هفتمین کنفرانس سالانه انجمن کامپیوتر ایران
مرکز تحقیقات مخابرات ایران
۷ الی ۹ اسفند ماه ۱۳۸۰

الگوریتم کنترل درخواست ورود شبکه‌های ATM با استفاده از یک اتوماتان DFLA: تعمیم و تعیین پارامتر

حمید رضا شهریاری
shahriari@mehr.sharif.edu

محمد رضا میبدی
meybodi@ce.aku.ac.ir

دانشکدهٔ مهندسی کامپیوتر
دانشگاه صنعتی امیرکبیر

چکیده

یکی از روشهای مهم کنترل تراکم 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 یک الگوریتم کنترل درخواست ورود با استفاده از یک اتوماتان جدید ارائه شده است. 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. با توجه به اینکه خطای تخمین روش پهنای باند معادل در شرایط مختلف متفاوت است و نیز به علت غیر ایستا بودن محیط، در شرایط مختلف مقدار بهینهٔ پارامترهای اتوماتان متفاوت خواهد بود. در این مقاله پارامترهای اتوماتان در شرایط مختلف تعیین می‌شود. در انتها با استفاده از شبیه‌سازی محیط شبکهٔ ATM، الگوریتم مورد نظر با سه روش دیگر از لحاظ بهره‌وری خط و میزان اتلاف سلول و تعداد درخواستهای پذیرفته شده مقایسه می‌شود.

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

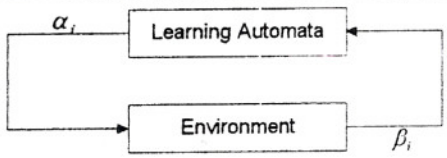
۱ مقدمه

تکنولوژی ATM به عنوان مکانیزم 'انتقال' برای B-ISDN معرفی شد[۱]. یکی از مباحث مهم در شبکه‌های ATM کنترل تراکم است. روشهای کنترل تراکم را می‌توان به دو دستهٔ بازدارنده و انفعالی تقسیم نمود. در روشهای بازدارنده از بروز تراکم جلوگیری می‌شود، در حالی که در روشهای انفعالی از اطلاعات پس‌خور شبکه برای کنترل میزان تراکم استفاده می‌شود. روشهای کنترل تراکم بازدارنده شامل دو روال زیر هستند: کنترل درخواست ورود[1] و مدیریت پهنای باند[2]. از آنجا که ATM یک سرویس مبتنی بر اتصال است، قبل از آنکه کاربر شروع به انتقال داده روی شبکه ATM کند، باید یک اتصال ایجاد شود. با توجه به سرعت بالای شبکه‌های ATM ترجیح داده می‌شود که از روشهای بازدارنده استفاده شود تا اینکه اجازه داده شود تا تراکم اتفاق بیفتد، سپس به دنبال راه حل بود. روال کنترل درخواست ورود (CAC) در مورد پذیرش یا رد درخواستهای برقراری اتصال تصمیم‌گیری می‌نماید. با توجه به اینکه یکی از اهداف مهم در شبکه‌ها استفاده بهینه از منابع موجود است، باید به نحوی در مورد در این باره تصمیم‌گیری شود که ضمن حفظ معیارهای کیفیت، از منابع شبکه هم به طور بهینه استفاده شود.

CAC با این سوال در روبه‌رو است که آیا سوییچ می‌تواند یک اتصال جدید را قبول کند یا خیر. به علت وجود مشکلاتی نظیر مشکل تعیین و توصیف فرآیند ترافیک ورودی از کاربر و لزوم پاسخ و تصمیم گیری سریع در مورد پذیرش یا عدم پذیرش ارتباط، پیاده سازی CAC بر مبنای تخصیص آماری دشوار است[۲].

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

[1] CAC (Call Admission Control)
[2] Bandwidth enforcement



شکل ۱- اتوماتای یادگیر و محیط

درخواست خواهد داشت. از جمله بهبودهایی که نسبت به روش ارائه شده در [۸] داده شده است، نحوهٔ پاسخگویی محیط به اتوماتان است. در روش جدید از روش کارای پهنای باند معادل برای پاسخ محیط استفاده شده است. بررسیهای انجام شده نشان داد که الگوریتم ارائه شده در [۹] در شرایط مختلف، مقادیر مختلفی برای پارامتر عمق اتوماتان نیاز دارد. در این مقاله پارامترهای اتوماتان ارائه شده در [۹] تعیین شده و الگوریتم جامعی برای کنترل درخواست ورود ارائه می‌شود. در انتهای مقاله الگوریتم ارائه شده با روشهای دیگر از جمله یک روش مبتنی بر شبکه‌های عصبی، یک روش مبتنی بر اتوماتان SELA و روش کارای پهنای باند معادل مقایسه خواهد شد.

۲ اتوماتان یادگیر

اتوماتان یادگیر یک اتوماتان است که در یک محیط تصادفی عمل می‌کند و احتمالهای هر یک از اعمال را بر حسب ورودیهایی که از محیط دریافت می‌کند، بهنگام می‌کند. روش عملکرد یک اتوماتان یادگیر به این صورت است که یک عمل از مجموعهٔ مجاز اعمال انتخاب کرده و عمل انتخاب شده را به یک محیط تصادفی اعمال می‌کند. در مقابل محیط با یک سینگال پس‌خور 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 نحوهٔ ارتباط یک اتوماتان یادگیر با محیط نشان می‌دهد.

یک اتوماتان با ساختار متغیر را می‌توان با شش‌تایی $\{\underline{\beta},\underline{\phi},\underline{\alpha},P,G,T\}$ تعریف کرد که $\underline{\beta}$ مجموعهٔ عملهای ورودی، $\underline{\phi}$ مجموعهٔ حالتهای داخلی، $\underline{\alpha}$ مجموعهٔ خروجیها، P بردار احتمالهای انتخاب عملها است که در هر مرحله یکی انتخاب می‌شوند، G نگاشت خروجی و T الگوریتم یادگیری است[۱۱].

واضح است که عامل مؤثر در کارایی اتوماتان یادگیر با ساختار متغیر الگوریتم یادگیری است که برای بهنگام کردن احتمالهای هر یک از عملها استفاده می‌شود. الگوریتمهای یادگیری متعددی در [۱۱] و [۱۲] ارایه شده است.

از اتوماتان یادگیر در کاربردهای بسیاری از جمله در مسیریابی بسته‌های داده‌ای در شبکه‌های داده‌ای [۱۳]، کنترل جریان در شبکه [۱۴] و کنترل ترافیک با شکل دادن ترافیک شبکه [۱۵]، کنترل صف [۱۶]، مهندسی شبکه‌های عصبی [۱۷]، [۱۸] و تناظر گراف

پارامترهای سیستم می‌کنند، می‌توان به روش پهنای باند معادل[۱] [۳] و تقریب ترافیکهای سنگین[۲] [۴] اشاره کرد. در این روشها با استفاده از مدل کردن منبع ترافیکی به یک توزیع شناخته شده و تبدیل مسأله به یک مسألهٔ صف، سعی در تقریب یک پارامتر تصمیم‌گیری مانند پهنای باند لازم یا احتمال اتلاف سلول می‌کنند. ولی این روشها برخی محدودیتهای اساسی دارند. یکی از محدودیتها آن است که به علت مشکلات در بدست آوردن اطلاعات کامل آماری از ترافیک ورودی، به راحتی نمی‌توان آستانه‌های مؤثر یا پهنای باند معادل را به دقت تعیین کرد. فرایند تصمیم‌گیری مملو از عدم قطعیتها است. به عبارتی دیگر به علت مدل کردن، تخمین و تغییرات پیش‌بینی نشده در سیستم، همیشه خطای تصمیم‌گیری همراه این سیستمها است و باعث کاهش کارایی می‌شود[۵] . از همین رو روشهای پویا با قابلیتهای یادگیری و استفاده از تجربیات سابق خود مورد توجه هستند. در این روشها یک الگوریتم یادگیر با مشاهدهٔ رفتار سیستم خود را با آن وفق می‌دهد و بر اساس رفتار مشاهده شدهٔ منابع، در مورد درخواستهای جدید تصمیم می‌گیرد. روشهای متعددی برای کنترل درخواست ورود با قابلیت یادگیری ارائه شده است. از جمله می‌توان به کنترل ترافیک با استفاده از شبکهٔ عصبی[۵]، یا استفاده از منطق فازی[۶]، یا استفاده از اتوماتان یادگیر[۷][۸][۹] و یا با استفاده از تخمین پویای آستانه [۱۰] 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[۳]) استفاده شده است. برای استفاده در کنترل درخواست ورود دو عمل $\{\alpha_0, \alpha_1\}$ برای اتوماتان تعریف شده است که α_0 نشان دهندهٔ قبول درخواست جدید و α_1 نشان دهندهٔ 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 احتمالهای متناظر با اعمال α_i را بهنگام می‌کند. در [۸] از اتوماتان یادگیر برای کنترل درخواست ورود استفاده شد. در این روش اتوماتان ظرفیت معادل هر اتصال را تخمین زده و سپس با استفاده از این تخمین دربارهٔ پذیرش یا عدم پذیرش درخواستها تصمیم‌گیری شد. 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 می‌شود. در [۹] روشی ارائه شد که در آن اتوماتان مستقیماً دربارهٔ پذیرش یا رد درخواست تصمیم‌گیری می‌نماید. در این صورت اتوماتان دو عمل متناظر با قبول و رد

[1] Equivalent Capacity
[2] Heavy Traffic Approximation
[3] Stochastic Estimator Learning Algorithm

[۱۹] استفاده شده است. برای مطالعهٔ بیشتر دربارهٔ اتوماتانهای یادگیر و کاربردهای آن به [۱۱]،[۱۲]،[۲۰] و [۲۱] مراجعه نمایید.

۳ کنترل درخواست ورود با استفاده از پاسخ پهنای باند معادل

در [۸] الگوریتمهای برای تخمین پهنای باند معادل و استفاده از آن برای کنترل درخواست ورود بررسی شدند. روش دیگر و مستقیم آن است که اتوماتان مستقیماً دربارهٔ پذیرش یا رد درخواست تصمیم‌گیری نماید. دراین صورت اتوماتان دو عمل $\{\alpha_1,\alpha_2\}$ متناظر با قبول و رد درخواست خواهد داشت. نکتهٔ 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.

۳-۱ پاسخ محیط با استفاده از پهنای باند معادل

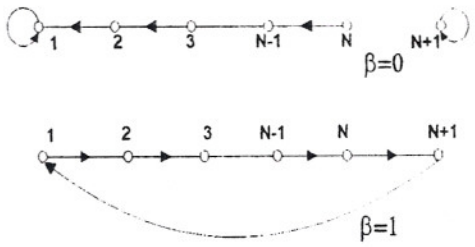
اتوماتان یادگیر برای وفق دادن خود با محیط و آموزش خود نیاز به دریافت پاسخ از طرف محیط به ازای هر عمل انتخاب شده دارد. به همین دلیل انتخاب نوع پاسخ محیط نقش مهمی در کارایی اتوماتان دارد. در [۸] برای پاسخ محیط از نرخ اتلاف سلول و طول بافر استفاده شد. این پاسخ باز هم به نوبهٔ خود اشکالاتی را دارد که از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

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

- **پاسخ مطلوب:** اگر $C_{eq}>C$ و α_i=Reject یا $C_{eq}\le C$ و α_i=Accept.
- **پاسخ نامطلوب:** اگر $C_{eq}>C$ و α_i=Accept یا $C_{eq}\le C$ و α_i=Reject.

۳-۲ ارائهٔ 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،



شکل ۲- گراف تغییر حالت اتوماتان ارائه شده.

هر چه زودتر اتوماتان عمل Accept را انتخاب کند. برای همین منظور یک اتوماتان جدیدی معرفی می‌شود که در آن عمق عمل Reject یک بوده ولی عمق عمل Accept بزرگتر از یک است.

اتوماتان جدید، N+1 حالت $\phi_1,\phi_2,\ldots,\phi_{N+1}$ و دو عمل α_1 و α_2 دارد. حالتهای $\phi_1,\ldots,\phi_N$ مربوط به عمل α_1 می‌شوند و حالت ϕ_{N+1} مربوط به عمل α_2 می‌شوند. بنابراین

$$G[\phi_i]=\begin{cases}\alpha_1 & i=1,2,\ldots,N\\ \alpha_2 & i=N+1\end{cases} \qquad (۱)$$

اگر اتوماتان در حالت $\phi_i\ (1\le i\le N)$ باشد عمل α_1 را انتخاب می‌کند. اگر پاسخ نامطلوب دریافت کند به صورت زیر تغییر حالت می‌دهد:

$$\phi_i \to \phi_{i+1} \qquad (i=1,2,\ldots,N)$$
$$\phi_{N+1} \to \phi_1 \qquad (۲)$$

به طور مشابه با دریافت پاسخ مطلوب:

$$\phi_i \to \phi_{i-i} \qquad (i=2,3,\ldots,N)$$
$$\phi_1 \to \phi_1$$
$$\phi_{N+1} \to \phi_{N+1} \qquad (۳)$$

شکل ۲ اتوماتان مورد نظر را نشان می‌دهد.

۴ تعیین عمق اتوماتان در شرایط مختلف

از آنجا که تخمین پهنای باند معادل در شرایط مختلف دقتهای متفاوتی دارد و نیز به علت غیر ایستا بودن محیط، در شرایط مختلف اتوماتان پارامترهای مختلفی خواهد داشت. در این بخش عمق اتوماتان را در شرایط مختلف بررسی می‌کنیم.

۴-۱ اتوماتان ارائه شده به ازای مقادیر مختلف بهره‌وری منابع

روش پهنای باند معادل تخمین معقولی از پهنای باند واقعی مورد نیاز برای تعدادی از اتصالهای مجازی فراهم می‌کند، ولی با این همه هم نتایج تحلیلی و هم شبیه‌سازی نشان می‌دهند که

تخمین ایستا بهتر از تخمین جریان سیال در بار کم عمل می‌کند، و تخمین جریان سیال در بار بالا بهتر عمل می‌کند. بنابراین هر دو روش مکمل یکدیگرند[۳]. به طور کلی تقریب ایستا در مواقعی که تعداد زیادی منبع با ویژگی انفجاری بالا موجود باشند، تقریب دقیقی ارائه می‌کند. از طرف دیگر تقریب جریان سیال، در هنگامی که بهره‌وری منابع در محدودهٔ [0.55 1] باشد، تقریب بهتری ارائه می‌کند. این امر برای حالتی است که شرایط از لحاظ ظرفیت بافر، میانگین بازهٔ انفجار و تعداد اتصالها یکسان باشد. هنگامی که بهره‌وری منبع در [0,0.55] قرار می‌گیرد، مشخص نیست که کدام یک تقریب بهتری ارائه کنند، در این حالت از ترکیبی از دو روش استفاده می‌شود. انتظار می‌رود که با ترکیب این دو روش تقریب رضایت بخشی بدست آید[۷].

اتوماتان ارائه شده به ازای مقادیر مختلف درصد فعالیت منابع $r = T_{on} / (T_{on} + T_{off})$ و مقادیر مختلف عمق اتوماتان (N) شبیه‌سازی شد. برای این منظور میانگین طول ناحیهٔ غیر فعال T_{off} =۱۶۰۰ ms ثابت بوده و میانگین طول ناحیهٔ فعال از رابطهٔ $T_{on} = T_{off}.r / (1-r)$ بدست می‌آید. r بین ۰/۱ تا ۰/۹ متغیر است. دیگر پارامترهای شبیه‌سازی در بخش ۵ ذکر شده‌اند.

شکل ۳ نرخ اتلاف سلول r' به ازای مقادیر مختلف عمق اتوماتان (N) و میزان فعالیت منابع نشان می‌دهد. همانگونه که مشاهده می‌شود، به ازای مقادیر کم بهره‌وری منابع (درصد فعالیت منابع r) در مقادیر بزرگ N نرخ اتلاف سلول از مقدار تعیین شده بیشتر می‌شود. با افزایش r مقدار متناظر N که در آن نرخ اتلاف سلول از مقدار تعیین شده، فراتر می‌رود، کاهش می‌یابد. تا به ازای ۰/۸=r به ۲ می‌رسد. این امر نشان دهندهٔ آن است که تخمین روش پهنای باند معادل با افزایش r بهبود می‌یابد.

شکل ۴ مقدار بهره‌وری خط خروجی را به ازای مقادیر مختلف عمق اتوماتان (N) و میزان فعالیت منابع نشان می‌دهد. همانطور که پیش‌بینی می‌شد، به ازای تمامی مقادیر بهره‌وری منابع با افزایش N بهره‌وری خط هم افزایش می‌یابد، به طوریکه به ازای مقادیر مشخصی از N نرخ اتلاف سلول مطابق شکل ۳ از حد تعیین شده فراتر می‌رود.

۴-۲ دسته‌بندی منابع

همانطور که در بخش قبل گفته شد، دقت روش پهنای باند معادل بستگی زیادی به بهره‌وری منابع (r) دارد. با توجه به نتایج شبیه‌سازی منابع را بر حسب نرخ بهره‌وری به پنج دسته تقسیم کرده و مقادیر زیر را برای پارامتر عمق N به طور جداگانه تعریف می‌کنیم:

$N_1(r)=20$ if $0<r\le0.15$ (دسته ۱)

$N_2(r)=10$ if $0.15<r\le0.25$ (دسته ۲)

$N_3(r)=7$ if $0.25<r\le0.35$ (دسته ۳)

$N_4(r)=5$ if $0.35<r\le0.55$ (دسته ۴)

$N_5(r)=2$ if $0.55\le r<1.0$ (دسته ۵)

در حالتی که n دسته منابع وجود داشته باشد و $k_1, k_2,...,k_n$ تعداد منابع هر دسته باشند، N از رابطهٔ زیر بدست می‌آید:

$$N = \frac{k_1}{k} N_1 + \frac{k_2}{k} N_2 + \cdots + \frac{k_n}{k} N_n \quad ,k = \sum_{i=1}^{n} k_i \qquad (۴)$$

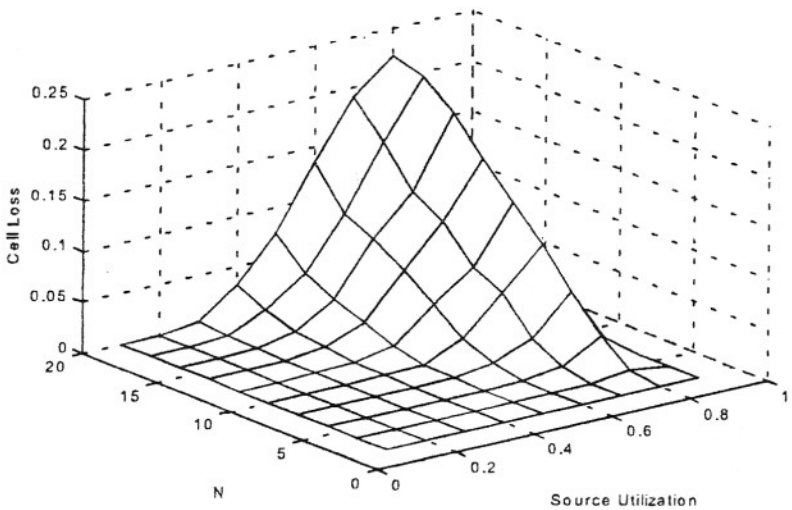
بر پایهٔ این دسته‌بندی پارامتر N هنگامی که بهره‌وری منابع کوچک باشد، عمق اتوماتان هم زیاد می‌شود و هنگامی که بهره‌وری منابع افزایش می‌یابد، عمق اتوماتان هم کم می‌شود. اتوماتان جدید با عمق متغیر را DFLA[1] می‌نامیم.

با مقدمات ذکر شده و با استفاده از اتوماتان DFLA الگوریتم کنترل درخواست ورود مطابق شکل ۵ است. ابتدا سوییچ یک درخواست را به همراه ویژگیهای درخواست به الگوریتم کنترل درخواست می‌فرستد. در الگوریتم کنترل درخواست ورود ابتدا بر اساس بهره‌وری منبع ترافیکی، آن را در یکی از دسته‌ها قرار می‌دهد. سپس پارامتر عمق اتوماتان (N) را محاسبه نموده و به اتوماتان می‌دهد. اتوماتان با توجه به مقدار جدید پارامتر عمق خود را تغییر می‌دهد. سپس اتوماتان بر اساس پاسخ عمل قبل، تغییر وضعیت داده و عمل جدیدی (پذیرش یا رد) را انتخاب می‌کند. برای گرفتن پاسخ از محیط ویژگیهای درخواست جدید و اتصالهای فعلی به روش پهنای باند معادل داده شده و بر اساس آن در مورد عمل اتوماتان قضاوت می‌شود.

حالت جدید اتوماتان پس از تغییر عمق هم بر اساس حالت قبلی و نیز اینکه عمق افزایش یا کاهش یافته تعیین می‌شود. در صورتی که حالت قبلی اتوماتان در وضعیت مربوط به α_2 باشد. در این صورت حالت جدید اتوماتان حالت مربوط به α_2 می‌شود، یعنی $\phi(t)=N(t)+1$. در غیر این صورت اگر حالت قبلی اتوماتان فراتر از عمق فعلی باشد، $\phi(t)=N(t)$ خواهد شد. در غیر از این موارد حالت جدید اتوماتان همان حالت قبلی خواهد شد. به عبارتی دیگر:

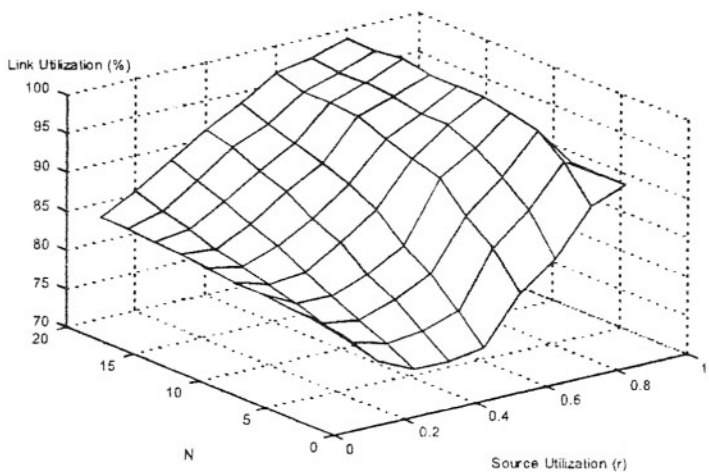
$$\phi(t) = \begin{cases} N(t)+1 & if\ \ \phi(t-1) = N(t-1)+1 \\ N(t) & if\ \ \phi(t-1) \neq N(t-1)+1 \\ & and\ \ \phi(t-1) > N(t) \\ \phi(t-1) & otherwise \end{cases} \qquad (۵)$$

[1] Dynamic Fixed Learning Automata



شکل ۳- نرخ اتلاف سلول به ازای مقادیر مختلف درصد فعالیت منابع و عمق اتوماتان برای اتوماتان ارائه شده.

$(K=200,\ \varepsilon=10^{-4},\ T_{off}=1600\ ms)$



شکل ۴- درصد بهره‌وری خط به ازای مقادیر مختلف درصد فعالیت منابع و عمق اتوماتان برای اتوماتان ارائه شده.

اگر $\phi(t)$، $b(t)$ و $N(t)$ به ترتیب حالت اتوماتان، پاسخ محیط و عمق اتوماتان در زمان t باشند، الگوریتم کنترل درخواست ورود به صورت زیر است:

Initialization: Set N=2, State $\phi(0)=\phi_N$.

Step 1: Classify new connection request according to its source utilization.

Step 2: Compute automatan depth:

$$N(t) = \frac{k_1}{k} N_1 + \frac{k_2}{k} N_2 + \cdots + \frac{k_n}{k} N_n$$

where $k = \sum_{i=1}^{n} k_i$.

Step 3: Reconstruct automatan according to N(t):

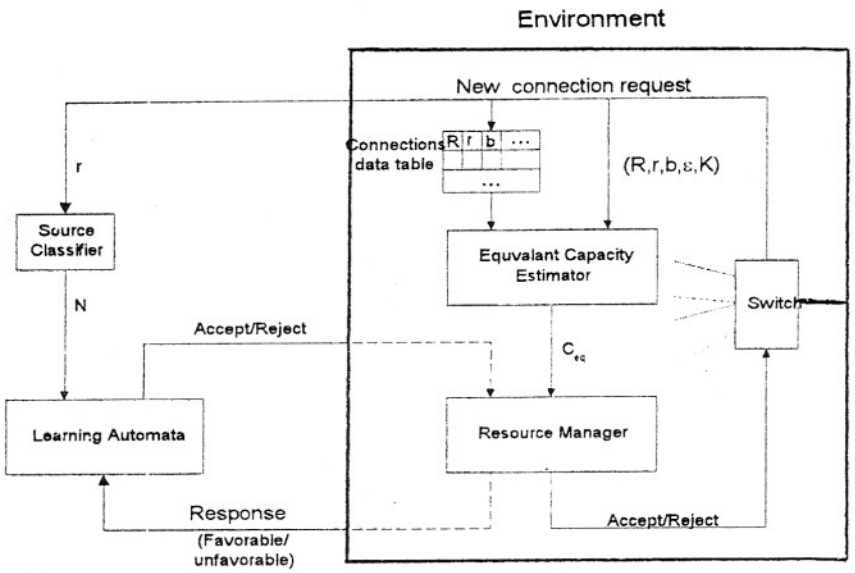
if $\phi(t-1)=N(t-1)+1$
then $\phi(t)=N(t)+1$

if $\phi(t-1)=\phi_i$ and $i > N(t)$
then $\phi(t)=\phi_{N(t)}$;
else $\phi(t)=\phi(t-1)$;

Step 4: Receive the feedback $b(t)\in\{0,1\}$ from the environment.

Step 5: Change the automatan state according to b(t): $\phi(t)=F(\phi(t-1), b(t))$;
and
Select an action $\alpha(t)=\alpha_i$.

Step 6: If $\alpha_i=0$,
then accept the request
else reject it.



شکل ۵- کنترل درخواست ورود با استفاده از اتوماتان DFLA

۵ مقایسه با روشهای دیگر

در این بخش الگوریتم ارائه شده را با روشهای مختلفی از جمله با روش پهنای باند معادل [۳]، و روش مبتنی بر اتوماتان SELA یک روش مبتنی بر شبکه‌های عصبی مقایسه می‌شوند.

در [۷] از اتوماتان یادگیر برای کنترل درخواست ورود استفاده شده است. در این روش از یک الگوریتم یادگیر تصادفی تخمین زننده (SELA) استفاده شده است. از این اتوماتان برای تصمیم‌گیری دربارهٔ پذیرش یا رد درخواست استفاده می‌شود. برای استفاده در کنترل درخواست ورود دو عمل $\{\alpha_0, \alpha_1\}$ برای اتوماتان تعریف شده است که α_0 نشان دهندهٔ قبول درخواست جدید و α_1 نشان دهندهٔ 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 احتمالهای متناظر با اعمال α_i را بهنگام می‌کند. این روش و روش پهنای باند معادل در بخش ۳ شرح داده شده‌اند.

برای کنترل درخواست ورود از شبیه‌ساز شبکهٔ ATM که توسط سازمان NIST تهیه شده است، استفاده شده است. در شبیه‌سازیهای انجام شده فرض می‌شود ۲۰۰ منبع ترافیکی VBR به یک سوئیچ ATM متصل هستند. ترافیک ورودی همهٔ این منابع باید در یک خط خروجی سوئیچ مالتی‌پلکس شده و به یک گرهٔ مقصد راهی شوند. هر یک از منابع در حالت بیکاری با نرخ λ تقاضای برقراری اتصال به سوییچ می‌فرستند. در صورت برقراری اتصال، زمان اتصال دارای توزیع نمایی با میانگین h خواهد بود.

ترافیک on-off هر یک از منابع هنگام اتصال به صورت تغییر off و on تولید می‌کنند. منبع به طور متناوب بین حالتهای R با حداکثر نرخ بیت on وضعیت می‌دهد. منبع در طول بازهٔ ترافیکی تولید نمی‌کند. off ترافیک تولید کرده و در طول بازهٔ T_{on} دارای توزیع نمایی با میانگین off و on طول بازه‌های است که هر کدام N_{max}= 200 است. تعداد منابع ترافیکی T_{off} ترافیک تولید می‌کنند. میانگین طول on-off از منابع به صورت ، متوسط زمان بین دو ناحیهٔ انفجار T_{on}=400 usec ناحیهٔ انفجار است. R=10 Mbit/s و حداکثر نرخ بیت T_{off}=1600 usec λ=20 درخواستهای اتصال به صورت فرآیند پواسون با میانگین از یک منبع ترافیکی در زمان بیکاری وارد می‌شوند.(1/sec) h=200 ms زمان اتصال هم دارای توزیع نمایی با میانگین 10^{-4} است. فرض می‌شود که حداکثر نرخ از دست رفتن سلولها متصل شده C=150 Mbit/s است. سوئیچ به یک خط با ظرفیت سلول بوده و سرعت مالتی‌پلکس K=200 است. ظرفیت بافر کردن سلولها به خط خروجی یا همان سرعت سوئیچ کردن برابر سرعت خط خروجی فرض می‌شود. طول هر یک از خطهای فرض می‌شود و سرعت خطهای فیزیکی برای 1 Km فیزیکی انتقال سلولها برابر سرعت نور در نظر گرفته شده است. طول زمان اجرا برای الگوریتمهای مختلف برابر با ۴۰ ثانیه قرار داده برای الگوریتم شبکه عصبی برابر (warmup) شد. زمان آمادگی با ۱۰ ثانیه قرار داده شده است. برای دیگر الگوریتمها زمان آمادگی برابر با ۴ ثانیه فرض شده است. علت اختلاف آن است که الگوریتم مبتنی بر شبکه‌های عصبی دیرتر همگرا می‌شود. به علت لگاریتمی بودن نمودارهای نرخ اتلاف سلول، عدد صفر با چایگزین شده است. 10^{-10}

۵-۱ CAC با استفاده از شبکه‌های عصبی

یکی دیگر از روشهای کنترل درخواست ورود، استفاده از شبکه‌های عصبی است. در اینجا به منظور مقایسهٔ الگوریتم

پیشنهادی، یک روش مبتنی بر شبکه‌های عصبی پیاده‌سازی شده است. در این روش منابع ترافیکی به تعداد مشخصی کلاس تقسیم می‌شوند. شبکهٔ عصبی با دریافت بردار وضعیت شبکه قابل قبول یا غیر قابل قبول بودن آن را در خروجی اعلام می‌دارد. وضعیت شبکه با بردار $X = \{n_1, n_2, \ldots, n_i, \ldots, n_M\}$ مشخص می‌شود که n_i تعداد اتصالهای کلاس i ام است[۲۲]. در این روش از یک شبکهٔ سه‌لایه انتشار خطا به عقب برای پیاده‌سازی استفاده شده است. برای جمع‌آوری نمونه‌های آموزشی، در ابتدا به تدریج تعداد هر یک از اتصالها را افزایش داده و نرخ اتلاف سلول متناظر را تعیین می‌کنیم. در صورتی که نرخ اتلاف سلول از حد مطلوب کمتر باشد، بردار وضعیت قابل پذیرش خواهد بود. در طول اجرا نیز به طور متناوب از شبکه نمونه‌برداری کرده و هر از چندگاهی شبکه دوباره آموزش می‌بیند.

۵-۲ مقایسه به ازای مقادیر مختلف نرخ بهره‌وری منابع

در این حالت به بررسی تأثیر میزان بهره‌وری منابع یعنی $r = T_{on} / (T_{on} + T_{off})$ می‌پردازیم. برای این کار میانگین طول ناحیهٔ غیر فعال T_{off}=1.6 ms ثابت بوده و میانگین طول ناحیهٔ انفجار T_{on} تغییر داده می‌شود. ظرفیت بافر سوئیچ برابر K=200 سلول فرض می‌شود.

شکل ۶-الف نرخ اتلاف سلول را برای روشهای مختلف به ازای نرخ بهره‌وری منابع نشان می‌دهد. در این نمودار مشاهده می‌شود که الگوریتم DFLA به ازای تمامی مقادیر نرخ اتلاف سلول را کمتر از مقدار تعیین شده حفظ کرده است. به عبارتی دیگر کیفیت سرویس مورد نظر تأمین شده است. در این شکل روش پهنای باند معادل اتلاف سلول نداشته است. روش مبتنی بر شبکه‌های عصبی (NN) به ازای $r \geq 0.3$ توانسته است کیفیت سرویس را حفظ کند. این در حالی است که روش مبتنی بر SELA تنها به ازای $r < 0.2$ توانسته است که کیفیت سرویس را به نحو مطلوبی حفظ کند.

شکل ۶-ب نرخ بهره‌وری خط را برای الگوریتمهای مختلف به ازای ظرفیت بافر سوئیچ نشان می‌دهد. در این نمودار الگوریتم مبتنی بر SELA بیشترین نرخ بهره‌وری را دارد. البته این روش طبق شکل ۶-الف نتوانسته است حداکثر نرخ اتلاف سلول را رعایت کند و نرخ اتلاف سلول آن به ویژه به ازای مقادیر بزرگ r بسیار زیاد است. در میان روشهای دیگر روش مبتنی بر شبکهٔ عصبی کمترین نرخ بهره‌وری را دارد. این روش حداکثر توانسته است نرخ بهره‌وری خط را به ۶۳٪ برساند. در حالی که دو روش دیگر یعنی DFLA و پهنای باند معادل نرخ بهره‌وری بالاتری را ارائه می‌دهند. همان گونه که مشاهده می‌شود الگوریتم DFLA نرخ بهره‌وری بالاتری را نسبت به روش پهنای باند معادل دارد. به ویژه برای مقادیر کوچکتر r این تفاوت زیادتر است. به طور کلی در میان روشهایی که توانسته‌اند کیفیت مطلوب سرویس را تأمین نمایند، الگوریتم DFLA بیشترین نرخ بهره‌وری را دارا است.

۵-۳ مقایسه به ازای مقادیر مختلف ظرفیت بافر

در این حالت رفتار هر یک از روشهای کنترل درخواست ورود در برابر مقادیر مختلف ظرفیت بافر بررسی می‌شود. اگر حداکثر تأخیر قابل قبول برای سلولها را T=20 ms در نظر بگیریم، با توجه به رابطهٔ K=TC/L، حداکثر طول بافر برابر K=7075 سلول می‌شود که در اینجا برای ظرفیت بافر از ۱۰۰ تا ۱۰۰۰۰ سلول شبیه‌سازی شده است. T_{on}=0.4 ms و T_{off}=1.6 ms ثابتند، یعنی نرخ بهره‌وری منابع r=0.2 است. دیگر پارامترهای شبیه‌سازی از جمله نرخ تولید درخواست از منابع، میانگین زمان اتصال و حداکثر نرخ اتلاف سلول مطابق حالت قبل فرض شده‌اند.

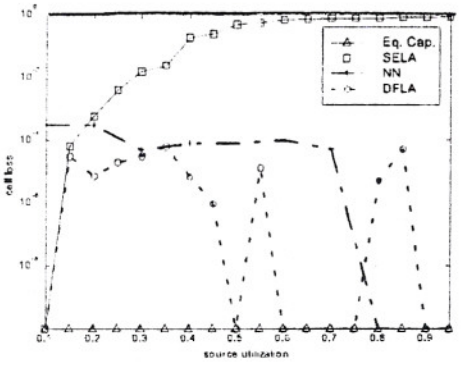
همانگونه که شکل ۷-الف نشان می‌دهد، روشهای مبتنی بر SELA و شبکهٔ عصبی در بیشتر موارد نتوانسته‌اند حداکثر نرخ اتلاف سلول را رعایت نمایند و به جز در ظرفیتهای بالای بافر نرخ اتلاف سلول بیش از 10^{-4} شده است. برای روشهای پهنای باند معادل و الگوریتم DFLA نرخ اتلاف سلول کمتر از حد تعیین شده است. از همین رو این دو روش را از لحاظ بهره‌وری خط و تعداد درخواستهای پذیرفته شده مقایسه می‌کنیم. در شکل ۷-ب حداکثر نرخ بهره‌وری روش مبتنی بر شبکه عصبی ۶۵٪ به ازای ظرفیتهای بالای بافر شده است. در میان روشهایی که توانسته‌اند نرخ اتلاف سلول را پایینتر از حد تعیین شده نگاه دارند، الگوریتم DFLA بیش از دیگر روشها نرخ بهره‌وری خط را بالا برده است. حتی به ازای ظرفیتهای بالای بافر توانسته است نرخ بهره‌وری را به ۹۹/۵٪ برساند.

۵-۴ مقایسه در محیطهای ناهمگن

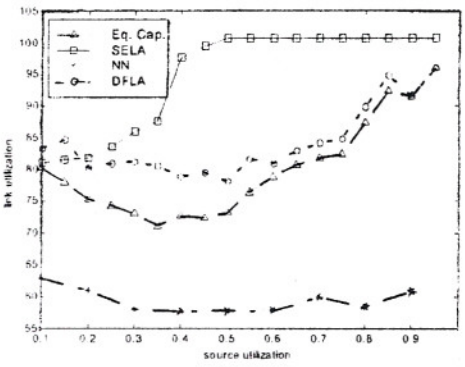
در این بخش رفتار الگوریتم ارائه شده در شرایط دیگری از جمله در محیطهای ناهمگن بررسی می‌شود. برای ایجاد محیط ناهمگن از دو روش استفاده شده است، در روش اول دو نوع منبع نرخ بیت متغیر وجود دارد و در روش دوم دو دسته منابع نرخ بیت ثابت و نرخ بیت متغیر فعالیت می‌کنند.

۵-۴-۱ حالت اول: دو نوع منبع نرخ بیت متغیر

برای بررسی عملکرد الگوریتم در این حالت دو نوع منبع نرخ بیت متغیر در نظر گرفته شد، منابع نوع اول دارای درصد فعالیت α=0.2 حداکثر نرخ بیت R=10 Mbps و میانگین زمان غیر فعال T_{off}=1600 ms می‌باشند. منابع نوع دوم هم دارای درصد فعالیت α=0.5 حداکثر نرخ بیت R=2 Mbps و میانگین زمان غیر فعال T_{off}=1600 ms می‌باشند.



الف- نرخ اتلاف سلول



ب- درصد بهره‌وری خط

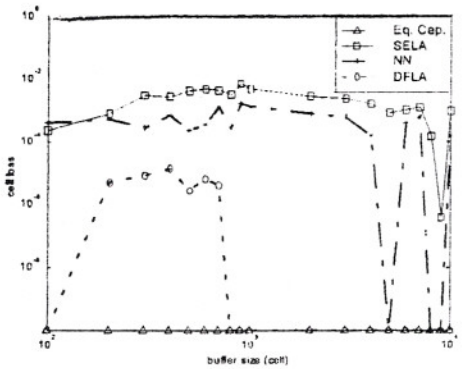
شکل ۶- نتایج شبیه‌سازی الگوریتمهای مختلف کنترل درخواست ورود به ازای نرخ بهره‌وری منابع (r)

برای شبیه‌سازی تعداد 200 منبع متشکل از هر دو نوع منبع در نظر گرفته شده و درصد منابع نوع اول از صفر تا صد در صد تغییر داده شد. در این حالت برای روش مبتنی بر شبکه عصبی، دو ورودی برای شبکه عصبی در نظر گرفته شد، که هر یک تعداد یک نوع منبع VBR را نشان می‌دهد.

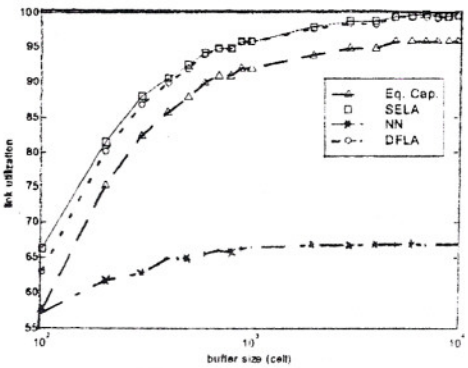
شکل ۸-الف نرخ اتلاف سلول را به ازای درصدهای مختلف منبع نوع اول نشان می‌دهد. در این نمودار روش شبکه عصبی و SELA در بیشتر نقاط نرخ اتلاف سلول بیش از حد تعیین شده (10^{-4}) داشته‌اند. البته روش SELA به ازای درصد منابع نوع اول کمتر از ۴۰٪ نرخ اتلاف سلول کمتری داشته است ولی با افزایش نسبت تعداد منابع نوع دوم نرخ اتلاف سلول هم افزایش یافته است. روش پهنای باند معادل در بیشتر نقاط نرخ اتلاف سلول برابر صفر دارد. الگوریتم DFLA با توجه به نرخ اتلاف سلول آستانه یعنی 10^{-4} توانسته است کیفیت سرویس را تأمین نماید.

۵-۴-۲ حالت دوم: منابع نرخ بیت متغیر و ثابت

نوع دیگری از محیط ناهمگن ترکیب دو نوع منبع نرخ بیت متغیر و نرخ بیت ثابت است. در الگوریتم مورد نظر برای تصمیم‌گیری دربارهٔ پذیرش درخواستهای CBR مستقیماً از همان روش پهنای باند معادل استفاده می‌شود. بدین صورت که اگر



الف- نرخ اتلاف سلول



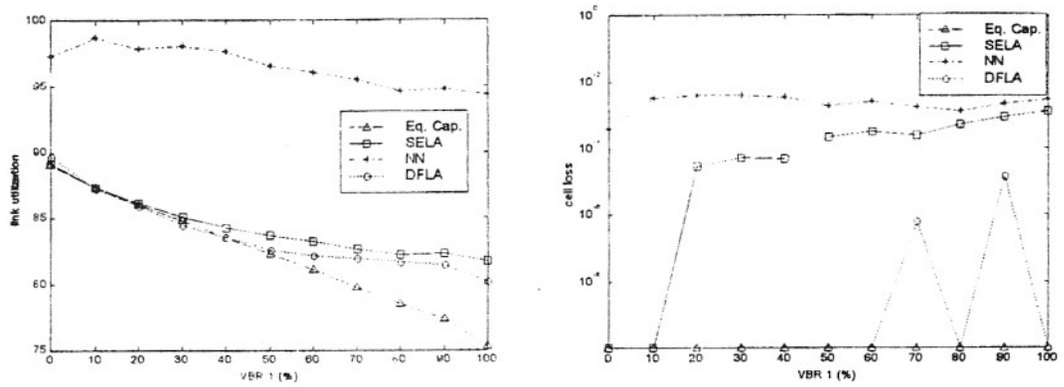
ب- درصد بهره‌وری خط

شکل ۷- نتایج شبیه‌سازی ازای ظرفیت بافر (K) در مقایسه با روشهای مختلف

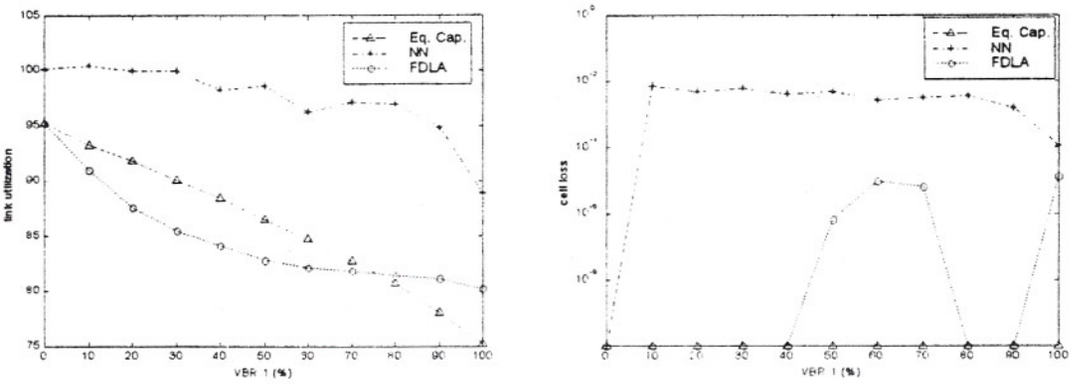
ظرفیت معادل اتصالهای قبلی و درخواست فعلی از ظرفیت خط بیشتر نبود یعنی اگر $C_{eq} + R \le C$، اتصال برقرار می‌شود. برای تصمیم‌گیری دربارهٔ منابع VBR از همان اتوماتان یادگیر استفاده می‌شود.

برای شبیه‌سازی منابع نرخ بیت متغیر دارای درصد فعالیت α=0.2 حداکثر نرخ بیت R=10 Mbps و میانگین زمان غیر فعال T_{off}=1600 ms می‌باشند. منابع نرخ بیت ثابت هم نرخ بیت ثابت R=2 Mbps می‌باشند. دراین صورت میانگین نرخ منابع VBR با نرخ بیت منابع CBR یکسان و برابر 2 Mbps خواهد بود. برای شبیه‌سازی تعداد دوبست منبع متشکل از هر دو نوع منبع در نظر گرفته شده و درصد منابع VBR از صفر تا صد در صد تغییر داده شد. دیگر پارامترهای ذکر نشده همانند پارامترهای شبیه‌سازیهای قبل است.

برای روش شبکه عصبی، منابع CBR به عنوان یکی از کلاسها در نظر گرفته شد. شبکه عصبی دارای دو ورودی است که یکی تعداد منابع CBR و دیگری تعداد منابع VBR است. به علت آنکه در الگوریتم مبتنی بر SELA نحوهٔ تصمیم‌گیری دربارهٔ درخواستهای منابع CBR مشخص نشده بود، در این مقایسه از این روش استفاده نشده است.



شکل ۸- نرخ اتلاف سلول و درصد بهره‌وری خط الگوریتمهای CAC در محیط ناهمگن با دو نوع منبع VBR



شکل ۹- نرخ اتلاف سلول و درصد بهره‌وری خط در محیط ناهمگن با دو نوع منبع VBR و CBR

شکل ۹ نتایج شبیه‌سازی را نشان می‌دهند. روش شبکه عصبی نتوانسته است حداکثر نرخ اتلاف سلول را رعایت کند. دو روش دیگر یعنی پهنای باند معادل و الگوریتم DFLA کیفیت سرویس را تأمین کرده‌اند. در نمودار بهره‌وری خط با کاهش تعداد منابع VBR و همزمان افزایش تعداد منابع CBR نرخ بهره‌وری خط افزایش می‌یابد. علت این امر هم آن است که به علت ثابت بودن نرخ بیت منابع CBR می‌توان پهنای باند را با تعدادی منبع CBR اشباع نموده بدون آنکه اتلاف سلول داشته باشیم. در واقع برای منابع CBR نسبت انفجار(Burstiness) حداقل و برابر یک است.

۵-۵ مقایسه از جنبه‌های دیگر

همانطور که مشاهده شد، در بسیاری از حالتها الگوریتم ارائه شده از روشهای دیگر بهتر عمل می‌کند. به ویژه در مقایسه با روش پهنای باند معادل که طبق بررسیهای انجام شده از روشهای دیگر کاراتر است، با حفظ کیفیت سرویس بهره‌وری بالاتری داشته است. علاوه بر این مزایا، مزایای دیگری نیز می‌توان برای الگوریتم جدید CAC ذکر کرد:

۱- همگرایی سریع با توجه به عمل مطلوب بدون داشتن سربار اضافی برای یادگیری: دیگر الگوریتمهای یادگیری ممکن است زمان طولانی برای یادگیری نیاز داشته باشند و در طی این زمان یادگیری سیستم را به خوبی کنترل نکنند. به عنوان مثال در روش مبتنی بر شبکه‌های عصبی، مشاهده شده که الگوریتم پس از حدوداً ۱۰ ثانیه همگرا می‌شود.

۲- عدم حساسیت به زمان مردگی: در بسیاری از الگوریتمهای یادگیر که از اندازه‌گیری واقعی شبکه برای گرفتن پاسخ یا خروجی صحیح استفاده می‌کنند، مشکل تأخیر در مشخص شدن پاسخ از طرف محیط وجود دارد. به عبارتی دیگر هنگامی که الگوریتم کنترلی تصمیم اتخاذ می‌کند، تا مشخص شدن تأثیر این تصمیم در سیستم مدت زمانی لازم است که به زمان مردگی مشهور است. ممکن است قبل از مشخص شدن نتیجه، درخواست دیگری وارد شود که در این صورت الگوریتم نمی‌تواند از نتیجهٔ تصمیم قبلی برای این درخواست جدید استفاده کند. در این الگوریتم با استفاده از روش کارای پهنای باند معادل به عنوان پاسخ سیستم، این مشکل برطرف شده است.

۳- بی‌درنگ بودن: اتوماتان تنها با یک تغییر وضعیت، با توجه به وضعیت جدید تصمیم‌گیری می‌کند. برای تغییر وضعیت تنها محاسبهٔ N و پاسخ پهنای باند معادل لازم است.

۶ خلاصه

از آنجا که تخمین پهنای باند معادل در شرایط مختلف دقتهای

متفاوتی دارد، به علت غیر ایستا بودن محیط، در شرایط مختلف اتوماتان پارامترهای مختلفی خواهد داشت. در این مقاله به این موضوع پرداخته شده و پارامتر اتوماتان (عمق) را در شرایط مختلف تعیین شد. در این مقاله یک الگوریتم CAC ارائه شد. در این الگوریتم هر درخواست ورود بر حسب بهره‌وری منبع گروه‌بندی شده و طبق آن عمق اتوماتان تعیین می‌شود. در ادامه الگوریتم ارائه شده در با دیگر روشهای CAC مقایسه شد. از جملهٔ این روشها، روش کارای پهنای باند معادل، الگوریتم CAC مبتنی بر اتوماتان SELA هستند. نتایج نشان می‌دهند که الگوریتم ارائه شده از دیگر روشها حتی از روش کارای پهنای باند معادل بهتر عمل کرده است.

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 شهریاری و محمد رضا میبدی، "کنترل درخواست ورود در شبکه‌های ATM با استفاده از اتوماتانهای یادگیر با ساختار متغیر"، هشتمین کنفرانس مهندسی برق، ایران، اصفهان، ۱۳۷۹، دانشگاه صنعتی اصفهان، مجموعهٔ مقالات، جلد ۴، ص ۱۶۵-۱۷۲.

[۹]. حمید رضا شهریاری و محمد رضا میبدی، "کنترل درخواست ورود در شبکه‌های ATM با استفاده از اتوماتانهای یادگیر بر اساس پاسخ پهنای باند معادل"، ششمین کنفرانس سالانهٔ انجمن کامپیوتر ایران (CSICC'2001)، دانشگاه صنعتی اصفهان، اسفند ۱۳۷۹.

[10]. 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.

[11]. P. Mars, J. R. Chen, R. Nambiar, "Learning Algorithms, Theory and Applications in Signal Processing, Control and Communications", CRC Press, 1996.

[12]. K. S. Narendra and M .A. L. Thathachar, "Learning Automata: An Introduction", Prentice-Hall, Englewood cliffs, 1989.

[13]. 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.

[14]. P. Mars, K. S. Narendra. "Routing, Flow Control and Learning Algorithms", In Proc. 1st IEE Int. Conf. on Communication Networks, 1987.

[15]. 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.

[16]. 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.

[17]. 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..

[18]. 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.

[19]. 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, (to appear).

[20]. K. S. Narendra and M. .A. L. Thathachar, "Learning Automata: An Introduction", Prentice-Hall, Englewood cliffs, 1989.

[21]. M. R. Meybodi and S. Lakshmivarhan, "Optimality of a General Class of Learning Algorithms", Information Science, Vol. 28, pp. 1-20, 1982.

[22]. P. Tran-Gia and O. Gropp, "Performance of Neural Net used as Admission Controller in ATM Systems", IEEE GLOBCOM'92, 1992, pp. 1303-1309.