

بررسی مبانی و ویژگی‌های پروتکل EIGRP به همراه تحلیل نحوه عملکرد، Verification و Configuration این پروتکل در شبکه‌های کامپیوتری

محمد عباسی راد

دانشجوی کارشناسی، مهندسی کامپیوتر، دانشکدگان فارابی، دانشگاه تهران، ایران

چکیده

EIGRP یا Enhanced Interior Gateway Routing Protocol، یک پروتکل مسیریابی کارآمد و پیشرفته می‌باشد که توسط شرکت Cisco عرضه شده است. امروزه این پروتکل به دلیل پیکربندی آسان، Feature‌های ویژه و عملکرد بالایی که در اختیار مهندسين شبکه قرار می‌دهد، در شبکه‌های کامپیوتری با مقیاس بالا، بسیار مورد استفاده قرار می‌گیرد. این مقاله به بررسی مزایای استفاده، کارکرد، Configuration و Feature‌های منحصر به فرد این پروتکل می‌پردازد. در ابتدای مقاله، ویژگی‌های این پروتکل و مقایسه این ویژگی‌ها با خصوصیات سایر پروتکل‌های مسیریابی، ارائه شده است؛ همچنین به اصطلاحات الگوریتم Dual، انواع جداول، انواع Packet‌ها و نحوه محاسبه Metric در این پروتکل پرداخته شده است. سپس به نحوه Configuration این پروتکل و Feature‌های آن پرداخته شده است. در انتها، Verification به منظور Troubleshooting همراه با نحوه ایجاد مکانیزم احراز هویت در این پروتکل مورد بررسی قرار می‌گیرد. این مقاله می‌تواند راهنما و مرجعی سودمند در جهت فهم بهتر و بهره‌وری مطلوب از پروتکل EIGRP برای ادمین‌های شبکه و دانشجویان این رشته باشد.

واژگان کلیدی: EIGRP، Routing Protocols، پیکربندی، Cisco، شبکه‌های کامپیوتری

برای شبکه‌های کوچک، استفاده از Static Route برای مسیریابی می‌تواند کافی باشد، اما هنگامی که شبکه‌ای بزرگ است و یا به طور مداوم در حال گسترش می‌باشد، نوشتن Static Route برای مسیریابی Packet ها، به هیچ عنوان توصیه نمی‌شود. برای مثال، وقتی به یک شبکه با تعداد زیادی Router، یک Network جدید متصل شود؛ باید به تمام Routerهای داخل شبکه متصل شد و Route مربوط به شبکه‌ای که تازه متصل شده است را درون آن‌ها اضافه کرد. تکرار این فرایند باعث اتلاف زمان و انرژی بسیار می‌شود. در چنین شرایطی برای اتوماتیک‌سازی باید از Routing Protocol ها استفاده کرد. در این حالت مسیرها به صورت Dynamic، توسط اطلاعاتی که Routerها در اختیار یکدیگر قرار می‌دهند، تعیین می‌شوند و دیگر مانند Static Route، نیازی به وارد کردن دستی مسیرها نیست. به نوعی Routing Protocol ها تعیین می‌کنند که Routerها به چه نحوی با یکدیگر ارتباط برقرار کنند، چگونه داده‌ها بین Routerها منتقل شوند و چگونه بهترین مسیر انتخاب گردد. به طور کلی Routing Protocol ها به دودسته IGP یا Interior Gateway Protocol و EGP یا Exterior Gateway Protocol تقسیم می‌شوند. اگر یک Routing Protocol داخل یک Autonomous System فعالیت کند، IGP محسوب می‌شود؛ ولی اگر چندین Autonomous System را به یکدیگر متصل کند و بین آن‌ها مسیریابی انجام دهد، EGP محسوب می‌شود. Autonomous System به مجموعه‌ای از Routerها گفته می‌شود که تحت یک مدیریت، در حال فعالیت هستند.

IGP خود شامل سه دسته Distance Vector و Link State و Hybrid است. پروتکل‌های IGRP و RIP، نمونه‌هایی از Distance Vector ها هستند. OSPF و IS-IS نیز نمونه‌هایی از Link State ها می‌باشند و همچنین پروتکل EIGRP نمونه‌ای از دسته Hybrid است. امروزه پروتکل‌های IS-IS و IGRP منسوخ شده‌اند و بیشترین استفاده در حال حاضر از پروتکل‌های OSPF و EIGRP می‌شود. از دسته EGP ها نیز می‌توان به پروتکل BGP اشاره کرد.

Distance Vector ها مسیری با کمترین تعداد Hop را برای ارسال Packet انتخاب می‌کنند ولی Link State ها مسیری با Bandwidth بهتر و Delay کمتر را برای ارسال Packet انتخاب می‌کنند. در Distance Vector ها، Database هر Router شامل داده‌هایی است که Neighborهای آن، در اختیار آن قرار داده‌اند. به همین دلیل منابع سخت‌افزاری کمتری مصرف می‌کنند؛ ولی احتمال ایجاد Loop در آن‌ها وجود دارد. اما در Link State ها، هر Router، وضعیت کلی Routerهای درون Topology خود را درون Database خود دارد؛ به همین علت این پروتکل‌ها بسیار Resource Consuming هستند؛ ولی به دلیل اطلاع از کل اتصالات شبکه، احتمال ایجاد Loop در آن‌ها وجود ندارد. Distance Vector ها به صورت Classfull عمل می‌کنند و سرعت زیادی ندارند. اما Link State ها سریع هستند و همچنین می‌توانند به صورت Classless نیز استفاده شوند.

EIGRP در واقع نسخه بهینه پروتکل IGRP است. این پروتکل Advanced Distance Vector یا Hybrid می‌باشد و به نوعی خصوصیات مثبت از هر دودسته Distance Vector و Link State را دارا است. EIGRP در سال ۱۹۹۳ توسط شرکت Cisco ارائه شد و جایگزین پروتکل IGRP گشت که در اواسط دهه ۸۰ میلادی ارائه شده بود. EIGRP تا سال ۲۰۱۳، انحصاری شرکت Cisco بود؛ ولی بعد از آن توسط این شرکت به عنوان یک پروتکل استاندارد معرفی شد و هم اکنون می‌توان روی برخی تجهیزات دیگر نیز از آن استفاده کرد.

EIGRP Features

EIGRP یک پروتکل Advance Distance Vector است. پروتکل‌های Distance Vector شامل معایبی بودند؛ برای مثال در این پروتکل‌ها، Routerها هر ۳۰ ثانیه، بدون هیچ دلیلی جدول Routing Table خود را به Neighborها ارسال می‌کردند، در صورتی که ممکن بود اتفاقی درون شبکه رخ نداده باشد. در چنین شرایطی لزومی برای این کار وجود نداشت و صرفاً باعث ایجاد ترافیک اضافی می‌شد. مشکل دیگر، Hop Count بودن در بحث محاسبه Metric بود. برای مثال پروتکل RIP، Networkها را از مسیری که تعداد Hop کمتری تا مقصد فاصله دارد، ارسال می‌کرد که معیار درستی برای مسیریابی بهینه نیست.

EIGRP در بین تمام Routing Protocolها، دارای کمترین Convergence Time است که این زمان، طبق اعلام شرکت Cisco برابر ۲۰۰ میلی ثانیه می‌باشد. این زمان همگرایی، در واقع مدت زمانی است که طول می‌کشد تا تمامی Routerهای درون شبکه متوجه تغییر رخ داده شوند. این تغییر، می‌تواند اضافه شدن یک Network جدید یا قطع شدن یکی از Networkهای متصل باشد. این ۲۰۰ میلی ثانیه در قبال پروتکل‌هایی نظیر RIP که زمان همگرایی آن در شبکه‌های بزرگ تا ۳ دقیقه نیز طول می‌کشد، بسیار چشمگیر است.

EIGRP از VLSM یا Variable Length Subnet Mask پشتیبانی می‌کند و به همین دلیل هر Network می‌تواند با Subnet Mask ای که ادمین شبکه تعیین می‌کند، درون شبکه Advertise شود. برای مثال ۱۰.۰.۰.۰ با Subnet Mask ۲۵۵.۰.۰.۰ جزو IPهای کلاس A محسوب می‌شود. در صورتی که Routing Protocol استفاده شده، VLSM را پشتیبانی نکند، این Network با Subnet Mask ۲۵۵.۰.۰.۰ درون شبکه Advertise می‌شود. اما اگر Routing Protocol استفاده شده VLSM را پشتیبانی کند، می‌توان از حالت Classless استفاده کرد. به عنوان مثال می‌توان Networkهای ۱۰.۱.۱.۰ و ۱۰.۱.۲.۰ را با Subnet Mask ۲۵۵.۲۵۵.۲۵۵.۰، درون شبکه Advertise کرد.

ویژگی دیگر EIGRP بحث Partial Update است. به عنوان مثال پروتکل RIP هر ۳۰ ثانیه تمام Routing Table خود را به Neighborها ارسال می‌کرد. اما EIGRP صرفاً زمانی که یک Network Attach یا Down شود، اقدام به ارسال Update می‌کند و همچنین فقط تغییرات Routing Table را به جای تمام Routing Table ارسال می‌کند.

EIGRP از پروتکل‌های لایه سوم OSI نظیر IP، IPX و AppleTalk پشتیبانی می‌کند.

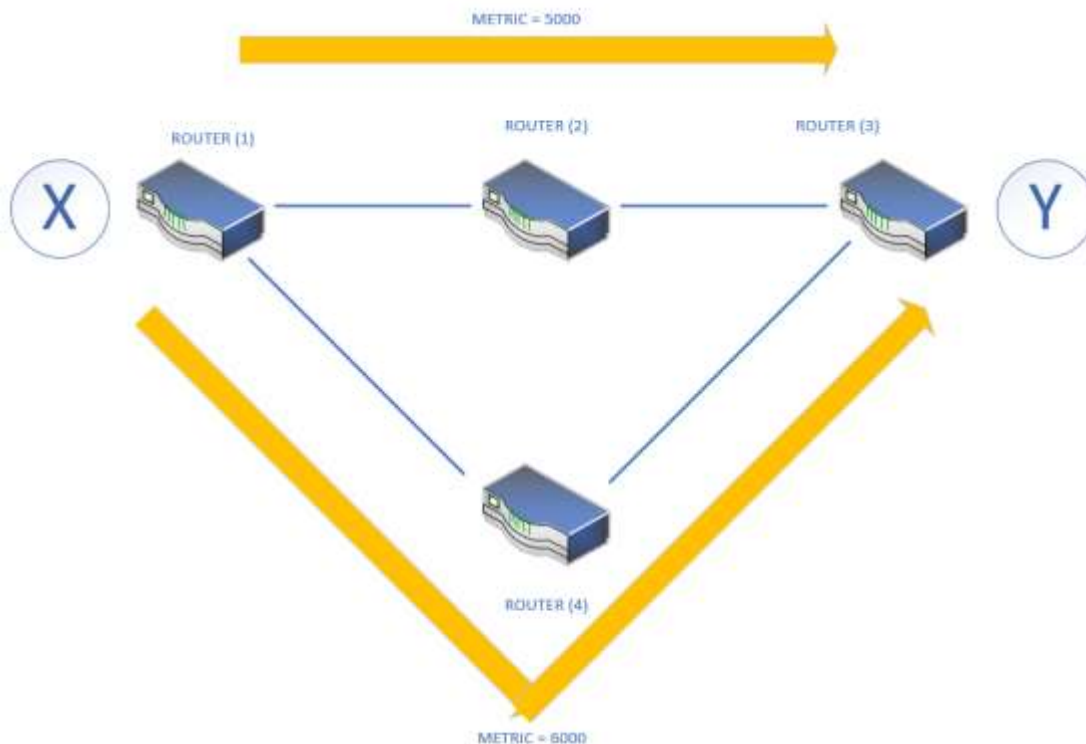
EIGRP دارای طراحی شبکه Flexible است. برای مثال در پروتکل OSPF، Add کردن هر Router بر اساس Area بندی و آن Design ای که از قبل در نظر گرفته شده، باید انجام شود؛ ولی در EIGRP به دلیل انعطاف پذیر بودن، هر زمان که تصمیم به اضافه کردن Network یا Router جدید گرفته شود، این کار امکان پذیر است.

EIGRP برای ارسال Packetهای Update از Multicast Address به آدرس ۲۲۴.۰.۰.۱۰، به جای Broadcast Address استفاده می‌کند. همچنین از Summarization، در هر بخشی از شبکه پشتیبانی می‌نماید؛ برخلاف OSPF که صرفاً در Routerهای ABR و ASBR می‌توان Summarization را انجام داد. این مکانیزم را می‌توان به صورت Automatic و یا Manual در این پروتکل با دستوراتی، پیاده سازی کرد.

به دلیل Featureهایی که در این پروتکل تعبیه شده است، Loop Free می باشد. همچنین برای شبکه های LAN و WAN بسیار Configuration ساده ای دارد. EIGRP از مکانیزم Authentication نیز پشتیبانی می کند.

EIGRP می تواند روی مسیرهایی که Cost یکسان و یا غیریکسان دارند، Load Balancing ترافیک را داشته باشد.

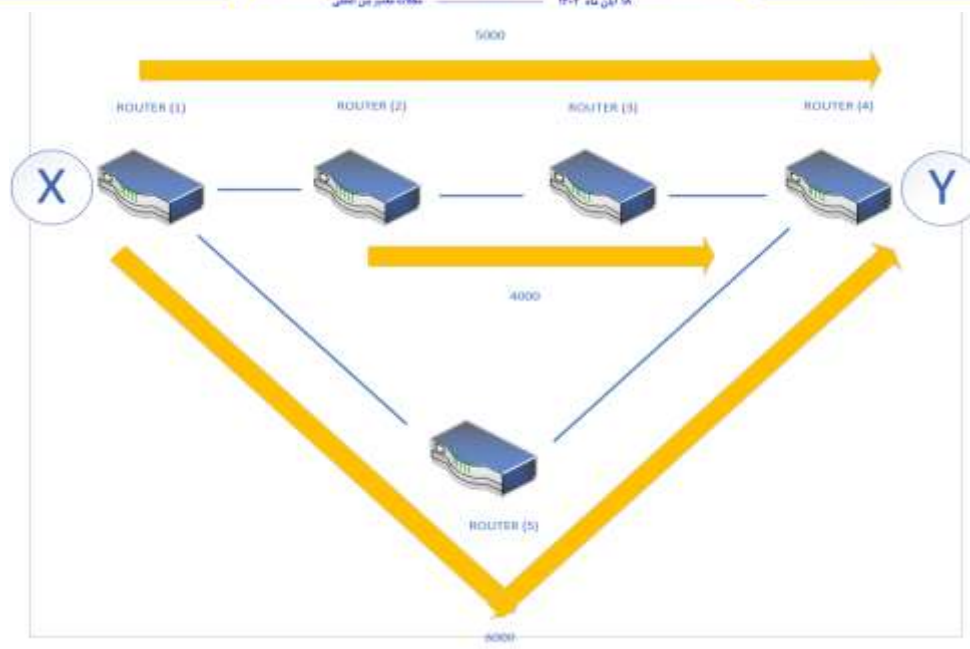
به عنوان مثال در شکل ۱ نمونه ای برای تفهیم بیشتر بحث Load-Balancing ارائه شده است. در شکل ۱، Metric ای که Router شماره ۱ برای رسیدن به Y Network از طریق Router شماره ۲ به دست آورده است، ۵۰۰۰ می باشد. Metric عددی است که Router مبدأ به سمت Router مقصد برای Forward کردن Packet ها، محاسبه می کند. همچنین یک مسیر Backup، از طریق Router شماره ۴ برای رسیدن به Y Network وجود دارد. Metric ای که Router شماره ۱ برای Y Network از طریق Router شماره ۴ محاسبه کرده است، ۶۰۰۰ می باشد. در این شرایط Router شماره ۱ مسیری با Metric کمتر را برای ارسال Packet انتخاب می کند و تمام ترافیک هایی که قرار است به سمت Y Network ارسال شوند، از طریق Router شماره ۲ ارسال می گردند. اما اگر در این شبکه، EIGRP پیکربندی شده باشد؛ می توان در هر دو مسیر، ترافیک را به سمت Y Network Load Balance کرد. در واقع مسیرهای Backup که Metric بالاتری را دارند نیز می توانند مسیر Forward ترافیک ها باشند. این عمل با دستور Variance امکان پذیر است. Routing Protocol های دیگر این قابلیت را دارا نمی باشند. برای مثال در OSPF، برای Load Balancing، Cost های درون مسیر باید یکسان باشند.



شکل ۱ - نمونه‌ای برای توضیح Load-Balancing

Dual Terminology

EIGRP از الگوریتم Dual استفاده می‌کند. الگوریتم Dual دارای چند اصطلاح می‌باشد که برای درک نحوه عملکرد EIGRP بسیار مهم هستند. به‌عنوان مثال از این اصطلاحات می‌توان به AD ، FD ، Current Successor و Feasible Successor اشاره کرد. در شکل ۲، نمونه‌ای برای توضیح اصطلاحات الگوریتم Dual آورده شده است. در شکل ۲، Router شماره ۱ به سمت Y Network از طریق Routerهای شماره ۲ و ۳، Metric ۵۰۰۰ را محاسبه کرده است و از طریق Router شماره ۵ نیز Metric ۶۰۰۰ را محاسبه نموده است. در این حالت، مسیر Primary به سمت Y Network از طریق Routerهای شماره ۲ و ۳ می‌باشد، زیرا دارای Metric کمتری است. مسیر Backup از طریق Router شماره ۵ با Metric ۶۰۰۰ است. در این حالت AD یا Advertise Distance یا Reported Distance ، مقدار Metricی است که همسایه Router شماره ۱، یعنی Router شماره ۲ به سمت مقصد محاسبه کرده است که بر طبق این شکل Metric ۴۰۰۰ را محاسبه نموده است. پس AD ۴۰۰۰ برای Router شماره ۱ به سمت Y Network می‌باشد. در واقع AD نشان‌دهنده Metric همسایه تا مقصد است. FD یا Feasible Distance همان Metric ۵۰۰۰ به سمت Y Network است. در واقع معادل Router Metric تا مقصد است. به‌نوعی Lowest-Cost همان Lowest-FD می‌باشد. بحث دیگر، Current Successor یا Successor است که Next-Hop Router ای است در مسیری که کمترین Cost را دارا می‌باشد. در این شکل Successor همان Router شماره ۲ است. مفهوم بعدی Feasible Successor می‌باشد که همان Next-Hop Router در مسیر Backup است. در این شکل Feasible Successor همان Router شماره ۵ می‌باشد. نکته بسیار مهم این است که باید AD اعلام شده توسط Feasible Successor از FD محاسبه شده در Current Successor کمتر باشد تا به‌عنوان مسیر Backup انتخاب گردد.



شکل ۲ - نمونه‌ای برای توضیح اصطلاحات الگوریتم Dual

دلیل اینکه Routing Protocol ها مسیرهای Backup را درون خود ذخیره می‌کنند، این است که باید Convergence Time بالایی داشته باشند. برای مثال فرض کنید در شکل ۲ مسیر بین Router شماره ۱ و ۲ قطع گردد. در این حالت دیگر Router شماره ۱ مسیری برای رسیدن به Y Network ندارد، پس باید یک مسیر Backup را سریعاً جایگزین کند که این مسیر Backup ، مسیری است که Router شماره ۵ در آن قرار دارد.

EIGRP Tables

EIGRP دارای ۳ عدد Table است . Neighbor Table جدولی است که EIGRP برای ذخیره کردن اطلاعات تمام Neighborها از آن استفاده می‌کند. در این جدول Router IP همسایه و شماره پورتی که از طریق آن، به همان همسایه متصل گشته، آورده شده است . Topology Table نیز حاوی مسیرهای Primary و Secondary به سمت یک Destination می‌باشد. این جدول حاوی AD ، FD و Router IP همسایه است. ممکن است به سمت یک مقصد، چندین مسیر وجود داشته باشد . Routing Table به نوعی مشتق شده از Topology Table است. در این جدول بهترین Route ها با کمترین Metric ذخیره می‌شوند؛ همچنین داده‌هایی مثل Metric و شماره پورت متصل به Router همسایه وجود دارد. به عنوان مثال Router C از طریق Router های A و B به Network ۱۰.۱.۱.۰ با Subnet Mask ۲۵۵.۲۵۵.۲۵۵.۰ می‌رسد. جدول های ۱ و ۲ و ۳ نمونه‌هایی از این Table ها در EIGRP برای مثال قبل می‌باشند.

جدول ۱ - نمونه‌ای از Neighbor Table در EIGRP

NEXT-HOP ROUTER	INTERFACE
ROUTER A IP	ETHERNET 0
ROUTER B IP	ETHERNET 1

جدول ۲ - نمونه‌ای از Topology Table در EIGRP

NETWORK	FEASIBLE DISTANCE (METRIC)	ADVERTISED DISTANCE	EIGRP NEIGHBOR
۲۴/۱۰.۱.۱.۰	۲۰۰۰	۱۰۰۰	ROUTER A IP
۲۴/۱۰.۱.۱.۰	۲۵۰۰	۱۵۰۰	ROUTER B IP

جدول ۳ - نمونه‌ای از Routing Table در EIGRP

NETWORK	FEASIBLE DISTANCE (METRIC)	OUTBOUND INTERFACE	NEXT-HOP (EIGRP NEIGHBOR)
۲۴/۱۰.۱.۱.۰	۲۰۰۰	ETHERNET 0	ROUTER A IP

EIGRP Neighborship

برای ایجاد ارتباط و ارسال و دریافت جداول مسیریابی میان Router ها، باید در ابتدا تشکیل همسایگی اتفاق افتد. برای ایجاد همسایگی بین دو Router، باید هر دو Router دارای AS یکسان، مقادیر K-Value یکسان، Authentication یکسان و ساعت و تاریخ یکسان باشند. همچنین هر دو Router باید یک Network را Advertise کنند.

EIGRP Packets

EIGRP دارای ۵ نوع Packet می‌باشد. این Packet ها شامل Hello ، Update ، Query ، Reply و Acknowledge است. برای مثال اگر بر روی Router شماره ۱، EIGRP پیکربندی شده باشد و Network های موردنظر با دستور، Advertise شده باشند؛ در این هنگام Router شماره ۱، بر روی پورت متصل به Neighbor، اقدام به ارسال Hello Packet می‌کند. Hello جهت شناسایی Neighbor و اعلام فعال بودن استفاده می‌شود. Router شماره ۲ که به Router شماره ۱ متصل است نیز پاسخ Hello Packet را ارسال می‌نماید. حال بعد از تشکیل همسایگی، Router شماره ۲، Packet های Update را در قبال Network های خود ارسال می‌کند. در این Packet های Update ، اطلاعات درون Topology Table ها با هم تبادل می‌شوند. بعد از دریافت، Router شماره ۱، Acknowledge Packet می‌فرستد. این Acknowledge یک تأییدیه در قبال دریافت اطلاعات است. سپس Router شماره ۱، Packet های Update خود را ارسال کرده و Router شماره ۲ پس از دریافت اطلاعات، برای تأیید دریافت Packet های Update ، یک Acknowledge Packet ارسال می‌کند. بدین شکل Router هایی که با یکدیگر تشکیل همسایگی می‌دهند، اطلاعات مربوط به Topology Table های خود را با هم تطبیق داده و سپس هر Router ، Routing

Table خود را از Topology Table خود تشکیل می‌دهد. پس از ایجاد همسایگی بین دو Router، صرفاً در صورت ایجاد تغییر در جداول مسیریابی، آن تغییر به همسایه‌ها اعلام می‌شود و همچنین در بازه‌های زمانی خاص برای یکدیگر Hello Packet ارسال می‌کنند تا متوجه فعال بودن یکدیگر شوند. اگر Router در مدت مشخصی Hello Packet را از طرف مقابل دریافت نکرد، آن Router را Down در نظر گرفته و Route‌هایی که از آن دریافت کرده است را از جدول مسیریابی خود حذف می‌کند. بازه زمانی ارسال Hello Packet به طور معمول هر ۵ ثانیه است و اگر Router ای تا ۱۵ ثانیه از Router مقابل Hello Packet دریافت نکند، آن Router را Down در نظر می‌گیرد. Query مربوط به درخواست برای یک مسیر خاص می‌باشد. هنگامی که Router ای Query فرستاده و در قبال یک Network پرس‌وجو می‌کند، Reply Packet برای او فرستاده می‌شود.

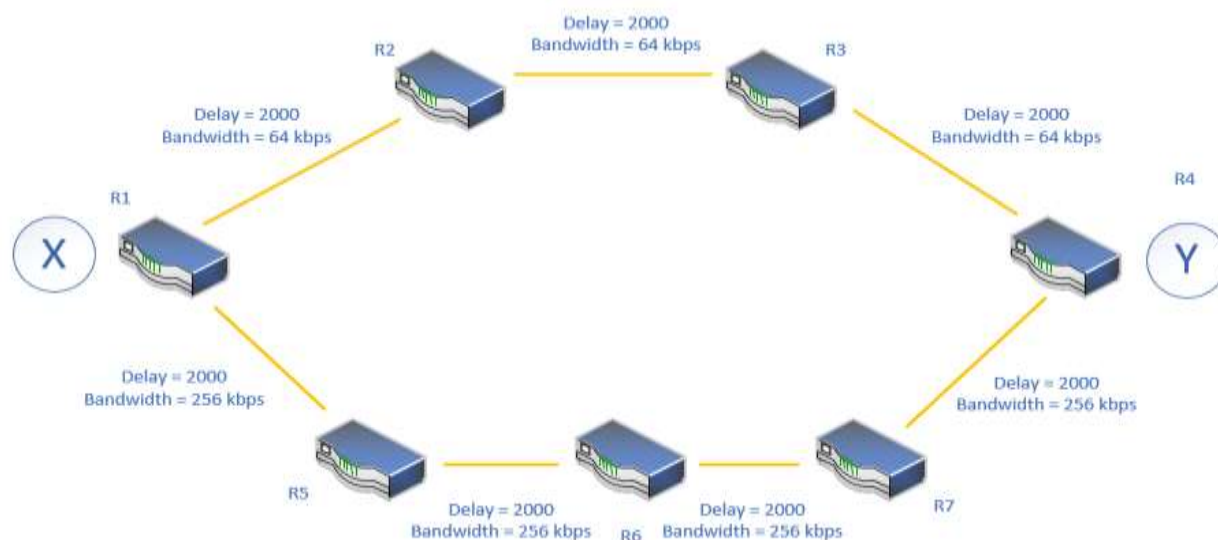
EIGRP Metric

EIGRP Metric متشکل از ۵ مؤلفه است. این ۵ مؤلفه Bandwidth، Delay، Reliability، Loading و MTU می‌باشند. دو پارامتر اصلی در محاسبه Metric، Bandwidth و Delay است و سه پارامتر دیگر به صورت پیش فرض دارای ضریب صفر در فرمول می‌باشند. البته در صورت نیاز می‌توان با تغییر مقدار هر کدام از این ضرایب غیراصلی و اصلی، نحوه محاسبه Metric را دستخوش تغییر قرار داد. Metric محاسبه شده در حالتی که صرفاً دو پارامتر اصلی در نظر گرفته شود، برابر با مجموع Delay و Bandwidth می‌باشد. Delay برابر با ضرب مجموع Delay‌های درون مسیر در عدد ۲۵۶ است. همچنین برای محاسبه Bandwidth باید عدد ۱۰۰۰۰۰۰۰ را تقسیم بر کمترین Bandwidth درون مسیر در واحد Kilobit per Second کنیم و حاصل را در ۲۵۶ ضرب کنیم. در EIGRP می‌توان با دستور، در مقدار Delay و Bandwidth تغییر ایجاد کرد و باعث تغییرات در Routing Table شد. EIGRP دارای ۵ عدد K-Value است. به طور پیش فرض مقدارهای K1 و K3 برابر ۱ و مقدار K2، K4 و K5 برابر ۰ می‌باشند. این K-Value در واقع ضرایب مؤلفه‌های Metric است. فرمول اصلی محاسبه Metric در این پروتکل در شکل ۳ ارائه شده است.

$$\text{Metric} = 256 * \left[\left(K_1 * \frac{10^7}{\text{Min. Bandwidth}} + \frac{K_2 * \text{Min. Bandwidth}}{256 - \text{Load}} + \frac{K_3 * \text{Total Delay}}{10} \right) * \frac{K_5}{K_4 + \text{Reliability}} \right]$$

شکل ۳ - فرمول اصلی محاسبه Metric در EIGRP

مطابق فرمول بالا K1 و K3 ضرایب مؤلفه‌های Bandwidth و Delay می‌باشند که مقدار یک را دارند. به همین دلیل است که برای محاسبه Metric این دو پارامتر، اصلی هستند؛ زیرا در فرمول دارای ضریب نا صفر می‌باشند. می‌توان با دستور، مقادیر این ضرایب را تغییر داد؛ ولی توصیه به این کار نمی‌شود؛ زیرا کاملاً نحوه محاسبه Metric این پروتکل، تغییر می‌یابد. اگر نیاز بود که این K-Value‌ها تغییر یابد، باید داخل تمام Routerهای شبکه تغییر پیدا کند؛ زیرا برای تشکیل همسایگی دو Router باید این مقادیر در دو Router یکسان باشند. در شکل ۴، نمونه‌ای برای توضیح پارامترهای Bandwidth و Delay ارائه شده است.



شکل ۴ - نمونه‌ای برای توضیح پارامترهای Delay و Bandwidth

طبق شکل ۴، Router شماره ۱ دو مسیر برای ارسال Packet ها به سمت مقصد Y Network دارد. در مسیری که Router های شماره ۳ و ۴ قرار دارند، کمترین پهنای باند ۶۴ kbps است و مجموع Delay ها برابر ۶۰۰۰ می‌باشد. در مسیر دیگر کمترین پهنای باند برابر ۲۵۶ kbps است و مجموع Delay ها برابر ۸۰۰۰ می‌باشد. مطابق فرمول، Metric برای مسیر بالا برابر با ۴۳۱۵۳۶۰۰۰ و همچنین Metric برای مسیر پائین برابر ۱۲۰۴۸۰۰۰ است. به دلیل کمتر بودن Metric، مسیر پائین به عنوان مسیر Primary برای ارسال Packet ها انتخاب می‌گردد.

یافته‌ها

EIGRP Configuration

برای فعال کردن این پروتکل باید دستور router eigrp autonomous-system-number در محیط Global Configuration وارد شود. پارامتر autonomous-system-number یک عدد است که باید درون Router هایی که باید با یکدیگر تشکیل همسایگی دهند، یکسان باشد.

سپس در محیط Specific Configuration باید دستور network network-number [wildcard-mask] را وارد کنیم. پارامتر network-number در واقع Network هایی است که به صورت Directly Connect به این Router، Attach شده‌اند. Network هایی که Advertise می‌شوند باید درون یک AS باشند. لزوماً نباید تمام Network هایی به طور مستقیم به Router متصل است را با دستور، Advertise کرد؛ صرفاً پورت هایی که باید در پروسه EIGRP شرکت کنند، لازم است Advertise شوند. با این دستور Network ها، درون شبکه Advertise و به Router های همسایه، یاد داده می‌شوند. همچنین باعث فعال سازی Hello Packet بر روی پورت هایی که Network آن‌ها Advertise شده است، به منظور تشکیل همسایگی می‌شود. - wildcard-

mask یک پارامتر Optional است که می توان از آن استفاده نکرد. این پارامتر معکوس Subnet Mask است. برای محاسبه این پارامتر از روی Subnet Mask، باید هر Octet از Subnet Mask را، از عدد ۲۵۵ کم کنیم. به عنوان مثال اگر Subnet Mask برابر ۲۵۵.۲۵۵.۰۰ باشد آنگاه Wildcard Mask برابر با ۰.۰.۲۵۵.۲۵۵ می شود.

ممکن است گاهی Network هایی که به یک Router متصل هستند، درون یک کلاس IP قرار داشته باشند. به عنوان نمونه، اگر به یک Router، Network های ۱۰.۲۰۰.۰، ۱۰.۳۰۰.۰، ۱۰.۴۰۰.۰، ۱۷۲.۱۶.۱۰۰ و ۱۷۲.۱۶.۲۰۰ متصل باشد؛ در این صورت به دو روش می توان پیکربندی را انجام داد. در روش اول می توان برای هر کدام از Network ها، دستور network network-number [wildcard-mask] را وارد کرد. در این روش هر Network می تواند با wildcard-mask ای که ادمین شبکه تعیین می کند، Advertise شود. به عنوان مثال می توان Network ۱۷۲.۱۶.۲۰۰ را با wildcard mask ۰.۰.۰.۲۵۵ درون شبکه Advertise کرد. در روش دوم برای ساده سازی و عیب یابی راحت تر می توان صرفاً با دو خط دستور network ۱۰.۲۰۰.۰ و network ۱۷۲.۱۶.۰۰ پیکربندی را انجام داد. اما باید در صورت استفاده از روش دوم auto summary غیرفعال شود؛ اگر غیرفعال نشود IP های هر کلاس با Subnet Mask پیش فرض همان کلاس، Advertise می شوند. به عنوان مثال Network ۱۰.۲۰۰.۰/۳۲ با Subnet Mask پیش فرض کلاس A که ۲۵۵.۰.۰.۰ است، Advertise می شود. به همین دلیل برای جلوگیری از بروز مشکل و Routing نادرست، باید این مکانیزم غیرفعال گردد. به نوعی با این دستور VLSM فعال می شود و هر Network با Subnet Mask ای که ادمین شبکه تعیین می کند، Advertise می گردد. دستور غیرفعال کردن این مکانیزم، no auto summary می باشد. در سیستم عامل های ورژن ۱۵ به بعد تجهیزات Cisco، زمانی که EIGRP پیکربندی شود، به طور خودکار این دستور نیز اجرا شود.

EIGRP Bandwidth & Delay

اگر نیاز به تغییر Bandwidth و Delay لینک ها به منظور تغییر نحوه محاسبه EIGRP Metric بود، باید با دستور interface bandwidth number در محیط Global Configuration وارد پورت مورد نظر شده و با دستور bandwidth number و Delay number در محیط Specific Configuration، مقدار پهنای باند و Delay این لینک را تغییر دهیم. واحد مقدار وارد شده برای پهنای باند باید در واحد kilobit و مقدار وارد شده برای Delay باید در واحد Tens of Microseconds باشد. این دستورات تغییر می توانند در مواردی بسیار تأثیرگذار باشند. به عنوان مثال ممکن است بین دو Router، دو مسیر با Metric یکسان به صورت Load-Balancing در حال استفاده باشد؛ حال یکی از لینک ها دچار اختلال شده و بخشی از Packet ها نمی توانند به مقصد برسند. در این شرایط تا زمانی که لینک تعمیر شود با تغییر مقادیر Delay و Bandwidth این لینک خراب، تمام بار ارسال ترافیک را بر روی لینک دیگر قرار می دهیم. برای این کار می توانیم Delay لینک دچار اختلال شده را افزایش داده و یا Bandwidth آن را کاهش دهیم. بعد از اعمال هر کدام از این دستورات، مسیر دچار اختلال که حال دارای Metric بیشتری است، از Routing Table حذف می شود؛ اما همچنان در Topology Table به عنوان مسیر Backup باقی می ماند تا بتواند زمانی که Primary Route قطع شد، جایگزین آن شود. در شکل ۵ نمونه ای از اجرای دستورات تغییر Delay و Bandwidth ارائه شده است.

```
R3(config)#interface fast 0/0
R3(config-if)#bandwidth 1000
R3(config-if)#delay 3000
```

شکل ۵ - نمونه دستورات تغییر Delay و Bandwidth

EIGRP Load-Balancing

EIGRP به دو شکل می‌تواند مکانیزم Load-Balancing را اجرا کند. در روش اول Metricها به سمت مقصد، یکسان است که به صورت پیش فرض، این پروتکل می‌تواند بین حداکثر ۳۲ مسیر در IOSهای جدید، Load-Balancing را انجام دهد. در حالت پیش فرض بر روی ۴ مسیر Load-Balancing را انجام می‌دهد که با استفاده از دستور maximum-paths number می‌توان تعداد لینکها را تغییر داد. حالت دیگر زمانی است که چندین مسیر با Metric غیریکسان داشته باشیم. در این شرایط به نوعی Unequal Load-Balancing انجام می‌شود. در روش دوم به وسیله دستور variance multiplier در محیط Specific-Configuration انجام می‌شود. در واقع با این دستور می‌توان Feasible Successor را به Primary Route تبدیل کرد. کارکرد دستور Variance بدین شکل است که اگر Metric محاسبه شده برای یک Network در Primary Route برابر با عدد ۱۰۰۰ باشد و Metric محاسبه شده برای مسیر Backup، مقدار ۱۵۰۰ باشد؛ در این شرایط اگر مقدار Variance عدد ۲ انتخاب شود، مسیر Backup نیز به عنوان مسیر ارسال Packet انتخاب می‌گردد زیرا ۱۵۰۰ از دوبرابر عدد ۱۰۰۰ کوچکتر است. در واقع مقدار Variance در Metric مسیر اولیه، ضرب می‌شود و روی مسیرهایی که Metricهای آنها از این مقدار محاسبه شده کمتر باشد، Unequal Load-Balancing انجام می‌شود. در شکل ۶ نمونه‌ای از اجرای این دستور ارائه شده است.

```
R4(config)#router eigrp 1
R4(config-router)#variance 2
R4(config-router)#maximum-paths 8
```

شکل ۶ - نمونه‌ای از اجرای دستور variance و maximum-paths

EIGRP Summarization

در حالتی که Auto Summarization غیرفعال نشود، Networkها با Subnet Mask پیش فرض کلاس خودشان و به صورت Classfull، Advertise می‌شوند. به عنوان مثال Network ۲۴/۱۷۲.۱۶.۱۰.۰ با Subnet Mask ۲۵۵.۲۵۵.۰.۰، Advertise

می‌شود. زیرا ۱۷۲ جزو IPهای کلاس B است؛ بدین شکل ممکن است باعث Routing اشتباه گردد. برای جلوگیری از این اتفاق باید Auto Summarization را با دستور no auto summary غیرفعال کرد.

EIGRP Passive-Interface

نکته مهم این است که همسایگی، صرفاً بین Routerها تشکیل می‌شود. ممکن است یک پورت از Router، به سوئیچی که به تعدادی PC وصل است، متصل شده باشد. در این شرایط Network مربوط به این پورت درون شبکه Advertise می‌شود؛ ولی همسایگی ای صورت نمی‌گیرد؛ زیرا این پورت به Router دیگری متصل نیست. با دستوری می‌توان از این فعل جلوگیری کرد تا Hello Packet را صرفاً بر روی پورتهایی که به Router متصل می‌باشد و باید همسایگی تشکیل بدهد، ارسال شود. در واقع در زمان استفاده از این دستور، صرفاً Network مربوطه، Advertise می‌شود و دیگر، Hello Packet بر روی آن پورت ارسال نمی‌شود. دستوری که برای این امر مورد استفاده قرار می‌گیرد، passive-interface fast port-number می‌باشد که باید در محیط Specific Configuration اجرا شود. در شکل ۷ نمونه‌ای از اجرای این دستور ارائه شده است.

```
R2(config)#router eigrp 1
R2(config-router)#passive-interface fast 0/0
```

شکل ۷ - نمونه اجرای دستور passive-interface

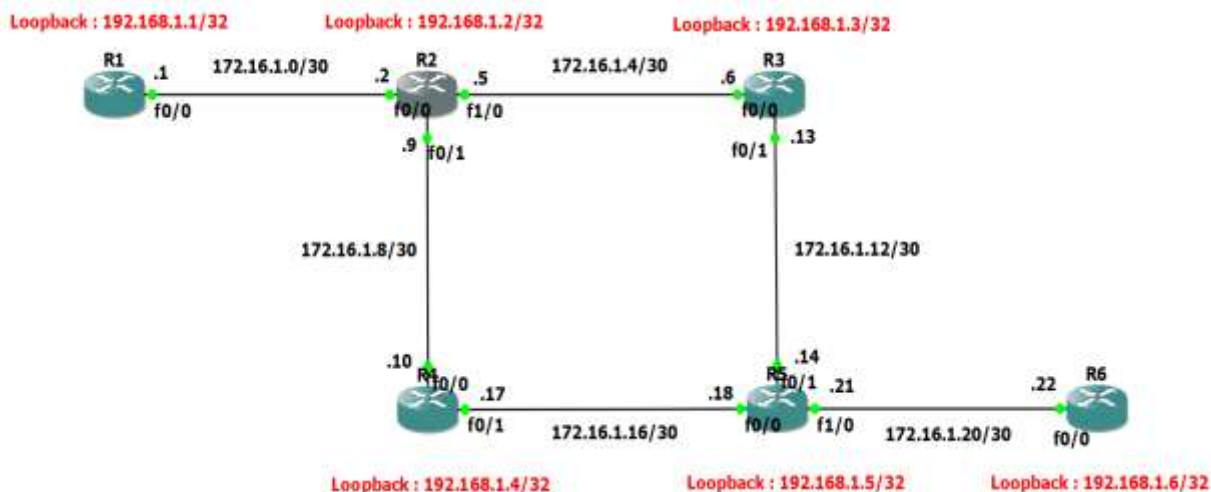
در صورت نیاز برای تغییر مقادیر K-Value می‌توان از دستور metric weight نیز استفاده کرد. در ادامه این دستور، باید مقدار ضرایب به ترتیب از K1 تا K5 وارد شود. این ضرایب صرفاً می‌توانند مقدار ۰ یا ۱ را داشته باشند. باید در نظر گرفته شود که یکی از شرایط تشکیل همسایگی میان Routerها، داشتن مقادیر K-Value یکسان است؛ به همین علت اگر مقادیر این ضرایب بر روی یک Router تغییر می‌یابد، باید این مقادیر در Routerهای Neighbor نیز تغییر پیدا کند. در شکل ۸ نمونه‌ای از اجرای دستور تغییر مقدار ضرایب ارائه شده است.

```
R2(config)#router eigrp 1
R2(config-router)#metric weight 1 0 1 1 0 0
```

شکل ۸ - نمونه اجرای دستور تغییر مقدار ضرایب K-Value

در شکل ۹ نمونه‌ای از شبکه‌ای با شش Router آورده شده است. به منظور جلوگیری از هدررفت IP، میان Routerها از ۳۰/ استفاده شده است که صرفاً ۴ عدد IP را شامل می‌شود. یکی از آن‌ها Net IP و دیگری Broadcast IP است. دو IP باقیمانده بر روی دو پورت Router دو طرف لینک، Set می‌شوند. همچنین هر Router، یک Loopback Interface به نمایندگی از شبکه LAN پشت خود دارد که با Subnet Mask ۲۵۵.۲۵۵.۲۵۵.۲۵۵ پیکربندی شده است. تمام Routerها، درون یک

Autonomous System قرار دارند که عدد مربوط به آن ۱ می باشد. به منظور تفهیم بیشتر توضیحات و دستورات قبلی، دستورات مربوط به پیکربندی EIGRP در Router های این شبکه، در ادامه ارائه شده است.



شکل ۹ - نمونه شبکه‌ای برای پیکربندی EIGRP

دستورات مربوط به پیکربندی Router شماره ۵، به عنوان نمونه در شکل ۱۰ آورده شده است. این پیکربندی شامل IP دهی پورت‌های فیزیکی و Loopback Interface به همراه پیکربندی پروتکل EIGRP می باشد.

```
R5#conf t
Enter configuration commands, one per line.  End with CNTL/Z.
R5(config)#int fast 0/0
R5(config-if)#no shutdown
R5(config-if)#ip address 172.16.1.18 255.255.255.252
R5(config-if)#exit
R5(config)#int fast 0/1
R5(config-if)#no shutdown
R5(config-if)#ip address 172.16.1.14 255.255.255.252
R5(config-if)#exit
R5(config)#int fast 1/0
R5(config-if)#no shutdown
R5(config-if)#ip address 172.16.1.21 255.255.255.252
R5(config-if)#exit
R5(config)#int loopback 1
R5(config-if)#ip address 192.168.1.5 255.255.255.255
R5(config-if)#exit
R5(config)#router eigrp 1
R5(config-router)#network 172.16.0.0
R5(config-router)#network 192.168.0.0
R5(config-router)#no auto-summary
R5(config-router)#exit
R5(config)#exit
R5#wr
```

شکل ۱۰ - نمونه‌ای از دستورات پیکربندی Routerها

EIGRP Verifying

برای Verify کردن و اطلاع از صحت عملکرد این پروتکل، می‌توان از دستوراتی استفاده کرد. اولین دستور `show ip eigrp neighbors` می‌باشد که برای Verify کردن Neighbor Table استفاده می‌شود. دستورات `show` باید در محیط Privileged EXEC اجرا شوند. ممکن است به فراخور Design شبکه در یک Router، چندین AS Number برای EIGRP پیکربندی شده باشد. این دستور به‌ازای تمام AS Number ها، محتویات را نمایش می‌دهد. در خروجی این دستور مواردی مثل Address، Interface، Uptime، Hold، Q Count و... نمایش داده می‌شود. در قسمت Address، IP آن Next-Hop Router ای که این Router با آن تشکیل همسایگی داده است، نشان داده می‌شود. در قسمت Interface، شماره پورتی که از طریق آن به Next-Hop خود متصل شده است، نمایش داده می‌شود. پارامتر Hold مدت زمانی است که Router برای دریافت Hello Packet صبر می‌کند و اگر در این مدت Packet را دریافت نکند، همسایگی خود را با آن Router قطع می‌کند. پارامتر Uptime، مدت زمانی است که از شروع تشکیل همسایگی این دو Router گذشته است. پارامتر Q count تعداد Packetهایی است که برای آپدیت بین دو Router، در Q مانده‌اند. این پارامتر اگر درون Real Network دارای مقدار زیادی باشد، نشان‌دهنده وجود مشکل بین دو Router است. مثلاً لینک Congested است و یا Load بر روی پردازنده Routerها بالاست که نمی‌توانند Packetها را با سرعت Process کنند. در شکل ۱۱ نمونه‌ای از دستور Verify کردن همسایه‌ها ارائه شده است.


```
R5#show ip eigrp neighbors
EIGRP-IPv4 Neighbors for AS(1)
```

H	Address	Interface	Hold Uptime	SRTT	RTO	Q
Seq			(sec)	(ms)		Cnt
Num						
2	172.16.1.17	Fa0/0	11 00:00:38	40	240	0
5						
1	172.16.1.13	Fa0/1	11 00:00:38	1259	5000	0
5						
0	172.16.1.22	Fa1/0	11 00:00:38	32	192	0
4						

شکل ۱۱ - نمونه اجرای دستور Verify کردن Neighborها

دستور بعد `show ip route eigrp` است که Routing Table را Verify می کند. اگر دستور `show ip route` به تنهایی اجرا شود، تمام Routing Table مربوط به Router، نمایش داده می شود که شامل Route های Directly Connected، Route های مربوط به OSPF و... می باشد. ولی زمانی که دستور به همراه EIGRP اجرا و به آن محدود می شود، صرفاً Route هایی که از طریق EIGRP ثبت شده است را در خروجی نمایش می دهد. کد مربوط به Route های EIGRP در الگوریتم Dual، کاراکتر D است و کد مربوط به Route های Directly Connected، کاراکتر C می باشد. در خروجی این دستور Network های یاد گرفته شده توسط این پروتکل نمایش داده می شوند. اطلاعات ارائه شده شامل Administrative Distance این پروتکل در حالت Internal است که مقدار ۹۰ را دارد و همچنین شامل مقدار Metric محاسبه شده برای این Router برای رسیدن به Network مقصد است. این خروجی به فرم [AD, Metric] نمایش داده می شود. در بخش بعدی IP مربوط به Next-Hop Router ای که از طریق آن، این Route را فرا گرفته است، بعد از لغت `via` نمایش داده می شود. در قسمت بعد مدت زمانی که این Update به Router رسیده است و از آن Update این Route را یاد گرفته است، نمایش داده می شود. در آخرین بخش نیز شماره پورتی که از طریق آن به Network مقصد می رسد، نمایش داده می شود. ممکن تعداد خطوط پیکربندی در Router بسیار زیاد و پیدا کردن مقصد مورد نظر دشوار باشد. می توان از دستور `show ip route ip-add` استفاده کرد و به جای بخش `ip-add`، آدرس IP مقصد را قرار داد. در خروجی این دستور نیز مواردی مثل AS Number، Adminstartive Distance، Metric، Type، IP مربوط به Next-Hop Router، شماره پورتی که آخرین Update این Network از آن دریافت شده است، مدت زمانی که از رسیدن این Update گذشته است و همچنین پارامترهای محاسبه Metric، مثل Minimum Bandwidth و Total Delay را نمایش داده می شود. در شکل های ۱۲ و ۱۳ و ۱۴ نمونه ای از اجرای دستورات Verify کردن Routing Table ارائه شده است.

```
R5#show ip route
Codes: L - local, C - connected, S - static, R - RIP, M - mobile, B - BGP
D - EIGRP, EX - EIGRP external, O - OSPF, IA - OSPF inter area
N1 - OSPF NSSA external type 1, N2 - OSPF NSSA external type 2
E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF external type 2
i - IS-IS, su - IS-IS summary, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2
ia - IS-IS inter area, * - candidate default, U - per-user static route
o - ODR, P - periodic downloaded static route, H - NHRP, l - LISP
a - application route
+ - replicated route, % - next hop override

Gateway of last resort is not set

172.16.0.0/16 is variably subnetted, 9 subnets, 2 masks
D    172.16.1.0/30 [90/33280] via 172.16.1.17, 00:00:41, FastEthernet0/0
    [90/33280] via 172.16.1.13, 00:00:41, FastEthernet0/1
D    172.16.1.4/30 [90/30720] via 172.16.1.13, 00:00:41, FastEthernet0/1
D    172.16.1.8/30 [90/30720] via 172.16.1.17, 00:00:46, FastEthernet0/0
C    172.16.1.12/30 is directly connected, FastEthernet0/1
L    172.16.1.14/32 is directly connected, FastEthernet0/1
C    172.16.1.16/30 is directly connected, FastEthernet0/0
L    172.16.1.18/32 is directly connected, FastEthernet0/0
C    172.16.1.20/30 is directly connected, FastEthernet1/0
L    172.16.1.21/32 is directly connected, FastEthernet1/0
192.168.1.0/32 is subnetted, 3 subnets
D    192.168.1.1 [90/161280] via 172.16.1.17, 00:00:41, FastEthernet0/0
    [90/161280] via 172.16.1.13, 00:00:41, FastEthernet0/1
D    192.168.1.2 [90/158720] via 172.16.1.17, 00:00:41, FastEthernet0/0
    [90/158720] via 172.16.1.13, 00:00:41, FastEthernet0/1
C    192.168.1.5 is directly connected, Loopback1
```

شکل ۱۲ - نمونه‌ای از اجرای دستور show ip route

```
R5#show ip route eigrp
Codes: L - local, C - connected, S - static, R - RIP, M - mobile, B - BGP
D - EIGRP, EX - EIGRP external, O - OSPF, IA - OSPF inter area
N1 - OSPF NSSA external type 1, N2 - OSPF NSSA external type 2
E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF external type 2
i - IS-IS, su - IS-IS summary, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2
ia - IS-IS inter area, * - candidate default, U - per-user static route
o - ODR, P - periodic downloaded static route, H - NHRP, l - LISP
a - application route
+ - replicated route, % - next hop override

Gateway of last resort is not set

172.16.0.0/16 is variably subnetted, 9 subnets, 2 masks
D    172.16.1.0/30 [90/33280] via 172.16.1.17, 00:00:55, FastEthernet0/0
    [90/33280] via 172.16.1.13, 00:00:55, FastEthernet0/1
D    172.16.1.4/30 [90/30720] via 172.16.1.13, 00:00:55, FastEthernet0/1
D    172.16.1.8/30 [90/30720] via 172.16.1.17, 00:01:00, FastEthernet0/0
192.168.1.0/32 is subnetted, 3 subnets
D    192.168.1.1 [90/161280] via 172.16.1.17, 00:00:55, FastEthernet0/0
    [90/161280] via 172.16.1.13, 00:00:55, FastEthernet0/1
D    192.168.1.2 [90/158720] via 172.16.1.17, 00:00:55, FastEthernet0/0
    [90/158720] via 172.16.1.13, 00:00:55, FastEthernet0/1
```

شکل ۱۳ - نمونه‌ای از اجرای دستور show ip route eigrp

```
R2#sho ip route 192.168.1.1
Routing entry for 192.168.1.1/32
  Known via "eigrp 1", distance 90, metric 156160, type internal
  Redistributing via eigrp 1
  Last update from 172.16.1.1 on FastEthernet0/0, 00:00:30 ago
  Routing Descriptor Blocks:
    * 172.16.1.1, from 172.16.1.1, 00:00:30 ago, via FastEthernet0/0
      Route metric is 156160, traffic share count is 1
      Total delay is 5100 microseconds, minimum bandwidth is 100000 Kbit
      Reliability 255/255, minimum MTU 1500 bytes
      Loading 1/255, Hops 1
```

شکل ۱۴ - نمونه‌ای از اجرای دستور `show ip route ip-add`

دستور بعدی `show ip protocols` می‌باشد که برای نمایش اطلاعات مربوط به تمام Routing Protocolهایی است که بر روی Router، پیکربندی شده است. اگر EIGRP بر روی Router پیکربندی شده باشد، اطلاعاتی مثل AS Number، مقادیر ضرایب K-Value، مقدار Variance، مقدار Administrative Distance برای حالت Internal و External، مقدار Maximum Path و Networkهایی که Router از طریق پروتکل EIGRP در حال Advertise کردن آنها می‌باشد را نمایش می‌دهد. در شکل ۱۵ نمونه‌ای از اجرای این دستور ارائه شده است.

```
R5#show ip protocols
*** IP Routing is NSF aware ***

Routing Protocol is "application"
  Sending updates every 0 seconds
  Invalid after 0 seconds, hold down 0, flushed after 0
  Outgoing update filter list for all interfaces is not set
  Incoming update filter list for all interfaces is not set
  Maximum path: 32
  Routing for Networks:
  Routing Information Sources:
    Gateway         Distance      Last Update
  Distance: (default is 4)

Routing Protocol is "eigrp 1"
  Outgoing update filter list for all interfaces is not set
  Incoming update filter list for all interfaces is not set
  Default networks flagged in outgoing updates
  Default networks accepted from incoming updates
  EIGRP-IPv4 Protocol for AS(1)
    Metric weight K1=1, K2=0, K3=1, K4=0, K5=0
    NSF-aware route hold timer is 240
    Router-ID: 192.168.1.5
    Topology : 0 (base)
      Active Timer: 3 min
      Distance: internal 90 external 170
      Maximum path: 4
      Maximum hopcount 100
      Maximum metric variance 1

  Automatic Summarization: disabled
  Maximum path: 4
  Routing for Networks:
    172.16.0.0
    192.168.0.0
  Routing Information Sources:
    Gateway         Distance      Last Update
    172.16.1.22      90            00:00:16
    172.16.1.17      90            00:00:15
    172.16.1.13      90            00:00:15
  Distance: internal 90 external 170
```

شکل ۱۵ - نمونه‌ای از اجرای دستور `show ip protocols`

در آخر برای Verify کردن جدول Topology Table می‌توان از دستور `show ip eigrp topology` استفاده کرد. در این جدول مسیرهای اولیه و Backup، به سمت یک Network ذخیره شده‌اند. در ابتدای جدول، کدها وجود دارند. کد A به معنای Active، P به معنای Passive و U به معنای Update است. اگر در کنار یک Network کد P وجود داشته باشد، بدین معناست

که Router در قبال آن Network، در وضعیت نرمالی قرار دارد و Network را به صورت کامل Learn کرده است. اما اگر کد A وجود داشته باشد بدین معنی است که مشکلی در قبال آن Network وجود دارد که باید اقدامی برای برطرف کردن آن صورت گیرد. در خروجی این دستور علاوه بر موارد قبل تعداد Successor، مقدار FD و شماره پورتهای که از طریق آن این Router به Network موردنظر می رسد، وجود دارد. در Topology Table در قبال Networkهایی که به صورت Directly Attach نمی باشند، دو عدد دیگر به صورت (X/Y) نمایش داده می شود. عدد سمت چپ همان Metric محاسبه شده یا Feasible Distance است و عدد سمت راست نیز Reported Distance یا AD است که همان Metric محاسبه توسط Neighbor این Router به سمت Network مقصد می باشد. نمونه ای از اجرای این دستور در شکل ۱۶ ارائه شده است.

```

R5#show ip eigrp topology
EIGRP-IPv4 Topology Table for AS(1)/ID(192.168.1.5)
Codes: P - Passive, A - Active, U - Update, Q - Query, R - Reply,
       r - reply Status, s - sia Status

P 172.16.1.16/30, 1 successors, FD is 28160
   via Connected, FastEthernet0/0
P 172.16.1.8/30, 1 successors, FD is 30720
   via 172.16.1.17 (30720/28160), FastEthernet0/0
P 192.168.1.1/32, 2 successors, FD is 161280
   via 172.16.1.13 (161280/158720), FastEthernet0/1
   via 172.16.1.17 (161280/158720), FastEthernet0/0
P 172.16.1.12/30, 1 successors, FD is 28160
   via Connected, FastEthernet0/1
P 172.16.1.4/30, 1 successors, FD is 30720
   via 172.16.1.13 (30720/28160), FastEthernet0/1
P 172.16.1.20/30, 1 successors, FD is 28160
   via Connected, FastEthernet1/0
P 192.168.1.2/32, 2 successors, FD is 158720
   via 172.16.1.13 (158720/156160), FastEthernet0/1
   via 172.16.1.17 (158720/156160), FastEthernet0/0
P 172.16.1.0/30, 2 successors, FD is 33280
   via 172.16.1.13 (33280/30720), FastEthernet0/1
   via 172.16.1.17 (33280/30720), FastEthernet0/0
  
```

شکل ۱۶ - نمونه ای از اجرای دستور show ip eigrp topology

EIGRP Authentication

از لحاظ Authentication، Routing Protocol ها به دودسته Simple Password و MD5 Authentication تقسیم می شوند. از Routing Protocol هایی که از Simple Password پشتیبانی می کنند می توان به IS-IS، RIP V2 و OSPF اشاره کرد. در حالت Simple Password، Packet ها رمزنگاری نمی شوند و به همان صورت در میان دو Router تبادل می شوند. از Routing Protocol هایی که از MD5 Authentication پشتیبانی می کنند، می توان به BGP، EIGRP و OSPF و RIP V2 اشاره کرد. هنگامی که Authentication بین دو Router فعال می شود، هر کدام از Packet ها به صورت Hash شده،

ارسال و دریافت می‌شوند. این Packetها توسط Router مبدأ، Encrypte و توسط Router مقصد، Decrypte می‌شوند. Authentication، مقداری Load بر روی Router قرار می‌دهد، پس بهتر است در صورتی که لزومی نیست از این مکانیزم استفاده نگردد. هر Authentication نیاز به یک Key یا Password دارد. برای Authentication در EIGRP ابتدا باید یک Key-Chain یا زنجیره‌ای از کلیدها ساخته شود و Key-id به آن اختصاص یابد. برای اینکه بتوانیم در این Key-Chain، Passwordهای مختلفی را پیکربندی کنیم، داخل این Key-Chain یک Key-String ساخته و Password را به همراه آن وارد می‌کنیم. داخل این Key-Chain در قبال این Password می‌توانیم Accept-LifeTime و Send-LifeTime بسازیم. بدین معنی که این Password چه زمانی قابل پذیرش است و چه زمانی باید برای Neighbor ارسال شود. زمان‌هایی که برای این پارامتر می‌توان تخصیص داد، کاملاً Optional است و همچنین این دو پارامتر باید روی هر دو همسایه یکسان باشند. در صورت استفاده از این دو پارامتر باید دقت شود که پروتکل NTP به درستی در شبکه پیکربندی شده باشد تا زمان دستگاه‌های شبکه با یکدیگر یکسان باشد. پس از این موارد، وارد محیط پیکربندی پورته که قرار است با Router دیگر تشکیل همسایگی دهد می‌شویم و با دستور ip authentication mode eigrp autonomous-system md5، احراز هویت را روی این پورت فعال و Mode آن را تعیین می‌کنیم و سپس با دستور ip authentication key-chain eigrp autonomous-system name-of-chain تعیین می‌کنیم که کدام Key-Chain شامل این Authentication می‌شود. نیازی نیست که نام Key-Chain ساخته شده در Routerهایی که می‌خواهند تشکیل همسایگی دهند، یکسان باشد ولی Key-idهایی که درون Key-Chainهای دو طرف ساخته می‌شود باید یکسان باشند. همچنین Key-Stringها نیز در پیکربندی هر دو Router باید یکسان باشند. اگر مدت زمان پارامترهای Accept-LifeTime و Send-LifeTime در Key اول تمام شود، به طور خودکار وارد Key بعدی با Password جدید می‌شوند؛ به همین علت نیازی به عوض کردن دستی Password نمی‌باشد. در شکل ۱۷ نمونه‌ای از نحوه پیکربندی Authentication در پروتکل EIGRP ارائه شده است.

```
R2#conf t
Enter configuration commands, one per line. End with CNTL/Z.
R2(config)#key chain chl
R2(config-keychain)#key 1
R2(config-keychain-key)#key-string st1
R2(config-keychain-key)#accept-lifetime 01:00:00 Jan 1 2024 infinite
R2(config-keychain-key)#send-lifetime 01:00:00 Jan 1 2024 infinite
R2(config-keychain-key)#exit
R2(config-keychain)#key 2
R2(config-keychain-key)#key-string st2
R2(config-keychain-key)#accept-lifetime 01:00:00 Jan 5 2024 infinite
R2(config-keychain-key)#send-lifetime 01:00:00 Jan 5 2024 infinite
R2(config-keychain-key)#do wr
```

شکل ۱۷ - نمونه‌ای از پیکربندی Authentication در EIGRP

برای اطلاع از صحت پیکربندی این مکانیزم، می‌توان از دستور debug eigrp packets استفاده نمود. خروجی این دستور، Process‌هایی است که در حال حاضر بر روی Router در حال اجرا هستند که به‌وسیله آن‌ها می‌توان Troubleshooting کرد.

بحث و نتیجه‌گیری

تحلیل و بررسی EIGRP نشان می‌دهد که این پروتکل مسیریابی پویا، به دلیل داشتن Feature‌هایی منحصربه‌فرد نظیر Convergence Time بسیار کم، پشتیبانی از VLSM، Partial Update بودن، Unequal Load-Balancing، پیکربندی آسان، پشتیبانی از مکانیزم MD5 Authentication و... می‌تواند ابزاری Flexible، قابل‌اعتماد و کارآمد در جهت پیکربندی Routing در شبکه‌های کامپیوتری پیچیده با مقیاس بالا باشد.

باتوجه به Complexity های روزافزون شبکه‌های کامپیوتری امروزی و نیاز به Routing ایمن و بدون خطا، EIGRP می‌تواند گزینه‌ای مطلوب برای ادمین‌های شبکه محسوب گردد؛ به‌نوعی، EIGRP می‌تواند پاسخی مطمئن برای نیازهای اساسی شبکه‌های کامپیوتری بوده و باعث افزایش کارایی و بهبود عملکرد این شبکه‌ها گردد. با در نظر گرفتن مزایا و Feature‌های خاص این پروتکل، EIGRP می‌تواند انتخابی مناسب برای استفاده در جهت بهینه‌سازی زیر ساخت شبکه‌های سازمانی باشد.

منابع

- ۱- حسینی‌پور، مسعود، ۱۴۰۱، آموزش عملی کاربردی و تصویری CCNA 200-125، چاپ سوم، تهران، انتشارات دانشگاهی کیان
- ۲- حسینی‌پور، مسعود، ۱۳۹۳، آموزش عملی و کاربردی CCNP Route 642-902، چاپ سوم، تهران، انتشارات دانشگاهی کیان
- ۳- حسینی‌پور، مسعود، ۱۳۹۱، آموزش عملی و کاربردی امنیت Cisco CCNA Security 640-553، چاپ دوم، تهران، انتشارات دانشگاهی کیان
- ۴- نوبری، سابینا، آب نیکی، روح اله، آقازاده، سکینه، ۱۳۹۳، شبکه‌های کامپیوتری، چاپ اول، تهران، انتشارات فراهوش
- 5- Wendell, Odom. (2013). CCNA Routing and Switching 200-120 Official Cert Guide Library. Pearson education
- 6- Hucaby, David. (2014). CCNP Routing and Switching SWITCH 300-115 Official Cert Guide. Pearson education
- 7- Pepelnjak, Ivan. (2000). EIGRP Network Design Solutions. Cisco Press
- 8- D. Black, Uyless. (2000). IP Routing Protocols RIP, OSPF, BGP, PNNI, and Cisco Routing Protocols. Prentice Hall
- 9- Aweya, James. (2021). IP Routing Protocols Fundamentals and Distance-Vector Routing Protocols. CRC Press

Investigating the basics and features of the EIGRP protocol along with the analysis of the operation, configuration and verification of this protocol in computer networks

Mohammad Abbasi Rad

Bachelor's student, Computer Engineering, Farabi College, University of Tehran, Iran

Abstract

EIGRP or Enhanced gateway protocol is an efficient and advanced routing protocol offered by Cisco. Today, this protocol is widely used in computer networks with high scale because of its easy configuration, special features and high performance that are available to network engineers. This article studies the functionality, configuration and unique features of this protocol. At the beginning of the article, the features of this protocol and comparison of these features with the characteristics of other routing protocols are presented. Moreover, the terms of the Dual algorithm, types of tables, types of packets and the method of metric calculation in this protocol are discussed. Then, the configuration of this protocol and its features are discussed. At the end, Verification is investigated in order to troubleshooting along with how to create authentication mechanism in this protocol. This article can be a useful guide and reference to better understand and gain the optimal use of EIGRP protocol for network and students of this field.

Keywords: EIGRP, Routing Protocols, Configuration, Cisco, Computer Networks