین منابع، تخمین بالاتری از ظرفیت معادل ارائه می دهد. نتایج نشان می دهد که اتوماتانهای که به عمل نامطلوب جریمه نمی دهند، از جمله اتوماتانهای L_{R-1} و $S-L_{R-1}$ و الگوریتم یادگیر پیگیر برای این کار مناسب نیستند، زیرا محیط غیر ایستا است و این الگوریتمها به یک عمل بهینه مقطعی جذب می شدند. کنترل درخواست ورود با استفاده از اتوماتانهای با ساختار ثابت هم بررسی شد. اتوماتان $L_{2N,2}$ نتیجه خوبی نداشت، اتوماتانهای $G_{2N,2}$ و Krinsky نتایج بهتری داشتند. با استفاده از یافته ها در شبیه سازی اتوماتانهای ساختار ثابت، اتوماتان جدیدی ارائه شد که از تمامی اتوماتانها 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 حداکثر نرخ اتلاف سلول بیشترین بهره وری خط (یا تعداد درخواستهای پذیرفته شده) را داشته باشد. از میان اتوماتانهای ساختار متغیر، اتوماتان L_{R-P} بهترین نتیجه را با بهره وری خط ۸۰/۳ و نرخ اتلاف سلول $7/95 \times 10^{-5}$ دارد. در میان همه اتوماتانها، اتوماتان ارائه شده با

معرفی می شود 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 α_1 و α_2 دارد. حالت های ϕ_1, \dots, ϕ_N مربوط به عمل α_1 می شوند و حالت ϕ_{N+1} مربوط به عمل α_2 می شوند. بنابراین:

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

اگر اتوماتان در حالت ϕ_i ($1 \leq i \leq N$) باشد عمل α_1 را انتخاب می کند. اگر پاسخ نامطلوب دریافت کند به صورت زیر تغییر حالت می دهد:

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

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 اتوماتان مورد نظر را نشان می دهد.

نمودار ۱۳ نتایج شبیه سازی الگوریتم ارائه شده بر حسب عمق نشان می دهد. در این الگوریتم هم مانند اتوماتانهای $G_{2N,2}$ و Krinsky با افزایش عمق تعداد درخواستهای پذیرفته شده، نرخ بهره وری و نرخ اتلاف سلول افزایش می یابد. نمودار ۱۴ نشان می دهد که پس از نامطلوب شده عمل Reject اتوماتان فوراً به عمق عمل Accept تغییر حالت داده و در صورت مطلوب بوده عمل Accept در همان حالت باقی می ماند. بهترین نتیجه به ازای $N=18$

- [13]. P. Mars, K. S. Narendra. "Routing, Flow Control and Learning Algorithms", In Proc. 1st IEEE Int. Conf. on Communication Networks, 1987.
- [14]. A. V. Vasilakos and A. F. Atlasis, "LB-SELA: Rate based Access Control for ATM Networks", In Proc. IEEE INFOCOM'94, 1994, pp. 1552-1559.
- [15]. M. R. Meybodi and S. Lakshmivarhan, "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. Lakshmivarhan, "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. Mootes and R. Butrick, Athens, Ohio: Ohio Univ. Press, pp. 197-204, 1984.
- [22]. S. Lakshmivarhan, "Learning Algorithms: Theory and Applications", New York, Springer-Verlag, 1991.

بهره‌وری خط ۸۴/۳ و نرخ اتلاف سلول $6/0 \times 10^{-8}$ بهترین نتیجه را دارد.

مراجع

- [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. Atlasis, "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 شهبازی و محمد رضا مبینی، "کنترل درخواست ورود در شبکه‌های ATM با استفاده از اتوماتانهای یادگیر با ساختار متغیر"، هشتمین کنفرانس مهندسی برق، ایران، اصفهان، ۱۳۷۹، دانشگاه صنعتی اصفهان، مجموعه مقالات، جلد ۴، ص ۱۷۲-۱۶۵.
- [9]. A. T. Burrell, 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.



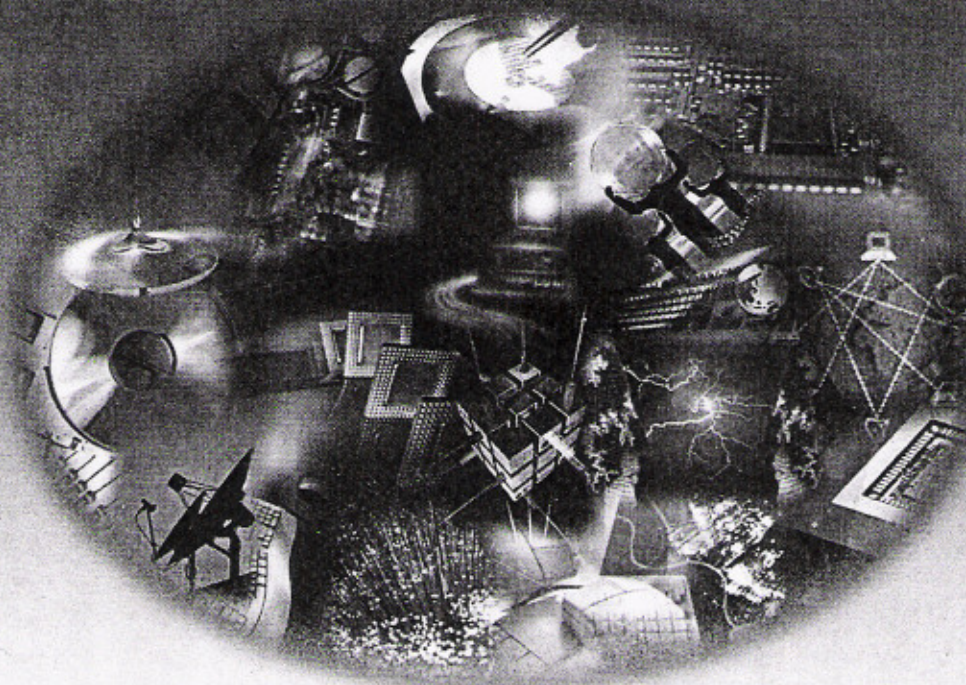
انجمن کامپیوتر ایران
Computer Society of Iran



IEEE - IRAN



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



۲ الی ۴ اسفندماه ۱۳۷۹

