اولین کنفرانس بین المللی و ششمین کنفرانس ملی کامپیوتر،
فناوری اطلاعات و کاربردهای هوش مصنوعی
۱۳اسفندماه۱۴۰۱

الگوریتم مسیریابی فازی جدید Fuzzy EIGRP

استادیار، دانشکده فناوری اطلاعات و مهندسی کامپیوتر، گروه مهندسی کامپیوتر،
دانشگاه شهید مدنی آذربایجان، heydarian@azaruniv.ac.ir

چکیده

امروزه الگوریتم های مسیریابی یکی از ابزارهای مهم برای رفع چالش های انتقال داده در شبکه های کامپیوتری نظیر اینترنت اشیا، شبکه های اجتماعی، شبکه های چند رسانه ای و غیره هستند. دسته مهمی از این الگورتم ها نظیر EIGRP از نسل الگوریتم های هیبریدی چند معیاری بوده که اکنون برای ارتقا کیفیت خدمات دهی در شبکه های مبتنی بر IP استفاده می شوند. علی رغم سازگاری بی نظیر EIGRP با نیازمندی های نوین شبکه های کامپیوتری، همچنان این الگوریتم از نقاط ضعف متعددی رنج می برد. متاسفانه الگوریتم EIGRP در مسیرهای با اتصالات مشترک برای انتقال پیامهای بزرگ، منابع شبکه را هدر داده و زمان انتقال پیامها را افزایش می دهد. این مقاله تلاش می کند در کنار دو پارامتر پهنای باند و تاخیر مسیرها، با ارایه یک منطق فازی، دو پارامتر اندازه پیام و تعداد اتصالات مشترک را نیز با اعداد فازی مثلثیمدلسازی کرده و عملکرد این الگوریتم را ارتقا دهد. الگوریتم جدید، Fuzzy EIGRP، به مسیرهایی که اتصالات مشترک کمتر، پهنای باند بیشتر و تاخیر کمتری دارند، پیامهای بزرگتری را تخصیص می دهد. شبیه سازی های کامپیوتری نشان می دهند میانگین زمان انتقال و کارایی روش Fuzzy EIGRP به مقدار قابل توجهی بهتر از روش EIGRP است.

واژه های کلیدی: اعداد فازی مثلثی، مسیریابی، الگوریتم EIGRP، کیفیت خدمات دهی، زمان انتقال پیام

۱ -مقدمه

ابتدا پروتکل EIGRP و نقاط ضعف آن را مطالعه خواهیم کرد. پروتکل EIGRP مبتنی بر استاندارد طرح شده در سند RFC 7868 ارایه شده است و آخرین نسخه آن در May 2016 مورد موافقت قرار گرفته و امروزه در گروهها و فناوری های مختلف و متنوع شبکه کاربرد داشته و یکی از مهمترین پروتکل های مسیریابی در شبکه های اینترنت و سایر شبکه های نوین است.

۱ ۱ -اصطلاحات و عملکرد EIGRP

الگوریتم مسیریابی Enhanced Interior Gateway Routing Protocol (EIGRP) یک الگوریتم چند معیاری یعنی Composite Metric است که بر اساس معیارها یا پارامترهای Delay، Bandwidth، Load و Reliability عمل می کند که طبق رابطه زیر تعریف و محاسبه می شوند [1,2]:

$$\text{Metric} = \left[\left(\text{K1} \times \frac{10^7}{\text{MinBW}} + \frac{\text{K2} \times \text{MinBW}}{256 - \text{Load}} + \text{K3} \times \sum \text{delay}\right) \times \frac{\text{K5}}{\text{K4} + \text{Reliability}}\right] \times 256 \quad (1)$$

برای محاسبه مقدار Metric در یک مسیر بین یک مبدا و یک مقصد، معیارهای فوق به شرح زیر تعریف می شوند:
MinBW: کمترین پهنای باند قابل دسترس در اتصالات آن مسیر بوده و در واحد مگا بیت بر ثانیه Mbps محاسبه می شود.

Load: عددی بین ۱ الی ۲۵۵ است که مقدار ۲۵۵ نشان می دهد مسیر کاملا اشباع شده است و عدد ۱ نیز نشان می دهد که مسیر هنوز ترافیکی را از خود عبور نمی دهد.
delay: تاخیر انتشار سرتاسری در یک اتصال از مسیر است. توجهشود که در رابطه فوق، مجموع تاخیر اتصالات مسیر باید محاسبه و اعمال شود و بر حسب میکرو ثانیه در نظر گرفته می شود.
Reliability: به مفهوم اطمینان پذیری مسیر است که مبتنی بر نرخ گم شدن بسته ها و کیفیت اتصالات در مسیر مورد نظر است و به صورت کسری از ۲۵۵ محاسبه و منظور می شود. . اگر مقدار آن برابر با 255/255 یعنی ۱ باشد، مسیر کاملا ایمن است و نرخ گم شدن بسته بسیار ناچیز است. به همین ترتیب مقدار 229/255 یا 0.90 درصد، نرخ پایین تری از اطمینان را در مسیر نمایش می دهد. مقدار Reliability برای یک مسیر، توسط مولفه های شبکه از قبل محاسبه و مشخص می شود و EIGRP فقط آن را به کار می برد.
لذا EIGRP از بین چند مسیر قابل دسترس بین یک مبدا و یک مقصد، مسیری را انتخاب می کند که مقدار Metric آن کمترین باشد.
ضرایب K نیز برای تعیین اهمیت و اولویت معیارها و مقیاس دهی آنها به کار می روند. به عنوان مثال در رابطه بالا هر چه قدر مقدار MinBW در یک مسیر بیشتر باشد، مقدار Metric برای آن مسیر کوچکتر شده و شانس آن مسیر برای انتخاب شدن جهت انتقال بسته ها بیشتر می شود. حال اگر ضریب K1 را کاهش دهیم، از اهمیت پهنای باند کاسته می شود و این مسیر شانس بزرگترش در رقابت بین سایر مسیرها برای انتخاب شدن را از دست می دهد. اگر ضریب K1 را برابر با صفر بگیریم، کلا معیار پهنای باند در رقابت بین مسیرها حذف خواهد شد. ضرایب K مانند متغیرهای کنترلی عمل می کنند و باعث می شوند الگوریتم EIGRP بتواند سیاستهای ترافیکی و مسیریابی را ادغام کرده و متناسب با شرایط ترافیکی حاکم، مسیرهای متفاوتی را برای انتقال بسته ها انتخاب کند[1,2].
معمولا به دلیل اینکه سیاستهای ترافیکی اخذ شده در همه شرایط قابل اعمال نیستند و همچنین به دلیل اینکه استفاده از همه پارمترهای K، پیچیدگی زیادی را مسیریابی و مهندسی ترافیک اعمال میکند، لذا معمولا ضرایب K را طوری مقداردهی میکنند که فقط ۲ معیار پهنای باند و تاخیر به شکل زیر در مسیریابی اعمال می شوند[3,4]:

مفهوم متریک فوق این است که مسیری به عنوان بهترین مسیر توسط EIGRP انتخاب می شود که پهنای باند قابل دسترس در آن مسیر نسبت به سایر مسیرها بیشترین و مجموع تاخیر در سرتاسر آن مسیر نیز کمترین باشد. الگوریتم EIGRP یک الگوریتم مسیریابی پویا بوده و از هر دو ویژگی Link State و Distance Vector بهره می برد. لذا به همه مسیرهای بین دو راس از شبکه دسترسی داشته و نیز برای انتقال بستهها در طول مسیر منتخب، اطلاعات توپولوژی شبکه را به صورت لازم با الگوریتم Diffusing Update Algorithm (DUAL) در هر گره بروز رسانی می کند.

در EIGRP به منظور اجرای پروتکل، پیام های زیر بین گره های شبکه تبادل می شود:

Hello: جهت شناسایی همسایه‌های یک گره و همچنین به عنوان مکانیزم اعلام فعال بودن یک گره.

Update: ارسال اطلاعات مربوط به جدول مسیریابی به سایر گره های همسایه.

Query: اراسال درخواست به گره های دیگر برای یک مسیر خاص.

Reply: پاسخ به درخواست گره های دیگر ومربوط به مسیر خاص.

acknowledge (ACK): تایید دریافت Update و ایجاد اطمینان از دریافت کامل بسته توسط مقصد.

نقش پیامهای فوق در تبادل اطلاعات بین دو گره A و B در شبکه به شرح زیر است:

روتر A روی تمام اینترفیس های خود یک Hello ارسال می کند. سپس روتر B این پیغام را دریافت می کند و یک Hello به همراه یک Update که شامل اطلاعات جدول مسیریابی خود است را بر می گرداند. روتر A نیز در پاسخ، مجددا یک پیام ACK ارسال می کند. در ادامه روتر A یک Update حاوی اطلاعات جدول مسیریابی خود را به B ارسال می کند. در پایان نیز روتر B یک پیام ACK به A ارسال می کند.

پروتکل EIGRP همواره اطلاعات مهمی را در سه جدول زیر نگهداری می کند:

Neighbor: شامل لیست همسایه های یک گره است.

Topology: مسیرهایی که می توانند جایگزین بهترین مسیر شوند در این جدول قرار می گیرند.

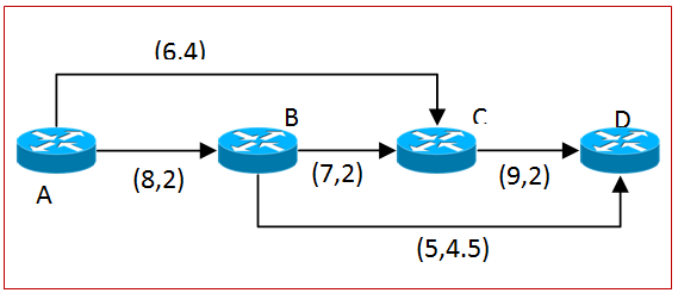
Routing: بهترین مسیر که شامل بهترین مقدار Metric است در این جدول قرار می گیرد.

پروتکل EIGRP پس از اینکه توپولوژی شبکه و مسیرها را در گره های خود بروزرسانی می کند، مطابق با درخواست کاربران برای انتقال داده از یک مبدا به یک مقصد و نیز با توجه به محاسبه Metric، مسیر مناسب بین مبدا و مقصد را تشکیل داده و عمل هدایت بسته ها از مبدا به مقصد را عملیاتی خواهد کرد و پس از اتمام انتقال بسته ها، مسیر مورد نظر را لغو خواهد کرد [1,2]. پروتکل EIGRP امروزه بسیار مهم و پرکاربد است [5]. امروزه بازسازی متریک ها و معیارهای مسیریابی در پروتکل های مهم شبکه از ضروریات است و محققین در این راستا تلاش زیادی انجام می دهند [7]. در اینت مقاله نیز تلاش می شود با استفاده از معیارها و منطق فازی، عملکرد معیارها و پارامترهای الگوریتم EIGRP ارتقا یافته و یک نسخه جدید از آن ارایه شود.

۱ ۲ -نقاط ضعف EIGRP

ما در این پژوهش فرض میکنیم نرخ گم شدن بسته ها در اتصالات شبکه صفر است لذا از معیار Reliability و ضرایب K4 و K5 صرف نظر میکنیم. همچنین فرض میکنیم در یک مسیر انتخاب شده با کمترین مقدار Metric، مجاز هستیم همه MinBW را استفاده کنیم (یعنی همواره فرض میکنیم Load=1 و K2=0 است). در اینصورت از تغییرات معیار Load و ضریب K2 نیز صرف نظر می کنیم. لذا در این تحقیق بر روی متریک مطرح شده در رابطه (۲) و نقاط ضعف آن تمرکز خواهیم کرد و تحلیل جمعی پارامترها و متریک رابطه (۱) و ارتقای آن را به تحقیقات بعدی واگذار خواهیم کرد.

شکل ۱ توپولوژی یک شبکه با ۴ مسیر را نمایش می دهد. هر اتصال یا لینک وزنی به شکل (bandwidth,delay) دارد. مقدار bandwidth با مقیاس Mbps و مقدار delay هم با مقیاس میکرو ثانیه است. گره A را مبدا و گره D را به عنوان مقصد در نظر می گیریم. فرض می کنیم سه پیام به اندازه D1=11.25Mb، D2=11.25Mb و D3=11.25Mb قرار است طی ۳ نشست انتقال داده از A به D منتقل شوند. واحد پهنای باند در متریک رابطه (۲) به صورت ضریبی از kbps و واحد تاخیر نیز به صورت ضریبی از ۱۰ میکرو ثانیه است.



شکل ۱: شبکه ای شامل ۴ راس و سه مسیرکه هر لینک یک وزن به صورت (bandwidth,delay) دارد. پهنای باند در واحد Mbps و تاخیر هم در واحد میلی ثانیه محاسبه شده است.

در این شکل ۳ مسیر زیر وجود دارد: مسیر اول P1=ACD، مسیر دوم P2=ABCD و مسیر سوم هم P2=ABD است. مقدار Metric را برای هر سه مسیر محاسبه می کنیم:

$$M1 = \left(\frac{10^7}{6\times10^3} + 400 + 200\right) \times 256 = 580096$$

$$M2 = \left(\frac{10^7}{7\times10^3} + 200 + 200 + 200\right) \times 256 = 519296$$

$$M3 = \left(\frac{10^7}{5\times10^3} + 200 + 450\right) \times 256 = 678400$$

لذا مسیر P2 با کمترین مقدار Metric به عنوان اولین مسیر بین مبدا A و مقصد D انتخاب می شود. در اینصورت به دلیل اینکه مسیر P2 از پهنای باتد شبکه استفاده می کند، پهنای باند اتصالات مسیر به صورت زیر تغییر خواهد کرد: AB=(1,2)، BC=(0,2) و CD=(2,2). مشاهده می شود پهنای باند اتصال BC به صفر رسیده و دو اتصال AB و CD نیز به اتصال تنگنا با پهنای باند بسیار کم تبدیل می شوند. در صورتیکه بخواهیم مجددا بین مبدا A و مقصد B مجددا یک نشست انتقال داده تشکیل دهیم: مسیر بعدی بر اساس متریک های زیر تعیین خواهد شد:

$$M1 = \left(\frac{10^7}{2\times10^3} + 400 + 200\right) \times 256 = 1433600$$

$$M3 = \left(\frac{10^7}{1\times10^3} + 200 + 450\right) \times 256 = 2736400$$

مشاهده می شود کاهش پهنای باند در دو مسیر P1 و P3 باعث افزایش زیاد متریک های این دو مسیر می شود و این بار مسیر P1 برای نشست دوم انتخاب خواهد شد. مسیر P3 نیز برای نشست سوم قابل تخصیص خواهد بود.

مدت زمانی که طول می کشد تا پیام به حجم D از مسیر P عبور کند عبارت است از[6]:

$$T(P) = \sum \text{delay} + \left[\frac{D}{MinBW}\right] - 1 \qquad (3)$$

طبق رابطه (3)، زمان لازم برای عبور داده های D1، D2 و D3 از مسیرهای P1، P2 و P3 عبارت است از:

$$T(P2) = 6000\mu s + \left(\frac{90 \times 10^6 bit}{6 \times 10^6 bps}\right) = 21000\mu s = 21s$$

$$T(P1) = 6000\mu s + \left(\frac{90 \times 10^6 bit}{2 \times 10^6 bps}\right) = 51000\mu s = 51s$$

$$T(P3) = 6500\mu s + \left(\frac{90 \times 10^6 bit}{1 \times 10^6 bps}\right) = 96500\mu s = 96.5s$$

مشاهده می شود انتقال 90Mbit داده در مسیر P2 پس از ۲۱ ثانیه و در مسیر P1 پس از ۵۱ ثانیه و در مسیر P3 نیز پس از ۹۶.۵ ثانیه به پایان می رسد که نسبتا مدت زمانهای طولانی محسوب می وند.

در یک سناریوی دیگر می توان فرض کرد ابتدا دو نشست P1 و P3 انجام شوند و سپس نشست P2 بر اساس پهنای باند باقی مانده اجرا شود. دلیل پیشنهاد این سناریو این است که دو مسیر P1 و P3 با مسیر P2 اتصال مشترکی ندارند لذا اجرای آنها مسیر P2 را با اتصال تنگنای شدید مواجه نمی کند. پس از اجرای P1 و P2، در مسیر P3 دو اتصال AB=(3,2) و CD=(3,2) به اتصالات جدیدی تبدیل خواهند شد که مشاهده می شود حداقل پهنای باند آن 3Mbps است و چندان هم اتصال تنگنا نیست. زمان انتقال داده ها در این سناریوی جدید عبارتند از:

$$T(P1) = 6000\mu s + \left(\frac{90 \times 10^6 bit}{6 \times 10^6 bps}\right) = 21000\mu s = 21s$$

$$T(P2) = 6000\mu s + \left(\frac{90 \times 10^6 bit}{3 \times 10^6 bps}\right) = 36000\mu s = 36s$$

$$T(P3) = 6500\mu s + \left(\frac{90 \times 10^6 bit}{5 \times 10^6 bps}\right) = 24500\mu s = 24.5s$$

مشاهده می شود در این سناریو، انتقال داده در هر سه مسیر حداکثر در ۳۶ ثانیه به اتمام خواهد رسید. این در حالی است که در سناریو اول، انتخاب مسیر P2 به عنوان اولین مسیر، مزاحمت شدیدی برای دو مسیر دیگر شبکه ایجاد کرد که دلیل آن این است که مسیر P2 با دو مسیر دیگر لینکهای اشتراکی زیاد و موثری دارد که در صورت به کار گرفته شدن می توانند اتصال تنگنا ایجاد کنند. میانگین زمان انتقال برای هر سه انتقال در دو سناریوی اول و دوم به ترتیب عبارتند از: 56s و 27s. لذا مشاهده می شود روش EIGRP درک مناسبی از اندازه پیام و تعداد لینکهای مشترک بین مسیرها ندارد و این موضوع می تواند روی زمان انتقال و کارایی آن اثر نامطلوبی داشته باشد. در ادامه این مقاله برای رفع این نقطه ضعف در پروتکل EIGRP، یک مدل فازی مبتنی بر یک منطق فازی جدید ارایه خواهیم کرد تا تشکیل شدن اتصالات تنگنا در EIGRP را کاهش دهد.

۲ -روش جدید: EIGRP فازی

در این بخش مراحل زیر انجام خواهد شد:

۱ - فازی سازی متغیرها Fuzzifier: پهنای باند قابل دسترس MinBW، تاخیر Delay، و حجم پیام Message و تعداد لینکهای مشترک مسیر انتخاب شده با بقیه مسیرها یعنی LinkC فازی سازی خواهند شد.

۲ - منطق فازی Fuzzy Logic: لازم هست برای تصمیم گیری در خصوص انتخاب بهترین مسیر، قوانین فازی اعمال شود که در جدول۱ درج خواهند شد.

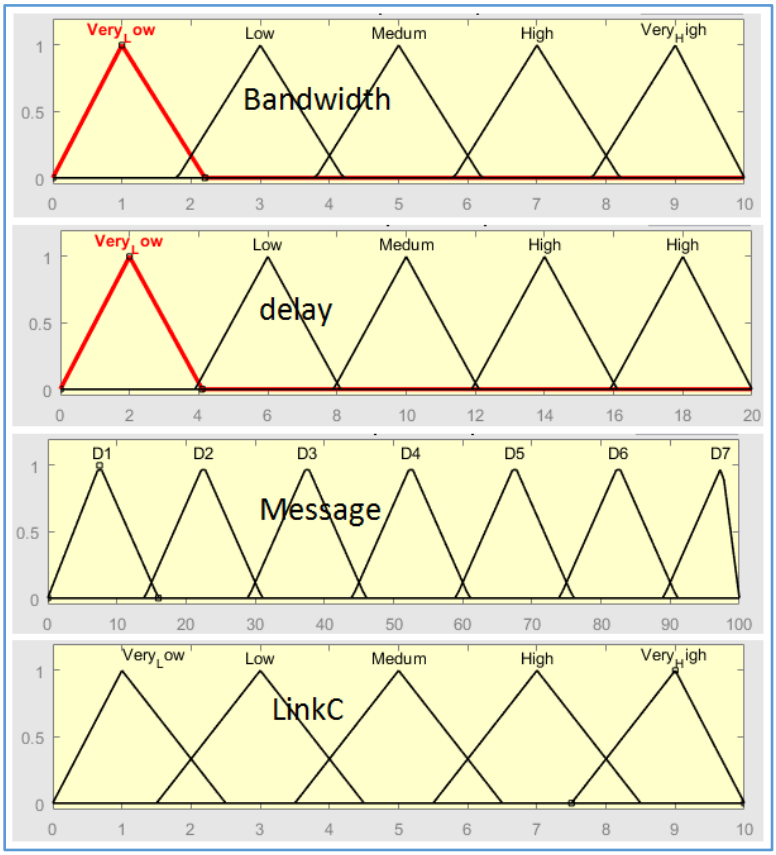
۳ - دیفازی سازی نتایج Defuzzyfier: مجددا نتایج به دست آمده باید به صورت اعداد حقیقی بر روی مسیرها قابل اعمال باشد

۴ - بروزرسانی توپولوژی شبکه و مسیرها

۲ ۱ -فازی سازی متغیرها

شکل زیر فازی سازی متغیرها یا معیارها را نشان می دهد:

هنگام محاسبه مقدار Metric برای یک مسیر، علاوه برمقدار MinBW، delay و اندازه پیامی که باید از طریق مسیر منتقل شود (معیار Message)، تعداد لینکهای مشترک مسیر با سایر مسیرهای کاندیدا هم محاسبه می شود و معیار LinkC نامیده می شود. شکل ۲ مقادیر فازی معیارها را نمایش می دهد. مقادیر فازی از نوع اعداد مثلثی هستند. برای فازی سازی و تولید قوانین فازی و همچنین برای انجام شبیه سازی، از ابزار Fuzzy نرم افزار Matlab استفاده شده است.



شکل ۲: فازی سازی معیارهای پهنای باند، تاخیر، اندازه پیام و تعداد لینک مشترک مسیر مورد بررسی با سایر مسیرها. اندازه یک پیام مقداری بین ۱ تا ۱۰۰ مگا بایت است. مقدار تاخیر هر اتصال عددی بین ۱ تا ۲۰ دهم ثانیه است. پهنای باند هر اتصال عددی بین ۱ تا ۱۰ مگا بیت بر ثانیه است.

۲ ۴ -جدول Fuzzy Logic

قوانین فازی برای اجرای تصمیمات مهم است و طبق این جدول، قوانین فازی تعیین و اجرا می شوند. در واقع بر اساس این جدول، الگوریتم Fuzzy EIGRP تصمیماتی را اخذ می کند که با تصمیات الگوریتم EIGRP متفاوت بوده و اولویتهای متفاوتی دارد. در این اولویتها، به وضوح تاثیرگذاری اندازه پیام و تعداد لینکهای مشترک بر مسیرهای انتخاب شونده قابل مشاهده است.

جدول ۱: قواعد فازی برای اولویت دهی به مسیری که Metric آن در حال محاسبه است. پنج اولویت P1 الی P5 وجود دارد که بالاترین آن P1 است. حرف V به معنای Very، حرف L به معنای Low، حرف H به معنای High و حرف M هم به معنای Medium است. محدوده های فازی اندازه پیام هم به صورت D1 الی D7 تعریف شده است

MinBW	delay	Message	LinkC	Path Periority
VH-VL	VL-VH	D1-D7	VH	P5
VH-H	VL-L	D1-D2	High	P4
VH-H	VL-L	D1-D3	Medum	P3
VH-M	VL-M	D1-D4	L	P2
M-VL	M-VL	D1-D5	L	P2
VH-VL	VL-VH	D1-D7	VL	P1

سطر اول در جدول ۱ نشان می دهد اگر تعداد لینک های مشترک مسیر کاندیدا با مسیرهای دیگر Very High باشد، صرف نظر از اینکه چه پهنای باند یا تاخیر یا پیامی دارد، مسیر در اولویت پنجم برای استفاده قرار خواهد گرفت و به جدول مسیرهای پشتیبان EIGRP ارسال خواهد شد. اگر مسیرهای با اولویت بالاتر مثل P2 الی P4 موجود نباشند، مسیرهای با اولویت کمتر مثل P5 می تواند استفاده شود.
سطر آخر در جدول ۱ نشان می دهد اگر تعداد اتصالات مشترک مسیر کاندیدا با مسیرهای دیگر Very Low باشد، صرف نظر از اندازه پیام و مقدار تاخیر و مقدار پهنای باند، اولویت مسیر P1 بوده و همان روش EIGRP با متریک ذکر شده در رابطه (1) به کار خواهد رفت. سایر سطرها نیز بر اساس وضعیت LinkC، Bandwidth، delay و Message مقدار Path Priority را محاسبه می کنند. توجه شود در روش EIGRP، تعداد اولویتها ۵ عدد نیست و فقط بر اساس مقدار متریک در رابطه (1) مسیر کاندیدا محاسبه و تعیین می شود. اما در روش Fuzzy EIGRP، ۵ عدد اولویت تعیین می شود و در نتیجه مسیر کاندیدا و اولویت آن با مسیر کاندیدا در EIGRP متفاوت خواهد بود.

۲ ۳ -شبیه سازی و نتایج

برای انجام شبیه سازی و مقایسه دو روش EIGRP و Fuzzy EIGRP، ابتدا توپولوژی شبکه را به روش زیر تولید می کنیم:

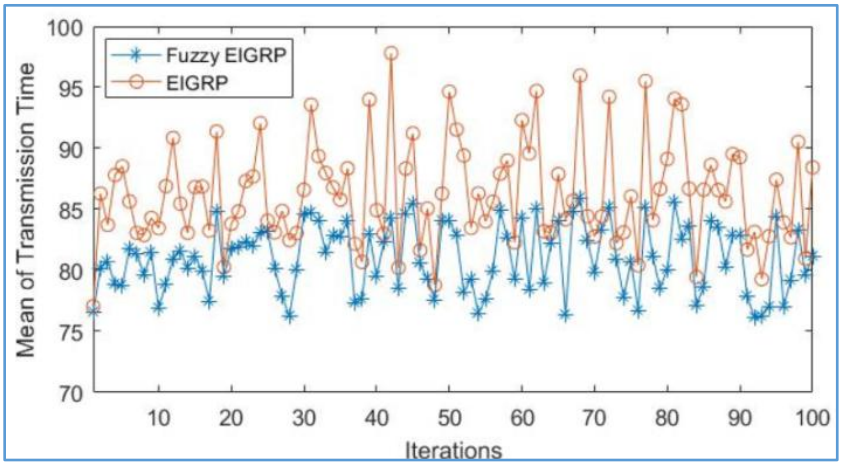
۱ - توپولوژی ۱۲۰ گره دارد که بر روی نقاط مشبک شامل ۸ سطر و ۱۲۰ ستون قرار گرفته اند.
۲ - اتصالات بین گره ها به صورت تصادفی تولید می شود و درجه هر گره حداقل ۲ و حداکثر ۵ است.
۳ - هر گره حداکثر می تواند به گره های ۲ ستون قبل و بعد از ستون خودش متصل شود.
۴ - مقدار تاخیر و پهنای باند هر لینک و اندازه هر پیام در محدوده ارایه شده فازی طبق مقادیر و قوانین شکل ۲ می تواند به صورت تصادفی تولید شود.
۵ - مبدا و مقصد به صورت تصادفی انتخاب می شوند اما باید بین آنها حداقل ۱۰ ستون فاصله باشد.
۶ - توپولوژی شبکه متصل است و ۴۵۰ عدد اتصال دارد.
۷ - در یک مسیریابی بین یک مبدا و یک مقصد، حداکثر ۸ مسیر کاندیدا برای محاسبه Metric ها در نظر گرفته می شود. اولین مسیر کاندیدا همان کوتاهترین مسیر است و ۷ مسیر کاندیدای دیگر نیز طولشان از کوتاهترین مسیر فقط ۸ اتصال می تواند بیشتر باشد.

شبیه سازی در محیط Matlab انجام می شود و از ابزار گراف در Matlab استفاده می کنیم. این ابزار همه دستورات لازم برای تولید توپولوژی شبکه، تخصیص پهنای باند و محاسبه تاخیر را دارد. همچنین این ابزار دستورات لازم برای محاسبه کوتاهترین مسیرها و سایر محاسبات مبتنی بر توپولوژی شبکه را دارد.

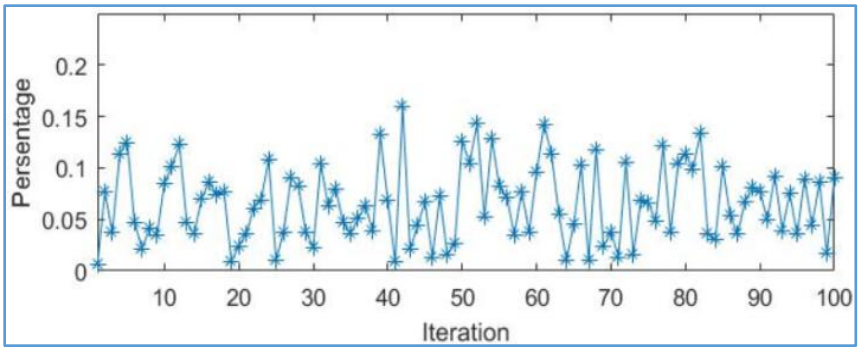
پس از تولید توپولوژی شبکه، با استفاده از شبیه سازی، برای هر مجموعه از مسیرهای انتخاب شده بین یک مبدا و یک مقصد، الگوریتم های EIGRP و Fuzzy EIGRP را اعمال می کنیم و مدت زمان لازم برای انتقال پیام را محاسبه می کنیم. طول پیام برای هر دو الگوریتم یکسان خواهد بود که تصادفی تولید می شود.

در گام اول، ۳۰ جفت مبدا و مقصد را به صورت تصادفی انتخاب می کنیم و زمان لازم برای انتقال پیام را برای هر دو الگوریتم محاسبه می کنیم. میانگین زمانهای انتقال برای هر الگوریتم را در این ۳۰ انتقال به دست می آوریم.

محاسبات بالا را ۱۰۰ بار اجرا می کنیم تا ۱۰۰ جفت میانگین حاصل شود. مقادیر این صد جفت میانکین در شکل زیر دیده می شود.



شکل ۳ : میانگین زمان انتقال برای الگوریتم EIGEP و Fuzzy EIGRP.



شکل ۴: درصد بهبود میانگین زمان انتقال الگوریتم Fuzzy EIGRP نسبت به الگوریتم EIGRP

الگوریتم Fuzzy EIGRP به ازای توپولوژی شبکه شامل ۱۲۰ گره و ۴۵۰ اتصال و نیز به ازای اندازه پیام یکسان در هر انتقال، در مقایسه با الگوریتم EIGRP، میانگین انتقال داده را در ۳۰ بار تکرار، به اندازه ۳ الی ۲۰ درصد بهبود می بخشد که میانگین کل در بهبود زمان انتقال نیز تقریبا ۶ درصد خواهد بود (شکل ۳ و شکل ۴).

۳ -نتیجه گیری

الگوریتم مسیریابی EIGRP یک الگوریتم ترکیبی از دو رویکرد مهم Link state و Distance vector در شبکه های کامپوتری به ویژه اینترنت است. این الگوریتم برای تعیین بهترین مسیر بین مبدا و مقصد از دو معیار متمایز پهنای باند و تاخیر مسیر استفاده می کند به طوریکه مسیرهای با کمترین تاخیر و بیشترین پهنای باند را بین مبدا و مقصد محاسبه و برقرار می کند. معهمترین نقطه ضعف این الگوریتم، عدم توجه آن به اندازه پیام و تعداد لینک های مشترک مسیر انتخاب شده با سایر مسیرها است. لذا در این الگوریتم، مسیر انتخاب شده می تواند اتصالات تنگنا تولید کرده و مسیرهای دیگر را با کاهش پهنای باند و افزایش زمان انتقال مواجه کند. در این تحقیق ما با استفاده از فازی سازی پارامترهای پهنای باند، تاخیر، اندازه پیام و تعداد اتصالات مشترک مسیر انتخاب شده EIGRP با سایر مسیرهای دیگر، یک نسخه فازی جدید از این الگوریتم ارایه کردیم و زمان انتقال داده آن را در یک نشست انتقال تا ۲۰ درصد کاهش دادیم. میانگین کل در زمان انتقال داده نیز تا ۶ درصد بهبود یافت. در واقع الگوریتم Fuzzy EIGRP سعی میکند ضمن اعمال معیارهای EIGRP و نیز اعمال دو پارامتر جدید دیگر (اندازه پیام و تعداد لینکهای مشترک مسیرها)، مسیرهایی را انتخاب کند که سرعت انتقال داده بیشتر و کارایی بیشتری داشته باشند.

مراجع

[1] Atif Manzoor, Muzammil Hussain., "Performance Analysis and Route Optimization: Redistribution between EIGRP, OSPF & BGP Routing Protocols ", Computer Standards & Interfaces, Vol. 68, pp. 68-89, 2020.
[2] Dale Liu, Brian Barber, LuigiDi Grande, Implementing the EIGRP, Cisco CCNA/CCENT Exam 640-802, 640-822, 640-816 Preparation Kit, 2009.
[3] Adrián Riesco, AlbertoVerdejo, "Implementing and analyzing in Maude the Enhanced Interior Gateway Routing Protocol", Electronic Notes in Theoretical Computer Science, Volume 238, Issue 3, Pages 249-266, 2009.
[4] Gianlorenzo Angeloa, Mattia Emidio, "A loop-free shortest-path routing algorithm for dynamic networks", Theoretical Computer Science, Volume 516, Pages 1-19, 2014.
[5] Kashif Naseer, Qureshi1 RazaHussain, "A Distributed Software Defined Networking Model to Improve the Scalability and Quality of Services for Flexible Green Energy Internet for Smart Grid Systems", Computers & Electrical Engineering, Volume 84, 2020.
[6] Ayaz Isazadeh, Mohsen Heydarian, "Optimal multicast multichannel routing in computer networks", Computer Communications, Volume 31, Issue 17, Pages 4149-4161, 2008.
[7] Mohamed Saad, "Non-isotonic routing metrics solvable to optimality via shortest path", Computer Networks, Volume 145, Pages 89-95, 2018.