مجله علمی-پژوهشی رایانش نرم و فن‌آوری اطلاعات

جلد ۵، شماره ۲، تابستان سال ۱۳۹۵ شاپا: ۱۰۰۶-۲۳۸۳

تخصیص پویای پهنای باند اینترنتی کاربران با بکارگیری تکنیک AHP فازی

ذوالفقار سلمانیان [*۱]، آیاز عیسی‌زاده [۲]، احمد اسدزاده [۳]

*۱- نویسنده مسئول: دانشجوی دکتری، گروه علوم کامپیوتر، دانشکده ریاضی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران، salmanian@tabrizu.ac.ir

۲- استاد، گروه علوم کامپیوتر، دانشکده ریاضی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران، isazadeh@tabrizu.ac.ir

۳- دانشیار، دانشکده اقتصاد، مدیریت و بازرگانی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران، assadzadeh@tabrizu.ac.ir

چکیده- برای توزیع پهنای باند در شبکه‌های کامپیوتری روش‌های مختلفی مرتبط با سیاست‌های تخصیص مدیران شبکه در سامانه‌های کنترل پهنای باند بکار گرفته می‌شود. با توجه به تنوع کاربران و میزان استفاده هر کاربر، تعیین پهنای باند متناسب با نیاز هر کاربر در شرایط مختلف در کارایی سیستم و استفاده از سیستم‌های مدیریت پهنای باند نقش مهمی دارد. در این مقاله روشی پویا و متوازن بنام تخصیص وزنی نرمال جهت تعیین میزان پهنای باند متعلق به هر کاربر با در نظر گرفتن میزان اهمیت وی نسبت به دیگر کاربران آنلاین همزمان ارایه می‌گردد. در این راستا برای به دست آوردن اوزان کاربران به عنوان میزان اهمیت آنها، تکنیک AHP فازی را بکار برده و نظرات غیر قطعی خبرگان مبنای استخراج این اوزان قرار داده می‌شود. سهولت پیاده‌سازی و امکان استفاده بیشینه از پهنای باند موجود از خصوصیات روش پیشنهادی می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: پهنای باند اینترنت، مدیریت پهنای باند، تکنیک AHP فازی، شبکه‌های کامپیوتری

۱- مقدمه

توزیع پهنای باند اینترنتی یکی از دغدغه‌های مدیران شبکه در سازمان‌ها به شمار می‌رود. برای این کار روش‌های متعددی به کار برده می‌شود که شامل تخصیص به صورت نرخ ثابت و یا متغیر (اشتراکی) می‌شود. استفاده از این روش پیچیدگی محاسباتی چندانی ندارد ولی اگر تعداد کاربر آنلاین کم باشد نرخ استفاده نشده پهنای باند به هدر خواهد رفت. در روش اشتراکی نرخ موجود پهنای باند بین کاربران موجود به اشتراک گذاشته می‌شود به‌طوریکه کاربران اجازه استفاده از پهنای باند مازاد را با در نظر گرفتن سیاست‌های مدیر شبکه خواهند داشت. به‌طور مثال با استفاده از تکنیک HTB، که از روش تقسیم اشتراکی استفاده می‌نماید، هر کاربر می‌تواند تا نرخ حداکثری که توسط مدیر شبکه مشخص می‌شود – در صورت موجود بودن پهنای باند مازاد و اولویت لازم – از پهنای باند اینترنتی استفاده کند.

الگوریتم‌های تخصیص پهنای باند از یک طرف دارای جنبه پیاده-سازی هستند که بایستی کارکرد آن را از لحاظ فنی پیاده‌سازی کنند و از طرف دیگر دارای وجهه کاربری هستند که پارامترهای مورد نیاز کارکرد الگوریتم را از طریق ورود مقادیر توسط مدیر شبکه می‌پذیرند. برای بهتر بودن نتیجه تخصیص، بایستی الگوریتم مناسبی جهت ارضای هدف بکارگرفته شود و در ضمن ورود پارامترها نیز به صورت بهینه انجام گیرد.

استفاده از پهنای باند اینترنتی در یک سازمان برای آن سازمان هزینه‌های مختلفی را از جمله هزینه خرید و یا آبونمان تحمیل می‌نماید. اختصاص پهنای باند مناسب برای کاربران جهت انجام وظایف سازمانی می‌تواند از هدر رفتن این هزینه جلوگیری نماید. اما کاربران مختلف پهنای باند متفاوتی نسبت به یکدیگر جهت انجام امور مربوطه نیاز دارند. با توجه به اینکه تعداد کاربران آنلاین و مقدار استفاده آنها از پهنای باند موجود در زمان‌های مختلف

دارای مقادیر گوناگونی می‌باشد تشخیص و تخصیص مقدار نرخ مناسب دغدغه مدیران شبکه و تصمیم گیرندگان در این زمینه می‌باشد.

دراین مقاله، انواع روش‌های توزیع پهنای باند را به اجمال بررسی نموده و معمول‌ترین روش بکارگرفته شده در سامانه‌های کنترل پهنای باند را توضیح می‌دهیم. سپس روش پیشنهادی وزنی را ارایه نموده و نحوه به دست آوردن اوزان مناسب برای گروه‌های مختلف کاربری را با استفاده از نظرات خبرگان (تصمیم-گیرندگان) بر مبنای روش تحلیل سلسله مراتبی فازی[1] بیان می‌کنیم. در این خصوص مراحل لازم جهت انجام این روش تصمیم‌گیری را شرح خواهیم داد. استفاده از این تکنیک باعث می‌شود که در مقایسات سرویس‌گیرنده‌ها (گزینه‌ها) بتوانیم معیارهای مقایسه‌ای را دخالت داده (تحلیل سلسله‌مراتبی) و از نظرات غیر قطعی تصمیم‌گیرندگان برای استخراج اوزان (اهمیت) سرویس‌گیرنده‌ها بهره گیریم.

در ادامه نحوه به دست آوردن اوزان گروه‌های کاربری را در دانشگاه تبریز به عنوان نمونه ارایه خواهیم نمود. مزایای رویکرد ارایه شده را در تخصیص پهنای باند در بخش بحث و نتیجه-گیری توضیح خواهیم داد.

۲- پیشینه

ارسال ترافیک در شبکه‌های کامپیوتری با روش‌های مختلفی، که صف‌بندی نامیده می‌شوند، انجام می‌گیرد. صف‌بندی‌ها با انجام عملیات مربوط به شکل‌دهی، نظارت، زمان‌بندی و انهدام کار انتقال ترافیک را انجام می‌دهند.

این روش‌ها به دو نوع کلاس‌بندی نشده[2] و کلاس‌بندی شده[3] تقسیم می‌شوند که در هسته سیستم‌عامل‌های لینوکس توسعه داده شده و متن باز هستند. روش‌های صف‌بندی کلاس‌بندی نشده آنهایی هستند که داده را پذیرفته و آن را زمانبندی، معوق یا منهدم می‌کنند. روش‌های کلاس‌بندی شده هنگامی مورد استفاده قرار می‌گیرند که انواع مختلفی از ترافیک نیاز به رفتار متفاوتی داشته باشند. زمانی که ترافیک وارد این نوع صف‌بندی‌ها می‌شود بایستی به یکی از کلاس‌ها فرستاده شود (کلاس‌بندی شود).

مشخصات و کارکرد برخی از این روش‌ها، به طور خلاصه در ادامه آورده می‌شود [۱، ۲].

از جمله روش‌های صف‌بندی کلاس‌بندی نشده می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

pfifo_fast: بر مبنای FIFO کلاسیک بوده و در آن عمل خاصی بر روی هیچ بسته داده‌ای انجام نمی‌شود و پکت‌هایی (بسته‌های داده‌ای) که ابتدا وارد صف می‌شوند، اول نیز از صف خارج می‌شوند با این تفاوت که اولویتی نیز برای خروج در نظر گرفته می‌شود. این روش، پیش فرض هسته لینوکس می‌باشد و تا زمانی که نیاز به کنترل ترافیک نباشد از آن استفاده می‌شود.

TBF[4]: در این روش صف‌بندی به بسته‌های داده‌ای که از یک نرخ تنظیم‌شده توسط مدیر سیستم تجاوز نکنند اجازه عبور داده می‌شود البته در صورت امکان اجازه اندک افزایشی از این مقدار نیز داده می‌شود. این روش، برای کاهش ترافیک خروجی مناسب بوده و می‌تواند برای ترافیک‌های زیاد نیز بکار رود.

SFQ[5]: روش تقسیم‌بندی عادلانه‌ای است. دقت و محاسبات کمتری از سایر روش‌های دیگر دارد. در این روش ترافیک به صف‌های FIFO تقسیم شده و به درخواست‌های نشست‌ها داده می‌شود. زمانی که ظرفیت لینک ارتباطی به طور کامل پر بوده و نشست‌های انفرادی نبایست لینک را به تسلط خود درآورند از این روش استفاده می‌شود.

RED[6]: زمانی که ترافیک فیزیکی به پهنای باند تخصیصی نزدیک می‌شود با انهدام تصادفی پکت‌ها آن را شبیه‌سازی می‌کند. این روش برای پهنای باندهای خیلی زیاد مناسب است.

از روش‌های مختلف صف‌بندی کلاس‌بندی شده نیز می‌توان موارد زیر را برشمرد:

PRIO[7]: این روش از یک قاعده ساده پیروی می‌کند؛ هنگام از صف خارج نمودن بسته، اولین کلاس بررسی می‌شود اگر بسته‌ای وجود داشت، بسته را از صف خارج می‌کند و اگر وجود نداشت کلاس بعدی را بررسی می‌نماید. این کار تا زمانی که کلاسی برای بررسی وجود نداشته باشد ادامه می‌یابد.

CBQ[8]: این روش با اطمینان از زمان بیکاری کافی برای تنظیم پهنای باند واقعی به نرخ مورد نظر عملیات خود را انجام می‌دهد. برای انجام این کار، زمان لازم برای عبور میانگین پکت‌ها را محاسبه می‌کند. زمان بیکاری موثر بوسیله ملاحظه پکت‌های اخیر که از لحاظ اهمیت، نسبت نمایی با پکت‌های قبلی دارند اندازه‌گیری می‌شود. CBQ پیچیده‌ترین روش صف‌بندی شناخته

[1] Fuzzy AHP
[2] Classless
[3] Classful
[4] Token Bucket Filter
[5] Stochastic Fairness Queueing
[6] Random Early Detection
[7] Priority scheduler
[8] Class Based Queuing

شده است ولی همیشه دقیق نبوده و برخی اوقات آن گونه که می‌بایست دقیق عمل نمی‌کند.

HTB: این روش به خاطر مناسب نبودن روش CBQ برای خیلی از موقعیت‌های معمول توسط مارتین دورا توسعه داده شد. این رویکرد سلسله‌مراتبی برای موقعیت‌هایی با پهنای باند ثابت برای تقسیم با اهداف مختلف و تضمین نرخ پهنای باند مناسب است.

امروزه اکثر نرم‌افزارهای کنترل پهنای باند از میان روش‌های زمان‌بندی، با توجه به کارایی و بازده مناسب روش HTB، از این روش استفاده می‌کنند که توسط مارتین دِورا در سال ۲۰۰۱ توسعه داده شده و در هسته‌های استاندارد لینوکس نسخه ۲,۴,۲۰ به بعد گنجانده شده است [۳، ۴].

الگوریتم HTB بهینه ترین روش صف‌بندی شناخته می‌شود و برای سیستم‌هایی که از پهنای باند ثابتی برخوردارند مناسب است [۵-۷]. تحقیقات انجام گرفته بردقت و افزایش کیفیت سرویس[1] تایید کننده کارایی بهتر این روش نسبت به دیگر روش‌های مقایسه شده است [۸-۱۱].

با بکارگیری HTB، می‌توان نرخ پهنای باند اختصاص داده شده به یک گروه سرویس‌گیرنده را بین اعضای آن به اشتراک گذاشت به گونه‌ای که هر سرویس‌گیرنده بتواند در هر شرایطی، از یک نرخ تضمینی پهنای باند برخوردار باشد و این امکان را داشته باشد تا به میزان حداکثر نرخی که توسط مدیر شبکه مشخص شده، دارای پهنای باند باشد. البته این موقعی است که نرخی استفاده نشده موجود باشد و اولویت وی اجازه استفاده از این نرخ بیشینه را بدهد. در واقع می‌توان گفت مهمترین مزیت الگوریتم HTB به اشتراک‌گذاری پهنای باند است [۸].

روش دیگری بنام QHTB نیز ارایه شده که ادعا می‌کند با یک روش HTB مبتنی بر QoS فراهم سازی DiffServ و QoS را فراهم می‌نماید [۱۲].

در توزیع پهنای باند WAN نیز برخی از این روش‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرند اما روش‌هایی ارایه شده که خاص این نوع شبکه‌ها است. برای مثال می‌توان از زیرساخت BwE نام برد [۱۳]. بحث اصلی این مقاله بر روی عملکرد روش HTB در شبکه‌های LAN بوده و ما نیز رویکرد خود را بنام WNA[2] ارایه خواهیم داد که کاستی‌های مربوط به الگوریتم HTB را رفع می‌کند.

۲-۱- روش HTB

HT یک ساختار صف‌بندی سلسله‌مراتبی ایجاد می‌کند و ارتباط‌های بین صف‌بندی‌ها را مثل «والد-فرزند» یا «فرزند-فرزند» مشخص می‌کند. هنگامی که صف (Queue) حداقل یک فرزند داشته باشد یک صف داخلی تلقی می‌شود و همه صف‌های بدون فرزند، برگ خوانده می‌شوند. صف‌های برگ مصرف‌کننده اصلی ترافیک هستند و صف‌های داخلی فقط مسئول توزیع ترافیک هستند [۱۴].

هر صف در HTB دو محدودیت نرخی دارد:

CIR[3]: در سناریوی بدترین حالت، این مقدار از ترافیک برای جریان داده‌ای قابل تخصیص بوده و تفاوتی نمی‌کند که چه شرایطی حاکم است البته با این فرض که این مقدار ترافیک در واقعیت قابل فرستادن است.

MIR[4]: در سناریوی بهترین حالت، جریان داده‌ای تا این مقدار می‌تواند افزایش یابد البته زمانی که صف والد پهنای باند مازاد داشته باشد.

به عبارت دیگر، به همه صف‌ها به اندازه CIR پهنای باند تخصیص می‌یابد سپس صف‌های فرزند تلاش می‌کنند تا از والدهایشان نرخ داده‌ای تا سقف MIR استقراض کنند.

برای توزیع ترافیک مازاد صف های والد به صف‌های فرزند از اولویت (زمان‌بندی) استفاده می‌شود. صف با اولویت بالا، زودتر از صف با اولویت پایین به MIR خود دست خواهد یافت. این نکته حایز اهمیت است که اولویت تنها برای صف‌های برگ معنی دارد و برای صف‌های داخلی بی‌معناست.

۲-۲- مشکلات روش HTB

علی‌رغم قابلیت‌ها و امتیازات روش HTB، مشکلاتی نیز در حین استفاده از این روش بوجود می‌آید. برخی ایرادهای شناسایی شده در تخصیص بین گروه‌های کاربری سرویس‌گیرنده را می‌توان به شرح زیر برشمرد:

با توجه به اینکه معمولا تعداد کاربران با اولویت بالا، کمتر از تعداد کاربران با اولویت پایین است، ممکن است اکثر پهنای باند شبکه بوسیله تعداد معدودی کاربر استفاده شود و ۹۰ درصد منابع توسط ۱۰ درصد افراد مصرف شود [۱۵]. این موضوع چالشی برای سرویس‌دهندگان اینترنت و سازمان‌ها به‌شمار می‌رود. مشکل زمانی حادتر می‌شود که حداقل تعدادی از رایانه‌های مورد استفاده این ۱۰ درصد افراد، آلوده به ویروس و بدافزارهایی باشند که

[1] Quality of Service
[2] Weighted Normalized Allocation
[3] Committed Information Rate
[4] Maximum Information Rate

می‌توانند پهنای باند در دسترس را به تسلط خود درآورند، در این-صورت در خوشبینانه‌ترین حالت ممکن، سیستم‌هایی که هم دامنه برخورد[1] با سیستم آلوده هستند در معرض جدی آلودگی قرار دارند.

با توجه به اینکه اولویت کاربران برای تخصیص پهنای باند مازاد در نظر گرفته می شود، تا زمان اشباع گروه با اولویت بیشتر، کاربران عضو گروه با اولویت کمتر از پهنای باند مازاد بی نصیب بمانند در حالی که مدیر سیستم مصمم به توزیع پهنای باند به صورت منصفانه[2] و متوازن باشد در اجرای این سیاست و برقراری عدالت در توزیع پهنای باند موجود بین کاربران گروه‌های مختلف، موفق نخواهد بود.

در برخی موقعیت‌های پیش آمده ممکن است اختلاف پهنای باند مابین کاربران گروه‌های مختلف به شدت زیاد باشد و یا پهنای باند اختصاص یافته به کاربران گروه با اولویت بالا کمتر از پهنای باند اختصاص یافته به کاربران با اولویت پایین باشد و این به آن خاطر است که فضای مازاد استفاده نشده گروه‌ها با در نظر گرفتن اولویت گروه بین اعضای آنها تقسیم می‌شود و اولویت گروه‌ها به صورت ترتیبی لحاظ می‌شود.

محاسبات دستی زیاد بوده و پیاده‌سازی آن پیچیده است.

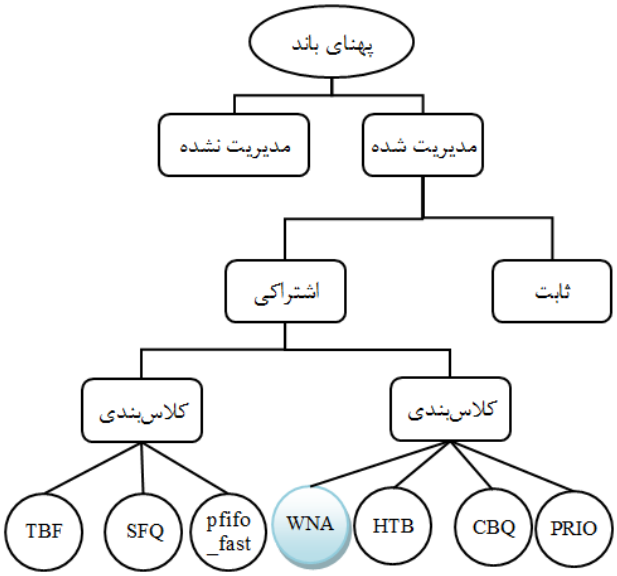
بارها اتفاق افتاده که پس از نوسانات و اختلالات اینترنتی پیش آمده، سیستم به علت کاهش نرخ پهنای باند ورودی، کارکرد صحیح خود را از دست داده و تا سازگاری با شرایط موجود مدت زمانی لازم خواهد بود.

همچنین، یافتن سقف بهینه مجاز بیشینه مقدار پهنای باند قابل افزایش کاربران در روش HTB کاری مشکل است. مناسب نبودن این مقدار، ممکن است منجر به هدر رفتن پهنای باند مصرف نشده سایر کاربران شود مثلا اگر این متغیر دارای مقدار کم باشد و تعداد استفاده کنندگان نیز از مقدار در نظر گرفته شده در زمان محاسبات اولیه کاهش قابل ملاحظه‌ای داشته باشد این اتفاق رخ می‌دهد. بر عکس این حالت نیز امکان پذیر است یعنی اگر مقدار بیشینه مجاز خیلی بزرگ باشد معمولا بیشتر کاربران دارای اولویت پایین نمی‌توانند از پهنای باند مازاد برخوردار شوند.

۳- رویکرد جدید در تخصیص پهنای باند

در این قسمت رویکرد جدیدی را برای تقسیم پهنای باند اینترنتی برای کاربران ارایه می‌دهیم که در آن اساس توزیع پهنای باند، اوزان گروه‌های کاربری بوده و نرخ پهنای باند متعلق به کاربران، با توجه به وزن گروه‌های کاربری و تعداد کاربران آنلاین همزمان، به صورت پویا مشخص می‌شود. روش پیشنهادی را اختصاص وزنی نرمال نامیده و با WNA[3] نمایش می‌دهیم.

شکل ۱ جایگاه رویکرد پیشنهادی ما را در بین روش‌های مختلف تخصیص پهنای باند نشان می‌دهد.



شکل ۱: جایگاه روش جدید پیشنهادی

شاخص‌ها و اصطلاحاتی که در روش جدید مورد استفاده قرار می‌گیرند عبارتند از:

ABW[4]: پهنای باند در دسترس تحت مدیریت نرم افزار که به عنوان نرخ ورودی در نظر گرفته می‌شود.

W_{G_i}: وزن گروه ها نسبت به همدیگر

Wg: شاخص وزن گروهی نرمال که برابر نسبت تعداد بیشینه کاربران آنلاین موزون هر گروه به مجموع تعداد کل بیشینه کاربران آنلاین موزون گروه‌ها می‌باشد.

$MaxConcurrent_{G_i}$: تعداد بیشینه کاربران آنلاین به صورت همزمان در داخل هر گروه در بازه‌های زمانی

GiBW[5]: میزان پهنای باند گروه

UserBW: مقدار پهنای باند کاربر در داخل گروه

۳-۱- الگوریتم جدید

در روش پیشنهادی، بیشینه تعداد کاربران آنلاین شناسایی شده و پهنای باند مربوط به گروه به صورت پویا محاسبه می‌گردد. مقدار کمینه و بیشینه پهنای باند کاربر به صورتی است که از پهنای باند

[1] Collision Domain

[2] منظور از رعایت انصاف یا عدالت به این معنی است که هر کس به میزانی استفاده نماید که در شرایطی که در آن قرار دارد قابل قبول باشد.

[3] Weighted Normalized Allocation

[4] Available BandWidth

[5] Group BandWidth

در دسترس بیشترین استفاده صورت می‌گیرد. به همین خاطر مقدار کمینه به صورت اسمی و از طریق فرمول محاسبه شده و مقدار بیشینه می‌تواند تا سقف پهنای باند متعلق به گروه متغیر باشد. در ادامه روش جدید را شرح می‌دهیم.

فرض می‌کنیم اوزان گروه‌ها را نسبت به یکدیگر به دست آورده و آنها را نرمال نموده‌ایم. $MaxConcurrent_{G_i}$ را تعداد بیشینه کاربران آنلاین همزمان در گروه i و در لحظه t در نظر می‌گیریم.

ابتدا وزن گروهی نرمال را محاسبه می‌کنیم. وزن گروهی نرمال به معنی نسبت سهم گروهی که کاربر به آن تعلق دارد به کل کاربران آنلاین سایر گروه دلالت دارد و برای محاسبه آن حداکثر تعداد کاربران آنلاین همزمان در داخل یک گروه در یک بازه زمانی را به وزن گروه ضرب نموده و به مجموع حداکثر تعداد کاربران آنلاین همزمان همه گروه‌ها (در همان بازه زمانی) که به اوزان گروهی خود ضرب شده‌اند تقسیم می‌کنیم:

$$W_g=\frac{W_{G_i}\times MaxConcurrent_{G_i}}{\sum_{i=1}^{n} W_{G_i}\times MaxConcurrent_{G_i}} \quad (۱)$$

اگر وزن نرمال شده گروه i را با W_{G_i} نمایش دهیم، آنگاه پهنای باند گروه G_i برابر خواهد بود با:

$$G_iBW = G_iBW + ABW \times W_g \quad (۲)$$

فرمول فوق بازگشتی بوده و در اولین محاسبه برای تخصیص پهنای باند برای گروه‌ها، متغیر GiBW سمت راست برابر صفر است. پس از محاسبه پهنای باند گروه کاربری می‌توان پهنای باند متعلق به هر کاربر را محاسبه نمود:

$$UserBW_{G_i} = \frac{G_iBW}{MaxConcurrent_{G_i}} \quad (۳)$$

در این رویکرد، با استفاده از اوزان نرمال شده گروه‌های کاربری نسبت به یکدیگر و در نظر گرفتن بیشینه تعداد کاربران آنلاین همزمان، می‌توان به صورت پویا پهنای باند متعلق به کاربر را محاسبه کرده و از پهنای باند ورودی، به نحو بهینه‌ای استفاده نمود.

۳-۲- استخراج اوزان گروه‌ها با استفاده از AHP فازی

روش بهبود یافته تحلیل توسعه‌ای چانگ که یک استراتژی ترکیب ترجیهات هر معیار برای برآورد راه‌حل از تصمیم‌گیری گروهی است را برای به دست آوردن وزن نرمال شده گروه‌ها در ادامه این مقاله بکار می‌بریم. در این روش پس از ترسیم درخت سلسله‌مراتبی، ماتریس قضاوت‌های زوجی را تشکیل داده و میانگین حسابی نظرات خبره‌ها را محاسبه می‌کنیم. محاسبات مربوط به مجموع عناصر سطر و نرمالایزکردن آنها و تعیین درجه احتمال بزرگتر بودن گام‌های بعدی هستند. در نهایت با نرمال سازی بردار وزن‌ها و ترکیب اوزان گزینه‌ها و معیارها، وزن نهایی به دست می‌آید برای جزییات بیشتر به [۱۶-۱۸] مراجعه شود.

وانگ و همکارانش [۱۶] اشکالاتی را در استفاده از روش تحلیل توسعه‌ای چانگ ارایه دادند مانند عدم ارایه اهمیت نسبی، پاسخ اشتباه و عدم استفاده مفید از اطلاعات، که دلیل عمده آن اختصاص وزن صفر به برخی معیارها است. به همین خاطر آنها پیشنهاد کردند که در نرمالایز کردن و قبل از تعیین درجه احتمال بزرگتر بودن، از رابطه زیر برای نرمالایز کردن استفاده شود:

$$\widetilde{M}_i = \begin{pmatrix} \frac{\sum_{j=1}^{n} l_{ij}}{\sum_{j=1}^{n} l_{ij} + \sum_{k=1,k\neq i}^{n}\sum_{j=1}^{n} u_{kj}}, & \frac{\sum_{j=1}^{n} m_{ij}}{\sum_{k=1}^{n}\sum_{j=1}^{n} m_{kj}}, \\ & \frac{\sum_{j=1}^{n} u_{ij}}{\sum_{j=1}^{n} u_{ij} + \sum_{k=1,k\neq i}^{n}\sum_{j=1}^{n} l_{kj}} \end{pmatrix} \quad (۴)$$

در ادامه مراحل بررسی ناسازگاری ماتریس‌ها را شرح می‌دهیم.

۳-۳- بررسی سازگاری ماتریس‌ها

با توجه به این‌که استفاده از ماتریس مقایسات زوجی ناسازگار نتایج نادرست و غیر واقعی را در محاسبه اوزان به بار می‌آورد، بررسی سازگاری در این ماتریس‌ها گام پیش‌نیاز اساسی روش تحلیل سلسله‌مراتبی محسوب می‌شود. برای بررسی سازگاری در ماتریس مثلثی فازی، مراحل زیر پیشنهاد می‌شود [۱۶].

مرحله ۱. ماتریس مثلثی فازی را به دو ماتریس تقسیم می‌کنیم. ماتریس اول را از اعداد میانی قضاوت‌های مثلثی تشکیل می‌دهیم و ماتریس دوم را از میانگین هندسی حدود بالا و پایین اعداد مثلثی:

$$A^m = [a_{ijm}], \quad A^g = \sqrt{a_{iju}\cdot a_{ijl}} \quad (۵)$$

مرحله ۲. بردار وزن هر ماتریس را با استفاده از روش ساعتی محاسبه می‌کنیم:

$$w_i^m = \frac{1}{n}\sum_{j=1}^{n}\frac{a_{ijm}}{\sum_{i=1}^{n} a_{ijm}}, \quad w_i^g = \frac{1}{n}\sum_{j=1}^{n}\frac{\sqrt{a_{iju}\cdot a_{ijl}}}{\sum_{i=1}^{n}\sqrt{a_{iju}\cdot a_{ijl}}} \quad (۶)$$

مرحله ۳. بزرگترین مقدار ویژه را برای هر ماتریس با استفاده از روابط زیر محاسبه می‌کنیم:

$$\lambda_{max}^m = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{n} a_{ijm}\left(\frac{w_j^m}{w_i^m}\right) \quad (۷)$$

$$\lambda_{max}^{g} = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{n}\sqrt{a_{iju}\cdot a_{ijl}}\left(\frac{w_j^g}{w_i^g}\right) \qquad (۸)$$

مرحله ۴. شاخص سازگاری را با استفاده از روابط زیر به دست می‌آوریم:

$$CI^m = \frac{(\lambda_{max}^m - n)}{(n-1)} \quad CI^g = \frac{(\lambda_{max}^g - n)}{(n-1)} \qquad (۹)$$

برای محاسبه نرخ ناسازگاری (CR) شاخص CI را بر مقدار شاخص تصادفی (RI) تقسیم می‌کنیم. شاخص تصادفی را از جدول ۱ که توسط گوگاس و بوچر [۱۹] تولید شده‌اند پیدا می‌کنیم. در صورتی‌که مقدار حاصل کمتر از ۰,۱ باشد ماتریس سازگار است:

$$CR^m = \frac{CI^m}{RI^m} \qquad CR^g = \frac{CI^g}{RI^g} \qquad (۱۰)$$

در صورتی‌که هر روی این شاخص‌ها کمتر از ۰/۱ بودند، ماتریس فازی سازگار است و در غیر اینصورت بایستی در ماتریس مقایسات تجدید نظر شود.

جدول ۱: شاخص‌های تصادفی (RI)

اندازه ماتریس	RI^m	RI^g	اندازه ماتریس	RI^m	RI^g
۱	۰	۰	۸	۱/۳۴۱۰	۰/۴۱۶۴
۲	۰	۰	۹	۱/۳۷۹۳	۰/۴۳۴۸
۳	۰/۴۸۹۰	۰/۱۷۹۶	۱۰	۱/۴۰۹۵	۰/۴۱۶۴
۴	۰/۷۹۳۷	۰/۲۶۲۷	۱۱	۱/۴۱۸۱	۰/۴۵۳۶
۵	۱/۰۷۲۰	۰/۳۵۹۷	۱۲	۱/۴۴۶۲	۰/۴۷۷۶
۶	۱/۱۹۹۶	۰/۳۸۱۸	۱۳	۱/۴۵۵۵	۰/۴۶۹۱
۷	۱/۲۸۷۴	۰/۴۰۹۰	۱۴	۱/۴۹۱۳	۰/۴۸۰۴

۴- مطالعه کاربران اینترنتی دانشگاه تبریز

برای درک معیارهایی که بتوان توسط آنها اهمیت گروه‌های کاربری را در استفاده از پهنای باند اینترنتی سنجید بایستی به این نکته بپردازیم که چرا کاربران از اینترنت استفاده می‌کنند و یا دلیل مراجعه به اینترنت توسط کاربران گروه‌های مختلف چیست. با یافتن فاکتورهای استفاده از اینترنت می‌توان سهم مربوط به هر گروه کاربری را با توجه به آن سنجید.

طی مطالعات انجام گرفته، علل استفاده از اینترنت را در حالت کلی می‌توان به صورت مجموعه موارد زیر توصیف نمود:

دریافت اطلاعات، شبکه‌های اجتماعی، ارتباطات، انتقال فایل، دریافت اخبار، سرگرمی، تراکنش‌های اینترنتی، پولسازی، بازاریابی و آموزش برخط [۲۰].

کارهای مربوط به سرگرمی، ارتباطات، آموزش و بازار [۲۱]

ارسال و یا خواندن ایمیل، استفاده از موتورهای جستجو برای یافتن اطلاعات، دریافت اخبار، مسایل مربوط به علاقمندی‌ها، تفریح، تحقیق و پژوهش برای کارهای مربوط به شغل، آب و هوا، تحقیق در مورد کالا قبل از خرید، پیگردی اخبار و اطلاعات سیاسی یا انتخابات آینده [۲۲]

با توجه به موارد فوق و با در نظر گرفتن مورد مطالعه این تحقیق که یک سازمان آموزشی محسوب می‌شود، می‌توان معیارهایی را که با توجه به آنها اهمیت گروه‌های کاربری سنجیده می‌شود در سه زمینه زیر طبقه‌بندی نمود:

بازیابی[1] ۱ اطلاعات: بازیابی اطلاعات شامل جستجو و دستیابی به مقالات و مجلات علمی و دسترسی برای اهداف آموزشی

ارتباطات بلادرنگ۲ (و نزدیک به بلادرنگ - امن): ارتباطات متنی، صوتی و تصویری و فرآیندهایی که نیاز به پهنای باند مناسب دارند، مانند تعاملات بانکی که در آنها اطاله برقراری ارتباط، به معنی اختلال در ارتباط تلقی شده و فرآیند ملغی می‌شود. محدودیت های زمانی در برقراری یک جلسه۳ نیز به این موضوع مربوط می‌شوند برای مثال لزوم بارگذاری مقاله در یک سایت علمی برای ثبت آن ظرف زمان مشخص، که اگر پهنای باند کافی برای آن در نظر گرفته نشود ممکن است فرآیند به انجام نرسد.

ارتباطات: ارتباطات شامل ارسال و دریافت ایمیل، شرکت در شبکه‌های اجتماعی و هر گونه فعالیتی که منجر به برقراری رابطه با دیگران شود و همزمانی رابطه در آن مطرح نیست.

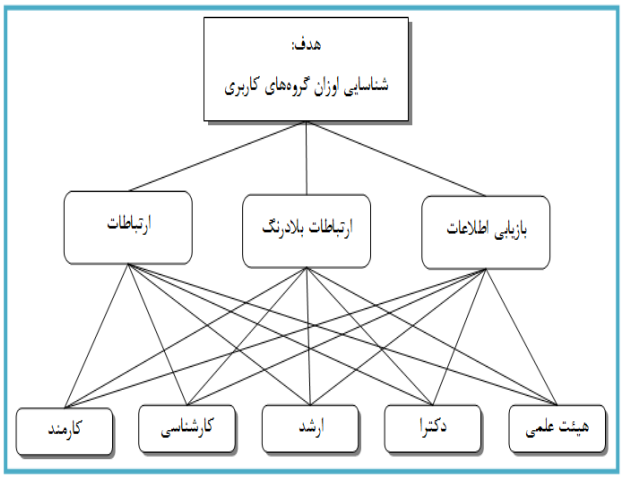
در ادامه، نحوه به دست آوردن وزن گروه‌های کاربری اینترنت در دانشگاه تبریز شرح می‌دهیم.

۴-۱- استخراج اوزان گروه‌های کاربری دانشگاه تبریز

در دانشگاه تبریز گروه‌های کاربری مختلفی برای استفاده از اینترنت به قرار زیر وجود دارد:

- هیات علمی (Academics)
- کارمند (Staff)
- دانشجویان دکترا (PHD Students)
- دانشجویان کارشناسی ارشد (MSc Students)
- دانشجویان کارشناسی (BSc Students)

[1] Retrieve
[2] Real Time Communication
[3] Session



شکل ۲: درخت سلسله مراتب تصمیم

اهمیت هر یک از گروه‌های کاربری باید با توجه به سه معیار کلی شناسایی شده در بخش قبلی به دست می‌آید. بدین منظور درخت سلسله مراتبی تصمیم به صورت شکل ۲ رسم شده است.

خبرگان مربوطه مدیر، معاون و کارشناس شبکه مرکز فناوری اطلاعات دانشگاه تبریز در نظر گرفته شدند و برای به دست آوردن نظر ایشان در مورد گروه‌های کاربری از پرسشنامه استفاده شد.

جداول مقایسه‌ای معیارها همچنین گروه‌ها نسبت به یکدیگربه همراه معیارها به خبره‌ها ارایه گردید. نمونه از این مقایسات در جدول ۲ مشاهده می‌گردد. به عنوان مثال در گروه X) Y /X نسبت به Y) یا برعکس، مورد مقایسه قرار گرفته شد.

جدول ۲: مقایسه گروه X نسبت به Y با در نظر گرفتن معیار ۱

ردیف	معیار ۱				نفر
*	گروه X / Y	✓	گروه Y / X		
۱	کارمند/هیات علمی		هیات علمی/کارمند		
۲	دکترا/هیات علمی		هیات علمی/دکترا		
۳	ارشد/هیات علمی		هیات علمی/ارشد		
۴	کارشناسی/هیات‌علمی		هیات علمی/کارشناسی		
۵	دکترا/کارمند		کارمند/دکترا		
۶	ارشد/کارمند		کارمند/ارشد		
۷	کارشناسی/کارمند		کارمند/کارشناسی		
۸	ارشد/دکترا		دکترا/ارشد		
۹	کارشناسی/دکترا		دکتری/کارشناسی		
۱۰	کارشناسی/ارشد		ارشد /کارشناسی		

از خبره‌ها خواسته شد تا از مقیاس‌های زبانی جدول ۳ جهت پاسخ‌گویی مقایسات در فیلد نظر استفاده کنند. پس از جمع‌آوری نظر ایشان در قالب مقیاس‌های زبانی، این مقیاس‌ها به اعداد فازی مثلثی معادل تبدیل شدند. قبل از ادامه کار نرخ سازگاری ماتریس‌های مقایسات زوجی فازی محاسبه و در صورتیکه نرخ‌های سازگاری به دست آمده بیشتر از ۰/۱ بودند [۱۸]، جداول مربوطه برای تجدید نظر به خبره بازگردانده شدند.

جدول ۳: مقیاس تبدیل اعداد فازی مثلثی

مقیاس زبانی	مقیاس عدد فازی مثلثی	مقیاس فازی مثلثی معکوس
دقیقا برابر	(1,1,1)	(1,1,1)
نسبتا با اهمیت (نسبتا مهم)	(1/2,1,3/2)	(3/2,2,2)
با اهمیت (مهم)	(1,3/2,2)	(1/2,2/3,1)
با اهمیت‌تر (مهمتر)	(3/2,2,5/2)	(2/5,1/2,2/3)
خیلی با اهمیت‌تر (خیلی مهمتر)	(2,5/2,3)	(1/3,2/5,1/2)
مطلقا با اهمیت (خیلی خیلی مهم)	(5/2,3,7/2)	(2/7,1/3,2/5)

پس از رسیدن به یک نرخ سازگاری مناسب (ناسازگاری کمتر از ۰/۱) با استفاده از مراحل ذکر شده برای فرآیند تحلیل سلسله مراتبی فازی روش تحلیل توسعه‌ای چانگ [۱۷، ۱۸، ۲۳] میانگین حسابی جداول مقایسه‌ای متناظر محاسبه شد و ادامه مراحل مربوطه به انجام رسید. کلیه مراحل لازم برای محاسبه نرخ‌های ناسازگاری و نتایج وزنی در نرم افزار MS Excel پیاده‌سازی شد. اوزان نهایی به دست آمده در آورده شده است.

جدول ۴: وزن‌های گروه‌های کاربری

معیارها / گروه‌ها	بازیابی اطلاعات	ارتباطات بلادرنگ	ارتباطات	وزن نهایی گروه‌ها
	0.340	0.439	0.221	
هیات علمی	0.165	0.279	0.278	0.240
کارمند	0.162	0.162	0.110	0.151
دکترا	0.176	0.241	0.290	0.300
ارشد	0.237	0.182	0.204	0.206
کارشناسی	0.258	0.136	0.117	0.174

۴-۲- شبیه‌سازی و مقایسه با روش HTB

برای مقایسه روش HTB و روش پیشنهادی WNA از طریق شبیه‌سازی، الگوریتم‌های مربوطه در نرم‌افزار Microsoft Visual Studio به زبان C# و با رعایت شرایط ذکر شده در بخش‌های قبلی پیاده‌سازی گردید.

برای شبیه‌سازی کارکرد روش جدید ارایه شده در توزیع و تخصیص پهنای باند اینترنتی سعی نمودیم ضمن ایجاد شرایط آغازی یکسان برای هر دو روش، داده‌های تصادفی قابل قبولی را به عنوان تعداد کاربران برخط همزمان، در پنج گروه‌کاری ذکر شده

در بخش ۴- تولید کنیم. ۱۰۰۰۰ نمونه موقعیت تصادفی برای هر دو روش مذکور با استفاده از نرم افزار تولید شد.

برای تحلیل عادلانه بودن روش‌ها (عدم پراکندگی زیاد در تخصیص‌ها)، برای هر گروه آزمون برابری دو واریانس با بکارگیری روش Levene's Test[1] از طریق نرم‌افزار آماری Minitab انجام گرفت.

فرض‌های مورد استفاده در این آزمون عبارتند از:

$$H_0: \frac{\delta^2_{htb}}{\delta^2_{wna}} = 1 \qquad H_1: \frac{\delta^2_{htb}}{\delta^2_{wna}} > 1 \qquad (11)$$

که در آن δ^2_{htb} واریانس تخصیص‌های روش HTB و δ^2_{wna} واریانس تخصیص‌های روش وزنی است. فرض صفر برابر بودن واریانس‌ها در مقابل فرض بزرگتر بودن واریانس در روش قبلی به روش جدید با سطح معنی‌داری α=۰/۰۵ رد و فرض مقابل پذیرفته شد. بدین معنی که روش ارایه شده توزیع عادلاتری از پهنای باند را با در نظر گرفتن اوزان بدست آمده برای گروه‌های کاربری نسبت به روش HTB دارد. در جدول ۵ نتایج آزمون دو واریانس برای همه گروه‌های مساله نشان داده شده است.

جدول ۵: واریانس گروه‌های مختلف با بکارگیری روش HTB و جدید

گروه	واریانس		تعداد نمونه
	روش HTB	روش WNA	
هیئت علمی	۱۰۶۶۴۵	۶۷۷۳	۷۹۳۷
دکترا	۱۲۱۵۵۳	۵۵۳۴	۸۰۷۶
ارشد	۵۳۴۴۷	۵۱۷۴	۷۹۲۹
کارشناسی	۵۴۱۲۰	۳۵۸۰	۸۰۷۲
کارمند	۴۴۶۴۲	۲۴۲۴	۷۹۸۶

مقادیر P-Value برای تمامی نتایج با در نظر گرفتن سطح معنی-داری مذکور برابر صفر گردید.

۵- بحث و نتیجه‌گیری

در این مقاله، با استفاده از نظر ذهنی خبرگان که در آن اهمیت گروه‌های کاربری سرویس‌گیرنده به دست می‌آید روشی جدید بر مبنای این اوزان را پیشنهاد دادیم. در این راستا، وزن کاربران مختلف با در نظر گرفتن شاخص‌های تصمیم‌گیری استخراج می-شود. تصمیم گیرنده که همان فرد خبره می‌باشد با استفاده از مقیاس‌های زبانی مقایسات زوجی را انجام می‌دهد، سپس با استفاده از تکنیک تحلیل سلسله‌مراتبی فازی اوزان نهایی به دست می‌آید. با به بکارگیری اوزان نهایی گروه‌های مختلف و در دست داشتن تعداد کاربران آنلان همزمان در هر یک از گروه‌های کاربری در بازه زمانی در نظر گرفته شده، سهم هر کاربر از پهنای باند در دسترس، برای بازه زمانی فعلی مشخص می‌شود. عملیات لازم جهت معتبر بودن جداول مقایسات زوجی و بررسی ناسازگاری آنها جهت استخراج وزن‌های گروه‌های کاربری مختلف نیز در این مقاله ارایه و برای مطالعه موردی نیز اعمال شد.

مشکلاتی که در مرسوم‌ترین روش تخصیص پهنای باند در بخش ۲-۲- ذکر گردید با بکارگیری این رویکرد مرتفع می‌شوند؛

با توجه به این که در این رویکرد به جای اولویت، اهمیت و به عبارت دیگر وزن کاربران در نظر گرفته می‌شود بنابراین زمانی که واریانس تعداد کاربران مختلف زیاد باشد، تخصیص به حالت خیلی زیاد یا خیلی کم صورت نمی‌گیرد بلکه هر کاربر به نسبت وزن خود سهمی از پهنای باند در دسترس را خواهد داشت. این موضوع انصاف را نیز رعایت می‌کند.

محاسبات قابل انجام توسط خود سیستم بوده و نیاز به مشخص کردن بیشینه مقدار و کمینه مقدار برای هر گروه کاربری مجزا نمی‌باشد. همچنین بازه زمانی که در روش جدید در نظر گرفته می‌شود تغییرات اخیر را در نظر می-گیرد و لازم به دخالت هفتگی، ماهانه و سالانه یا هر بازه طولاتی مدت توسط کاربر نمی-باشد.

عدم وابستگی به نرخ پهنای باند ورودی (همانگونه که در روش HTB برای محاسبه CIR نیاز بود) و کوتاه بودن بازه زمانی به روز آوری سهم گروهی نرمال کاربران و در نتیجه سهم خود کاربر از دیگر مزایای این رویکرد می‌باشد.

البته قابل ذکر است که این روش مهمترین مزیت HTB که همان به اشتراک گذاری پهنای باند است را نیز دارد و پهنای باند در دسترس به صورت عادلانه بین کاربران توزیع می‌گردد.

۵-۱- کاربرد

روش ارایه شده را می‌توان در سیستم‌هایی که نیاز به تخصیص و کنترل پهنای باند اینترنت برای کاربران وجود دارد و کاربران نسبت به یکدیگر دارای اولویت و اهمیت متفاوتی هستند به کار برد، با این رویکرد از بیشینه پهنای باند در دسترس استفاده بهینه می‌شود. به طور مثال، مراکزی که در جدول ۶ ذکر شده‌اند می‌توانند از روش مذکور بهره گیرند.

[1] با استفاده از این آزمون می‌توان نسبت واریانس‌های دو جامعه مختلف و مستقل از هم را آزمود.

جدول ۶: سازمان‌هایی که می‌توانند سیستم ارایه شده را بکار گیرند

نام سازمان	نوع استفاده
مخابرات زیرساخت	مدیریت و تخصیص پهنای‌باند برای گروه‌های مختلف کاربری
ISPها	مدیریت و تخصیص پهنای‌باند برای گروه‌های مختلف کاربری
دانشگاه‌ها	مدیریت و تخصیص پهنای باند برای گروه‌های مختلف کاربری (این سازمان‌ها هزینه ثابتی را به عنوان هزینه اشتراک پرداخت می‌کنند و هدفشان استفاده بهینه و حداکثر از پهنای باند دردسترس می‌باشد.)

۵-۲- پیشنهادات و کارهای آینده

تخصیص پویای وزن کاربران می‌تواند موضوع جالبی در زمینه تخصیص پویای پهنای باند باشد که در آن بایستی سیستم بتواند وزن گروه‌های کاربری را با پردازش‌های تکاملی یاد بگیرد. یافتن شاخص‌ها و پارامترهای تشخیص وزن گامی مهم در این زمینه به‌شمار می‌رود.

لازم به ذکر است، روش ارایه شده در تخصیص و مدیریت پهنای باند می‌تواند در هر مقوله‌ای که در آن ترافیک موضع بحث باشد به عنوان راهکار ارایه خدمات استفاده شود. نکته قوت این روش این است که هر سرویس‌گیرنده می‌تواند دارای وزنی باشد که ضریب سهم وی را از سرویس مشخص می‌کند.

سپاسگزاری

وظیفه خود می‌دانیم از زحمات شایسته و رهنمودهای اساتید عالیقدر گروه علوم کامپیوتر و همکاران عزیز مخصوصا آقایان دکتر جابر کریم‌پور و دکتر فرشاد فرهادنیا تقدیر و تشکر نماییم.

مراجع

[1] B. Hubert, Linux Advanced Routing & Traffic Control HOWTO, Netherlabs BV, 2002.

[2] D. G. Balan and D. A. Potorac, "Linux HTB Queuing Discipline Implementations," in Networked Digital Technologies, 2009. NDT '09. First International Conference on, Ostrava, 2009.

[3] *M*. Devera, "HTB Home," December 2003. [Online]. Available: http://luxik.cdi.cz/~devik/qos/htb/index.htm.

[4] M. Devera, "Hierachical token bucket theory," May 2002. [Online]. Available: http://luxik.cdi.cz/~devik/qos/htb/manual/theory.htm.

[5] L. Balliache, "HTB queuing discipline," August 2003. [Online]. Available: http://opalsoft.net/ qos/DS.htm.

[6] B. Hubert, T. Graf, G. Maxwell, R. Mook, M. Oosterhout, P. Schroeder, J. Spaans and P. Larroy, "Linux Advanced Routing & Traffic Control HOWTO," August 2003. [Online]. Available: http://lartc.org/lartc.ps.

[7] A. Brown, "Traffic Control using tcng and HTB HOWTO," April 2006. [Online]. Available: http://tldp.org/HOWTO/Traffic-Control-tcng-HTB-HOWTO/index.html.

[8] J. L. Valenzuela, A. Monleon, I. San Esteban, M. Portoles and O. Sallent, "A hierarchical token bucket algorithm to enhance Qos in IEEE 802.11: proposal, implementation and evaluation," in Vehicular Technology Conference, 2004.

[9] D. Ivancic, N. Hadjina and D. Basch, "Analysis of precision of the HTB packet scheduler," in Applied Electromagnetics and Communications, 2005. ICECom 2005. 18th International Conference on, Dubrovnik, 2005.

[10] M. a. d. Devera, "HTB 3 performance compared," [Online]. Available: http://luxik.cdi. cz/~devik /qos/htb/htb3perf/cbqhtb3perf.htm.

[11] R. G. Garroppo, S. Giordano, S. Lucetti and G. Risi, "A comparison of HTB based Channel-Aware Schedulers for 802.11 systems," in Wireless Internet, 2005. Proceedings. First International Conference on, 2005.

[12] "QoS-aware hierarchical token bucket (QHTB) queuing disciplines for QoS-guaranteed Diffserv provisioning with optimized bandwidth utilization and priority-based preemption," in The International Conference on Information Networking 2013 (ICOIN), IEEE, 2013, pp. 351-358.

[13] A. Kumar, S. Jain, U. Naik, A. Raghuraman, N. Kasinadhuni, E. C. Zermeno, S. C. Gunn, , J. Ai, C. Björn, S. M. Amarandei, M. Robin, A. Siganporia, S. Stuart and A. Vahdat, "BwE: Flexible, Hierarchical Bandwidth Allocation for WAN Distributed Computing," in Proceedings of the 2015 ACM Conference on Special Interest Group on Data Communication, ACM, 2015, pp. 1-14.

[14] "Manual: HTB," MikroTik. [Online]. [Accessed 15 March 2011].

[15] www.ipoque.com, "Bandwidth Management Solutions for Network Operators - White Paper," 2008. [Online]. Available: http://www.ipoque.com/sites/default/files/mediafiles/documents/white-paper-bandwidth-management-operators.pdf.

[16] Y.-M. Wang, Y. Luo and Z. Hua, "On the extent analysis method for fuzzy AHP and its applications," European Journal of Operational Research, vol. 186, no. 2, pp. 735-747, 2008.

[۱۷] ع. آذر و ح. فرجی، علم مدیریت فازی، تهران: موسسه کتاب مهربان نشر، ۱۳۸۶.

[۱۸] س. م. زنجیرچی، فرآیند تحلیل سلسله مراتب فازی، تهران: انتشارات صانعی شهمیرزادی، ۱۳۹۰.

[19] O. Gogus and T. O. Boucher, "A consistency test for rational weights in multi-criterion decision analysis with fuzzy pairwise comparisons," Fuzzy Sets and Systems, vol. 86, no. 2, pp. 129 - 138, 1997.

[20] Himanshu, "10 reasons why people use internet," 4 Novenmber 2009. [Online]. Available: http://www.blogtechnika.com/10-reasons-why-people-use-internet. [Accessed 1 June 2011].

[21] R. Kraut, V. Lundmark, S. Kiesler, T. Mukhopadhyay and W. Scherlis, "Why People Use the Internet," Human-Computer Interaction Institute, [Online]. Available: http://homenet. hcii.cs.cmu.edu/progress/purpose.html. [Accessed 10 January 2011].

[22] "Daily Internet Activities," Pearson Education, Inc, 2008. [Online]. Available: http://www.infoplease.com/ipa/A0921860.html. [Accessed 1 June 2011].

[23] T. Demirel, N. Ç. Demirel and C. Kahraman, "FUZZY ANALYTIC HIERARCHY PROCESS AND ITS APPLICATION," in FUZZY MULTI-CRITERIA DECISION MAKING -- Theory and Applications with Recent Developments, vol. 16, Istanbul, Springer, 2008.

Dynamic Internet bandwidth allocation for users with Fuzzy AHP

Zolfaghar Salmanian[1*], Ayaz Isazadeh[2] , Ahmad Assadzadeh[3]
1*- Corresponding Author: Department of Computer Science, University of Tabriz, 29 Bahman Blvd, Tabriz, Iran.
2- Department of Computer Science, University of Tabriz, 29 Bahman Blvd, Tabriz, Iran.
3-Department of Economics, University of Tabriz, 29 Bahman Blvd, Tabriz, Iran.
[1*]salmanian@tabrizu.ac.ir, [2] isazadeh@tabrizu.ac.ir, [3]assadzadeh@tabrizu.ac.ir

Abstract- There are several ways for bandwidth allocation for users acting based on policy of network administrators in computer networks. Due to the diversity of users and so amount of bandwidth usage per user, providing suitable bandwidth rate to meet their needs in various situations play an important role in terms of performance and implementation of bandwidth management systems. In this paper, we propose a dynamic and balanced approach, called normal weight allocation for determining amount of bandwidth for each user taking into account the importance of user in caomparision with other online concurrent users. In this regard, to obtain a user weight as the importance of user, we apply Fuzzy AHP technique for eliciting indecisive expert ideas. Ease of implementation and taking the advantage of maximal usage of available bandwidth are the features of the proposed approach.

Keywords- Internet Bandwidth, Bangwidth Management, Fuzzy AHP Technique, Computer Networks.