کتاب

CCNP (Routing and Switching)

به زبان فارسی

CCNP

Routing and Switching

نویسنده:

مهندس ابوالفضل هاشمی


بسم الله الرحمن الرحيم

CCNP Route & Switch
Fast Track

نویسند:

مهندس ابوالفضل هاشمی

A.Hashemi70@gmail.com

09134232203

فهرست

مقدمه

دوره CCNP (Cisco Certified Network Profesional) یکی از دوره‌های شرکت سیسکو است که زیر مجموعه‌هایی مانند Route، Switch، Voice، Security و... را داراست. در این مجموعه به شرح مباحث اصولی Route و Switch پرداخته می‌شود. منبع این مباحث از ترجمه ویدیوهای مربوط به شرکت INE که توسط آقای Keith Bogart ارائه شده است، سایت شرکت سیسکو (www.Cisco.com) و همچنین اضافه شدن مطالب جامع‌تری از استانداردها کامل گردیده است. سلسله مراتب به‌صورت توضیح پروتکل‌های مسیریابی EIGRP، OSPF و BGP است که پس از آن موضوعات پراکنده IPv6، NTP و دیگر موارد شرح داده شده است. در آخر مطالب مربوط به Switching و امنیت آن اضافه گردیده است.

تعاریف

Hello packet: بسته‌های سلام است که معمولاً در پروتکل‌های مسیریابی بین دو همسایه برای برقراری ارتباط ارسال می‌شود که با یکدیگر آشنا شوند.

VLSM: یا همان Variable Length Subnet Masking در شبکه‌ها معمولاً برای جلوگیری از هدر رفتن آدرس‌های IP و یا ایجاد یک شبکه کوچک استفاده می‌شود. به‌طور مثال 192.168.1.1با 255.255.255.0 به‌صورت 255.255.255.192استفاده می‌شود.

Classful: آدرس‌هایی هستند که subnet mask آنها استاندارد است و در یکی از کلاس‌های A, B, C, D و یا E قرار دارند.

Classless: آدرس‌هایی هستند که از هر subnet mask دلخواهی می‌توان استفاده نمود. در واقع از VLSM استفاده می‌شود.

WildCard: به‌صورت بر عکس subnet mask است. Subnet mask= 255.255.255.0 و wild card = 0.0.0.255.

Auto Summary: این عمل در مسیریاب‌ها باعث خلاصه نمودن بسته‌های مسیریابی ارسالی می‌شود به‌نحوی‌که بسته‌های Classless را ارسال نمی‌کند.

Frame Relay: این دستگاه بین دو اینترفیس یک Virtual circuit ایجاد می‌کند. بدین معنا که با تنظیم آن می‌توان نشان داد که هر بسته از پورتی که وارد می‌شود از چه پورتی خارج شود.

Multi-protocol label switching (MPLS): روشی است برای یک ارتباط مطمئن و معتبر به‌صورت real time برای برنامه‌های کاربردی که پر هزینه است. این تکنیک مسیریابی اطلاعات را از یک گره به سمت دیگر بر اساس برچسب‌های مسیر کوتاهتر به جای آدرس‌های طولانی شبکه هدایت می‌کند، بنابر این از جست‌وجوی پیچیده در یک جدول مسیریابی اجتناب می‌کند و سرعت را افزایش می‌دهد. فرض کنید بین دو مسیریاب بین ISP و مشتری ارتباط برقرار است که هر دو از آدرس‌های مشابه استفاده می‌کنند. برای اینکه از چند دستگاه استفاده نشود و آدرس‌های مشابه با هم تداخل نداشته باشند هر مسیریاب چندین جدول مسیریابی مجزا ایجاد می‌کند و آدرس‌های مربوط به هر سازمان را در خود جای می‌دهد. این جدول VRF نام دارد. در داخل MPLS VPN از Virtual Routing & Forwarding (VRF) استفاده می‌شود.

VPLS: یا Virtual Private LAN Service یک راه بر پایه اترنت است که برای ارائه چند نقطه به چند نقطه از طریق شبکه IP یا MPLS تأمین می‌شود. همچنین اجازه می‌دهد تا سایت‌های پراکنده جغرافیایی دامنه‌های همه پخشی اترنت خود را به اشتراک بگذارند. در واقع VPLS یک تکنولوژی VPN است.

Split-horizon: روشی است برای جلوگیری حلقه در مسیریابی‌های Distance-Vector به این شکل که به مسیریاب اجازه نمی‌دهد بسته‌های دریافتی از مسیریاب‌های قبلی به همان اینترفیس فرستاده شود.

Commit information rate (CIR): میزان پهنای باندی است که گارانتی شده است و از حذف شدن بسته جلوگیری می‌شود به عبارتی Packet Drop وجود ندارد.

۱- EIGRP (Enhance Interior Gateway Routing Protocol)

قبل از اینکه به شرح پروتکل EIGRP پرداخته شود، انواع پروتکل مسیریابی به اختصار توضیح داده می‌شود. پروتکل‌های مسیریابی می‌تواند کاربرد آن داخلی و یا بین شبکه‌ای باشد. به پروتکل‌هایی که داخل شبکه کاربرد دارند، Interior Gateway Protocol (IGP) گویند و به پروتکل‌هایی که بین دو شبکه مسیرها را جابه‌جا می‌کنند، Exterior Gateway Protocol (EGP) گویند. انواع پروتکل‌های داخل شبکه‌ای به شرح زیر است:

- Link State (OSPF): هر مسیریاب کل توپولوژی را می‌داند.
- Distance Vector (RIP): هیچ چیزی از توپولوژی شبکه نمی‌داند.
- Advanced Distance Vector (EIGRP): این پروتکل Classless و مخصوص شرکت cisco است.

۱-۱- EIGRP Introduction

از روش DUAL استفاده می‌کند که ابتدا بهترین مسیر loop-free و سریعترین مسیر و بعد از آن backup را انتخاب می‌کند. این پروتکل از سه مرحله تشکیل می‌شود:

- Neighbor relationship: ارتباط با همسایه‌ها جهت برقراری ارتباط.
- Topology exchange information: به اشتراک گذاری نقشه شبکه جهت بدست آوردن بهترین مسیر که فقط اطلاعات همسایه‌ها ارسال می‌شود.
- DUAL to populate the routing table : Diffusing Update Algorithm این الگوریتم با ارسال بسته‌های به روزرسانی جدول مسیریابی را به روز می‌نماید.

Hello packet (بسته سلام جهت برقراری ارتباط با دستگاه دیگر) را در دو موقع ارسال می‌کند new neighbor (پیدا کردن همسایه جدید) و maintain (اعلام زنده بودن مسیریاب).

برای این پروتکل می‌توان درگاه خروجی را برای مسیریابی مشخص نمود که فقط از آن درگاه مسیریابی انجام دهد.

در تنظیمات پروتکل EIGRP یک شماره سیستمی خودمختار به نام Autonomouse System Number یا ASN وارد می‌شود که طراحی شده است برای دریافت بسته‌های مسیریابی که فقط در این شبکه autonomous یا AS قرار دارند. این الگوریتم بسته‌هایی که در یک AS قرار دارند را برای مسیریاب‌های دیگر به اشتراک می‌گذارد و اولویت بالاتری برای آنها لحظ می‌کند. اگر AS متفاوت بود بسته‌های مخصوص به این شبکه‌ها به اشتراک گذاشته نمی‌شود.

ویژگی Auto-summary برای خلاصه کردن مسیرهایی است که به‌صورت subnet یا Variable Length Subnet Masking(VLSM) است که به‌صورت پیش‌فرض فعال است.

Subnet mask = 255.255.255.0. و wild card = 0.0.0.255.

پروتکل EIGRP ۵ نوع بسته ارسالی دارد که شامل موارد زیر است:

- بسته Hello: این بسته برای پیدا نمودن همسایه‌ها ارسال می‌شود. از آدرس چندذ پخشی 244.0.0.10 به‌صورت پیش‌فرض ارسال می‌شود. در این پروتکل هر ۵ ثانیه یکبار و در شبکه‌های WAN با سرعت ۱۵۴۴ مگابیت هر ۶۰ ثانیه یکبار ارسال می‌شود. این بسته شامل هیچ اطلاعات مسیریابی نیست.
- بسته Acknowledgment: این بسته در جواب رسیدن بسته‌های به روزرسانی ارسال می‌شود. این بسته به‌صورت unicast برای فرستنده ارسال می‌شود.
- بسته Update: این بسته شامل اطلاعات مسیریابی است که برای مقصد ارسال می‌شود. این بسته‌ها به‌صورت unicast برای همسایه مجاور و جدید ارسال می‌شود. اگر Metric یک لینک تغییر پیدا نمود، بسته به روزرسانی به‌صورت چندپخشی 224.0.0.10 ارسال می‌شود. در جواب برای اطمینان از دریافت بسته ACK ارسال می‌شود.
- بسته Query: این بسته برای پیدا نمودن feasible successors استفاده می‌شود. این بسته همیشه به‌صورت چند پخشی است. در واقع successors بهترین مسیر است و feasible successors مسیر بعدی و یا جایگزین successors است.
- بسته Reply: این بسته پاسخی برای بسته‌های Query است و به‌صورت unicast ارسال می‌شود.

برای همسایگانی که به‌صورت دستی یا static neighbors هستند نیز از IP Unicast استفاده می‌شود.

مواردی که باید به آن توجه داشت:

- بسته‌ها با primary IP ارسال می‌شود و هر دو مسیریاب باید در یک دامنه باشند.
- Interface نباید در حالت passive باشد.
- K-valueها در مسیریاب‌ها باید یکی باشند. در کل پارامترها باید یکی باشند.پیش‌فرض k1=k3=1, k2=k4=k5=0. این پارمترها به معنای:

K1 = Bandwidth modifier

K2 = Load modifier

K3 = Delay modifier

K4 = Reliability modifier

K5 = Additional Reliability modifier

K6 = for jitter and energy

- با استفاده از K-Valueها می‌توان Metric را محاسبه نمود. اگر k5=0 کسر k5/ (reliability+k4) باربر ۱ در نظر گرفته می‌شود..

Metric=256*[k1*bandwidth+(K2*bandwidth)/(256-load)+k3*delay]*[k5/(reliability+k4)]

با دستور metric weights tos k1 k2 k3 k4 k مقدارها تغییر می کند.

۱-۲- EIGRP Authentication

پیش از تنظیم باید به موارد زیر توجه داشت:

۱- تعریف پسورد برای مسیریاب‌ها باید یکسان باشد.

۲- Pre-shared باید یکسان باشد.

۳- فقط MD5 پشتیبانی می‌شود.

۴- این عمل از DoS جلوگیری می کند ولی در مقابل Man in the Middle ضعیف است.

۵- Config آن در دو سطح Global و Interface انجام می‌شود.

Key chain nameofkey->key nameofkey->key-string pass

ip authentication mode EIGRP ASnumber MD5->ip authentication key-chain EIGRP ASnumber namofkey

۶- Key Chain بر مبنای Time هست و برای زمان‌های مختلف قابل تنظیم است.

۷- تنظیم زمان‌ها برای پسوردها باید یکی باشد.

۸- برای تنظیم زمان‌ها بهتر است از NTP استفاده شود ولی با clock set می‌توان زمان را تنظیم نمود.

۹- Key Chain Name نیازی نیست یکی باشد و محلی است ولی ترتیب پسوردها و خود پسوردها باید یکی باشد.

۱۰-دستور نمایش تنظیمات show key chain nameofchain و show clock.

۱-۳- EIGRP Stop Neighbors Connectivity

برای متوقف نمودن ارسال بسته‌های EIGRP به همسایه‌ها از دستور redistributed connected استفاده می‌شود. همچنین می‌توان Interface را با دستورpassive-interface در داخل تنظیمات EIGRP برای ارسال بسته‌های آن خاموش نمود. اگر redistribute را وارد شود نیازی به دستور passive نیست.

۱-٤- Administrative Distance

Administrative Distance مؤلفه‌ای است برای انتخاب بهترین مسیر با پروتکل‌های مختلف برای مقصد یکسان که به عنوان مقداری برای نشان دادن ارزش هر مسیر تعریف می‌شود. این مقادیر در جدول زیر آورده شده است.

Administrative distance	Routing Protocol
0	Directly connected interface
1	Static route out an interface
1	Static route to next-hop address
3	DMNR - Dynamic Mobile Network Routing
5	EIGRP summary route
20	External BGP
90	Internal EIGRP
100	IGRP
110	OSPF

115	IS-IS
120	Routing Information Protocol (RIP)
140	Exterior Gateway Protocol (EGP)
160	On Demand Routing (ODR)
170	External EIGRP
200	Internal BGP
250	Next Hop Resolution Protocol (NHRP)
254	Default static route learned via DHCP
255	Unknown and unused

۱-۵- EIGRP Router ID

Router ID در بسته‌های ارسالی دیده می‌شود بدین شکل که مسیریاب با قرار دادن Router ID خود در این فیلد به همسایه نشان می‌دهد که خود این بسته را ایجاد کرده است. Router ID از external routing loops جلوگیری می‌کند. بدین شکل که اگر فیلد Router ID بسته دریافتی با Router ID خود مسیریاب یکی باشد بدین معنا است که خود این بسته را ایجاد کرده و دوباره بدست خود رسیده است. این مقدار با استفاده از loop back تعریف می‌شود. اگر loop back تعریف نگردد خود مسیریاب بزرگترین IP را به عنوان router ID استفاده می‌کند. اگر دو مسیریاب نام‌های یکسان داشته باشند در همسایه بودن آنها تاثیری نخواهد داشت ولی در external routing جواب نمی‌دهد و دچار مشکل می‌شود.

۱-۶- EIGRP Relationship

در این قسمت بسیاری از مفاهیم و همچنین روابط بین مسیریاب‌ها آورده شده است.

NBMA: non broadcast multi access نمونه‌ای است که بسته‌های همسایگی پروتکل EIGRP دچار مشکل می‌شوند. در واقع این وسایل از ارسال چند پخشی جلوگیری می‌شود. مثالی از آن frame relay است. در این وسایل EIGRP نمی‌تواند بسته‌های update را ارسال کند چون لایه دو از چندپخشی حمایت نمی‌کند. به همین خاطر باید به‌صورت تک تک ارسال شود که پهنای باند را بیش از حد مصرف می‌کند به همین دلیل باید پهنای باند محدودی تعریف شود. به‌طور مثال ۵۰٪ دستور به‌صورت زیر است:

Interface serial 0/0/0 multipoint
Ip add 10.1.1.1 255.255.255.0
Frame-relay interface-dlci 102
Frame-relay interface-dlci 103
Bandwidth 100
Ip bandwidth-percent EIGRP 1 50

Split-horizon: روشی است برای جلوگیری حلقه در مسیریابی‌های Distance-Vector به این شکل که به مسیریاب اجازه نمی‌دهد بسته‌های دریافتی از مسیریاب‌های قبلی به همان اینترفیس فرستاده شود. به‌صورت پیش‌فرض در EIGRP، split-horizon فعال است. برای تنظیم آن از دستور ip split-horizon EIGRP <asn> در داخل اینترفیس استفاده می‌شود.

بعد از روابط همسایه‌ای EIGRP، Topology Table تغییر می‌کند. ولی قبل از آن باید شبکه برای هر مسیریاب تعریف شود که به دو شکل network command و redistributed connect انجام می‌شود.

EIGRP با استفاده از بسته‌های update و ACK جدول خود را تغییر می‌دهد.

بسته Update شامل موارد زیر است:

- prefix
- prefix length
- metric: bandwidth, delay, load, reliable
- Non metric: hop count, MTU.

باید توجه داشت قالب و Administrative Distance بسته‌های internal route و external route تفاوت دارند.

همچنین باید توجه داشت در پروتکل EIGRP بسته‌های multi cast منتظر ACK به‌صورت unicast می‌ماند.

۱-۷- Feasible & Reported Distance

پس از ساخت topology table مسیریاب باید routing table را بسازد که برای ساختن آن باید دو تصمیم را بررسی نماید:

۱- تصمیم بگیرد این ردیف که از دریافت بسته‌ها رسیده است در جدول باعث ایجاد حلقه می‌شود یا خیر.
۲- تصمیم بگیرد که اگر این ردیف صحیح است باید در کجای جدول مسیریابی(routing table) قرار بگیرد.

Feasible Distance: مقداری است که از متغیرهای bandwidth و... می‌آید و درون خود مسیریاب ذخیره می‌شود.

Reported Distance: مقدار FD است که مسیریاب قبلی برای این مسیریاب ارسال نموده است.

۱-۸- Change Metric

برای اینکه پروتکل را مجبور نماییم از یک مسیر دیگری route کند می‌توان Metric را تغییر داد. دو راه برای این کار وجود دارد:

۱- استفاده از bandwidth یا delay: که بهتر است delay را تغییر داد چون با تغییر bandwidth پارامترهای دیگر مانندQoS تغییر می‌کند. این تغییر مقدارFD را تغییر می‌دهد نه RD.
۲- استفاده از Offset: این روش نیاز به ACL دارد و هم مقدارFD را تغییر می‌دهد هم RD. دستور آن به این شکل است:

(Config)#access-list <name> <permit | deny> <IP> <wildcard>

(Config-router)#offset-list <name access list> <in | out> <value>

باید توجه داشت که(AD) Administrative Distance قبل از Metric در اولویت است.

Successor: به مسیری گفته می‌شود که به عنوان بهترین مسیر برای ارسال بسته به مقصد مشخص انتخاب می‌شود. این مسیر با توجه به الگوریتم EIGRP بدست می‌آید. بدین صورت محاسبه می‌شود که مسیریاب یک نقشه از همسایه‌ها و اینکه کدام همسایه چه شبکه‌ای را پشتیبانی می‌کند با استفاده از بسته‌های مسیریابی ایجاد می‌کند. پس از ایجاد این شبکه هزینه مسیرها محاسبه می‌شود و جدول مسیریابی کامل می‌شود.

Feasible Successor: به عنوان مسیر جایگزین (Backup) انتخاب می‌شود. برای انتخاب آن اول AD مورد بررسی قرار می‌گیرد. سپس RD در نظر گرفته می‌شود. اگر مقدار FD و RD با هم برابر باشد هر دو مسیر به عنوان اصلی انتخاب می‌شود و اگر RD<FD بود حلقه ایجاد نمی‌شود و به عنوان مسیر جایگزین انتخاب می‌شود. اگر FD>RD باشد ممکن است حلقه باشد یا نباشد و باید مورد بررسی قرار گیرد و به هر حال به عنوان مسیر جایگزین نگهداری می‌شود.

۱-۹- Convergence EIGRP

همگرایی در این پروتکل به معنای ایجاد جدول مسیریابی است. همگرایی در EIGRP Topology دو حالت Passive و Active دارد که passive به معنای این است که جست‌وجو تمام شده است و جدول نهایی به روز شده است. حالت active بدین معنا است که در حال تکمیل جدول است و یا ارتباط قطع شده است و در حالت جست‌وجو برای مسیر جدید است.

اگر ارتباط با successor قطع شود و feasible successor هم نداشته باشد آن‌گاه برای یافتن مسیر جدید Query به همسایگان ارسال می‌شود. اگر همسایگان در مدت زمان معینی که پیش‌فرض ۳ دقیقه است پاسخ دهند بهترین مسیر انتخاب و جایگزین می‌شود. اگر بعد از این مدت زمان جوابی دریافت نشود، این مسیر از جدول مسیریابی حذف و ارتباط reset می‌شود. همسایگان نیز مانند مسیریاب اصلی به همسایگان پایین دستی خود پیغام query ارسال می‌کنند و صبر می‌کنند همه جواب‌ها یا replyها دریافت شود و سپس به مسیریاب اصلی reply می‌دهند. در این مدت زمان ۳ دقیقه مدت زمان ۹۰ ثانیه که فرا رسد SIAQuery ارسال می‌شود که به همسایگان این مطلب را مجدداً یادآوری کند که به این حالت Stuck-in-Active گویند. اگر همسایگان جواب دهند که هنوز منتظرند ۳ دقیقه از نو شروع می‌شود در غیر این صورت بعد از ۳ دقیقه مسیر حذف می‌شود. این روند برای همسایگان پایین دستی نیز هست.

دستورات برای تغییر زمان‌های پیش‌فرض بدین شکل است:

(Congi-route)#timers active time <time>

(Config-if)#ip hello-interval EIGRP <as> <time>

(Config-if)#ip hold-time EIGRP <as> <time>

راه هایی که برای محدود کردن ارسال بسته‌های EIGRP است در زیر تشریح داده شده است:

۱- Stub router: این تنظیم برای زمانی که مسیریاب خارج از شبکه است مثلاً برای شعبه که سرعت پایین است استفاده می‌شود. یا برای edge استفاده می‌شود. در این حالت این مسیریاب مسیرهای EIGRP را یاد نمی‌گیرد و به دیگر مسیریاب‌ها نمی‌فرستد و همسایگان زمانی که بفهمند این مسیریاب Stub است دیگر Query به این مسیریاب ارسال نمی‌کنند. به طور پیش‌فرض Stub فقط connected و summary را ارسال می‌کند و حالت‌های دیگر مانند static، redistributed، receive-only باید تنظیم شود.
۲- Summarization: بسته‌هایی که classless هستند را ارسال نمی‌نماید.

EIGRP Variance –۱۰–۱

در جدول مسیریابیردیف‌هایی که Cost/Metric یکسانی دارند، به عبارت دیگر برای رسیدن به یک مقصد مشخص چندین مسیر با اولویت برابر وجود دارد، می‌توان تعداد آنها را با maximum-path <#> معین نمود. پروتکل‌های EIGRP، RIP و OSPF با استفاده از Cisco Express Forwarding(CEF) می‌تواند بین آنها Load-Balancing انجام دهد. این Load-Balancing بر مبنای Flow هست نه بر مبنای بسته و این بدان معناست که در هر ارتباط از یک مسیر استفاده می‌شود و بسته‌های مربوط به این ارتباط فقط از این مسیر عبور می‌کنند. در صورت قطع ارتباط و ایجاد ارتباط جدید ممکن است مسیر دیگر استفاده شود. قابل توجه است که تصمیم‌گیری برای ارسال یک جریان صورت می‌گیرد و نه برای هر بسته از یک جریان. در پروتکل‌های RIP و OSPF اگر دو ردیف با Cost/Metric برابر نباشند از Load-Balancing استفاده نمی‌کنند، ولی پروتکل EIGRP با استفاده از متغیری به نام Variance از ردیف‌های متفاوت برای Load-Balancing استفاده می‌کند. در واقع Feasible Successor به عنوان Load-Balancer استفاده می‌شود. مقدارهای variance به‌صورت زیر است:

۱- Variance = 1: مقدار پیش‌فرض است و بدان معنا است که فقط از ردیف‌های مساوی در Load-Balancing استفاده شود.
۲- 1 < Variance < 128: اگر (Variance * FD) > RD باشد و مقدار FD>RD باشد، به عبارتی حلقه هم نباشد آن خط را در Load-Balancing شرکت می‌دهد.

EIGRP Access Control List –۱۱–۱

Access Control List –۱–۱۱–۱

ابتدا مفهوم Access Control List (ACL) و سپس کاربرد آن در مسیریابی شرح داده می‌شود. ACL یا لیست کنترل دسترسی در واقع فیلتری است که تعریف می‌شود کدام بسته‌های به روزرسانی مسیریابی و یا هر بسته دیگر اجازه عبور یا عدم عبور به داخل و یا خارج شبکه دارد. باید توجه داشت که ACL به تنهایی کاربردی ندارد و با ترکیب دستور یا دستورات دیگر کامل می‌شود. همچنین ACL با ترکیب wildcard mask کار می‌کند و نام آن می‌تواند عدد یا عبارت متنی باشد. ACL شامل دو نوع Standard و Extended است. ACL می‌تواند شامل خط‌هایی از دستورات باشد که به هر خط Access Control Entries (ACE) گفته می‌شود. به‌صورت پیش‌فرض آخر هر ACL دستور deny any نهفته است ولی قابل مشاهده نیست. به این نکته نیز باید توجه داشت که اولین تطابق در لیست ACL باعث می‌شود که ردیف‌های بعد از آن بررسی نشود.

Wildcard mask -> subnet

0.0.3.255 -> 255.255.252.0

در واقع با استفاده از ACL می‌توان مشخص نمود که کدام بسته به روزرسانی وارد نقشه مسیریابی شود و یا اینکه کدام بسته به روزرسانی به همسایه‌ها ارسال شود. با استفاده از دستور زیر می‌توان این کار را انجام داد:

(Config)#access-list <name or number> <permit | deny> <address> <wildcard> standard

(Config)#access-list <name or number> <permit | deny> <address> <wildcard> extended

برای استفاده نمودن در مسیریابی از دستور زیر استفاده می‌شود:

(Config-route)#distributed-list <ACL number> <in | out>

Prefix List **۱-۱۱-۲-**

روش دیگر برای فیلتر کردن مسیریابی استفاده از Prefix-list است. این روش قابلیت‌های بیشتری نسبت به ACL دارد مانند اینکه نیازی نیست IP حتماً تطابق داشته باشدو می‌توان بازه کمتر و یا بیشتر در آن قرار داد، ولی همانند ACL مقادیر permit یا deny دارد و همانند آن برای نام‌گذاری از عبارت متنی یا عدد استفاده می‌شود. برای تنظیم آن از دستور زیر می‌توان استفاده نمود:

(Config)#ip prefix-list <list-name> <sequence sequenceuence-number> <deny | permit> <prefix-IP/prefix-length> <ge ge-value> <le le-value> <eq eq-value>

در این تنظیم 1< sequenceuence-number<2147483646 است. همچنین در این مورد خاص هم IP و هم length باید با ردیف مربوطه یکسان باشد. ge مخفف greater than or equal و le مخفف less than or equal و eq مخفف equal برای مقدار prefix length است.

نکته‌ای که باید توجه داشت این است که برای تعریف default route یا مسیر پیش‌فرض از عبارت 0.0.0.0/0 و برای همه مسیرها از عبارت 0.0.0.0/0 le 32 استفاده می‌شود.

همانطور که گفته شد prefix list نیز مانند ACL به تنهایی کاربرد ندارد. برای استفاده کردن در router EIGRP از دستور زیر استفاده می‌شود:

(Config-route)#distributed-list prefix <name of prefix-list> <in | out> <interface>

این روش بیشتر برای BGP استفاده می‌شود. کلاً مزیت آن نسبت به ACL استفاده از prefix length و شماره خط یا sequence number است.

Route-map ۱-۱۱-۳-

روش دیگر برای فیلتر کردن استفاده از route-map است. این روش پیچیده‌تر از روش‌های قبل است و مانند برنامه نویسی if/then/else عمل می‌کند. هر route-map می‌تواند یک یا چند خط یا همان sequence number داشته باشد. دستور آن به شکل زیر شرح داده شده است:

(Config)#route-map <name> <permit | deny> <sequence number>

به‌صورت پیش‌فرض برای اولین بار اگر خطی تعریف شود و sequence number خالی باشد عدد ۱۰ قرار می‌گیرد.

(Config-route-map)#match <match method>

اگر از match استفاده نشود عبارت به معنای any برداشت می‌شود.

اگر خط مورد نظر با خط sequence number پایین‌تر تطابق نداشت، sequence number بعدی بررسی می‌شود.

Route-map مانند prefix و ACL نیز از عبارت‌های permit یا deny استفاده می‌کند. تفاوت مهمی که در داخل route-map قابل شهود است این است که می‌توان از ACL یا prefix داخل آن استفاده نمود که در ادامه شرح داده شده است:

ACL | prefix = permit => route-map= run [permit | deny]

ACL | prefix = deny => route-map= doesn't run and go to next route-map sequence

(Config-route)#distributed-list route-map <name of route-map> <in | out> <interface name>

همانطور که قابل فهم است، عبارت permit در route-map به معنای اجرای دستور اجازه عبور و عدم عبور است و معنای deny به مفهوم عدم اجرای دستور اجازه عبور و عدم عبور است.

EIGRP Route Summarization ۱-۱۲-

Route summarization یا خلاصه کردن مسیریابی معمولاً برای شبکه‌های بزرگ استفاده می‌شود که باعث کاهش اندازه شبکه، کاهش جدول مسیریابی و کاهش محدوده فرستادن query می‌شود و برای هر مسیریاب به طور جداگانه می‌توان استفاده نمود.

فرض کنید شبکه‌ای با آدرس شبکه‌های زیر وجود دارد. در این صورت می‌توان به جای این آدرس‌ها تنها از یک آدرس استفاده نمود.

192.168.0.0/24 192.168.1.0/24 الی 192.168.31.0/24

در آدرس‌های بالا به دلیل اینکه ۳ بیت ابتدایی قسمت سوم از سمت چپ ثابت است و بقیه متغیر می‌توان آن را به‌صورت زیر خلاصه نمود. در واقع * ثابت و # متغیر است.

192.168.***#####.0/19

مسیرها را به دو صورت manual و auto می‌توان تنظیم نمود که پس از آن همسایه‌ها down و سپس up می‌شوند.

دستور manual:

(Config-if)#ip summary-address EIGRP asn <ip prefix> <mask>

دستور auto:

(Config-route)#auto-summary

موقعی که summary فعال باشد در جدول مسیریابی ردیفی با همان summary ip اضافه می‌شود که با مقصد null0 برای جلوگیری از حلقه نمایش داده می‌شود همچنین AD=5 قرار می‌دهد. مشکلی که در اینجا رخ خواهد داد این است که اگر مسیری مانند پروتکل eBGP با AD=20 وارد مسیریاب شود مشکل رخ خواهد داد. زیرا AD برای EIGRP Internal برابر 90 است و این مقدار بیشتر از 20 است، در صورتیکه برای خلاصه مسیر AD=5 در نظر گرفته می‌شود و مسیر EIGRP Summarization را جایگزین می‌نماید. نکته‌های قابل توجه دیگر این است که مسیریاب فقط IPهای local خود را خلاصه می‌کند و بقیه را یاد می‌گیرد ولی خلاصه نمی‌کند. این امر فقط برای دستور network خلاصه‌سازی می‌شود و برای redistributed این دستورکارایی ندارد. رفتار خلاصه‌سازی برای class full routing است و برای شبکه‌های discontiguous کارایی ندارد. تفاوت شبکه‌های contiguous و discontiguous در این است که شبکه contiguous باید آدرس‌های IP در همان کلاس IP و به‌صورت پشت سر هم باشد ولی در discontiguous نیازی نیست.

EIGRP Default Route –۱۳–۱

Default route یا مسیر پیش‌فرض زمانی استفاده می‌شود که مسیری با هیچ یک از ردیف‌های جدول مسیریابی تطابق نداشته باشد. همچنین اگر در مسیریابی مسیر پیش‌فرض تعریف شده باشد و بخواهد آن را به دیگر مسیریاب‌ها با پروتکل EIGRP ارسال نماید می‌توان از آن استفاده نمود. برای تعریف مسیر پیش‌فرض به سه روش قابل انجام است:

۱- static default route with EIGRP: استفاده از یک مسیر پیش‌فرض دستی که دستور آن به شکل زیر است:

(Config)#ip route 0.0.0.0 0.0.0.0 <next-hop-ip> <out-going-int>
(Config-route)#redistribute static metric [bandwidth] [delay] [reliability] [load] [MTU]

در دستور بالا به دلیل استفاده از metric بهتر است ولی می‌توان از دستور زیر نیز استفاده نمود.

(Config-route)#network 0.0.0.0

۲- Default network: اغلب از این روش و برای شبکه classful استفاده می‌شود. به بقیه مسیریاب‌ها این مسیر را انتقال می‌دهد. این روش ابتدا تشخیص می‌دهد که شبکه classful است و سپس مسیر را ارسال می‌کند. دستور آن به شرح زیر است:

(Config)#ip default-network <net-id>
(Config-route)#network <net-id>

۳- Summary-address: این روش سه پیش‌فرض دارد۱-همسایگان ریست می‌شوند ۲- فقط مسیر پیش‌فرض پخش می‌شود ۳- به‌صورت پیش‌فرض آدرس خلاصه شده به‌صورت محلی نصب می‌شود. دستور آن به شرح زیر است:

(Config-if)#ip summary-address EIGRP <asn> 0.0.0.0 0.0.0.0

با دستور show ip route می‌توان مسیر پیش‌فرض را مشاهده نمود.

۱-۱٤- EIGRP Manipulation

با توجه به سیاست‌های مدیریتی ممکن است مدیر شبکه بخواهد مسیرهای پروتکل EIGRP را به‌صورت دستی تغییر دهد. سه روش برای دستکاری مسیرها در EIGRP وجود دارد. ۱- change Metric: مانند تغییر delay و Bandwidth ۲-route filtering: مانند فیلتر کردن قسمتی از مسیرها که مسیریاب مسیر دیگری را انتخاب کند. مشکلی که وجود دارد این است که مسیر Backup از بین می‌رود. ۳- route summarization: خلاصه کردن یک مسیر که مسیریاب مسیری را انتخاب می‌کند که بیشترین تطابق را داشته باشد که در این روش backup وجود دارد.

EIGRP Named Mode –۱۵–۱

حالتی از تنظیم مسیریاب است که همه دستورات در این حالت زده می‌شود. به عبارتی نیازی نیست که به قسمت تنظیمات مربوط به interface level وارد شد. البته فقط برای IPV4 کاربرد دارد. در کل تنظیمات EIGRP دو حالت Classic و Named دارد. در حالت Named یک نام Process انتخاب می‌شود و ASN با دستور address-family وارد می‌شود. به‌طور مثال همه دستورات را می‌توان به‌صورت زیر در حالت Named وارد نمود:

```
(Config)#router EIGRP Cisco
(Config-router)#address-family ipv4 autonomic-system 123
(Config-router-af)#network 10.10.10.0 0.0.0.255
(Config-router-af)#af-interface <interface-id>
(Config-router-af-interface)#summary-address 10.10.0.0/16
(Config-router-af)#topology base
(Config-router-af-topology)#no auto-summary
```

حالت topology حالت جدیدی است که می‌توان دستورات مربوط به EIGRP topology table را وارد نمود.

OSPF (Open Shortest Path First) –۲

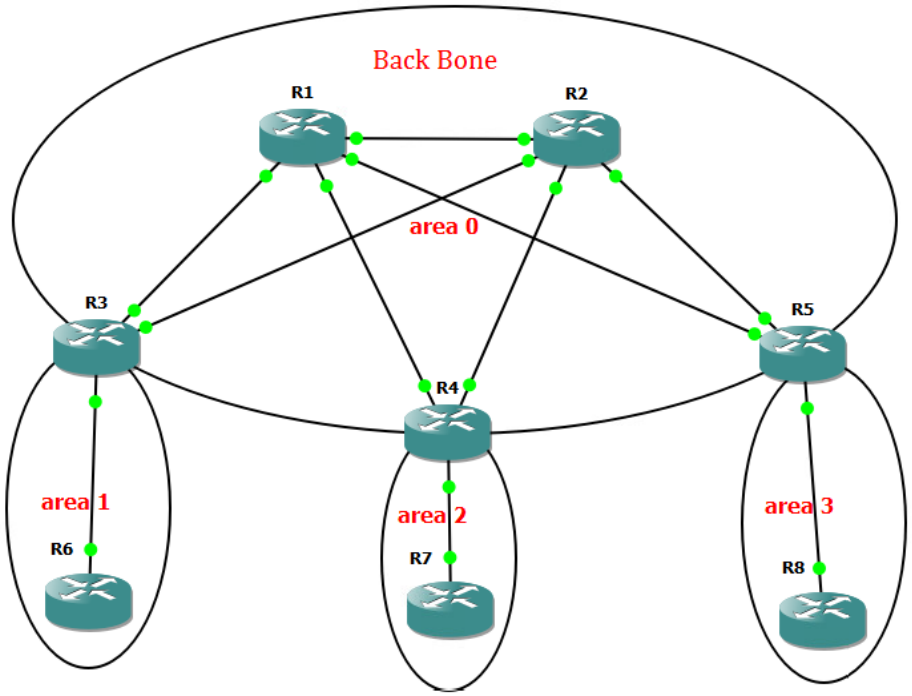
قبل از اینکه به شرح این پروتکل پرداخته شود تفاوت OSPF با EIGRP بررسی می‌شود.

۱- پروتکل OSPF از نوع Link State(LS) و EIGRP از نوع Distance Vector(DV) است. در DV از الگوریتم Bellman Ford ولی در LS از الگوریتم Dijkastra استفاده می‌شود. باید توجه داشت که EIGRP در واقع نوع پیشرفته‌ای از DV است و ممکن است بعضی از عیب‌های آن را نداشته باشد.
۲- در DV اطلاعات مسیریاب قبلی کمتر ارسال می‌شود در RIP فقط مسیریاب بعدی را می‌بینند. EIGRP مقادیر Kها را ارسال می‌نمود. ولی OSPF مقادیری مانند P2P بودن، broadcast بودن و ... را ارسال می‌نماید.
۳- در DV اطلاعات مسیریاب‌های قبلی ارسال نمی‌شوند. در EIGRP فقط شبکه همسایه‌ها را بدست می‌آورد ولی در OSPF اطلاعات همسایگان همسایه‌ها نیز ارسال می‌شود و هر مسیریاب یک تصویری از کل شبکه دارد.
۴- در DV اطمینان مسیرها لحاظ نمی‌گردد ولی OSPF هر نیم ساعت مسیریاب اصلی بسته‌ای برای زنده ماندن مسیر ارسال می‌کند. زمان پاسخ‌گویی حداکثر یک ساعت است و بعد از آن اگر پاسخی دریافت نشود مسیر مورد نظر از کل مسیریاب‌ها حذف می‌گردد.

مرحله تشکیل جدول مسیریابی OSPF را می‌توان به سه قسمت تقسیم کرد:

۱- پوشش همسایه‌ها و ارتباط بین آنها(Neighbor Discovery)
۲- ساختار تغییر پایگاه داده(Topology Database Exchange)
۳- محاسبه بهترین مسیر(Route Computation)

OSPF مانند EIGRP از hello packet استفاده می‌کند. این بسته سلام از طریق آدرس IP Multicast 224.0.0.5 ارسال می‌شود و از استاندارد IP Protocol 89 استفاده می‌نماید. نقشه OSPF یک ساختار سلسله مراتبی دارد که در بالای شبکه Back Bone ، در وسط مسیریاب‌های ABR یا Area Border Router و در نهایت مسیریاب‌های ناحیه بندی شده قرار دارند. پیشنهاد شرکت سیسکو این است که حداکثر ۴۰ مسیریاب در یک



ناحیه قرار گرفته شود.

ناحیه یا Area نیز شبیه ASN در EIGRP برای جداکردن شبکه است با این تفاوت که در area شبکه سلسله مراتبی است ولی ASN شبکه کاملاً تخت است. همچنین area مربوط به لینک یا اینترفیس است. فقط مسیریاب‌هایی که در یک area باشند همدیگر را می‌بینند. البته مسیریاب‌های ABR از این قانون مستثنی هستند. در واقع وظیفه این مسیریاب‌ها ایجاد ارتباط بین ناحیه پایین و شبکه Back Bone است. اگر ساختار OSPF به‌صورت تخت در نظر گرفته شود که همه در یک ناحیه قرار گرفته باشند به دلیل اینکه هر مسیریاب نقشه کل شبکه را دارد CPU مسیریاب‌ها

بالا می‌رود و دچار مشکل می‌شود. نکته‌ای که باید به آن توجه کرد این است که در OSPF فیلتر کردن و یا summarization وجود ندارد(البته در ادامه کمی تشریح داده می‌شود).

دستورات برای تنظیم OSPF:

(Config)#router OSPF <process-id> به‌صورت محلی است

(Config-router)#network <net-id> <wildcardmask> area <area number>

(R1)#sho ip OSPF database

(R1)#sho ip OSPF neighbor

OSPF برای فعال شدن نیاز به router id دارد که انتخاب آن به سه روش زیر امکان پذیر است:

۱- وارد کردن دستی
۲- انتخاب loopback interface فعال با بالاترین شماره IP
۳- انتخاب loopback interface غیر فعال با بالاترین شماره IP

در صورت تغییر router-id بعد از تنظیم OSPF باید دستور clear ip OSPF process وارد شود تا دوباره شروع به بررسی گردد.

۲-۱- OSPF Timers

OSPF بیشتر از EIGRP پیچیده است. در EIGRP ۳ نوع بسته اصلی ۱- Update ۲-Hello ۳-Query وجود دارد و ۲ بسته دیگر پاسخ به آنها است. ولی در OSPF ۶ نوع بسته وجود دارد. در EIGRP پارامترهایی همچون K-value، ASN و آدرس شبکه در مسیریاب‌ها باید یکی باشد ولی در OSPF به شرح زیر است:

۱- Hello Interval
۲- Dead Interval
۳- Area ID
۴- Net ID
۵- Stub Area Flag
۶- Authentication

برای اینکه OSPF بتواند بسته چندپخشی ارسال کند نیاز به فعال شدن OSPF (network یا ip OSPF area) دارد. همچنین لینک مربوطه نباید در حالت غیر فعال باشد(not passive-interface).

- در بسته‌های Hello پارامترهای زیر وجود دارد:

  - OSPF router ID
  - List of neighbors reachable on the interface
  - router priority
  - DR ip address(designated route)
  - BDP ip address

زمان پیش‌فرض برای Hello Interval=10 و Dead Interval = 4*Hello ثانیه است که به‌صورت خودکار در ۴ ضرب می‌شود. Hello Interval می‌تواند کمتر از ثانیه باشد همچنین از مکانیزم Bi-Directional Forwarding Detection نیز می‌توان استفاده نمود که به‌صورت خودکار با توجه به پارامترهای شبکه بهترین زمان ممکن را انتخاب و بسته را ارسال می‌نماید. دستورات برای تغییر زمان به شرح زیر است:

(Config-if)#ip OSPF hello-interval <value>
(Config-if)#ip OSPF dead-interval <value>
(Config-if)#ip OSPF dead-interval minimal hello-multiplier <value>
(R1)#Show ip OSPF interface <interface>

۲-۲- OSPF Router-ID

Router-id در پروتکل OSPF خیلی بیشتر از پروتکل EIGRP حائز اهمیت است. در نبود router-id در پروتکل EIGRP مشکلی در مسیرهای داخلی یا internal route ایجاد نمی‌شود و همسایه‌ها به درستی با یکدیگر ارتباط برقرار می‌کنند، ولی در external route مشکل ساز می‌شود. حال نقش Router-ID در پروتکل OSPF به اختصار توضیح داده می‌شود:

۱- اگر در یک ناحیه router-id مسیریاب‌ها با هم برابر باشد در ارتباط همسایگی دچار مشکل می‌شوند و پیام duplicate router-id داده می‌شود.
۲- اگر ناحیه‌ها متفاوت باشند برابری router-id تشخیص داده شده و مسیریاب‌ها LSAها را متمایز می‌کنند و پیغام OSPF Flood War می‌دهند.
۳- در پروتکل OSPF نیز router-id مانند EIGRP تعریف می‌شود.

۲-۳- OSPF MTU

MTU یا Maximum Transmission Unit مقدار حجم بسته‌ای است که مسیریاب‌ها به آن اجازه عبور می‌دهند. در شبکه‌ها معمولاً این مقدار به‌صورت پیش‌فرض 1500 Bytes است و اگر بیشتر باشد مسیریاب‌ها بنا به هدر Bit

Don't Fragment اگر 0 باشد بسته را تکه‌تکه یا به اصطلاح fragment و اگر ۱ باشد drop می‌کنند. در پروتکل OSPF اگر MTU سایز تعریف شده در تنظیمات با هم برابر نباشند مسیریاب همسایه به حالت EXSTART می‌رود و سپس Down می‌شود و پیام Too Many Retransmission داده می‌شود.

۲-٤- OSPF Authentication

همانند پروتکل EIGRP این پروتکل نیز از قابلیت احراز اصالت استفاده می‌کند که با کمی تفاوت شرح داده می‌شود. به دو دلیل از OSPF authentication استفاده می‌شود: ۱- برای فیلتر کردن مسیر ۲- برای امنیت بالا. برای تنظیم و فعال کردن احراز اصالت سه مرحله وجود دارد: ۱-authentication enable فعال نمودن احراز اصالت. ۲- type of authentication تعیین نوع احراز اصالت. ۳-enable per interface فعال نمودن آن برای هر اینترفیس. پروتکل OSPF مانند پروتکل EIGRP انعطاف پذیر نیست زیرا: ۱- نمی‌توان برای پسوردها زمان انتخاب کرد و ۲- نمی‌توان از chain key استفاده نمود و فقط برای MD5 می‌توان چند پسورد انتخاب نمود. در واقع سه مدل احراز هویت انجام می‌گیرد:۱- بدون احراز هویت۲-به‌صورت متن ساده یا plain text ۳- به‌صورت هشینگ از.MD5 برای تنظیم آنها می‌توان هم در حالت interface و هم در حالت router این کار را انجام داد. دستورات آن به شرح زیر است:

(Config-if)#ip OSPF authentication -> plain text

(Config-if)#ip OSPF authentication message-digest -> MD5

(Config-if)#ip OSPF authentication-key <key-value> -> plain text

(Config-if)#ip OSPF message-digest-key <key-number> md5 <key-value> -> MD5

(Config-router)#area <area-number> authentication -> plain text

(Config-router)#area <area-number> authentication message-digest -> MD5

(R1)#show ip interface <interface-type> <interface-number>

(R1)#debug ip OSPF adj

(R1)#debug ip OSPF hello

۲-۵- Frame Relay Introduction

مکانیزمی است که در شبکه‌های WAN استفاده می‌شود و بجای اینکه بسته‌ها در لایه ۲ به‌صورت 802.3 بسته‌بندی یا encapsulate شود به‌صورت Frame Relay با بیت کمتر و به‌صورت DLCI یا Data Link Connection Identifier بسته‌بندی می‌شود. هنگام روشن شدن مسیریاب‌ها، مبدأ یا SRC و مقصد یا DES را به یکدیگر ارسال می‌نمایند تا متوجه شوند که بسته از کدام DLCI وارد شده و آن را در جدول invers arp ذخیره کنند. اگر چند مسیریاب در یک DLCI با آدرس‌های متفاوت وجود داشته باشد باید از SUB interface استفاده شود. به همین ترتیب بسته‌های multicast, broadcast وجود ندارد. در اینصورت بسته‌ها باید تک تک به‌صورت unicast ارسال شود. همچنین این امر باید در مسیریاب‌ها برروی اینترفیس‌ها تنظیم شود. شبکه‌های Frame Relay به ۳ مدل تقسیم می‌شوند: ۱-full mesh ۲- Hub & Spoke ۳- Dual Hub & Spoke. باید توجه داشت که DLCI به‌صورت ۱۰ بیتی است و از ۱۶ تا ۱۰۰۷ قابل استفاده است. به عبارت دیگر Frame Relay از یک شناسه حلقه مجازی استفاده می‌کند تا فریم‌های شبکه را به یک مدار مجازی دائمی permanent virtual circuit(PVC) یا یک مدار مجازی موقت بر اساس تقاضا switched virtual circuit(SVC) اختصاص دهد.

۲-۶- Type of Networks in OSPF

در پروتکل OSPF اطلاعات لینک کمک می‌کند تا تشخیص داده شود بسته‌ها به‌صورت Unicast یا Multicast ارسال شوند. انواع شبکه‌ها به‌صورت زیر است.

Network Type	DR/BDR?	Hello Unicast/Multicast?	Hello/Dead Intervals?
broadcast	Yes	Multicast	10/40
non-broadcast	Yes	Unicast	30/120
point-to-point	No	Multicast	10/40
point-to-multipoint	No	Multicast	30/120
point-to-multipoint non-broadcast	No	Unicast	30/120
Loopback	No	N/A	N/A

۱- Broadcast: به‌صورت پیش‌فرض برروی شبکه LAN است. ارسال بسته‌ها به‌صورت همگانی قابلیت پیدا کردن همسایگان به‌صورت خودکار را می‌دهد. از DR(Designated Router) و BDR(Backup DR) پشتیبانی می‌کند. در واقع DR مسیریابی است که ترافیک شبکه را کاهش می‌دهد و تنها مسیریابی است که جدول پایگاه‌داده کامل OSPF را به دیگر مسیریاب‌ها ارسال می‌کند و BDR جایگزین یا Backup آن

است. زمان Hello و Dead، 10 و 40 است. ابتدا یک بسته ارسال می‌شود که همه مسیریاب‌ها می‌توانند آن را مشاهده نمایند. اگر شبکه Non-Broadcast تشخیص داده شود مدیر شبکه می‌تواند با دستور IP OSPF Network Broadcast به‌صورت دستی آن را تغییر می‌دهد.

۲- Non-Broadcast: در شبکه Frame Relay یا Multicast به‌صورت پیش‌فرض در این حالت است.پروتکل OSPF درباره داخل Frame Relay اطلاع ندارد ولی طرز عملکرد آن را می‌داند. اگر در Frame Relay، sub interface تعریف شود باید نوع بسته‌بندی یا encapsulation مشخص شود. در این حالت همسایگان به‌صورت خودکار پیدا نمی‌شوند و باید به‌صورت دستی در یک طرف آن وارد شود. زمان Hello و Dead، 30 و 120 است. دو روش برای تنظیم این مدل شبکه وجود دارد.

۱. روش اول:

```
(Conf)#interface serial 1/0
(Conf-if)#encapsulate frame-relay
(Conf-if)#ip address <ip-address>
(Conf-if)#ip OSPF <OSPF-proses-id> area <area-number>
```

۲. روش دوم:

```
(Conf)#interface serial 1/0.101 multipoint
(Conf-subif)#ip address <ip-address>
(Conf-subif)#ip OSPF <OSPF-proses-id> area <area-number>
(Conf-subif)#frame-relay map ip <ip-address> <DLCI>
(Config-router)#neighbor <neighbor-ip>
```

دستورت زیر برای دیدن مشخصات Frame Relay است.

```
(R1)#sho frame-relay map
(R1)#sho frame-relay pvc
```

۳- Point-To-Point: در این حالت DR و BDR وجود ندارد. همسایه‌ها به‌صورت خودکار پیدا می‌شوند. زمان Hello و Dead، 10 و 40 است. مثال‌هایی از این حالت PPP و HDLC است.

```
(Config)#interface serial 1/0.102 point-to-point
(Config-subif)#ip address <ip-address>
```

(Config-subif)#ip OSPF <opsf-proses-id> area <area-id>
(Config-subif)#frame-relay interface-dlci <dlci-number>
(Config-fr-dlci)#exit

همچنین با دستور ip OSPF network point-to-point می‌توان این کار را انجام داد.

۴- Point-To-Multipoint: این حالت پیش‌فرض هیچ نوع شبکه‌ای نیست. معمولاً برای مکآنهایی استفاده می‌شود که یک مسیریاب با چند مسیریاب دیگر به‌صورت P2P ارتباط دارد. در این حالت DR و BDR وجود ندارد. همسایه‌ها به‌صورت خودکار همدیگر را پیدا می‌کند. زمان Hello و Dead، 30 و 120 است.

(Config)#interface serial 1/0.103 multipoint
(Config-subif)#ip OSPF <opsf-proses-id> area <area-id>
(Config-subif)#ip OSPF network point-to-multipoint
(Config-subif)#frame-relay interface-dlci <dlci-number-router X>
(Config-subif)#frame-relay interface-dlci <dlci-number-router Y>

گاهی اوقات پیش می‌آید که شبکه از حالت Broadcast به حالت Point-To-Multipoint برده می‌شود به طور مثال زمانی که بعضی از مسیریاب‌ها شلوغ هستند می‌توان با تنظیم Cost اولویت آنها را مشخص نمود. در این حالت دیگر به وضعیت لینک نگاه نمی‌شود و تنها Cost در نظر گرفته می‌شود.

(Config-router)#neighbor <ip-address> cost <value>

۵- Point-To-Multipoint Non-Broadcast: همسایه‌ها به‌صورت خودکار همدیگر را پیدا نمی‌کند. باید به‌صورت دستی این شبکه تنظیم شود.

(Config-if)#ip OSPF network point-to-multipoint non-broadcast

OSPF LSA -۷-۲

اگر شبکه یک سازمان مجموعی از ناحیه‌ها در نظر گرفته شود آن‌گاه دو نوع پروتکل شبکه وجود دارد که به اختصار توضیح داده می‌شود:

۱- Interior Gateway Protocol (IGP): این نوع پروتکل فقط در یک autonomous system یا در یک ناحیه از شبکه کارایی دارد.

۲- Exterior Gateway Protocol (EGP): این نوع پروتکل ارتباط بین چند autonomous system یا چند ناحیه را برعهده دارد.

همه پروتکل‌های شبکه قبل از این که اطلاعات مسیرها را در جدول مسیریابی خود ذخیره کنند در جدولی به نام Data Base یا Topology ذخیره می‌کنند و پس از محاسبات آن را در جدول مسیریابی ذخیره می‌نمایند. که به طور خاص در پروتکل OSPF به آن Link State Data Base می‌گویند. زمانی که بر روی یک اینترفیس پروتکل OSPF فعال می‌شود این جدول به‌صورت خودکار ایجاد می‌گردد. باید توجه کرد که هر جدول مخصوص به یک AS است.

در این پروتکل هر مسیریاب ریشه درختی است که برروی آن الگوریتم SPF یا کوتاه‌ترین مسیر اول پیمایش شود، اجرا می‌شود. LSA یا Link State Advertisement بسته‌هایی هستند که این جدول و پروتکل را کامل می‌کنند. انواع آن به شرح زیر است:

Types of LSA in OSPF	
Type 1	Router LSA
Type 2	Network LSA
Type 3	Network Summary LSA
Type 4	ASBR Summary LSA
Type 5	AS External LSA
Type 6	Group Membership LSA
Type 7	NSSA External LSA
Type 8	External Attributes LSA
Type 9-11	Opaque LSA

LSA in CCNP	
Type 1	Router LSA
Type 2	Network LSA
Type 3	Network Summary LSA
Type 4	ASBR Summary LSA
Type 5	AS External LSA
Type 7	NSSA External LSA

۲-۸- SPF LSA Type-1 (Router-LSA)

پروتکل OSPF با استفاده از بسته به روزرسانی یا Update اطلاعات همسایه‌های خود را جابه‌جا می‌کند. به این بسته‌ها Hello نیز گفته می‌شود. هر مسیریاب DB خود را به همسایه‌ها و آدرس‌های چند پخشی 224.0.0.5 و 224.0.0.6 (DR)در ناحیه خود ارسال می‌کند. همچنین همسایه‌ها این بسته‌ها را به دیگر مسیریاب‌های موجود در آن ناحیه ارسال می‌کنند. به این بسته‌ها Router LSA گفته می‌شود. با استفاده از دستور زیر این بسته‌ها را می‌توان مشاهده نمود:

(R1)#show ip OSPF database [router (advertise router)]

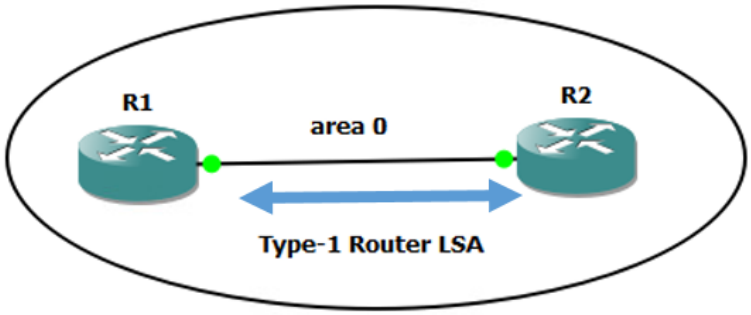
در قسمت router link states تمامی بسته‌های نوع ۱ را می‌توان مشاهده کرد.

Link state id یک شناسه برای لینک و برابر router-id OSPF است.

Link state data عبارتی برای توضیح لینک است به طور مثال نوع ارتباط و Cost لینک را نشان می‌دهد.

OSPF Network Stub: اگر اینترفیسی از مسیریاب به جایی متصل باشد که هیچ مسیریابی بسته‌های به روزرسانی و یا OSPF Hello را ارسال نکند، به آن ناحیه OSPF Network Stub گفته می‌شود.

لینک point-to-point یک stub network و link connected to another router است.



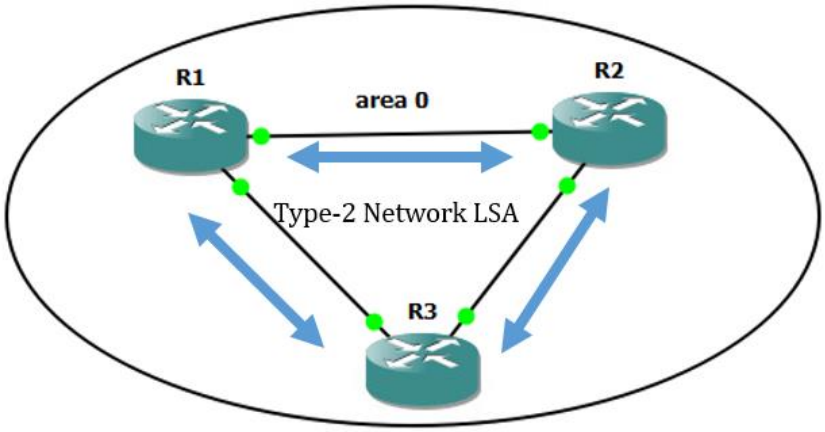
۲-۹- OSPF LSA Type-2 (Network-LSA)

این بسته‌ها فقط برای شبکه‌های Broadcast و Non-Broadcast استفاده می‌شود که DR/BDR دارند. تنها DR این بسته‌ها را ارسال می‌کند که حاوی NET-ID و SubnetMask است تا بقیه مسیریاب‌ها بتوانند SPF را ایجاد کنند.

نحوه انتخاب DR و BDR به یکی از روش‌های زیر است:

- اولین مسیریابی که روشن می‌شود خود را DR انتخاب کرده و به بقیه اطلاع می‌دهد.
- مسیریاب با بیشترین اولویت بین ۱ و ۲۵۵ که با دستور ip OSPF paririty <Value> می‌توان مشخص کرد DR می‌شود.
- مسیریاب با بزرگترین router-id و pariority که پیش‌فرض ۱ است به عنوان DR انتخاب می‌شود. اگر DR خاموش شد BDR جایگزین می‌شود و مسیریاب جایگزین برای BDR که الان DR شده است، انتخاب

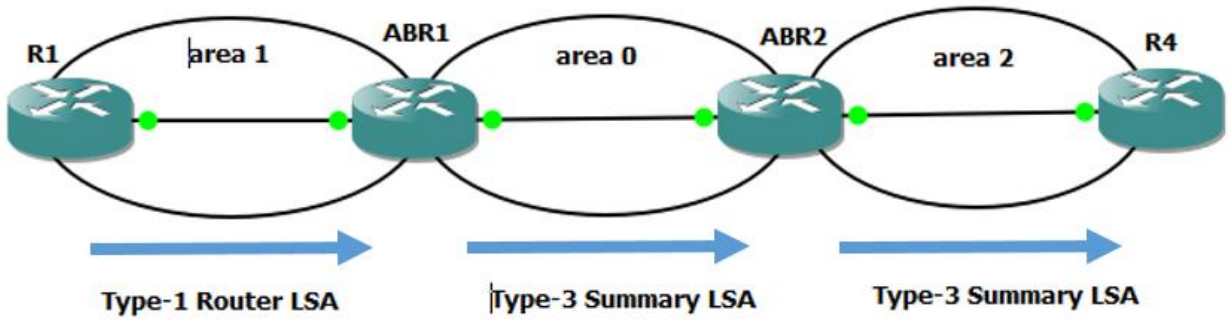
می‌شود. اگر Parority تغییر نمایند مسیریاب DR تغییر نمی‌کند چون باید SPF تغییر کند که موجب سربار ترافیکی می‌شود. فقط در صورت تغییر اسم و یا Router-ID این عملیات انجام می‌شود.



OSPF LSA Type-3 (Summary-LSA) –۱۰–۲

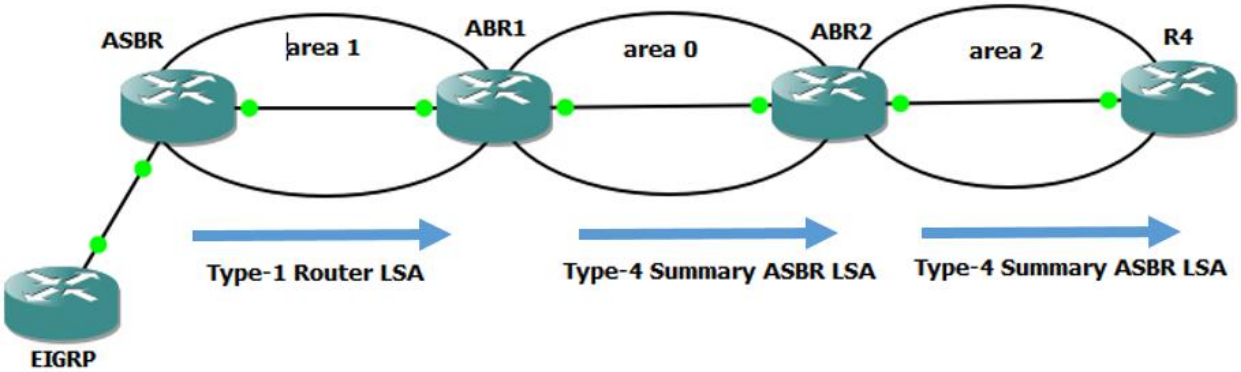
این نوع بسته‌ها توسط مسیریاب‌های ABR فرستاده می‌شود تا اطلاعات مربوط (Net-ID، Mask و Cost from ABR) به دیگر ناحیه‌ها AS را جابه‌جا کنند. به دلیل سربار Memory و CPU و همچنین کاهش Link State Data Base(LSDB) ناحیه‌بندی صورت می‌گیرد. Type-1 و Type-2 فقط در یک ناحیه فرستاده می‌شود و بین ناحیه‌ها ارسال نمی‌گردد. هنگام ارسال بسته‌های نوع یک مشخص می‌شود که کدام مسیریاب Area Border Router(ABR) است. مسیریاب‌ها فقط می‌دانند چه Net-ID و Mask و همچنین کدام مسیریاب ABR است. همچنین ABR مشخصه LSID را از شماره Net-ID بدست آورده و اضافه می‌کند. ABR شماره RID را اضافه می‌کند تا مشخص شود کدام مسیریاب این را پخش کرده است چون ممکن است مسیرهایی از طریق مسیریاب‌های دیگر مانند این ارسال کرده باشند. با دستور Show ip OSPF database <summary> می‌توان این پیام‌ها را مشاهده نمود.

تعداد LSAها را نیز می‌توان محدود کرد که با دستور max-lsa <number> قابل تنظیم است، ولی ابتدا پیغام warning/log می‌دهد، سپس منتظر می‌ماند و بعد از مدتی ارتباط با همسایگان را قطع می‌کند.



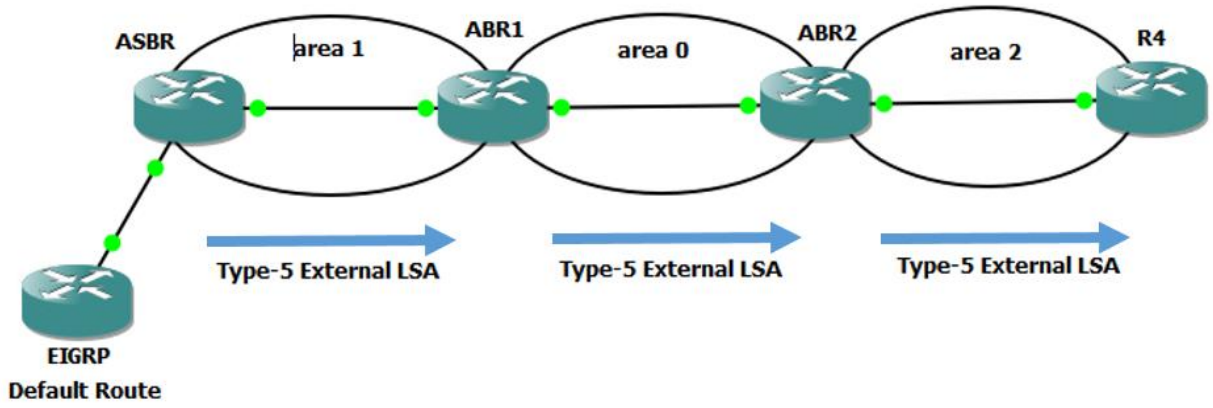
OSPF LSA Type-4 (ASBR -Summary-LSA) –۱۱–۲

زمانی که بسته‌های Type-1 از مسیریاب ASBR به دیگر ناحیه‌ها فرستاده می‌شود، مسیریاب‌هایی که این بسته را دریافت می‌کنند، آن را به Type-4 یا خلاصه بسته مسیریاب ASBR تبدیل می‌کنند. در واقع مسیریاب‌های ABR از این بسته استفاده می‌کنند تا ASBR را به دیگر مسیریاب‌ها اطلاع دهند. باید توجه داشت که مسیریاب ASBR خود از این بسته استفاده نمی‌کند. هنگامی که مسیریاب ASBR عمل redistribute را انجام می‌دهد. مسیریاب‌هایی که در ناحیه ASBR نیستند، نمی‌توانند ASBR را پیدا کنند، زیرا در درخت SPF وجود ندارد. پس مسیریاب‌های ABR بسته Type-4 LSA را ایجاد می‌کنند که به مسیریاب‌های داخلی اعلام کنند برای دسترسی به ASBR باید از طریق من بسته ارسال کنند.



OSPF LSA Type-5 (ASBR-External-LSA) –۱۲–۲

این بسته‌ها توسط مسیریاب ASBR ایجاد می‌شود تا مسیرهای خارجی وارد شده به پروتکل OSPF را رواج دهند. این بسته‌ها دو زیر مجموعه دارد که برای redistribution استفاده می‌شود. type-1 تمامی مسیریاب‌ها cost را در ترجمه می‌توانند تغییر دهند. Type-2 که به‌صورت پیش‌فرض است و فقط ASBR می‌تواند cost را تغییر دهد. در Cisco IOS مسیر پیش‌فرض یا Default Route از مسیر خارجی به OSPF مجاز نمی‌باشد.



OSPF Neighbor Relationship –۱۳–۲

هر مسیریابی باید LSDB یکسانی در یک ناحیه داشته باشد. مسیریاب‌های داخلی یک ناحیه فقط بسته‌های Type-1,2 تشخیص می‌دهند و مسیریاب ABR نیز به غیر از Type-1 و Type-2 بسته Type-3 را نیز تشخیص می‌دهد.

بین مسیریاب‌ها بسته‌های زیر جابه‌جا می‌شود:

۱- Hello: این بسته از نوع یک و شامل موارد زیر است:

- Router ID
- Hello/dead interval
- Neighbors
- Area ID
- Authentication data
- Router priority
- DR IP address
- BDR IP address

۲- Database Description (DD or DBD): مانند نامتناسب بودن MTU که در حالت fully adjacent یا همگرایی کامل قابل مشاهده نیست، ولی در حالت initiate می‌توان مشاهده نمود. مسیریاب‌ها توسط این بسته از LSDB یکدیگر با خبر می‌شوند.

۳- Link-State Request: بسته‌های Link-State Request، Link-State Update و Link-State Acknowledgment به دلیل تغییر در LSDB انجام می‌گیرد.
۴- Link-State Update
۵- Link-State Acknowledgment

حالت‌هایی که یک همسایه در طی زمان Fully adjacent وجود دارد که بدون DR است به شرح زیر توضیح داده شده است:

۱- Down: در همسایه‌ها دیده نمی‌شود ولی در syslog پیغام می‌دهد.
۲- Attempt: در حالت Static Neighbor است. در این حالت بسته hello ارسال می‌شود، ولی جوابی دریافت نمی‌شود.
۳- Init: در این حالت بسته hello دریافت می‌شود، ولی مسیریاب خودش را در بین فیلد همسایگان نمی‌بیند. در واقع هنگامی که OSPF فعال می‌شود این اتفاق می‌افتد.
۴- 2way: در این حالت بسته hello دریافت می‌شود و مسیریاب خودش را در بین فیلد همسایگان می‌بیند. در این حالت این بسته برای انتخاب DR یا BDR و برای تشخیص یکدیگر استفاده می‌شود.
۵- ExStart: قبل از اینکه DBD ارسال شود مسیریاب‌ها به این حالت می‌روند و روند انتخاب Master/Slave پیش می‌آید که فقط DBD Header یا به عبارت بسته‌های توضیحی خالی پایگاه‌داده ارسال می‌شود که بدنه آن خالی است. OSPF از پروتکل TCP استفاده نمی‌کند چون در لایه پایین IP قرار دارد، ولی مکانیزمی شبیه TCP برای Sequence number و Acknowledgment دارد که Master مسئول ایجاد Seq num است.Master مسیریاب با Router-ID بزرگتر است. هر مسیریاب دوست دارد Master باشد و flag مربوط به master را یک قرار می‌دهد.
۶- Exchange: بعد از حالت ExStart مسیریاب‌ها با استفاده از IP Multicast شروع به DBD Exchange می‌کنند. در این حالت بسته‌های مربوط به توضیح پایگاه‌داده دارای بدنه و اطلاعات است.
۷- Loading: بعد از Exchange سه مرحله req -> upd->ack اتفاق می‌افتد.
۸- Fully: این مرحله به معنای ثابت شدن همسایه‌ها است.

حال اگر DR/BDR در شبکه وجود داشته باشد، مشابه روند قبل مراحل طی می‌شود، با این تفاوت که مسیریاب‌ها LSDB خود را با DR یا BDR بررسی می‌کنند. فقط DR و BDR هستند که IP Multicast 224.0.0.6 دریافت

و بررسی می‌کنند. پروتکل OSPF هر ۳۰ دقیقه یکبار کل LSA را پخش می‌نماید و زمان LSA را صفر قرار می‌دهد. اگر نیازی به Flush باشد آن را ۳۶۰۰ قرار می‌دهد.

۲-۱٤- OSPF Metric Calculation

در این قسمت Metric ویا همان Cost در پروتکل OSPF بررسی می‌شود. این معیار براساس پهنای باند محاسبه می‌شود و می‌توان آن را به‌صورت دستی نیز تنظیم نمود. انتخاب بهترین مسیر به این شکل انجام می‌شود که ابتدا تمام LSAها جمع آوری شده، سپس Shortest Path First(SPF) یا اول مسیر کوتاه‌تر، با کمترین Cost ممکن محاسبه می‌گردد. محاسبه Cost برای شبکه‌های Inter-area یا بین ناحیه و Intra-area یا داخل ناحیه متفاوت است. در محدوده Intra-area لیستی از costها وجود دارد که بر اساس آن درخت SPF ایجاد می‌شود. در محدوده Inter-area که ABR وجود دارد قضیه متفاوت است ولی به‌صورت کلی مانند Intra-area می‌توان محاسبه نمود. حتی اگر تمامی اطلاعات موجود باشد این امر از دیدگاه مسیریاب‌ها ساده نیست. مسیریاب‌های ABR با رسیدن Type-1,2 LSA درباره یک محدوده اطلاعات بدست می‌آورند و با استفاده از بسته Type-2 LSA مقدار Cost را به دیگر محدوده‌ها ارسال می‌کنند. همچنین اطلاع می‌دهند که برای رسیدن به مقصد موجود در این ناحیه باید از از من عبور کنید. اگر چندین مسیریاب ABR این آدرس مقصد را اطلاع دهند تمامی مقدارها جمع‌آوری شده و کمترین مقدار که همان بهترین مسیر است، محاسبه می‌شود و همه مسیریاب‌ها از آن استفاده می‌کنند.

مسیریاب‌ها ابتدا مسیرهای Intra-area سپس Inter-area و بعد از آن External را در اولویت برای ارسال بسته‌ها قرار می‌دهند. باید توجه داشت در حالت External و redistribution بسته‌های مربوط به شبکه نوع ۵ و ۷ ارسال و دریافت می‌گردد. Cost یا هزینه مسیر در پروتکل OSPF از فرمول reference-bandwidth/interface-bandwidth محاسبه می‌شود. در صورت نیاز سه راه برای تغییر Cost یا Metric وجود دارد:

۱- Change Reference Bandwidth: تغییر پهنای باند مبدأ که به‌صورت پیش‌فرض برابر 100Mbps است. برای تغییر آن از دستور auto-cost reference-bandwidth <BW> استفاده می‌شود و اگر بالای 100Mbps باشد cost برابر ۱ در نظر گرفته می‌شود. این خصوصیت باید برای هر اینترفیس به‌صورت جداگانه و دستی تنظیم شود.
۲- Setting Bandwidth: تنظیم دستی پهنای باند اینترفیس یکی دیگر از روش‌های تغییر Cost است. این روش توصیه نمی‌شود چون تنظیمات دیگر که بر اساس پهنای باند بدست می‌آید را تحت تاثیر قرار می‌دهد.

۳- Configure Cost Directly: تنظیم دستی cost به‌صورت مستقیم بهترین روش است، ولی از لحاظ مدیریتی امری پیچیده است. این تنظیم با دستور ip OSPF cost <value> تنظیم می‌شود.

۲-۱۵- OSPF Filtering

برای فیلتر نمودن یک مسیر مشخص صورت می‌گیرد. این امر فقط در بین ناحیه‌ها انجام پذیر است. قبل از آن که فیلتر مسیر تنظیم شود، باید تمام مسیریاب‌ها LSDB یکسانی داشته باشند تا SPF به درستی صورت گیرد. عمل فیلترینگ توسط مسیریاب ABR انجام می‌شود. مسیریاب ABR مسیر را در لیست خود ذخیره می‌کند و اگر این مسیر فیلتر شود آن را ارسال نمی‌کند، بدین معنی که با استفاده از بسته‌های LSA Type-1,2 مسیرها را دریافت و ذخیره می‌کند، ولی در هنگام ایجاد بسته‌های LSA Type-3 آنها را که فیلتر شده‌اند ارسال نمی‌کند. هدف از فیلترینگ در پروتکل OSPF این است که: بسته‌ها از مسیریاب خاص ارسال شوند و یا اینکه مسیر به هیچ کدام از مسیریاب‌ها ارسال نشود. دستور تنظیم فیلتر نمودن به شرح زیر است:

(Config-router)#area <area-number> filter-list prefix <prefix-name> <in | out>

در اینجا in فرستادن به ناحیه و out دریافت از ناحیه است. باید توجه داشت ابتدا prefix-list باید تعریف شده باشد.

روش دیگر استفاده از area-range است که بیشتر برای summarization استفاده می‌شود.

(Config-router)#area <area-number> range <IP> <Mask> not-advertise

اگر area وارد شده مجاورت ABR نباشد هیچ تاثیری ندارد و فیلتر انجام نمی‌شود.

حال اگر در یک ناحیه خواسته شود فیلتر صورت گیرد، به این معنی است که بسته LSA دریافت می‌شود ولی در جدول routing قرار نمی‌گیرد. در واقع فیلتر بین OSPF DB و Routing Table قرار می‌گیرد. در OSPF DB تمام مسیریاب‌ها، همه LSAها از همه مسیریاب‌ها را دریافت می‌کنند، ولی برای قرار دادن بسته در مسیر مشخص با فیلتر کردن دچار مشکل می‌شوند. این امر مانند EIGRP با دستور distribute-list انجام می‌گیرد. به عبارت ساده‌تر داخل یک ناحیه، به دلیل اینکه باید LSDB تمام مسیریاب‌ها یکسان باشد، مسیر باید دریافت و در پایگاه‌داده ذخیره شود ولی در جدول مسیریابی قرار نگیرد. به همین دلیل از دستور زیر استفاده می‌شود. باید توجه داشت که تنظیم این دستور در مسیریاب باعث می‌شود که مسیر به هیچ عنوان از این مسیریاب عبور نمی‌کند حتی اگر در جدول مسیریاب‌های بعد از آن در جدول مسیریابی وجود داشته باشد. پس باید این دستور در مسیریاب صحیح صورت گیرد.

(Config-router)#distribute-list prefix <prefix-name> <in | out> <interface>

در فیلتر کردن مسیریاب بسته را دریافت و اطلاعات آن را یاد می‌گیرد ولی استفاده نمی‌کند. اگر بخواهیم به اطلاعات بسته هم توجه نکند باید از دستور IN استفاده نمود، زیرا Distribute-list بین LSADB و Routing-table قرار دارد و فیلتر می‌تواند advertise یا انتقال اطلاعات مسیر را برگرداند.

OSPF Route Summarization –۱۶–۲

در ابتدا باید توجه داشت که هیچ‌کدام از مسیریاب‌هایی که در یک ناحیه هستند نمی‌توانند خلاصه‌سازی انجام دهند، زیرا در یک ناحیه تمامی LSDBها در تمامی مسیریاب‌ها یکسان است. دلایل خلاصه‌سازی در پروتکل OSPF می‌تواند برای کاهش LSDB و کاهش بار Memory و CPU یا دستکاری مسیر باشد. خلاصه‌سازی از دو طریق انجام می‌شود:

۱- Area Border Router (ABR): مسیریاب‌های ABR بسته‌های Type-3, 4 ارسال می‌کنند. مانند پروتکل EIGRP خلاصه‌سازی صورت می‌گیرد با این تفاوت که فقط در مسیریاب‌های ABR انجام پذیر است. در دستور زیر ناحیه خلاصه مورد نظر باید وارد شود:

(Config-router)#area <area-number> range <IP> <Mask> cost <cost>

۲- Autonomous System Boundary Router (ASBR): این مسیریاب مانند مسیریاب ABR است با این تفاوت که عمل redistribute نیز انجام می‌دهد. عمل redistribute در واقع ترجمه یک پروتکل مسیریابی به یک پروتکل مسیریابی دیگر است. این مسیریاب بسته‌های Type-3, 4, 5 ارسال می‌کند. Type-5 برای مسیریابی External و redistribute Net-ID انجام می‌شود. بدین گونه است که این مسیریاب بسته LSA با فیلدهای LSID که داخل آن Net-id و Mask قرار می‌گیرد، ایجاد می‌نماید. همچنین دو مؤلفه ASBR RID و Cost نیز در آن قرار می‌گیرد. به‌صورت پیش‌فرض Cost=20 است. با دستور زیر می‌توان در این مسیریاب خلاصه‌سازی نمود:

(Config-router)#summary-address <Net-ID> <Mask>

OSPF Default Route –۱۷–۲

همانند پروتکل RIGRP مسیر پیش‌فرض موقعی استفاده می‌شود که هیچ مسیر تطابقی در جدول مسیریابی نباشد. مسیر پیش‌فرض باعث کم شدن load منابع و همگرایی سریع می‌شود. ولی این امر باعث حذف بسته‌های ناشناخته و یا

فرستادن بسته‌های ناشناس به مسیر پیش‌فرض است. برای تعریف مسیر پیش‌فرض در پروتکل OSPF دو راه وجود دارد.

۱- Default-Information Originate: اگر به هر روشی مسیر پیش‌فرض تعیین شده باشد OSPF اجازه دارد تا بسته LSA با مسیر پیش‌فرض ایجاد و پخش کند. اگر مسیر پیش‌فرض وجود نداشت با استفاده از عبارت Always می‌توان این اجازه را داد.

(Config-router)#default-information originate [always] [metric <metric>] [metric-type <type>] [route-map <route-map>]

با وارد نمودن این دستور LSA Type-5 از نوع sub type-2 که cost=20 است، توسط ASBR ایجاد می‌شود.

۲- Stub Area: فرستادن تمام مسیرها به تمام مسیریاب‌ها امکان‌پذیر است اما راه ساده‌تری نیز وجود دارد. برای مثال ناحیه ۱ به ABR می‌گوید تو تنها راه ورود و خروج هستی پس مسیرها را در خود ذخیره کن و به مسیریابهای داخل ناحیه‌ی ۱ و ارسال نکن در این صورت به آن مسیریاب Stub گویند. مسیریاب‌های Stub تمام مسیرهای ناشناس را به مسیریاب ABR می‌فرستند. مواردی که لحاظ می‌شود: ۱- مسیریاب ABR مسیر پیش‌فرض را با استفاده از Type-3 به Stub area ارسال می‌کند. ۲- بسته Type-5 LSA ABR را ارسال نمی‌کند. ۳- مسیریاب ABR ممکن است دیگر Type-3 LSAها را ارسال نکند. ۴- این امر در مسیریاب ABR و تمامی مسیریاب‌های Stub باید تنظیم شود. در غیر اینصورت در ارتباط همسایگی تداخل پیش می‌آید. ۵- مسیریاب‌های Stub نمی‌توانند redistribute external را انجام دهند چون نیاز به Type-5 دارند.

OSPF Stub Area –۱۸–۲

مسیریاب ABR بسته Type-5 LSA را فیلتر می‌کند و همچنین در Totally Stubby و Totally NSSA نیز Type-3 LSA را فیلتر می‌کند. مسیریاب ASBR وظیفه دارد تا پروتکل خارجی را به OSPF ترجمه کند و بسته Type-5 LSA را بسازد. اما اگر خواسته شود مسیری در ناحیه خاص فیلتر شود و یا از advertise کردن آن جلوگیری شود، نمی‌توان از area range یا distribute list و یا area filter list استفاده نمود، زیرا area range برای نوع ۳ یا Type-3 است. Prefix list بین LSA DB و route table است که باعث advertise می‌شود و filter list هم برای external جواب نمی‌دهد. راه حل این است که فقط روی مسیریاب ASBR دستور distribute-list prefix-list OUT را تنظیم نمود.

۱- Stub: در این حالت neighbor mismatch رخ می‌دهد و تغییر آن در بیت External Routing Capability ظاهر می‌شود. در واقع تمامی مسیریاب‌ها در این ناحیه از اطلاعات مسیریابی اطلاع ندارند و فقط می‌دانند که برای ارسال بسته باید آن را به مسیریاب ABR ارسال نمود. در واقع همین برای آنها کافیست. برای تنظیم آن از دستور زیر استفاده می‌شود و بر روی همه مسیریاب‌ها باید تنظیم شود:

(Config-router)#area <area-id> stub

۲- Totally Stubby: فقط برروی مسیریاب ABR با دستور no-summary زده می‌شود و بقیه نیازی به no-summary ندارند. اما اگر در مسیریاب‌های دیگر وارد شود مشکلی پیش نمی‌آید. در واقع مانند Stub است با این تفاوت که نیازی به دانستن اطلاعات مسیرهای خلاصه‌سازی شده هم نیست. دستور آن در زیر آمده است:

(Config-router)#area <area-id> stub no-summary

۳- Not-So-Stubby: اگر خواسته شود که مسیریابی داخل ناحیه Stub عمل ASBR انجام دهد که بتوان redistribution انجام داد از این تنظیم استفاده می‌شود که بسته LSA Type-7 را ایجاد می‌کند. این دستور در تمامی مسیریاب‌ها وارد می‌شود.

(Config-router)#area <area-id> nssa

۴- Totally Not-So-Stubby: همانند nssa است با این تفاوت که نیازی به دانستن اطلاعات مسیرهای خلاصه‌سازی شده هم نیست. این دستور در مسیریاب ASBR وارد می‌شود. دستور آن به شرح زیر است:

(Config-router)#area <area-id> nssa no-summary

Stub	Don’t Filter Type-3	Filter Type-5	Cannot send type-7
Totally Stub	Filter Type-3	Filter Type-5	Cannot send type-7
NSSA	Don’t Filter Type-3	Filter Type-5	Can send Type-7=redistribute external to stub area
Totally NSSA	Filter Type-3	Filter Type-5	Can send Type-7

Area	Restriction
Normal	None
Stub	No Type 5 AS-external LSA allowed
Totally Stub	No Type 3, 4 or 5 LSAs allowed except the default summary route
NSSA	No Type 5 AS-external LSAs allowed, but Type 7 LSAs that convert to Type 5 at the NSSA ABR can traverse
NSSA Totally Stub	No Type 3, 4 or 5 LSAs except the default summary route, but Type 7 LSAs that convert to Type 5 at the NSSA ABR are allowed

OSPF Virtual Link –۱۹–۲

مسیریابی که در یک ناحیه غیر صفر است اگر نیازی به دانستن اطلاعات ناحیه دیگر داشته باشد باید حتماً از طریق مسیریاب ABR که با ناحیه صفر در ارتباط است ارتباط برقرار نماید. بعضی از مواقع بنا به دلایلی همچون طراحی شبکه، قطعی ارتباط و یا نتوانستن اتصال به Backbone، نمی‌شود مستقیماً به مسیریاب ABR دسترسی پیدا نمود. Virtual Link راه حل مجازی است که این مشکل را حل کرده تا به‌صورت غیر مستقیم بتوان با مسیریاب ABR ارتباط برقرار نمود. در واقع این لینک مجازی، تونلی بین مسیریاب‌های بین راه تا مسیریاب ABR است. این تونل مجازی می‌تواند با مسیریاب ABR ارتباط برقرار نماید که مسیریاب مورد نظر نیز مسیریاب ABR می‌شود، زیرا DB یکسانی دارند. باید توجه داشت که مسیریاب ABR با مسیریاب مورد نظر به یکدیگر LSA به‌صورت unicast ارسال می‌کنند. در virtual link ارسال چندپخشی انجام نمی‌گیرد. پس از تنظیم virtual link مسیریاب‌ها Router-ID و Interface IPهای یکدیگر را می‌دانند و به اینصورت unicast انجام می‌گیرد. در virtual link در بسته‌های LSA تگ مربوط به Do Not Age (DNA) تنظیم می‌شود چون لینک مجازی بین چندین مسیریاب است. همچنین ناحیه‌ای که برروی آن virtual link تنظیم شده است نباید ناحیه stub باشد. دستورات برای تنظیم به شرح زیر است:

(Config-router)#area <area-number> virtual-link <remote-RID>

ناحیه در اینجا حمل کننده Virtual-Link است.

(R1)#show ip OSPF border-router

Hello/Dead را نمی‌توان در قسمت interface-level تغییر داد. برای تغییر آن باید دستور area virtual-link را وارد نمود. بعد از up شدن لینک نمی‌توان hello را تغییر داد و تغییر دادن آن فقط برای شروع مفید است. در virtual link احراز هویت مانند لینک عادی به ۳ صورت امکان پذیر است: ۱-بدون احراز ۲-plain text ۳-MD5.

OSPF Path Manipulation -۲۰-۲

دستکاری مسیر در پروتکل OSPF همانند پروتکل EIGRP به چند روش صورت می‌گیرد، که شامل changing metric، summary route، filtering و changing metric-type است. دستکاری مسیر در داخل ناحیه و بین ناحیه تفاوت دارد.

۱-داخل ناحیه: فقط metric را می‌توان تغییر داد. از دستوراتی مانند auto-cost که از bandwidth محاسبه می‌گردد، یا تغییر bandwidth و یا تغییرOSPF cost در سطح interface می‌توان استفاده نمود.

۲- بین ناحیه: برای redundancy باید از دو مسیریاب استفاده نمود که با استفاده از summarization برای ایجاد high availability و یا filtering برای ایجاد load balancing می‌توان استفاده نمود.

اولویت در OSPF به‌صورت O > O IA > E1 > E2 > N1 >N2 است.

OSPF Intra area > OSPF Inter area > External Type 1 > External Type 2 > NSSA Type 1 > NSSA Type 2

Redistribution -۲۱-۲

برای ترجمه پروتکل‌های مسیریابی باید حداقل یک مسیریاب دارای خاصیت‌های زیر باشد:

۱- حداقل یک لینک در ارتباط با هر پروتکل مسیریابی باشد.
۲- برای هر پروتکل مسیریابی تنظیمات مربوط به آن برروی مسیریاب باید تنظیم شود.
۳- بر روی هر پروسه پروتکل مسیریاب دستور redistribute وارد شود.

عمل Redistribute درباره جزئیات هر پروتکل چیزی نمی‌داند و از topology و یا Database هر پروتکل مسیریابی اطلاعاتی نمی‌فهمد. ترجمه فقط بر اساس جدول مسیریابی اطلاعات صورت می‌گیرد. به‌طور خاص ابتدا EIGRP و سپس OSPF توضیح داده می‌شود. برای ترجمه پروتکل EIGRP به OSPF باید داخل تنظیمات مربوط

به پروتکل OSPF دستور وارد شود. برای فهم آن باید مترجم پروتکل OSPF باشد. زمانی که یک پروتکل به پروتکل دیگر redistribute می‌شود COST یا Metric و دیگر موارد باید به گونه‌ای ترجمه شود که برای پروتکل دیگر قابل فهم باشد. در پروتکل‌های OSPF و EIGRP این مؤلفه بر اساس پهنای باند است ولی در پروتکل RIP بر اساس hop count است. ولی به هر حال از اطلاعات interface خروجی می‌گیرد. ۳ راه برای تنظیم مؤلفه Cost وجود دارد: ۱- EIGRP: از طریق default-metric در پروتکل EIGRP این مقدار را تعیین نمود. ۲- در redistribute command وارد نمود. ۳- با استفاده از route-map در قسمت redistribute می‌توان وارد نمود. به ترتیب اولویت route-map بعد redistribute بعد EIGRP پیشنهاد می‌شود. دستور تنظیم آن به‌صورت زیر است:

(Config-router)#redistribute <protocol> [process-ID | ASN] [metric BW Delay Reliable Load MTU] [match internal | NSSA-external | external-1 | external-2] [tag tag-value] [route-map name]

Tag برای انتخاب مسیر و سپس جدا کردن آن است که مقدار آن integer است.

(R1)#show ip EIGRP topology

(Config-router)#redistribute connected subnets

Connected منظورآن است که هیچ چیزی تنظیم نشده است و Subnets برای class-less بودن آن است.

در ترجمه پروتکل OSPF به پروتکل EIGRP، مشابه عمل redistribute در قبل انجام می‌شود با این تفاوت که بسته‌های Type-5 یا Type-7برای NSSA، ممکن است به بسته‌های type-4 تبدیل شود. در تنظیمات دستوری آن تفاوتی وجود دارد. اول اینکه metric-type نشان دهنده subtype 1,2 است و دوم اینکه subnets برای class full یا classless استفاده می‌شود. مقادیر پیش‌فرض برای ترجمه بدین گونه است که: ۱-metric: اگر منبع BGP بود برابر ۱ اگر OSPF با Process متفاوت بود برابر مقدار منبع و دیگر پروتکل‌ها برابر ۲۰ است. ۲- Type: برای NSSA از نوع ۷ و بغیر از آن نوع ۵ استفاده می‌شود ۳- subnets: به‌صورت پیش‌فرض class full است.

با استفاده از Route-map و یا Distribute-list می‌توان مسیرها را فیلتر نمود. Route-map قابلیت‌های زیادی دارد که شامل موارد ذیل است: ۱- کدام مسیر انتخاب شود و یا prefix/length آن تغییر کند. ۲- metric و یا metric-type کدام مسیر را تغییر دهد. ۳- برای مسیرها tag مشخص می‌شود.

با استفاده از دستور match در route-map قابلیت‌هایی زیر وجود دارد:

(Config-route-map)#match interface | metric | route-type | tag

(Config-route-map)#match ip address | next-hop | route-source

با استفاده از دستور set در route-map قابلیت‌هایی زیر وجود دارد:

(Config-route-map)#set metric | metric-type | tag

برچسب زدن یا همان Tag فواید زیادی دارد که یک نمونه آن جلوگیری از حلقه است بدین شکل که اگر مسیری دوباره به مکان قبلی برگردد با استفاده از tag شناخته می‌شود.

Prevention Loops to Redistribute OSPF –۲۲–۲

حلقه مسیریابی بدین معنی است که مسیری به اشتباه در یک حلقه بین چندین مسیریاب ارسال شود. موقعی که redistribute انجام می‌شود، زمانی حلقه ایجاد می‌شود که دو مسیریاب ترجمه را بر عهده داشته باشند در این حالت ممکن است مسیری به اشتباه از طریق مسیریاب دیگر به عنوان مسیر بهتر انتخاب شود. زمانی این اتفاق رخ می‌دهد که administrative distance مسیر این پروتکل بهتر از پروتکل دیگر باشد در EIGRP هیچ موقع این اتفاق نمی‌افتد. البته به شرطی که بین دو پروتکل نباشد، زیرا internal route آن کمتر از همه پروتکل‌های IGP است و external route آن بیشتر از همه IGPها است.

۱- Change Metric: یکی از راه‌های جلوگیری از حلقه‌های مسیریابی تغییر metric است. فرض کنید دو مسیریاب با دو پروتکل OSPF و RIP وجود داشته باشند تا عملیات Redistribute را انجام دهند. وقتی update از RIP به OSPF وارد شود metric بر اساس hop count است. اگر در مسیریاب دیگر این مسیر hop count کمتری وجود داشته باشد بسته‌ها داخل OSPF می‌چرخد و سپس به مسیریاب دیگر میرسد که مسافت بیشتری طول می‌کشد. و برای حل این مشکل باید بیشترین hop count را به عنوان metric قرار داد. ولی update از OSPF به RIP چون Administrative Distance کمتری دارد مشکلی ایجاد نمی‌شود.

۲- Change Administrative Distance: AD به‌صورت محلی برای مسیریاب‌ها می‌باشد و آن را آگهی یا اعلام نمی‌کنند و بقیه مسیریاب‌ها نیز از آن اطلاعی ندارند. برای جلوگیری از حلقه مسیریابی بین RIP و OSPF باید OSPF AD بیشتر از RIP AD باشد. باید توجه داشت که برای redundancy از دو مسیریاب برای redistribute استفاده می‌شود و به همین دلیل امکان وجود حلقه وجود دارد و با AD می‌توان بین مسیریاب‌های ASBR این فیلتر را انجام داد. برای تنظیم آن بر روی پروتکل‌های مختلف از دستورات زیر استفاده می‌شود:

RIP-> distance <value>

EIGRP-> distance <internal AD> <external AD>

EIGRP-> distance <value> <ip src add> <wildcard mask> این فقط برای داخلی می‌باشد نه خارجی

OSPF->distance <external AD> <intra AD> <inter AD>

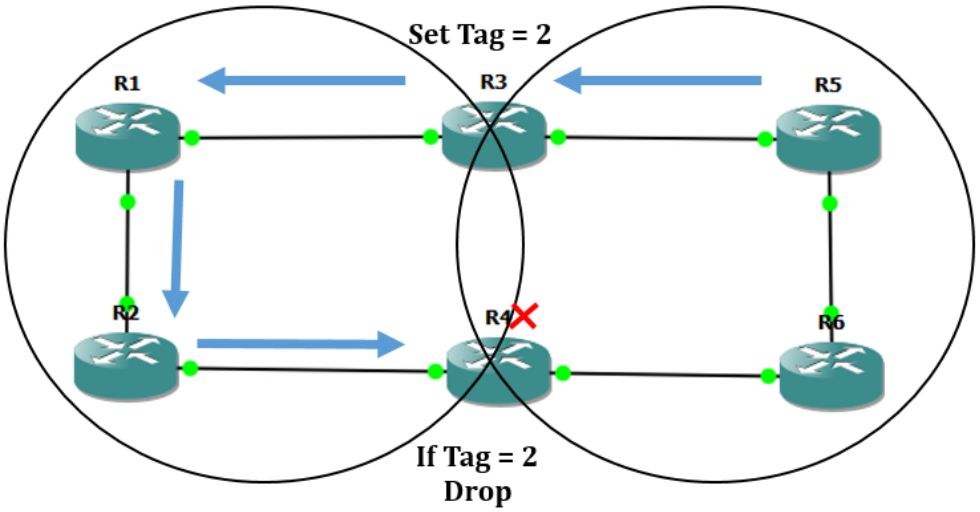
OSPF->distance <value> <ip src add> <wildcard mask>

دستور OSPF برای همه هست فقط به شرط اینکه سلسله مراتب O E1/E2 < O IA < O رعایت شود.

در OSPF اگر مسیر یکی باشد با دستور بالا همان AD را در نظر می‌گیرد و تغییر نمی‌کند. اگر HOST IP یعنی 32/ باشد تغییر می‌دهد. در دستور بالا از ACL نیز می‌توان استفاده نمود.

در کل زمانی که بین IGP1 و IGP2 ترجمه می‌شود و از IGP2 به IGP3 نیز ترجمه می‌شود مشکل زمانی به وجود می‌آید که از IGP2 به IGP3 دوباره بر می‌گردد که external AD IGP2 < external AD IGP3 باشد، که باعث حلقه می‌شود.

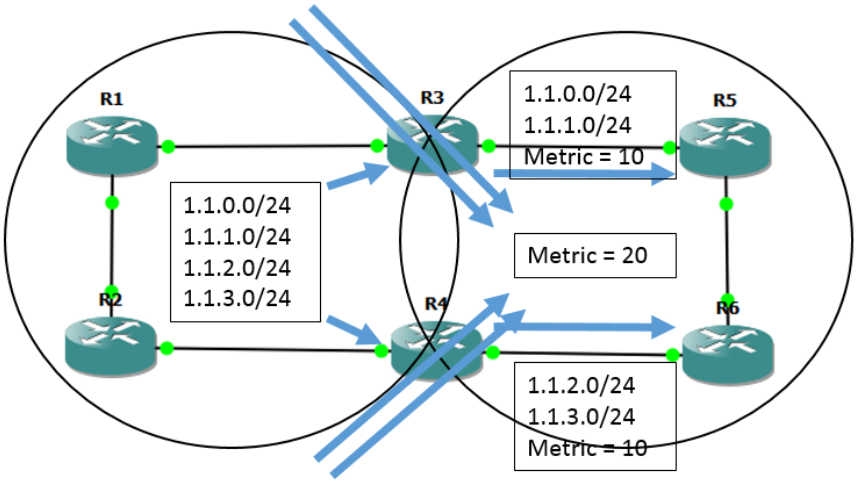
۳- Filtering (Set Tag or Subnet): استفاده از فیلتر کردن بر دو اساس می‌توان از حلقه جلوگیری نمود. یکی بر اساس Net-ID است که بسیار سخت است و اشتباهات انسانی در آن دخیل می‌شود. دیگری زدن برچسب که راحت‌تر است. زدن برچسب برای شناسایی، فیلتر کردن و جلوگیری از حلقه است. برچسب یا همان Tag را می‌توان در route-map، distribute-list و redistribute استفاده نمود. در اینجا برچسب زدن در هنگام پروسه redistribute انجام می‌گیرد. برای تنظیم زدن برچسب در route-map در redistribute می‌توان تمام مسیرها را برچسب زد تا مسیریاب دیگر که این برچسب را می‌بیند متوجه شود که قبلاً این مسیر redistribute شده است و نباید دوباره ارسال نماید. باید توجه داشت که برچسب بین EIGRP و OSPF باقی می‌ماند ولی در RIP باید دوباره زده شود.



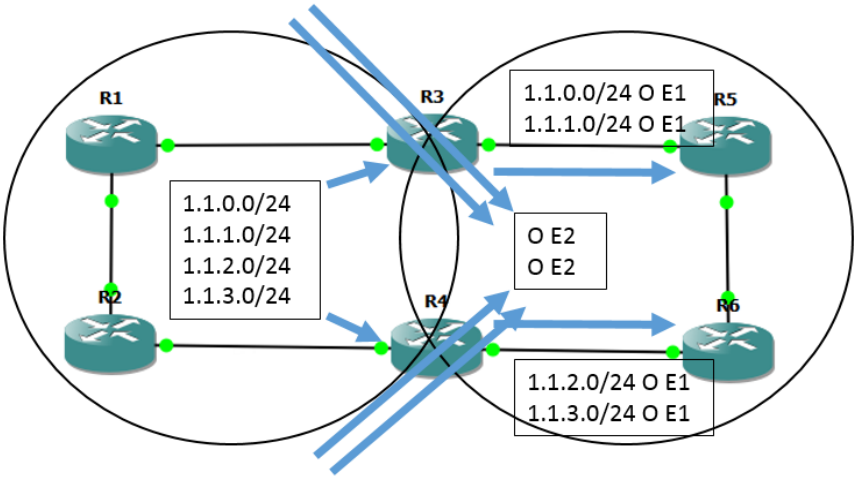
Redistribute OSPF Path Manipulation –۲۳–۲

زمانی می‌توان مسیر را به‌صورت دستی موقع redistribute تغییر داد که حداقل دو مسیریاب وجود داشته باشد.

۱- با استفاده از تغییر Metric: این روش را می‌توان با استفاده از route-map، redistribute و default-metric انجام داد.

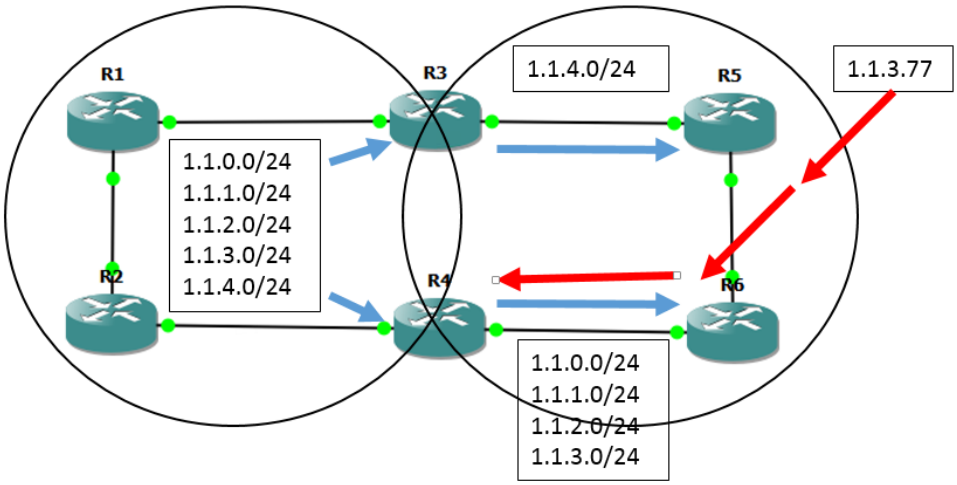


۲- با استفاده از تغییر Metric Type: این روش بدین گونه است که O E1 اولویت بالاتری نسبت به O E2 دارد.



۳- با استفاده از فیلتر کردن: این روش مناسب نیست چون redundancy را از بین می‌برد و با قطع مسیریاب مسیر از دست می‌رود.

۴- با استفاده از Summarization: شبکه‌ای که بیشتر تطابق داشته باشد اولویت بالاتری دارد. مسیریاب دیگر به عنوان Backup قرار می‌گیرد.



۳- Routing Border Gateway Protocol

این پروتکل برای Exterior gateway Protocol(EGP) طراحی شده است تا بین دو یا چند سرویس دهنده پیاده‌سازی شود و مسیرها را جابه‌جا نماید. پروتکل‌های IGP برای محاسبه کردن مسیرهای زیاد طراحی نشده‌اند، زیرا پروسه‌های زیادی دارند مانند SPF در پروتکل OSPF و همچنین پیچیدگی زیادی دارند. پروتکل EGP را می‌توان

برای شبکه‌های بزرگ Enterprise یا این‌که در قسمت Core routers که نیاز به دانستن جزئیات زیادی ندارند، و در سطح‌های پایین از پروتکل IGP استفاده نمود. همچنین اگر سازمانی با چند ISP و یا اینکه با یک ISP چندین ارتباط داشت، می‌توان از پروتکل BGP استفاده نمود. تفاوت‌ها و شباهت‌های پروتکل‌های IGP و BGP به شرح زیر است:

۱- پروتکل BGP مانند پروتکل IGP نیاز به ارتباط با همسایگان دارد ولی به‌صورت پیش‌فرض در پروتکل IGP به‌صورت خودکار این عمل انجام می‌گیرد، ولی در پروتکل BGP به‌صورت دستی باید صورت گیرد. در دستگاه‌های غیر سیسکو می‌توان خودکار تعریف نمود ولی در سیسکو این امکان وجود ندارد.
۲- پروتکل BGP مانند پروتکل IGP، NET-ID، subnet و Next-Hop برای آن شبکه را ارسال می‌کند.
۳- در پروتکل BGP همسایگان نیازی نیست از لحاظ فیزیکی و NET-ID همسایه باشند. تقریباً مانند virtual link است.
۴- پروتکل‌های OSPF و EIGRP پروتکل‌های مخصوص به خود دارند، ولی پروتکل RIP از UDP و پروتکل BGP نیز از TCP 179 استفاده می‌کند.
۵- پروتکل BGP با ارسال NET-ID و Subnet اطلاعاتی ارسال می‌کند که به آن Network Layer Reachability Information (NLRI) گویند.
۶- پروتکل BGP مشخصه‌هایی برای ارسال IPV6، Multicast، انتخاب بهترین مسیر و Metric دارد.
۷- پروتکل IGP بسیار سریع همگرا می‌شود، ولی پروتکل BGP نیاز به سریع همگرا بودن ندارد، ولی باید Scalable یا مقیاس‌پذیر باشد.
۸- پروتکل BGP همچنین از الگوریتم Path Vector Logic استفاده می‌کند که شبیه Distance Vector است.

در پروتکل IGP اگر چندین مسیر با مقصد یکسان وارد مسیریاب شود ابتدا AD، سپس Metric ودر آخر Load Balance انجام می‌شود. در پروتکل BGP به‌صورت سلسله مراتبی، درختی و همچنین با عمق زیاد بررسی می‌شود. با بررسی این امر احتمال ضعیفی وجود دارد هزینه مسیرها یکسان شود و به‌صورت پیش‌فرض دو مسیر یکسان در جدول مسیریابی قرار نمی‌گیرد. لینک Backup در پروتکل EIGRP فقط مخصوص به خود مسیریاب است و advertise یا اعلام نمی‌شود. در پروتکل BGP بهترین مسیر advertise یا اعلام می‌شود و مسیری که دستی تغییر کرده است، اعلام نمی‌شود.

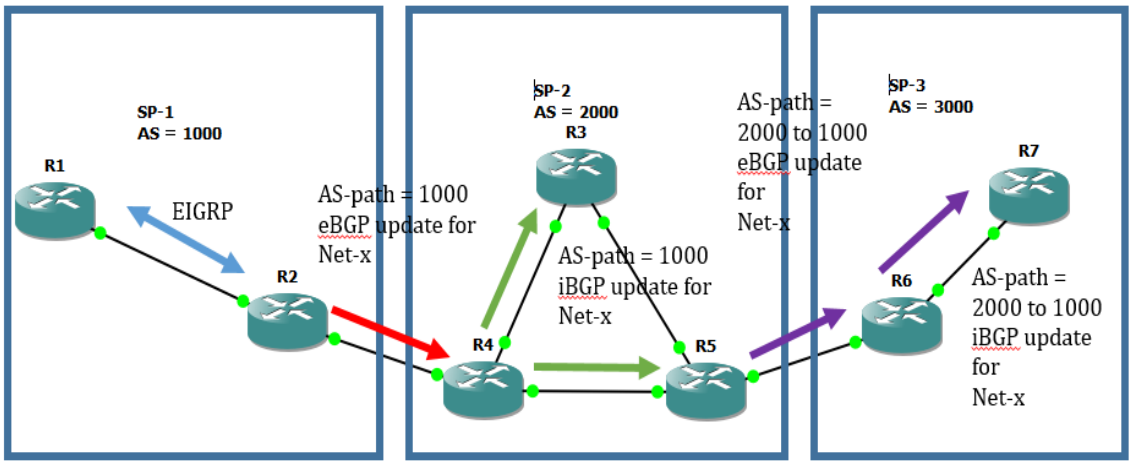
۳-۱- iBGP & eBGP

پروتکل EIGRP برای ارتباط نودی از شرکت که خارج از شرکت قرار دارد، طراحی شده است. در پروتکل BGP ارتباط با نودی است که خارج از شرکت و بر عهده سرویس دهنده دیگر است، طراحی شده است. حال اگر پروتکل BGP در ارتباط داخلی استفاده شود شماره Autonomous System مهم نیست، ولی در ارتباط خارجی حتماً باید Unique یا یکسان باشد. در پروتکل EIGRP بعد از وارد نمودن AS، همسایگان همدیگر را پیدا می‌کنند، ولی در پروتکل BGP باید آنها را به‌صورت دستی با AS مربوط به همسایه وارد نمود. اگر همسایه در همان AS باشد همسایه iBGP است. اگر در یک AS نباشد همسایه eBGP است. تفاوت‌هایی که وجود دارد در نحوه neighbor ship، نحوه ارسال Update و همچنین انتخاب بهترین مسیر است. پروتکل BGP بسته‌ها را بر خلاف پروتکل‌های EIGRP و OSPF به‌صورت unicast ارسال می‌کند. در بسته Update نام AS نیز ارسال می‌شود و فیلدی وجود دارد به نام AS-PATH که دنباله ارسالی update ها در آن قرار دارد. این فیلد از چپ به راست از آخرین به اولین ارسال کننده بسته Update قرار می‌گیرد. در پروتکل BGP دو نوع آدرس AS وجود دارد. Public که می‌تواند در بستر اینترنت قرار گیرد و Private که داخلی است. فیلد AS دارای 16 bit است.

Public -> 1-64495 Private -> 65512-65534

و شماره‌های 0, 64496-65511, 65535 رزرو است.

اگر بسته‌ای از private به سمت Public رفت با AS نامعتبر مشکل جایی ایجاد می‌شود که public با public دیگر در ارتباط است.



۳-۲- BGP Neighbor Relationship

پروتکل BGP نیز مانند پروتکل‌های دیگر از سه مرحله تشکیل شده است ۱- neighbor relationship ۲- exchange topology information ۳- run a best-path algorithm. در ارتباط با همسایه از TCP 179 و به‌صورت static استفاده می‌شود. پیچیدگی ارتباط بین همسایه‌ها از پروتکل EIGRP بیشتر و از پروتکل OSPF کمتر است. قبل از اینکه ارتباط بین همسایه‌ها ایجاد شود، مراحلی باید انجام شود: ۱- ASN که در دستور وارد می‌شود باید در Local و remote-as همسایه دیگر برابر باشد. ۲- همسایه باید از طریق پروتکل مسیریابی IGP با هم در ارتباط باشند، اگر در ارتباط نباشند همسایه نمی‌شوند. ۳- router-id مسیریاب‌ها نباید برابر باشند. ۴- اگر authentication تنظیم شود پسوردها باید یکسان باشند. ۵- TCP handshake باید به‌صورت کامل انجام شود. به طور مثال firewall بین آنها اجازه عبور دهد. ۶- دستور همسایه‌ها باید در دو مسیریاب وارد شود. مانند بقیه پروتکل‌ها router-id یا به‌صورت static و یا dynamic از اینترفیس‌ها انتخاب می‌شود. برای احراز اصالت از دستور neighbor <ip-add> password <key> استفاده می‌شود. باید توجه داشت که authentication در هدر TCP است نه پروتکل BGP. اگر حالت همسایه‌ها establish باشد به معنی برقرار بودن ارتباط است ولی هنوز update ارسال نمی‌کند.

۳-۳- eBGP

در ارتباط با همسایه به‌صورت eBGP فرض بر آن است که به‌صورت مستقیم با هم در ارتباطند. ابتدا در جدول مسیریابی به دنبال همسایه می‌گردد در صورت پیدا کردن از مسیر مشخص ارتباط برقرار می‌کند در غیر این صورت هیچ عملی انجام نمی‌شود. دستور آن به شکل زیر است:

(Config)#router bgp <ASN>

(Config-router)#neighbor <ip-add> remote-as <remote-ASN>

قبل از این‌که ارتباط همسایه‌ها ایجاد شود ابتدا جدول مسیریابی را مشاهده سپس اینترفیسی که بسته از آن خارج می‌شود را انتخاب و IP آن را به عنوان آدرس مبدأ در TCP قرار می‌دهد البته به‌صورت پیش‌فرض است. حال مشکلاتی وجود دارد. اگر چند ارتباط با همسایه‌های دیگر وجود داشت باید برای هر اینترفیس جداگانه دستور neighbor را وارد نمود، ولی برای هر ارتباط کل مسیرها ارسال می‌شود و bandwidth و Memory افزایش می‌یابد. اگر هم یک لینک تنظیم شود با قطع لینک ارتباط قطع می‌شود و fail over از بین می‌رود. بهترین راه انتخاب loopback است. در دستور neighbor آدرس loopback وارد می‌شود. در eBGP مؤلفه TTL=1 است، زیرا فرض بر آن است که مستقیم در ارتباط هستند. در نتیجه برای آن‌که چند مسیریاب بین آنها باشد باید از دستور ebgp-multihop استفاده شود. در این حالت TTL=255 می‌شود. اگر loopback انتخاب شود و مسیری وجود نداشته

باشد، باید از static route استفاده شود. در استفاده از loopback مشکل دیگر این است که برای آدرس مقصد هنوز physical interface وارد می‌شود و به مسیریاب همسایه که وارد می‌شود به دلیل اینکه loopback به عنوان همسایه است و در حال حاضر آدرس physical interface وارد شده آن را drop می‌کند. برای حل این مشکل از دستور update-source استفاده می‌شود. باید توجه داشت که همچنین بر روی هر مسیریاب فقط یک ASN می‌توان تنظیم نمود.

```
(Config-router)#neighbor <ip-add> update-source loopback0
(Config-router)#neighbor <ip-add> ebgp-multihop
```

۳-٤- iBGP

از iBGP بیشتر موقعی استفاده می‌شود که ISP یا سرویس دهنده بین دو ISP دیگر باشد. به عبارتی به عنوان پل ارتباطی باشد که به آن عموماً transit AS گویند. تنظیمات آن مانند eBGP و نیازمندی‌های همسایه‌ها نیز مانند eBGP است تنها تفاوت آن TTL=255 است. در iBGP اگر مسیریابی بین دو مسیریاب دیگر باشد و بر روی آن BGP اجرا نشده باشد، مسیر می‌تواند مسیریابی شود، البته در همه مسیریاب‌ها، اگر مسیر در جدول route باشد اینکه که کدام پروتکل استفاده شده، مشکلی پیش نمی‌آیدو مسیریابی صورت می‌گیرد.

۳-۵- BGP Neighbor State

حالت همسایه‌ها در پروتکل BGP به شرح زیر است:

۱- Idle: ارتباط با همسایه برقرار نشده است. دلیل آن می‌تواند عدم دسترسی و یا عدم وجود در جدول مسیریابی باشد.
۲- Connected: بعد از idle پیش می‌آید. منتظر برقرار شدن ارتباط TCP است. معمولاً نمی‌توان این حالت را مشاهده نمود، زیرا بسیار سریع رخ می‌دهد.
۳- Active: حالت خوبی نیست، زیرا که TCP Connection Fail اتفاق می‌افتد. در این حالت باید بسته‌ها را مشاهده و firewall یا ACL را بررسی نمود. پارامتر connect-retry فیلدی است که در هر حالت تغییر می‌کند. این زمان به‌صورت پیش‌فرض ۱۲۰ ثانیه است و نمی‌توان آن را تغییر داد. دلیل وجودی آن این است که بعد از این زمان ارتباط جدیدی با مقصد برقرار می‌کند و اگر ارتباط کامل شد این عدد پاک می‌شود در غیر این صورت بعد از این مدت دوباره درخواست ارتباط می‌دهد.
۴- OpenSent (OpenMessage): در این حالت ارتباط TCP کامل شده و در حال گفت‌وگو مسیریاب‌ها در رابطه با سازگاری و تنظیم پارامترهای با یکدیگر هستند.
۵- OpenConfirm: تمام شدن و قبول کردن تنظیمات در حالت OpenSent است.

۶- Established: مرحله آخر است و به معنی برقرار شدن کامل همسایگی است. در این حالت بسته‌های Update ارسال می‌شود.

۳-۶- BGP Packet Type

تمامی بسته‌های BGP بر روی TCP با پورت مقصد ۱۷۹ سوار می‌شوند. در قسمت Marker احراز اصالت متفاوت است. بسته‌های BGP به ۴ دسته تقسیم می‌شود:

IP Header		
TCP Header		
Marker (All "Fs") 16-Bytes	Length (2-Bytes)	Type (1 Bytes)
BGP Data		

۱- Open : نوع بسته ۱ است. عملیت 3 way TCP Hand Shaking است تا موقعی که Established شود.

IP Header			
TCP Header			
Marker (All "Fs") 16-Bytes	Length (2-Bytes)	**Type = 1**	
Version = 4	My AS#	Hold Time	Router-ID
Optional Parameters Lenght		BGP Capabilities	

۲- Update: پس از Open است. نوع بسته ۲ است. برای جابه‌جایی مسیرها بین مسیریاب‌ها است. در پروتکل‌های OSPF و EIGRP با تغییر فیلدهای age یا delay به مقدار ماکزیمم (poison route) می‌توان اختلال در پروتکل انجام داد، ولی در پروتکل BGP با استفاده از فیلد Unfeasible از این کار جلوگیری می‌شود.TLV= Type Link Value

IP Header
TCP Header

Marker (All "Fs") 16-Bytes	Length (2-Bytes)	**Type = 2**
Unfeasible Routes Length	Withdrawn Routes (if any)	
Total Path Attributes Lenght	Path Attributes (TLV)	
NLRI Prefix Lenght	NLRI Prefix	

۳- Notification: نوع بسته ۳ است. برای BGP ERROE است. معمولاً نتیجه آن، برقراری دوباره همسایگی است.

IP Header		
TCP Header		
Marker (All "Fs") 16-Bytes	Length (2-Bytes)	**Type = 3**
Error Code	Error Subcode	
Data		

۴- Keapalive: نوع بسته ۴ است و هیچ داده‌ای در آن نیست. مانند hello در پروتکل EIGRP است.

IP Header		
TCP Header		
Marker (All "Fs") 16-Bytes	Length (2-Bytes)	**Type = 4**

۳-۷- BGP Table

جدول پروتکل BGP شبیه به EIGRP Topology یا OSPF Database است. با دستور show ip bgp می‌توان این جدول را مشاهده نمود. پروتکل BGP به این‌که چه تعداد مسیریاب در بین راه است اهمیت نمی‌دهد، ولی به این‌که چند AS بین راه است اهمیت می‌دهد. در جدول پروتکل BGP نمادهایی وجود دارد که در ادامه توضیح داده شده است.

۱- نماد**>**: نشان دهنده بهترین مسیر است.

۲- نماد*****: نشان دهنده مسیرهای صحیح و می‌توان آن را اعلام نمود.

۳- نماد**r**: مخفف (Routing Information Base)RIB است. نشان دهنده مسیر بد است به معنای اینکه مسیر بهتری نیز وجود دارد. همچنین به معنای یاد گرفتن مسیر است که در جدول مسیریابی قرار نمی‌گیرد. می‌تواند مشکل یا عدم دسترسی به مسیر باشد یا AD آن مناسب نباشد. در کل ممکن است به ۳ دلیل ایجاد شود:۱- AD در BGP بیشتر از AD در جدول مسیریابی باشد. ۲- ممکن است حافظه مسیریاب پر شده باشد و memory failure اتفاق افتاده باشد، یا به دلیل کمبود منابع TCP connection نتواند انجام گیرد. ۳- جدول (Virtual Routing and Forwarding) VRF پر شده باشد، یا از حدی که مدیر سیستم تعریف کرده است تجاوز کرده باشد. این جدول مانند جدول مسیریابی است با این تفاوت که مدیر سیستم برای مشتری خاص تعریف می‌کند و به این منظور است که اگر دو IP مشابه از مشتریان وارد شبکه شد فقط در جدول مسیریابی خود قابل قبول باشد و تداخلی بر دیگر نداشته باشند. تعداد مسیرها در این جدول توسط مدیر سیستم قابل تنظیم است و اگر از حد آن گذشت، می‌تواند مسیرهای جدید را ذخیر نکند.

۴- نماد**i**: این نماد یعنی مسیر از iBGP یاد گرفته شده است.

۵- **Next hop**: به معنی ارسال بسته مسیر به این مسیریاب است. 0.0.0.0 این بدان معنا است که مسیر به‌صورت locally originate ایجاد شده است، به عبارت دیگر خود مسیریاب آن را ایجاد نموده است، یا مانند loop back باشد.

۶- **Path**: به معنایAS مسیری است که مسیر از آن جا می‌آید. اگر خالی باشد به معنای این است که خود مسیریاب ایجاد کننده و مالک آن است . همچنین ممکن است در همان AS باشد که خود در آن است.

۳-۸- BGP AS_PATH Attribute

BGP برای ارسال بسته‌های update به همسایه‌ها مسیر را همراه با ویژگی‌های آن از جمله AS_PATH ارسال می‌کند تا مسیر را توضیح دهد. به‌صورت پیش‌فرض مسیریاب‌های BGP از یک مسیر خاص، مکن است دو یا بیشتر بسته‌های Update را دریافت کنند. این بسته‌ها شامل AS_PATH است که مسیریاب با توجه به آن بهترین مسیر را اتخاب می‌کند و هیچ اهمیتی به تعداد مسیریاب یا لینک نمی‌دهد، بلکه کوتاهترین AS_PATH بهترین مسیر در جایگاه مقایسه AS_PATH است. AS_PATH دو مؤلفه دارد. AS_SEQ یا صفی که در آن ASها به ترتیب قرار می‌گیرند. ترتیب آنها از آخرین AS به اولین AS است که از چپ به راست نوشته می‌شود. مؤلفه بعدی AS_SET است. اگر عمل summarization رخ دهد، بسته فیلد AS_SEQ را برابر مسیریاب خلاصه کننده و بقیه ASها را داخل { } قرار می‌دهد. این ASها ترتیب خاصی ندارند. به این صف از ASها AS_SET گویند. AS_PATH برای جلوگیری

از حلقه مسیریابی نیز استفاده می‌شود به این صورت که اگر مسیریاب خود را بین ASها ببیند یعنی حلقه ایجاد شده است. اگر مسیریابی مسیر خلاصه را نداشته باشد ولی AS_PATH خود را ببیند بسته را حذف می‌کند.

۳-۹- Route into BGP

پروتکل BGP برخلاف پروتکل IGP که با وارد نمودن شبکه‌های اطراف آن همسایه‌ها به‌صورت خودکار شناخته و شبکه‌ها را به هم اعلام می‌کنند، عمل نمی‌کند. در پروتکل BGP همسایه‌ها به‌صورت دستی وارد می‌شوند و شبکه‌ها به معنی اعلام به یکدیگر نیستند، بلکه به معنی ترجمه(redistribute) شبکه‌های IGP به BGP است. AD مربوط به iBGP=200, eBGP=20 است. روش‌هایی که می‌توان redistribute را انجام داد به شرح زیر است:

۱- استفاده از Network Command: این دستور در پروتکل‌های IGP و BGP متفاوت است در پروتکل IGP به معنای اجازه دادن برای شنیدن و وارد شدن اطلاعات مسیرهای IGP یا مقایسه با اینترفیس برای فعال کردن بر روی آن اینترفیس است. برای فعال کردن پروتکل IGP در network command وارد می‌شود، که فعال کردن به معنای فرستادن Hello و خودکار اضافه نمودن همسایه‌ها و اعلام کردن اطلاعات به هر همسایه‌ای که به‌صورت مستقیم با آن در ارتباط است. ولی در پروتکل BGP بر خلاف همه موارد بالا به اینترفیس گوش نمی‌دهد و بر روی آن پروتکل فعال نمی‌شود. Hello ارسال نمی‌کند و همسایه به‌صورت دستی وارد می‌شود. در پروتکل BGP بدان معنا است که به جدول مسیریابی نگاه می‌کند، مسیرهای به غیر از BGP را مشخص می‌کند و تبدیل به پروتکل BGP می‌کند. سپس در داخل جدول BGP قرار می‌دهد و به همسایه‌ها اعلام می‌نماید.

(Config-router)#network <IP> mask <subnet mask>

Mask عبارت دلخواه است. بدون داشتن mask به منظور class full است و فقط class fullها را اعلام می‌کند.

در BGP دستورauto-summary نیز معنی متفاوتی دارد. اگر auto-summary فعال باشد و mask نیز در network command باشد تاثیری ندارد. اگر auto-summary فعال باشد و mask نیز در network command نباشد فقط شبکه‌هایی با مسیرهای class full اعلام می‌شود.

۲- استفاده از redistribute command: اگر مسیرها در جدول مسیریابی زیاد باشد، برای وارد کردن آنها زمان زیادی صرف می‌شود. در واقع تبدیل کردن به پروتکل BGP سخت باشد، با استفاده از ترجمه(redistribute) از پروتکل IGP به پروتکل BGP کار راحت‌تری است. از این دستور می‌توان استفاده نمود. تفاوت آن با network command این است که network اولویت بیشتری نسبت به redistribute دارد. البته در پروتکل BGP نگران metric نباید شد.

۳- استفاده از summarization یا aggregation: برای تنظیم آن از دستور زیر استفاده می‌شود:

(Config-router)#aggregate-address <prefix> <prefix-length> [summary-only]

Summary-only فقط برای اعلام نکردن به همسایه‌ها است و فقط برای استفاده شخصی مسیریاب است. این دستور به تنهایی کافی نیست و باید همراه network یا redistribute استفاده شود. زمانی از BGP استفاده می‌شود که در واقع redistribute انجام شود. وقتی summary انجام شود مشابه IGP در redistribute، پروتکل اجازه ندارد summary انجام دهد، مگر دستور summarization وارد شود.

۳-۱۰- Outgoing BGP Scenario

برای ارسال مسیرها به خارج از شبکه داخلی ۴ سناریو وجود دارد:

۱- Single homed: ارتباط با یک ISP و با یک لینک باشد. در این حالت بهتر است از static route استفاده شود. اگر از پروتکل BGP استفاده شود در واقع از حداقل فواید BGP استفاده می‌شود.

۲- Dual homed: ارتباط با یک ISP و با حداقل دو لینک باشد. در این صورت با یک مسیریاب دخالت دارد. به عبارت دیگر لینک‌ها به‌صورت load balance و یا backup همدیگر هستند. در این حالت نیز بهتر است از static route استفاده شود. اگر چندین مسیریاب باشد BGP زمانی بهتر است که مسیری بهتر از مسیر دیگر تعریف شود و اگر تفاوتی بین مسیر نباشد BGP یا static route تفاوتی ایجاد نمی‌کند.

۳- Single multi homed: ارتباط با حداقل دو ISP و با هر ISP حداقل یک لینک باشد.

۴- Dual multi homed: ارتباط با حداقل دو ISP و با هر ISP حداقل دو لینک باشد.

۳-۱۱- BGP Route Advertisement

۱- پروتکل‌های مسیریابی تنها مسیرهایی را اعلام می‌کنند که بهترین مسیر است. پروتکل BGP تنها یک مسیر بهتر را ارسال می‌کند و قطعاً یک مسیر بهتر بیشتر وجود ندارد. زیرا با مقایسه اثبات می‌شود که تنها یک مسیر بهتر است.

۲- در پروتکل BGP مسیریاب‌ها، مسیرهایی که در AS خود یاد می‌گیرند اعلام نمی‌کنند. در واقع مسیریاب‌ها iBGP learned را به iBGP Peers ارسال نمی‌کنند. در پروتکل EIGRP بهترین مسیرها ارسال شده و اگر چند مسیر وجود داشت یا load balance انجام می‌دهد یا backup قرار می‌دهد. در BGP فقط یک مسیر بهتر وجود دارد.

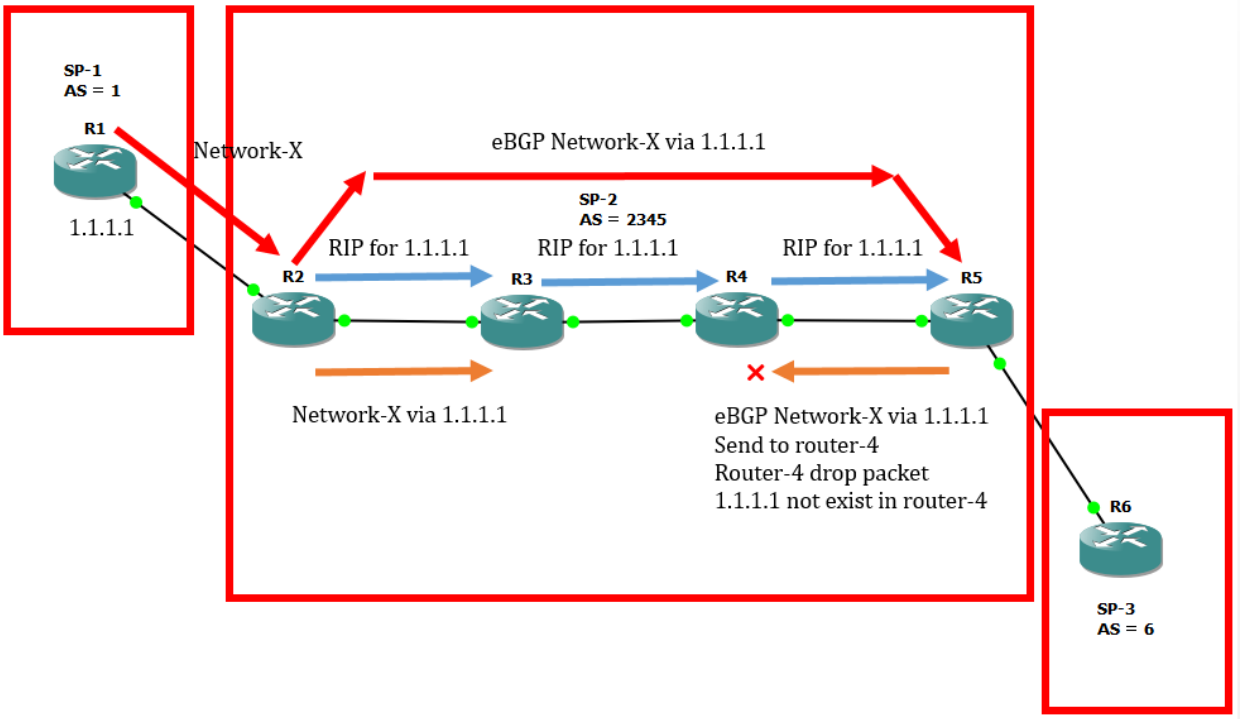
۳- در پروتکل EIGRP در بسته به روزرسانی، next hop، خود مسیریاب ارسال کننده بسته قرار می‌گیرد. ولی در پروتکل BGP لزوماً این طور نیست و ممکن است مسیریابی قرار گیرد که اصلاً مسیریاب گیرنده به آن

دسترسی نداشته باشد یا مسیریاب پشت سری باشد. این امر مشکل ساز می‌شود که در ادامه توضیح داده می‌شود.

۴- جلوگیری از حلقه: برای جلوگیری از حلقه اگر eBGP باشد که در AS_PATH در صورت مشاهده کردن AS خود، مسیریاب تشخیص حلقه می‌دهد. اگر iBGP باشد که AS_PATH تغییر نمی‌کند و بسته به روز رسانی نیز ارسال نمی‌شود. در نتیجه فقط بهترین مسیر ارسال می‌شود. در پروتکل RIP اگر تعداد hopها بیشتر از 15 باشد حلقه تشخیص داده می‌شود. در پروتکل EIGRP به feasible condition و در پروتکل OSPF به LSDB نگاه می‌شود.

۵- Next hop: در eBGP مسیریاب next hop را تغییر و ip خود را قرار می‌دهد. در iBGP هیچ تغییری انجام نمی‌گیرد. همانطور که گفته شد این امر مشکل‌ساز می‌شود چون ممکن است next hop ناشناخته باشد. اگر از طریق IGP دسترسی وجود داشته باشد که هیچ در غیر این صورت ۳ حالت رخ می‌دهد. iBGP یاد می‌گیرد ولی در جدول مسیریابی قرار نمی‌دهد. iBGP یاد می‌گیرد ولی به همسایه‌ها ارسال نمی‌کند. در show ip bgp <ip> <length> به‌صورت inaccessible است. برای حل این مشکل می‌توان از دستور neighbor <ip> next-hop-self استفاده نمود و یا این که لینک eBGPها را به iBGPها ارسال نمود. می‌توان از static route نیز استفاده نمود ولی توصیه نمی‌شود.

۶- بسته‌های به روزرسانی که از طرف eBGP می‌رسد، iBGP نمی‌تواند آن را ارسال کند. به طور مثال در transit AS اگر بسته از eBGP وارد شود در transit AS بسته‌ها iBGP هستند و بعد وارد eBGP دیگر می‌شود. در این صورت بسته به روزرسانی در این بین از بین می‌رود، زیرا برای جلوگیری از حلقه همسایه‌های iBGP اطلاعات iBGP را به یکدیگر ارسال نمی‌کنند، که این مشکل‌ساز است. برای حل این مشکل ۱- اگر اولین مسیریاب در transit AS و آخرین مسیریاب با هم همسایه باشند بسته eBGP به مسیریاب آخر می‌رسد و AS بعدی نیز دریافت می‌کند. ولی در مسیریابی چون مسیریاب‌های ما بین در transit AS هیچ اطلاعاتی ندارند(به دلیل عدم ارسال برای حذف حلقه) بسته حذف می‌شود و به اصطلاح Black Hole ایجاد می‌شود.



Prevent Black Hole in BGP –۱۲–۳

در جدول مسیریابی زیر :

O router-1 via router-2
B Net-X via router-1

برای دسترسی به شبکه X باید به مسیریاب شماره ۱ بسته ارسال شود و برای دسترسی به مسیریاب ۱ باید به مسیریاب شماره ۲ بسته ارسال شود و چون بسته آدرس مقصد X دارد، مسیریاب شماره ۲ چون از چنین شبکه‌ای اطلاع ندارد آن را حذف می‌کند. در واقع Black Hole ایجاد می‌شود. برای جلوگیری از آن راه حل‌های زیر ارائه شده است:

۱- Synchronization: در BGP اگر مسیری از iBGP دریافت شد آن را اعلام نمی‌کند و در جدول مسیریابی قرار نمی‌دهد مگر این که دقیقاً در جدول مسیریابی از طریق IGP وجود داشته باشد. زمانی مفید است که مسیریاب‌هایی در این بین وجود داشته باشد که مشکل‌ساز شود. ولی زمانی که به طور مثال دومسیریاب وجود داشته باشد و مسیریاب‌های پایین دستی IGP داشته باشند و خواسته شود این مسیریاب‌ها از BGP هیچ اطلاعی نداشته باشند این قانون نباید تنظیم شود. دستور آن synchronization است که در BGP وارد می‌شود. اگر این قانون اعمال شود و BGP به IGP ترجمه شد توصیه نمی‌شود و در واقع بار سنگینی وارد شبکه می‌شود.

۲- Full Mesh: اگر همه با هم همسایه باشند و از شبکه‌ای که وارد می‌شود همه اطلاع داشته باشند، مشکل حل می‌شود و Black Hole ایجاد نمی‌شود.

۳- BGP Route Reflector: در CCNP گنجانده نشده است.

۴- BGP Confederation: در CCNP گنجانده نشده است.

۳-۱۳- Peer Group

فرض کنید تعداد بسیاری مسیریاب، همسایه‌های بسیار و هر کدام تنظیمات بسیار ولی یکسانی داشته باشند. در این صورت برای تنظیم مسیریاب‌ها زمان بسیاری و CPU بسیاری هنگام دریافت و ارسال بسته‌های update مصرف می‌شود. برای ساده‌تر نمودن آن می‌توان از peer group یا گروه همسایه‌ای استفاده نمود که دارای خاصیت‌های زیر هستند:

۱- می‌توان برای همه همسایه‌ها سیاست یکسان outbound تعریف کرد ولی برایinbound حتماً جداگانه باید تعریف شود.

۲- برای هر گروه، تمام تنظیمات یکسان و برای همه همسایه‌ها یکبار تعریف می‌گردد.

۳- بسته‌های به روزرسانی فقط یکبار ایجاد می‌شوند.

دستور تنظیم آن به‌صورت زیر است:

تعریف گروه:

(Config-router)#neighbor <name of group> peer-group

تنظیم دستورات برای همسایه‌ها

(Config-router)#neighbor <name of group> <set attribute>

عضو کردن همسایه در گروه

(Config-router)#neighbor <ip-add> peer-group <name of group>

باید توجه داشت که در روش معمول برای هر همسایه، بسته ایجاد، سیاست اعمال و برای هرکدام جداگانه ارسال می‌شود. ولی در این روش یک بسته با توجه به سیاست‌ها ایجاد و برای هر همسایه جداگانه ارسال می‌شود.

۳-۱٤- BGP Filtering

فیلتر کردن مسیرها در پروتکل BGP در CCNP ساده است و بر روی هر مسیریاب می‌توان انجام داد. فیلترینگ را می‌توان از جنبه‌های متفاوتی بررسی نمود. درInbound مسیر قبل از وارد شدن به BGP Table فیلتر شود. در Outbound مسیر قبل از این که به همسایه‌ها اعلام شود فیلتر شود.

بعد از فعال کردن فیلتر باید ارتباط همسایه‌ها reset شود. البته می‌توان از آن جلوگیری نمود که در ادامه توضیح داده می‌شود. در EIGRP ارتباط همسایه‌ها قطع و دوباره به‌صورت خودکار وصل می‌شود در OSPF بعد از یک ساعت که مسیر فرستاده نشود حذف می‌شود. در IGP دو راه برای فیلتر کردن وجود داشت: ۱- interface ۲- inbound , outbound.

در BGP فقط برای همسایه مشخص می‌توان این عمل را انجام داد که به ۴ طریق صورت می‌گیرد: ۱- distribute-list ۲- prefix-list ۳- filter-list ۴- route-map.

۱. Prefix-list در OSPF به ساخت prefix-list اشاره می‌شود.در BGP به as-path access-list اشاره دارد.

۲. Filter-List ساده است ولی مانند access-list به تنهایی کارایی ندارد و به as-path access-list بر می‌گردد. ورودی آن یک regular expression است که به as-path بر می‌گردد که با علامت ^ شروع و با علامت $ خاتمه پیدا می‌کند و علامت _ به معنای space است. به‌طور مثال:
(Config)#ip as-path access-list <number> [permit | deny] ^100_
اگر _نباشد به معنای شروع با ۱۰۰ است.

AS-path access-list فقط برای فیلتر استفاده نمی‌شود بلکه برای بعضی از ویژگی‌های مسیر که از AS-PATH استفاده می‌شود نیز می‌توان استفاده نمود. برای فیلتر کردن تمام مسیرها بجز AS خود مسیریاب با هر AS از $^ استفاده می‌شود. همانطور که گفته شد برای اعمال فیلتر باید همسایه reset شود که این کار موجب قطع ارتباطات و سربار شبکه است. دو راه حل وجود دارد. Hard: به معنای پاک کردن کل پروسه همسایه است که پیشنهاد نمی‌شود. Soft: به معنای این است که همسایه‌ها ارتباط دارند و فقط مسیرها مجدداً ارسال می‌شوند. می‌توان جدولی ایجاد نمود که قبل از وارد شدن مسیرها به BGP Table ابتدا در این جدول که به shadow table معروف است قرار بگیرند و پس از آن به BGP Table انتقال یابند این امر باعث می‌شود که بعد از اعمال فیلتر معین شود کدام مسیر به BGP Table انتقال یابد. همچنان می‌توان با دستور IN به BGP Table و یا با دستور OUT به Route Table انتقال یا عدم انتقال داد.

(Config-router)#neighbor <ip-address> soft-reconfiguration [in | out]
(R1)#clear ip bgp <ip-address> soft [in | out]
(R1)#show ip bgp neighbors <ip-address> [received-routes | advertised-routes]

که با دستور soft out تمام مسیرها مجدداً ارسال می‌شود و با دستور soft in درخواست (route refresh message) ارسال داده می‌شود. اگر دستور soft-reconfiguration وارد نشود جدول ایجاد نمی‌شود.

EIGRP	OSPF	BGP
In= prevent incoming updates from entering EIGRP topology table Out = prevent EIGRP routes in IP routing table from being advertised to EIGRP nbrs Optional = can specify interface Can use standard or extended ACL Standard = matching on prefix Ext = match on prefix and nbr sending us the route	In = Allow incoming LSA into LSD and flood to peers, however prevent LSA from becoming a route in my own local routing table Out = Only used on ASBRs to prevent redistribution of certain protocols/routes into external LSAs (do not create external LSA) No interface Allowed Can use standard or extended ACL Standard = matching on prefix Ext = match on prefix and adv-rtr-id of LSA	In = prevent updates from entering BGP table (applied against a nbr) Out = prevent "best BGP route" for a given prefix from being advertised to neighbors No interface allowed (applied to BGP neighbors) standard and/or extended ACLs Allowed Standard = matching on prefix Ext = match on prefix and subnet mask

۳-۱۵- BGP Path Attribute

پروتکل BGP ویژگی‌هایی دارد که از آنها برای جلوگیری از حلقه و انتخاب بهترین مسیر و ... استفاده می‌کند. هر Path Attribute(PA) یک ویژگی را توضیح می‌دهد. الگوریتم بهترین مسیر در سیسکو: ۱- WEIGHT: مسیری با بیشترین وزن به عنوان بهترین مسیر است که مخصوص شرکت سیسکو است و بر روی هر مسیریابی به‌صورت local است. ۲- LOCAL_PREF: مسیری با بیشترین local preference انخاب می‌شود به‌صورت پیش‌فرض ۱۰۰ است. ۳- network: بهتر از redistribute و بهتر از aggregate-address است. ۴- AS_PATH: مسیر با کمترین طول بهتر است. با دستورات bgp bestpath as-path ignore می‌توان از آن صرف نظر نمود. اگر AS_SET=1 بود یعنی از طول آن صرف نظر کن. ۵- Origin Type: IGP بهتر از EGP و بهتر از INCOMPLETE است. ۶- Multi-Exit Discriminator (MED): پایین‌ترین MED بهترین مسیر است. ۷- eBGP بهتر از iBGP است. ۸- Next-Hop: مسیریاب بعدی باید در دسترس باشد. کمترین metric در IGP به گره بعدی BGP، بهترین مسیر است.

در ادامه مؤلفه‌های بعدی در صورت انتخاب نشدن بهترین مسیر اجرا می‌شوند:

۹- اگر بهترین مسیر مشخص نشده باشد مسیری که چند مسیر برای رسیدن به آن است در BGP انتخاب می‌شود. ۱۰- اگر دو مسیر external باشند قدیمی‌ترین مسیر بهترین مسیر است. ۱۱- router-id: کمترین router-id بهترین مسیر است. ۱۲- اگر router-id یکسان باشد کمترین طول لیست کلاستر بهترین مسیر است ۱۳- کمترین آدرس همسایه بهترین مسیر است.

بهترین مسیر به ترتیب زیر انتخاب می‌شود:

با تغییر weight, local preference, as-path تاثیر بر روی outbound انجام می‌شود و با تغییر as-path, MED تغییر بر روی inbound انجام می‌شود. مانند فیلترینگ باید ارتباط با همسایه‌ها ریست شود.

۱- Weight: وزن به عنوان قسمتی از بسته update نیست و به‌صورت محلی و فقط برای تصمیم‌گیری خود مسیریاب محلی است. به عنوان خصوصیتی برای مسیریاب‌های سیسکو است و به مسیریاب‌های دیگر اعلام نمی‌شود. به عبارت دیگر شبیه به AD است. حداکثر مقدار آن 2^{16-1} است. به‌صورت پیش‌فرض برابر صفر است. در واقع مسیرهای IGP یادگیری شده را صفر در نظر می‌گیرد و مسیرهای locally originate برابر 32768 است. بر روی مسیرهای ورودی set می‌شود و تاثیر آن بر روی مسیرهای خروجی است. مقدار default را نمی‌توان تغییر داد و در route-map می‌توان از set weight استفاده نمود.

(Config-router)#neighbor route-map <per prefix>

(Config-router)#neighbor weight (all routes from this neighbor)

۲- Local Preference: بر عکس weight مقدار local preference در بسته update قرار دارد و به‌صورت محلی نمی‌باشد و به مسیریاب‌های دیگر اعلام می‌شود. این قسمت از بسته به‌صورت اختیاری در بسته update قرار می‌گیرد. در واقع بسته BGP Update در قسمت attribute به دو صورت انجام می‌گیرد. اجباری که as-path، next-hop و origin code قرار دارد. اختیاری که به دو صورت transitive که در همه ASها باقی می‌ماند و non-transitive که فقط در همان AS باقی می‌ماند. Local preference به‌صورت پیش‌فرض 100 و جزء Non-Transitive است. حداکثر مقدار آن 2^{32-1} است.

(Config-router)#bgp default local-preference <number>

برای این که بتوان در بسته بین ASها باقی بماند باید از route-map -> set local-preference استفاده نمود.

۳- AS_PATH length: با افزایش طول AS-PATH می‌توان انتخاب بهترین مسیر را تغییر داد و تاثیر بر روی Inbound و Outbound گذاشت. به این عمل as-path prepending یا همان افزایش طول گویند. این امر فقط برای افزایش طول ابتدای آن در AS نه جای دیگر و بهتر است که همان AS شروع قرار گیرد تا

مشکلی (تشخیص حلقه) پیش نیاید. با استفاده از دستور route-map در قسمت set as-path می‌توان آن را تغییر داد. در قسمت neighbor route-map [in | out] می‌توان آن را اعمال نمود. این عمل برای آن است که دسترسی به AS دیگری وجود ندارد و بتوان در AS خود تغییراتی ایجاد نمود. به اجبار ASهای دیگر تحت تاثیر قرار می‌گیرند تا مسیریاب خود شما به عنوان primary , secondary قرار گیرد.

۴- Origin: مانند پروتکل IGP که برای تعریف مسیر از network و redistribute استفاده می‌شود در BGP نیز این اتفاق می‌افتد. Network command: از مسیرهای IGP یاد می‌گیرد که در جدول مسیریابی قرار دارند که به‌صورت igp نمایش داده می‌شود. Redistribute command: که به‌صورت ؟ یا unknown یا incomplete نمایش داده می‌شود. برای تغییر آن در route-map در قسمت set origin می‌توان اعمال نمود. اولویت آن به ترتیب ?<egp>igp است.

۵- MED: یا multi exit discriminator بدین معنی است که اگر تعداد لینک‌های متصل به یک AS از طریق یک و یا چند مسیریاب بیشتر از AS دیگر باشد اولویت مسیر بالاتری وجود دارد. این ویژگی در بسته‌های update به‌صورت اختیاری است و non-transitive است. تاثیر آن بر روی inbound است. فقط در یک AS باقی می‌ماند و هر چه کمتر باشد اولویت بالاتری دارد. مقدار پیش‌فرض صفر و آخرین مقدار 2^{32-1} است. در کل مقدارهای weight و local-pref هرچه بالاتر باشند اولویت بالاتر است. در MED , metric هرچه پایین‌تر باشند اولویت بیشتر است. برای تغییر آن در route-map در قسمت set metric می‌توان اعمال نمود و برای اعمال neighbor route-map out تنظیم می‌شود. در آخر باید با دستور bgp always-compare-med برای اعمال آن تنظیم گردد. و با دستور show ip route یا show ip bgp می‌توان آن را مشاهده نمود.

BGP Maximum-paths –۱۶–۳

به حداکثر تعداد مسیر که از یک شبکه در جدول مسیریابی می‌تواند قرار گیرد گویند. از آن برای load balancing استفاده می‌شود. همچنین این خصوصیت را با maximum-paths می‌توان تعیین نمود. به‌طور مثال net-x فقط ۴ مسیر را در جدول مسیریابی داشته باشد. در BGP اگر تمامی ویژگی‌های به اختصار N WLLA OMNI یکسان باشد، می‌تواند چندین مسیر را در جدول مسیریابی داشته باشد، ولی تنها یک مسیر را اعلام می‌کند. به‌صورت پیش‌فرض این عدد ۳ است و load balancing به‌صورت محلی است و اعلام نمی‌شود.

BGP Multi-Protocol –۱۷–۳

نام تخصصی BGP معروف است به MBGP یا multi-protocol bgp بدین معنا که در لایه ۳ شبکه به غیر از پروتکل IPv4 و IPv6 دیگر پروتکل‌هایی که در لایه ۳ وجود دارد و یا در آینده می‌آید از آن حمایت می‌کند یعنی به گونه‌ای طراحی شده است که حال و آینده را را در بر می‌گیرد. در واقع کار NLRI این عمل است. از پروتکل‌هایی که در حال حاضر حمایت می‌کند: IPv4 unicast and multicast و IPv6 unicast و MPLS VPN است. روش کار بدین شکل است که هنگام ارسال open message در قسمت capability به همسایه پروتکل‌هایی که حمایت می‌کند را نشان می‌دهد و برای این که چندین پروتکل را حمایت کند از address families استفاده می‌شود.

در حقیقت به‌صورت پیش‌فرض از IPv4 استفاده می‌شود و تنظیم کردن آن قابل مشاهده نیست. با تعریف address families این قابلیت ایجاد می‌شود که با پروتکل‌های مختلف با همسایه‌ها صحبت شود. راه‌های مختلفی برای ارتباط وجود دارد: ۱- دو BGP Session برای هر پروتکل(IPv4,IPv6) به‌صورت جداگانه برای ارتباط و به روز رسانی ایجاد می‌شود. این امر برای redundancy خوب است. ۲- یک BGP Session برای ارتباط وجود داشته باشد ولی برای به روز رسانی از هر دو پروتکل حمایت می‌کند. در واقع یا session IPv4 و بسته‌ها IPv6 را بفهمد و یا session IPv6و بسته‌ها IPv4 را بفهمد. که این دو روش بستگی به طراحی شبکه دارد و مزیت بر یکدیگر نیستند.

When you type this	BGP really sees it like this
! Router bgp 12 Neighbor 1.2.1.1 remote-as 200 Network 20.20.0.0 mask 255.255.0.0 !	Router bgp 12 Neighbor 1.2.1.1 remote-as 200 ! Address family ipv4 unicast Neighbor 1.2.1.1 activate Network 20.20.0.0 mask 255.255.0.0

برای فهماندن همسایه از طریق IPv6 باید از Route-map استفاده شود. البته اگر به‌صورت connected با همسایه باشد نیازی نیست و برای همسایه با فاصله استفاده می‌شود. فیلد AFI در بسته به روز رسانی address family indicator است که نوع capability را نشان می‌دهد. SAFI نیز sub address family indicator است. تمامی این تنظیمات زمانی درست است که ارتباط IPv6 , IPv4 بین همسایه‌ها باشد. در IPv6 دو نوع آدرس مشاهده می‌شود که محلی و عمومی می‌باشد.

٤- IP Service Level Agreement (IP-SLA)

ابزاری است که بر روی مسیریاب یا سوئیچ‌های لایه ۳ تنظیم می‌شود تا با استفاده از آن سرویس دهی را مشاهده و بررسی نمود. مسیریاب ترافیکی را بررسی، هدایت و آن را به مقصد یا ISP ارسال می‌کند. با استفاده از نتیجه آن یا reply مواردی مانند delay را اندازه‌گیری می‌کند و آن را به سیستم مانیتورینگ، مدیریت شبکه یا سیستم مدیریتی SNMP ارسال می‌کند. به این امر IP-SLA گفته می‌شود.

IP-SLA می‌تواند با سرویس‌های دیگر ارتباط برقرار کند به طور مثال با HSRP (Hot Standby Routing Protocol) به‌صورتی که اگر ارتباط یک مسیریاب با سرویس دهند قطع گردید، IP-SLA این را موضوع را تشخیص داده و به HSRP اطلاع می‌دهد و سپس مسیریاب دیگر وارد مدار می‌شود. یا با Policy Based Routing(PBR) به‌صورتی که اگر ارتباط برقرار بود آن‌گاه policy اعمال شود در غیر این صورت اعمال نشود. IP-SLA جزئیات زیادی دارد و CPU زیادی مصرف می‌کند.

Operation IP-SLA: به پروتکل یا عملیاتی که ارتباط را بررسی می‌کند گویند. مانند Ping یا HTTP و هر پروتکل دیگری که نوع بسته را مشخص می‌کند، استفاده می‌شود. باید توجه داشت که در یک زمان می‌توان از Operationهای متفاوتی استفاده نمود.

Setting IP-SLA: تنظیماتی که بر روی Operation انجام می‌شود. مانند اینکه بسته چه زمانی، با چه فاصله زمانی و یا چه مقدار تأخیر داشته باشد.

IP-SLA یک فرستنده و گیرنده دارد. به گیرنده SLA Responder گویند. گیرنده گیرنده بسته به نوع عملکرد و پروتکل‌های پوشش دهنده می‌تواند Host و یا Router باشد.

تنظیمات مربوط به نوع خاص ICMP-Based IP-SLA:

(Config)#ip sla <sla-ops-number)

عبارت sla-ops-number شماره پروسه است.

(Config-ip-sla)#icmp-echo

در قسمت icmp-echo جزئیات را می‌توان وارد نمود.

(Config-ip-sla)#frequency <second>

عبارت<second> frequency اطلاعات مربوط به زمان ارسال یا تکرار آن است.

موارد بالا هنوز اجرا نمی‌شوند و باید زمان‌بندی شود.

(Config)#ip sla schedule <sla-ops-number>

(R1)#show ip sla configuration

(R1)#show ip sla statistics

PBR و HSRP به‌صورت مستقیم با ip-sla کار می‌کند. حال اگر خواسته شود نتیجه ارسال بررسی و از آن استفاده شود، باید از Track Object استفاده نمود. به‌طور مثال بعد از تشخیص خطا اطلاعات به سیستم مانیتورینگ ارسال شود. باید از عبارت delay برای مشخص نمودن مدت زمان خطا استفاده نمود.

(Config)#track <object-number> ip sla <sla-ops-number> <state | reachability>

(Config-track)#delay <down sec | up sec>

(Config)#route-map

(Config-route-map)#set ip next-hop verify-availability <ip-add> <sequence-number> track <track-id>

۵- Policy-Based Routing

سیستم PBR در وضعیت معمول نگاه آن به مقصد است و با مبدأ ارسالی ندارد. در PBR بسته‌ها کنترل می‌شود و قبل از مسیریابی در وضعیت normal هستند. PBR از route-map استفاده می‌کند. جزئیات route-map به شرح زیر ارائه است:

Route-map: این ابزار یا با PBR استفاده می‌شود یا مقصدی که بسته ارسال می‌شود را تعیین می‌کند. مقصد بسته یا IP (برای لایه۲ یا وجود بیشتر از دو مسیریاب بین راه) و یا Interface (ارتباط p2p باشد) است.

Match command: این دستور به دو صورت است: ۱- استفاده از ACL ۲- تعیین حجم بسته بر اساس بایت.

Access-list: این دستور نیز به دو صورت است یا permit که اجازه می‌دهد PBR اجرا شود و یا deny که بسته drop نمی‌شود فقط اجازه اجرا شدن دارد.

Set command: این دستور ممکن است به روش‌های زیر انجام گیرد:

۱. Set ip next-hop: ممکن است همه پخشی یا چند پخشی یا برای Fast Ethernet یا Gig استفاده شود. بعد از آن می‌توان بیشتر از یک آدرس وارد نمود.
۲. Set ip default next-hop: اگر مسیر در جدول مسیریاب نبود، آن‌گاه از این دستور استفاده می‌شود. اگر مسیر در جدول مسیریابی نباشد آنگاه بر اساس PBR عمل می‌کند.

۳. Set interface: اگر برای اینترفیس اتفاقی بیافتد، این دستور بسته‌ها را برای بعدی ارسال می‌کند. می‌توان بیشتر از یک اینترفیس وارد نمود.
۴. Set default interface: اگر مسیر در جدول مسیریاب نباشد، آن‌گاه از این دستور استفاده می‌شود و به اینترفیس مشخص شده ارسال می‌کند.

برای اجرای PBR باید وارد اینترفیس شد و با دستور ip policy route-map آن را اجرا نمود.

باید توجه داشت که PBR برای بسته‌های ingress است و بسته‌هایی که خود مسیریاب آن را ایجاد می‌کند و egress است، کاربردی ندارد. برای بسته‌های locally generate by router itself باید از دستور ip local policy route-map استفاده نمود. با استفاده از route-map نیز می‌توان بین DSCP که برای کیفیت سرویس است را تغییر داد که با دستور set ip precedent و یا set ip tos می‌توان انجام داد.

٦- Network Time Protocol (NTP)

زمان برای بعضی از پروتکل‌ها بسیار حائز اهمیت است. اهداف استفاده از زمان شامل موارد زیر است: ۱- logging output در خروجی گرفتن از لاگ‌های ورود به سیستم اهمیت دارد. ۲- debug output در بررسی و تجزیه و تحلیل خروجی‌های سیستم اهمیت دارد. ۳- user show command در دستورهای نمایشی و راهنمایی کاربر حائز اهمیت است. ۴- network management / report tools در ابزارهای مدیریتی و گزارش‌گیری حائز اهمیت است. اغلب زمان با استفاده از باطری محافظت می‌شود. زمان را به روش‌های متفاوتی می‌توان تنظیم نمود:

۱- Manual: به‌صورت دستی قابل تنظیم است.
۲- NTP: این پروتکل زمان یا تاریخ را از سرور دریافت، تنظیم و به بقیه ارسال می‌کند.
۳- Simple Network Time Protocol (SNTP): فقط زمان و تاریخ را دریافت و تنظیم می‌کند.
۴- VINES(Virtual Integrated Network Service)

تفاوت NTP version 3,4: در ورژن ۳ فقط IPv4 را حمایت می‌کند ولی در ۴ هم IPv6 , IPv4 و همچنین authentication وجود دارد.

NTP از پورت مبدأ و مقصد UDP 123 استفاده می‌کند. نحوه گرفتن زمان در NTP یا منبع زمان به‌صورت Atomic Clock، GPS، Radio Clock و Other Network Device است.

Stratum Level: به تعداد فاصله‌ها از منبع زمانی گویند. به طور مثال اگر سرور مستقیماً به منبع زمانی متصل باشد stratum-1 و اگر با فاصله یک hop از stratum-1 باشد stratum-2 گویند. در واقع سطح رسیدن به منبع زمانی است. به‌صورت پیش‌فرض اگر stratum level مشخص نشود stratum-8 تعیین می‌گردد.

حالت‌های node در NTP:

۱- NTP server یا NTP Master: سرور ارسال زمان و تاریخ است.
۲- NTP Client: نودی است که زمان و تاریخ را به‌صورت unicast از سرور دریافت می‌کند.
۳- NTP Peers یا Symmetric Mode: سنکرون کردن زمان بین سرورها است.
۴- NTP Broadcast / Multicast: ارسال بسته از طرف سرور به‌صورت Broadcast / Multicast است.

دستورات مربوط به تنظیم NTP server به شرح زیر است:

```
(R1)#clock set <time> <date>
(Config)#ntp master [stratum]
```

موارد زیر اختیاری است

```
(Config)#ntp peer <ip-add>
(Config)#ntp broadcast
```

دستورات مربوط به تنظیم NTP client به شرح زیر است:

```
(Config)#ntp server <ip-add>
(Config)#ntp broadcast client
```

```
(R1)#show ntp status
(R1)#show ntp associations
```

امنیت NTP نیز عامل مهمی در امنیت شبکه است. به دو صورت ACL و Authentication قابل استفاده است. در احراز هویت با استفاده از MD4 Hash و چندین کلید نیز می‌توان استفاده نمود. دستورات تنظیم آن به‌صورت زیر است:

```
(Config)#ntp authentication-key <key-number> md5 <key-string>
(Config)#ntp trusted-key <key-number>
(Config)#ntp authenticate
```

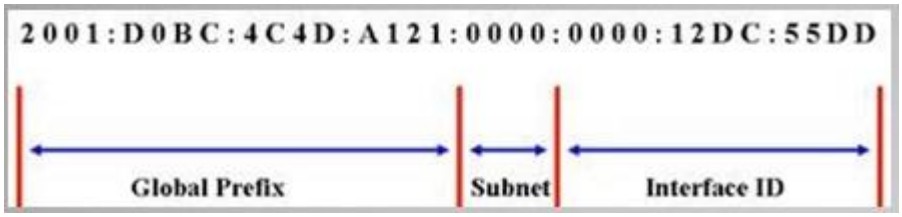
موارد بالا در سرور تنظیم می‌شود و در client نیز به همین ترتیب اما با تفاوت زیر:

```
(Config)#ntp server <ip> key <key-number>
```

۷- IPv6 Introduction

در این قسمت توضیحی در مورد IPv6 داده می‌شود. توجه داشته باشید که این قسمت پیش‌نیاز قسمت‌های بعد است. در ادامه به ویژگی‌های IPv6 پرداخته می‌شود.

۱. تعداد بیت برابر ۱۲۸ است.
۲. تعداد فیلد هدر آن نسبت به ipv4 کاهش یافته است.
۳. امنیت آن از لحاظ encryption و authentication افزایش یافته است.
۴. در ذات آن IPSec گنجانده شده است و به‌صورت ماژول نیست.
۵. پویایی یا mobility وجود دارد. بدان معنی است که بدون هیچ مشکلی از شبکه خارج و داخل شبکه دیگر می‌شود.
۶. افزایش عملکرد Performance و کیفیت سرویس QoS گنجانده شده است.
۷. خاصیت auto configuration دارد که بدون نیاز به DHCP به‌صورت خودکار IP تنظیم می‌شود.



در IPv4 از ۴ قسمت ۸ بیتی که بین ۰ تا ۲۵۵ مقدار دهی می‌شود و به‌صورت octet است، استفاده می‌شود. در IPv6 از ۸ قسمت ۱۶ بیتی که بین ۰ تا 2^{16} مقدار دهی می‌شود و به‌صورت hexadecimal است. در شکل بالا Interface ID یا همان Host ID ۶۴ بیت و بقیه نیز ۶۴ بیت است.

۱. FP (Former Prefix): به ۳ بیت اول آدرس FP می گویند. نوع آدرس را مشخص می کند. ممکن است آدرس global یا private باشد. به عنوان مثال FP در آدرس‌های Global Unicast معادل 001 است.
۲. TLA_ID (Top Level Aggregator Identifier): به ۱۳ بیت بعدی TLA می گویند. محل جغرافیایی یک IP Address را مشخص می کند. برای تشخیص اینکه مبدأ یک مسیر کجا بوده و از کجا می‌آید
۳. NAP (Network Access Point): در سطح دنیای اینترنت ۱۲ تا NAP وجود دارد. که ۸ بیت در نظر گرفته می‌شود.

۴. NLA_ ID (Next Level Aggregator Identifier): به ۲۴ بیت بعدی NLA می گویند.
۵. SLA_ ID (Site Level Aggregator Identifier): به ۱۶ بیت بعدی SLA می گویند. که این سه مورد قبل محدوده‌های اینترنت هستند.

در IPv6 سه نوع ارسال بسته وجود دارد:

۱. Unicast: که به چند صورتlink-local، آدرس‌های Private و محلی است که به‌صورت خودکار ساخته می‌شود در نبود DHCP که با FE80 شروع می‌شود. Global، مانند IPv4 در اینترنت است که به‌صورت IP Valid شناخته می‌شود. Unique Local Address: همان آدرس‌ها invalid برای استفاده به‌صورت محلی است که با FC و FD شروع می‌شوند. و دیگر انواع آن special, NASP, IPX هستند.
۲. Multicast: که با شروع FF در ابتدای IP است.
۳. Any cast: که به unicast آدرس بستگی دارد و به معنی ارسال یک به یک از آدرس‌های زیاد است.

می‌توان در بیشتر تنظیمات سیسکو بجای IP از IPv6 استفاده نمود.

۷-۱- RIPng, RIPv2

در واقع RIPng یا next generation با IPv6 کار می‌کند که شباهت‌ها و تفاوت‌های آن با RIP v2 به‌صورت زیر است:

۱- شباهت: استفاده از UDP، Distance Vector، AD=120، VLSM، Split Horizon، Poison Revers، 30 Sec Full Update، Hop Count Metric، Metric 16=∞، پشتیبانی از route tag و multicast Update Destination.
۲- تفاوت RIP v2 و RIPng: UDP=520,UDP=521، IPv6 no auto summary به خاطر نداشتن subneting در IPv6، destination multicast address=FF02::9 یا همان 224.0.0.9، Link Local Next Hop، IPv6 AH/ESP authentication.

برای تنظیم RIPng ابتدا باید IPv6 Routing و سپس بر روی interface آن را فعال نمود. در IPv4 فقط یک RIP Process می‌توان بر روی همان مسیریاب ایجاد نمود. در IPv6 می‌توان از process nameهای متفاوت استفاده نمود. در IPv4 به‌صورت خودکار بسته‌ها بر روی interface ارسال و دریافت صورت می‌گیرد ولی در IPv6 بین interfaceها ارتباط برقرار نمی‌شود، مگر اینکه دستور ipv6 unicast-routing که در سطح global است، تنظیم شود.

(Config)#ipv6 unicast-routing

(Config)#ipv6 router rip <name>
(Config-if)#ipv6 address <ipv6>
(Config-if)#ipv6 rip <name> enable

۷-۲- EIGRP IPv6

۱. همانطور که مشخص است پروتکل EIGRP ipv6 را اعلام می‌کند.
۲. از آدرس link-local neighbor به عنوان next-hop استفاده می‌شود. تفاوتی که با IPv4 دارد این است که در IPv4 همسایه‌ها یا مبدأ و مقصد باید در یک شبکه IP باشند، اما در IPv6 آدرس link-local باید در یک شبکه، ولی globally می‌تواند در شبکه متفاوت باشد. باید توجه داشت اگر آدرس تغییر نمود ارتباط همسایه‌ها بدون هیچ مشکلی ادامه می‌یابد.
۳. آدرس multicast = FF02::A است.
۴. در IPv6 از IPSec به عنوان authentication استفاده می‌شود.
۵. Auto summary در IPv6 معنایی ندارد چون subneting وجود ندارد.
۶. از پروتکل لایه ۳ با شماره 88 استفاده می‌کند.
۷. از successor و feasible successor استفاده می‌شود.
۸. از DUAL برای به روزرسانی استفاده می‌شود.
۹. از همان metricهای مشابه IPv4 استفاده می‌شود.
۱۰. مؤلفه infinity metric = 2^{32-1} است.

برای تنظیم آن ابتدا ipv6 unicast-routing فعال می‌شود. سپس دستور ipv6 router EIGRP <ASN> بر روی اینترفیس مورد نظر، فعال می‌شود. انتخاب router-id به همان شکل قبل و ۳۲ بیتی است و در آخر بر روی ipv6 EIGRP process دستور no shutdown وارد می‌شود.

۷-۳- OSPF v3 IPv6

شباهت‌های آن با OSPF v2 به شرح زیر است:

۱. از protocol type 89 استفاده می‌شود.
۲. Link state است.
۳. از VLSM پشتیبانی می‌کند.
۴. LSA flooding دارد و تاریخ انقضاء مسیرها هر یک ساعت است.
۵. ساختار آن بر مبنای ناحیه است.
۶. مانند قبل packet types با کمی تفاوت وجود دارد.

۷. LSID ۳۲ بیتی دارد.
۸. از interface به عنوان metric استفاده می‌شود.
۹. مؤلفه infinity metric age = 3600 sec است.
۱۰. دوره ارسال تمامی مسیرها ۳۰ دقیقه است.
۱۱. آدرس multicast = FF02::5 , FF02::6 است.
۱۲. از IPv6 AH/ESP به عنوان authentication استفاده می کند.

تفاوت‌های با OSPF v2 به شرح زیر است:

۱. همسایه‌ها می‌توانند در یک subnet از شبکه نباشند.
۲. در IPv6 OSPF مفهومی به نام instance وجود دارد و در v3 از آن پشتیبانی شده است ولی در دستگاه‌های cisco از آن پشتیبانی نمی‌شود. بدین معنا است که شبکه‌های OSPF را از هم جدا کرده و هرکدام را یک instance نام گذاری می کند. حال هر مسیریاب می‌تواند به یک یا چند instance دسترسی داشته باشد. این کار برای جدا کردن دسترسی‌ها بین مشتریان است. به‌صورت پیش‌فرض instance-id = 0 است. اگر متفاوت باشد اعلامی در دستگاه نمی‌شود و فقط از طریق show run قابل مشاهده است.

LSA Name	LS Type Code	Flooding Scope	LSA Function Code
Router LSA	0×2001	Area Scope	1
Network LSA	0×2002	Area Scope	2
Inter-Area-Prefix-LSA	0×2003	Area Scope	3
Inter-Area-Router-LSA	0×2004	Area Scope	4
AS-External-LSA	0×2005	Area Scope	5
Group-Membership-LSA	0×2006	Area Scope	6
Type-7-LSA	0×2007	Area Scope	7
Link-LSA	0×2008	Link-Local Scope	8
Intra-Area-Prefix-LSA	0×2009	Area Scope	9

LSA Type -۱-۳-۷

۱. Router LSA: مسیریاب اعلام می‌کند که خودیک stub link است.
۲. Network LSA: این بسته در IPv4 توسط designated router ایجاد می‌شود. اگر آدرس IP اینترفیس تغییر کند درخت SPF نیز تغییر می‌کند و down می‌شود. این موضوع در IPv6 تغییر نمی‌کند و بسته Type-9 ایجاد می‌شود.
۳. Inter-Area-Prefix-LSA: همان summary در پروتکل OSPF است.
۴. Inter-Area-Router-LSA: همان مسیریاب ASBR است.
۵. AS-External-LSA: همان مسیریاب ABR است.
۶. Group-Membership-LSA: برای multicast استفاده می‌شود.
۷. Type-7-LSA: همان Type-7در پروتکل OSPF است.
۸. Link-LSA: آدرس‌های Link-Local و Global به مسیریاب‌های DR و BDR ارسال می‌شود.
۹. Intra-Area-Prefix-LSA: بعد از ارسال Type-8، مسیریاب DR به بقیه مسیریاب‌ها نوع Type-8 را اعلام می‌کند.

تنظیم OSPF V3 نیز مانند پروتکل‌های قبل است. برای تنظیم آن ابتدا ipv6 unicast-routing فعال می‌شود. سپس ipv6 router ospf <Process-id> بر روی اینترفیس مورد نظر فعال می‌شود. انتخاب router-id نیز به همان شکل قبل و ۳۲ بیتی است. Summarization نیز بر روی مسیریاب‌های ABR و ASBR انجام می‌شود. در آخر نیز دستور area <ASN> range <ipv6-prefix/length> وارد می‌شود.

IPv6 Static Route & Access-List -٤-۷

دستور تنظیم Static Route به شرح زیر است:

(Config)#ipv6 route <prefix/length> <interface | next-hop> <AD> tag <tag0value>

باید توجه داشت access-list IPv6 فقط عبارت نام می‌پذیرد. همچنین فقط extend دارد و بر روی یک access-list می‌توان صف تعریف نمود.

(Config)#ipv6 access-list <name>
(Config-ipv6-acl>#<permit | deny> <protocol> .....
(Config-if)#ipv6 traffic-filter <name> <in | out>

۷-۵- Redistribute IPv6 & IPV4

در redistribute بین دو پروتکل هیچ کدام از جدول‌های topology و database یکدیگر اطلاعی ندارند، بلکه از جدول routing اطلاعات را استخراج می‌کنند. جدول مسیریابی IPv4 و IPv6 کاملاً از هم جدا هستند. در IPv6 نیز route-map با کمی متفاوت مانند match می‌توان استفاده نمود. AD در IPv6 همانند IPv4 است. مکانیزم‌های جلوگیری از حلقه شامل AD، Tag و filter-list است، همانند IPv4 است. نحوه استفاده از route-map در IPv6 به شرح زیر است:

۱. دستور route-type برای EIGRP Internal , OSPFv3 , RIPng وجود ندارد. ولی برای EIGRP External وجود دارد.
۲. دستور match فقط ACL و prefix-list قبول می‌نماید و برای IPv6 حتماً src=IPv6 و des=any باشد.
۳. نیاز به دستور subnet نیست چون IPv6 به‌صورت class full است.
۴. برای فعال کردن redistribute connected بر روی تمامی لینک‌ها باید از include-connected استفاده نمود.
۵. Loop back نیز به عنوان هاست شناخته می‌شود و باید از دستور network point-to-point برای تغییر آن استفاده نمود.
۶. از tag پشتیبانی می‌شود.

۷-٦- IPv4 & IPv6 translation

در کل دو راه برای ترجمه یا تبدیل نسخه‌ها وجود دارد. Native به معنی استفاده ابتدا تا انتها از یک پروتکل یا tunneling که IPv6 داخل بسته IPv4 قرار گیرد و ارسال شود. برای صحبت کردن و تبدیل به همدیگر سه راه وجود دارد. در ادامه به شرح این ۳ راه پرداخته می‌شود.

۱. Dual IPv4, IPv6 Stacks: دو جدول جداگانه برای هر دو وجود داشته باشد. هر زمان از هر کدام نیاز شد استفاده شود. در لایه application می‌توان آن را تعریف نمود که هر برنامه از کدام استفاده نماید. به‌صورت پیش‌فرض در سیستم عامل ویندوز ترجیح داده می‌شود از IPv6 در صورت وجود استفاده نماید.
۲. Tunneling: در ادامه به شرح توضیح داده می‌شود.
۳. NAT Protocol Translation (NAT-PT): به معنای حذف کامل هدر IPv4 و ایجاد هدر IPv6 است.

Tunneling –۷–۷

به معنای بسته‌بندی یا encapsulate کردن IPv6 داخل IPv4 است. در صورت استفاده از آن سربار تنظیماتی IPv6 پایین می‌آید. به غیر از استفاده در مسیریاب حتی در هاست روش‌هایی وجود دارد. به طور مثال: 6in4, Tredo, ISATAP (Intra-Site Automatic Tunnel Addressing Protocol).

به دو صورت قابل انجام است:

۱. Point-to-Point: در داخل مسیریاب tunneling به معنای ایجاد یک اینترفیس منطقی مانند loopback است که به آن Tunnel Interface گفته می‌شود.
۲. Point-to-Multipoint: مقصد تنظیم نمی‌شود و آدرس مقصد از IPv4 یا IPv6 استخراج می‌گردد.

نمونه از انواع Tunneling به شرح زیر است. همه از شماره پروتکل 41 که IPv6 encapsulation است، استفاده می‌نمایند.

۱. Manually Configured: به‌صورت Point-to-Point است و به نام MCT (Manually Configure Tunnel) استفاده می‌شود. ابتدا یک اینترفیس Tunnel و یک لینک Virtual Point-to-Point بین مبدأ و مقصد ایجاد می‌گردد. می‌توان بر روی آن نیز IPv6 IGP route اجرا نمود. Generic Routing Encapsulation (GRE) نیز شبیه به همین است با این تفاوت که د هدر GRE اضافه می‌گردد ولی در MCT هیچ هدر خاصی اضافه نمی‌گردد.

روش طراحی و تنظیم:

I. یک مسیریاب به عنوان مترجم انتخاب و مبدأ و مقصد مشخص شود. بهتر است از آدرس Loopback به عنوان مبدأ استفاده شود.
II. یک Tunnel Interface که مقدار آن Integer است، ایجاد شود.

```
(Config)# interface tunnel <number>
```

III. مبدأ آن با دستور زیر تعیین شود.

```
(Config-int)#tunnel source <interface-type> <if-number | ipv4-add>
```

IV. مقصد آن با دستورزیر تعیین شود.

```
(Config-int)#tunnel destination <interface-type> <if-number | ipv4-add>
```

V. Mode tunnel که به‌صورت پیش‌فرض GRE تعیین شود. در غیر این صورت برای MCT دستور زیر وارد شود.

```
(Config-int)#tunnel mode IPv6ip
```

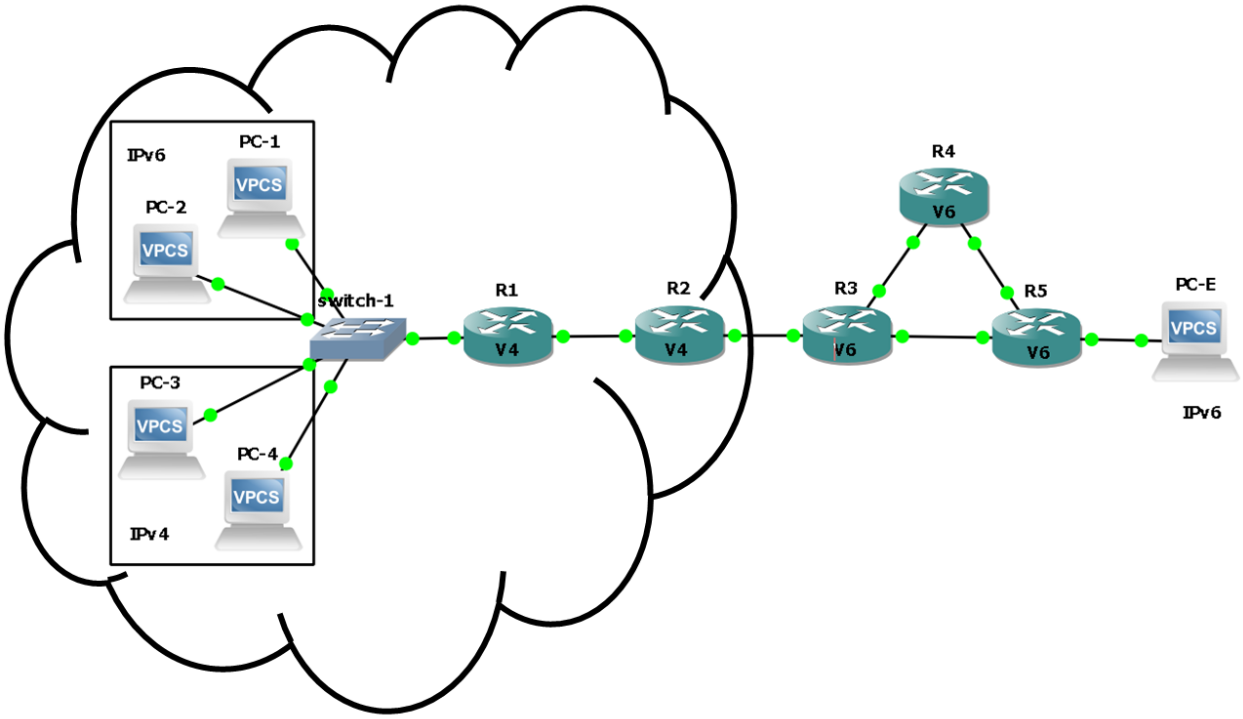
VI. آدرس IPv6 به Tunnel interface داده شود.

VII. مسیریابی IGP فعال شود. ابتدا باید مسیر پیش‌فرض ipv6 route static <::/0> <tunnel> و سپس در داخل tunnel پروتکل IGP را فعال نمود.

برای مشاهده جزئیات می‌توان از دستور زیر استفاده نمود.

(R1)#show interface tunnel

۲. Generic Routing Encapsulation (GRE): از دستور tunnel mode gre ip استفاده می‌شود. این دستور باید در دو طرف یکسان باشد. در ادامه به شرح توضیح داده می‌شود.



۳. Intra-Site Automatic Tunnel Addressing Protocol (ISATAP): اگر بر روی هاست اجرا شود دو جدول یا dual stack ایجاد می‌گردد. مشکل جایی پیش می‌آید که هاست از IPv6 استفاده نمایید ولی default gateway router از IPv4 پشتیبانی کند. این حالت برای داخل شبکه محلی طراحی شده است ولی خارج از آن نیز می‌توان استفاده نمود. شباهت‌های که بین 6to4 و ISATAP است شامل: ۱- هر دو دارای dual stack می‌باشند. ۲- هر دو از embedded ipv4 استفاده می‌کنند با این تفاوت که در 6to4 از آدرس 2002:x:y:: استفاده می‌شود ولی در ISATAP از آدرس FE80::0000:5EFE:x:y استفاده می‌شود. ISATAP به‌صورت خودکار بر روی هاست یا

مسیریاب ایجاد می‌شود که از IPv4 موجود استفاده می‌کند. از پروتکل شماره 41 در بسته‌های IPv4 استفاده می‌کند تا IPv6-ISATAP را منتقل کند. در واقع شماره پروتکل 41 در تمامی پروتکل‌های tunneling استفاده می‌شود. مراحل انجام ISATAP به شرح زیر است:

۱. ابتدا باید به نام "ISATAP" رکوردی در DNSv4 ایجاد شود.
۲. هاست درخواستی برای دریافت ip isatap و پس از دریافت آدرس بسته‌ای به آن مسیریاب ارسال می‌کند.
۳. پس از دریافت بسته توسط مسیریاب بسته SLAAC (State Less Address Auto Configuration) به هاست ارسال می‌شود که در آن ipv6 برای استفاده در محیط global و بعضی اطلاعات تماسی وجود دارد. که این بسته router advertisement است. این عمل شبیه DHCP است ولی با این تفاوت که اطلاعاتی مانند leased time و دیگر موارد در آن نیست.

دلیل تخصیص IP به tunnel interface به شرح زیر است:

۱. تمامی اینترفیس‌ها چه فیزیکی و چه منطقی بنا به استفاده از IPv4 و IPv6 باید IP داشته باشند. در واقع باید پروتکل ip بر روی آنها فعال باشد.
۲. در ISATAP برای ارسال ipv6 به هاست نیاز به ipv6 دارد تا در همان range آدرس تخصیص یابد.

دستورات برای تنظیم به شرح زیر است:

```
(Config)#interface tunnel 0
(Config-if)#ipv6 address <ipv6-prefix> eui-64
```

برای تنظیم دو انتخاب وجود دارد یا به‌صورت دستی از serial interface استفاده شود یا از interface ID که به‌صورت خودکار قسمت ۵ و ۶ را برابر 0000:5EFE و قسمت ۷و۸ را برابر آدرس ipv4 قرار می‌دهد که از tunnel source می‌گیرد. باید توجه داشت که IPv6 باید global باشد تا بتوان با خارج از شبکه ارتباط داشت و باید آدرس شبکه 64/ داده شود.

```
(Config-if)#no ipv6 nd suppress-ra
```

این دستور برای ارسال router advertise است که به‌صورت پیش‌فرض غیر فعال است.

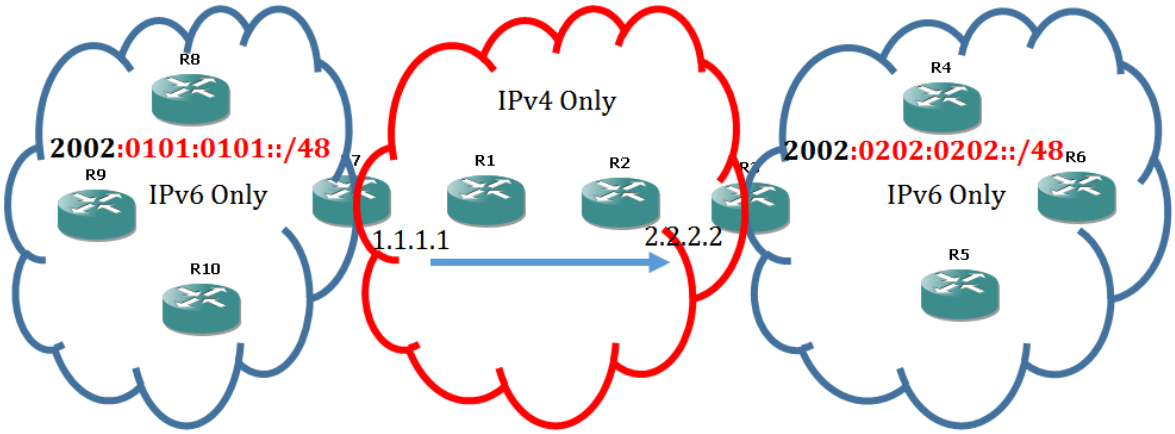
```
(Config-if)#tunnel source <ipv4-add>
(Config-if)#tunnel mode ipv6ip isatap
```

برای ارتباط بین دو مسیریاب هم مشابه 6to4 است با این تفاوت که آدرس ipv6 باید به‌صورت 0000:5EFE:x:y باشد.

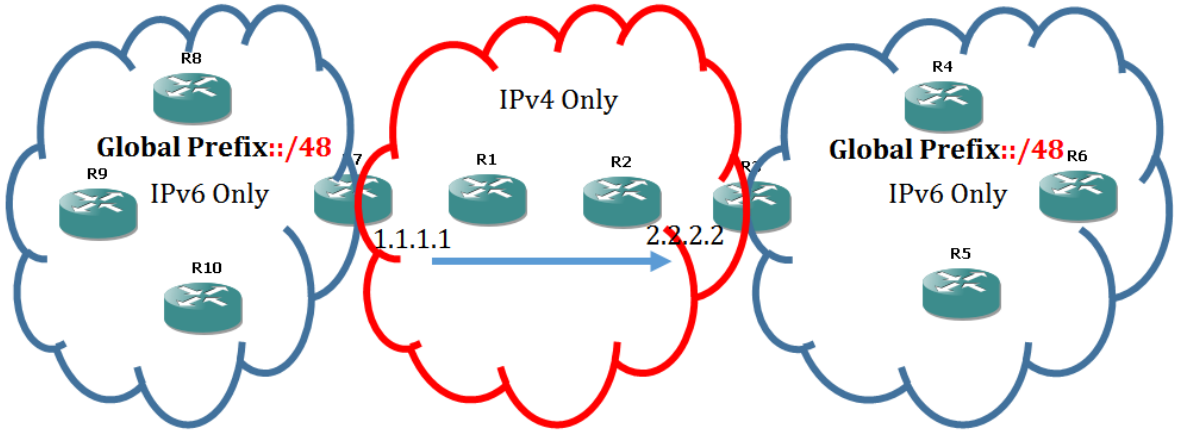
۴. 6to4: برای point-to- multipoint که به دو صورت 6to4 و ISATAP استفاده می‌شود. مسیریابی IGP IPv6 بر روی آن فعال نمی‌شود. باید از static route یا BGP استفاده نمود. برای کاهش ترافیک به دلیل نداشتن آدرس مقصد خوب است. مانند قبل باید default route تعریف شود و در Tunnel تنظیم گردد. در 6to4 آدرسی برای این کار رزرو شده است. این آدرس با 2002 شروع می‌شود و به‌صورت private است. در واقع این آدرس به گونه‌ای طراحی شده است که ۱۶ بیت اول 2002 و ۳۲ بیت بعد برابر IPv4 آدرس مقصد و ۱۶ بیت بعد آدرس subnet شبکه که از 0001 تا FFFF شماره گذاری می‌شود، قابل استفاده باشد. این روش به سادگی تنظیم می‌شود و برای شبکه محلی استفاده می گردد. روش دیگر، استفاده از آدرس‌های global است که پیچیده‌تر و فقط بر روی مسیریاب‌های لبه یا Edge آدرس بالا تنظیم می‌شود.

۱. ابتدا باید مبدأ آدرس که Loopback یا Physical Interface مشخص شود.
۲. از آدرس 2002:X:Y:Z::/64 برای شبکه محلی یا آدرس Global که X و Y برابر آدرس مبدأ IPv4 است و Z برابر subnet است، استفاده شود. اگر از آدرس global استفاده شود فقط مسیریاب‌های لبه از آدرس 2002 استفاده می کنند.
۳. Tunnel Interface ساخته شود. سپس آدرس IPv6 وارد شود. پس از Tunnel mode ipv6ip 6to4 انتخاب گردد.
۴. آدرس پیش‌فرض ipv6 route static <ipv6> <tunnel> <next-hop> تعیین گردد. اگر مسیریاب‌های بسیاری در قسمت private cloud باشد بهتر است از دستور ipv6 route static <2002::/16> <tunnel> <next-hop> استفاده شود. ولی اگر از آدرس global استفاده شود باید 48/ وارد نمود. در اینجا next-hop برای ارسال چندین مقصد استفاده می‌شود و آدرس مقصد در tunnel وارد نمی‌شود.
۵. مانند روش‌های قبل ipv6 unicast-routing و پروتکل مسیریابی بر روی تونل فعال شود.

Option-1 (Less Configuration Complexity)



Option-2 (More Configuration Complexity)

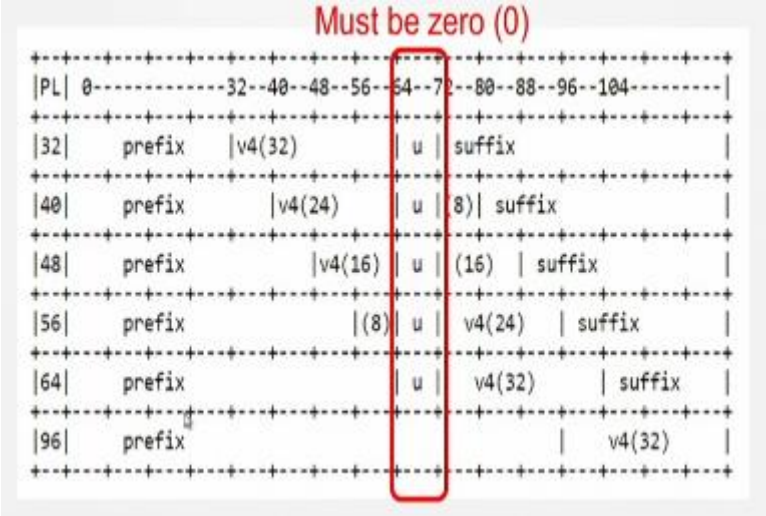


NAT64 -۸-۷

به معنای حذف کامل Header IPv4 و اضافه نمودن Header IPv6 به بسته و بالعکس است. روش دیگری برای تبدیل آدرس است که به طور کامل با tunneling متفاوت است. زیرا یکی از headerها به طور کامل حذف می‌شود. طراحی اصلی آن تبدیل IPv6 به IPv4 است و از IPv4 به IPv6 را revers گویند. مسیریاب‌ها و هاست‌ها دیگر به‌صورت dual stack نیستند.

DNS64 -۹-۷

در Ipv4 درخواست DNS به‌صورت A record ولی در IPv6 به‌صورت AAAA یا quad A است. زمانی که درخواستی از IPv4 به DNSv6 دریافت شود، پیغام یافت نشد داده می‌شود. در صورتیکه به DNS64 ارسال شود اگر در v6 یافت نشد در v4 جست و جو کرده و در صورت پیدا نمودن به همان صورت A یا AAAA پاسخ داده می‌شود. اگر درخواست v6 باشد به‌صورت <IPv6-prefix:IPv4-add> ارسال می‌شود. در NAT64 همانند tunneling آدرسی برای IPv4 embedded تعیین می‌گردد. این prefix به دوشکل است. Well-Known Prefix (WNP): غیر قابل مسیریابی است، زیرا global نیست و به‌صورت 64:FF9B::/96 است. Network Specific Prefix (NSP): که به‌صورت global و قابل مسیریابی است و به‌صورت 32/ یا 64/ است. در کل ترجمه IPv6 <- IPv4 وجود دارد. IPv4 + (96/ - 32/)::<-(WKP | NSP).



در بسته IPv6 باید قسمت u Octet صفر باشد. هر نوع prefix که استفاده شود این قسمت باید صفر شود. اگر WKP استفاده شود باید 64:FF9B::/96 استفاده شود. تفاوت بین NAT64 , NAT44 به این صورت است که ۱- در تنظیم nat44 از inside و outside برای اینترفیس‌ها استفاده می‌شود ولی در nat64 فقط باید بر روی اینترفیس فعال گردد. ۲- در nat44 فقط مکان source یا destination تغییر می‌کند ولی در nat64 هدر کاملاً تغییر می‌کند. دو نوع NAT64 وجود دارد: stateless که گرفتن IP با استفاده از SLAAC است و stateful که گرفتن IP از DHCP است.

۱- State Less: معمولاً برای v6 client و v4 server استفاده می‌شود و می‌توان برای چند IPv6 از یک IPv4 استفاده نمود. IPv4 به‌صورت embedded در IPv6 قرار می‌گیرد.

۱. ابتدا IPv4 Valid Range مشخص می‌شود.

۲. با توجه به IPv4ها، Net-idهای v4 در قسمت IPv6 مشخص می‌شود.

۳. حال Net-idهای v6 نیز مشخص شود.

۴. IPv6 به‌صورت شکل زیر ساخته شود.

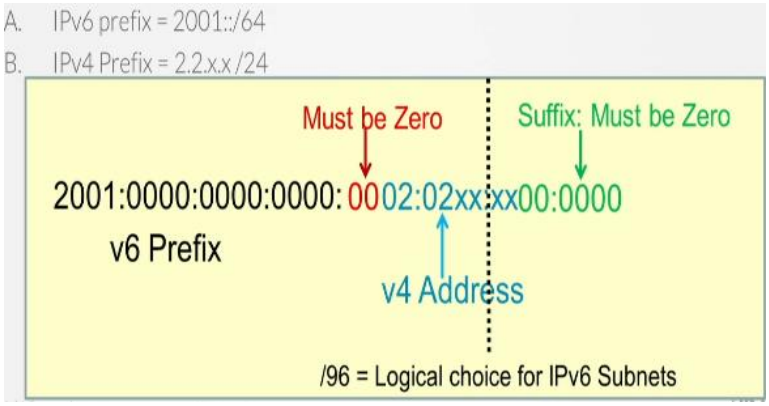
۵. به هر سیستم یک IP اختصاص داده شود.

۶. مسیریاب IPv6ها را از طریق IGP به مسیریاب‌ها ارسال می‌کند که از طریق من عبور داده شود.

۷. NAT64 بر روی مسیریاب NAT translator تنظیم می‌شود.

```
(Config-if)#nat64 enable
(Config)#nat64 prefix stateless <ipv6-prefix/32-/96> reach IPv4 Side
(Config)#nat64 route <ipv4-subnet/16 <if-ipv6side> reach ipv6 side
```

۸. حال DNS64 را می‌توان راه‌اندازی نمود.



۲- Stateful: به‌صورت خودکار است و sessionها را در جدول NAT ذخیره می‌کند. نیازی به IPv4 embedded نیست. شروع باید از سمت IPv6 باشد. همانند NAT44 که شروع باید از داخل به بیرون باشد. از حالت NSP برای IPv6 استفاده می‌نماید و توسط مسیریاب NAT64 با استفاده از IGP یا پروتکل‌های دیگر آن را اعلام می‌کند. بنابراین باید یک استخری از آدرس‌ها وجود داشته باشد و با استفاده از ACL اجازه استفاده داده شود. در آخر می‌توان NAT64 Stateful را تنظیم نمود:

```
(Config-if)#nat64 enable
(Config)#ipv6 access-list <name>
(Config-v6-acl)#permit ipv6 <prefix-/48> any
(Config)#nat64 prefix stateful <ipv6-prefix>
(Config)#nat64 v4 pool <name-pool> <ipv4-start-add> <ipv4-end-add>
(Config)#nat64 v6v4 list <name-of-ACL> pool <name-of-pool> overload
```

VPN –۸

VPN از دو بخش virtual network به معنای دسترسی دو یا چند شبکه به یکدیگر و Private network به معنای ایجاد policy برای ارتباط این شبکه‌ها، تشکیل می‌شود. این خود شامل route به معنای جدا کردن مسیرهای بسته‌های مسیریابی از دیگر محیط‌ها و data به معنای رمز گذاری و تونل کردن آنها است. باید توجه داشت که رمزگذاری اجباری نیست و فقط یک option است که عموماً استفاده می‌شود. قبل از این که از VPN استفاده شود، از PPP، Frame Relay و خط‌های ارتباطی T1 یا E1 استفاده می‌شد. این خود هزینه‌های زیادی به علت نصب خط‌های جداگانه و هزینه مدیریتی دارد. بعد از آن مسیریابی که به اینترنت متصل است، بسته‌ها را از طریق یک خط ارسال می‌کند. البته با ایجاد تونل آنها را به طرف دیگر منتقل می‌کند. به‌صورت کلی دو نوع VPN وجود دارد.

۱. Peer-to-peer: مسیریاب با ISP همسایه است و از طریق ISP به مسیریاب‌های دیگر دسترسی پیدا می‌کند. مانند Layer 3 MPLS VPN .
۲. Overlay: مسیریاب ISP به عنوان همسایه نیست و مسیریاب طرف دیگر به عنوان همسایه است. مانند Layer 2 MPLS VPN و DMVPN.

از ویژگی‌های VPN موارد زیر را می‌توان نام برد:

۱. مسیرها به‌صورت جداگانه یا ترکیب با مسیرهای دیگر، ارسال می‌شوند.
۲. می‌توان بسته‌ها را از مسیر مشخصی عبور داد.
۳. می‌توان با استفاده از IPSec امنیت آن را بالا برد.

IPSec Introduction –۱–۸

ویژگی‌های IPSec به شرح زیر است:

۱- اطلاعات را محرمانه یا رمزگذاری می‌نماید.
۲- جامعیت داده‌ها یا تغییر نکردن داده‌ها در بین مسیر را تضمین می‌کند.
۳- عدم تکرار بسته‌ها به معنای عدم ارسال دوباره بسته‌های قبلی را تضمین می‌کند.

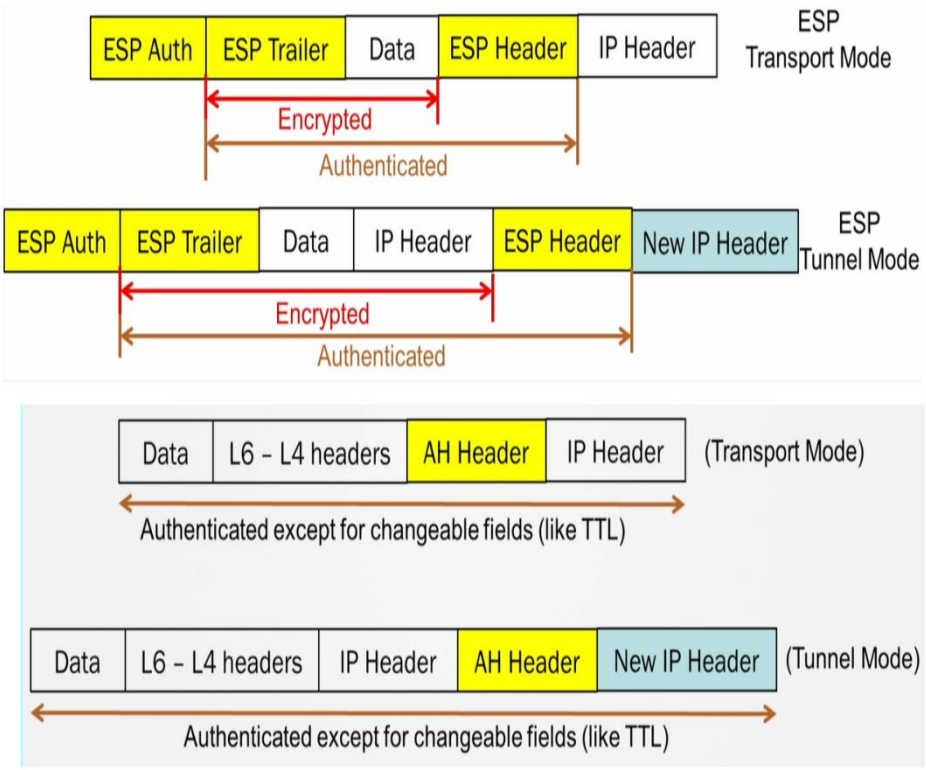
اصطلاحاتی که در IPSec به کار برده می‌شود شامل موارد زیر است:

۱. Security Associate (SA): به معنای امن کردن تونل بین ابتدا و انتهای مسیر در صورت فعال بودن IPSec در دوطرف است.
۲. Internet Key Exchange (IKE): استفاده از چندین key که ایجاد آن به‌صورت خودکار یا دستی است. که این خود شامل دو مرحله می‌شود:

I. Internet Security Associate Key Management (ISAKMP): Protocol شروع IKE است. رسیدن و جابه جا نمودن Key از طرف دیگر است و یک تونل امن بین دو طرف، ایجاد می‌نماید. ابتدا با یک Key جداگانه ایجاد و سپس قابلیت‌ها بین دو طرف با استفاده از Transform Sets بررسی می‌شود.

II. در مرحله بعد یک SA یک طرفه ایجاد می‌شود و طرف دیگر نیز یک تونل یک طرفه دیگر با یک Key جداگانه ایجاد می‌نماید.

IPSec احراز اصالت، جلوگیری از تکرار و جامعیت بسته را ایجاد می کند. رمزگذاری در IPSec به‌صورت اختیاری است. در IPSec هدری به نام AH یا Authentication Header وجود دارد که از IP protocol 51 استفاده می کند. همچنین در IPSec بسته‌ها توسط ESP یا Encapsulation Security Payload که از ip protocol 50 استفاده می کند، بسته‌بندی می‌شوند. این دو برای احراز اصالت و جامعیت داده استفاده می‌شود. به یاد داشته باشید که IP Protocol بین ۵۰ تا ۵۹ برای IP است و ۶۰ تا ۶۹ برای TCP و ۷۰ تا ۷۹ برای UDP است. تفاوت AH و ESP در شکل زیر مشخص شده است.



AH: در لایه Transport جامعیت تمام هدرها، صحت مبدأ و مقصد را بررسی می کند. مبدأ و مقصد هدر tunnel جدیدی که از تونل اینترفیس می‌آید را نیز بررسی می‌نماید.

ESP: برای رمزگذاری و در لایه transport برای endpoint استفاده می‌شود. در tunnel برای infrastructure استفاده می‌شود.

۸-۲- Dynamic Multipoint VPN (DMVPN)

Dynamic Multipoint VPN به‌صورت point-to-multipoint است که layer 3 Overlay vpn است. VPN همانند IPv6 Tunnel از tunnel interface استفاده و بسته را به این اینترفیس ارسال می‌کند. این اینترفیس نیز بسته را داخل تونل می‌فرستد و در طرف دیگر، آن را extract می‌کند. با استفاده از VPN مسیر به‌صورت virtual link یا تونل ایجاد می‌شود که مسیر را از دید دیگران پنهان و آن را به مکان دلخواه ارسال می‌کند. این عمل در لایه فیزیکی و data link انجام نمی‌گیرد بلکه در لایه ۳ یا network صورت می‌گیرد. DMVPN به‌صورت hub and spoke است و همچنین spoke-to-spoke را نیز پشتیبانی می‌کند. DMVPN از ابزارهایی مانند: multipoint gre tunnel، NHRP (Next Hop Resolution Protocol)، IPSec و Routing استفاده می‌کند. به دلایل زیر از DMVPN استفاده می‌شود:

۱. همه VPNها سایت‌های دور از هم را به هم ارتباط می‌دهند.
۲. فقط نیاز به IP Connectivity است و نیازی به تنظیمات ISP ندارد.
۳. تنظیم routing policy توسط شرکت انجام می‌گیرد نه توسط ISP، زیرا Overlay است.
۴. بسیار مقیاس‌پذیر است چون تنظیمات روی Spoke انجام می‌گیرد و به تنظیمات spokeهای دیگر ارتباطی ندارد.
۵. Hub routers باید در دسترس باشد. IP آن باید به‌صورت استاتیک و valid باشد.
۶. Spoke routers باید در دسترس باشد. IP آن باید به‌صورت استاتیک یا داینامیک و valid باشد.

۸-۳- GRE Introduction

از RFC 2784 استفاده می‌شود. یک Tunnel Mechanism است. به‌صورت پیش‌فرض برای cisco IOS Tunnel Encapsulation استفاده می‌شود. از چهار قسمت protocol type همان فیلد در قسمت data، version، Reserved0 و Checksum تشکیل می‌شود. در واقع حمل کننده یک پروتکل انتقال دهنده دیگر مانند IPv4 یا IPv6 یا apple talk است. دو حالت point-to-point و point-to-multipoint که هر دو نیاز به NHRP دارد را پشتیبانی می‌کند. از Tunnel key که برای بیشتر از یک gre tunnel است استفاده می‌شود و برای جداکردن آنها از یکدیگر است.

۸-٤- NHRP Introduction

از RFC 2332 استفاده می‌شود. مانند arp به‌صورت layer 2 resolution protocol and cache است.
به‌صورت خودکار آدرس خصوصی و عمومی(public , private) نود مربوط به طرف دیگر تونل را پیدا می‌کند.
مانند arp به‌صورت خودکار یا دستی آدرس‌ها را resolve می‌کند.

۸-۵- DMVPN Configuration

مراحل تنظیم و عملکرد DMVPN به شرح زیر است:

۱- یک tunnel interface ایجاد و تنظیمات عمومی آن انجام شود.

```
(Config-if)#tunnel source <public ip>
(Config-if)#tunnel mode gre multipoint
(Config-if)#tunnel ip add <private ip>
```

۲- تنظیمات NHS (Next Hop Server) به‌صورت دستی بر روی spoke در داخل NHRP Cache وارد شود.

```
NHRP NHS   =      hub private ip
NHRP Cache :      hub private ip -> hub public ip (static)
```

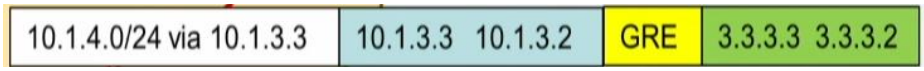
۳- IPSec بر روی tunnel interface ایجاد و فعال شود.

۴- Spoke درخواست NHRP registration request را برای Hub ارسال می‌کند.

۵- Hub پیام NHRP registration reply را ارسال می‌کند (به‌صورت داینامیک در cache ایجاد می‌شود).

۶- با استفاده از یک پروتکل مسیریابی IGP مسیریابی را بر روی tunnel interface فعال شود.

۷- در آخر اگر spoke-to-spoke نیاز باشد به‌صورت خودکار NHRP resolution request/reply به hub ارسال می‌شود تا تونلی بین spokeها ایجاد شود.



پروتکل DMVPN چند فاز دارد: ۱- بین hub و spoke ۲- بین spoke و spoke ۳- modification of routing behavior: که به hub اجازه می‌دهد مسیرهای ارسال به spokeها را خلاصه کند. که این در فاز دو نیست.

باید توجه داشته باشید که spoke-to-spoke به‌صورت on-demand است و زمانی که نیاز باشد ایجاد می‌شود. زمانی بین آنها به نام life time ایجاد می‌شود که بعد از هر ارسال بسته از صفر شروع می‌شود. به عبارت دیگر بستگی به ارسال ترافیک دارد. همچنین بر روی tunnel interface چندین پروتکل مسیریابی نیز می‌توان فعال نمود.

۹- VRF (Virtual Routing and Forwarding)

جدا کردن routing table شبکه‌ها از یکدیگر را VRF انجام می‌دهد. فرض شود اگر VRF وجود نداشت، دو مشتری که با آدرس‌های IP یکسان وجود دارند، ولی کاملاً از هم جدا هستند. حال مسیریاب بهترین مسیر را انتخاب می‌کند در صورتی که هر دو مسیر در شبکه خود صحیح هستند. بنابراین از VRF استفاده می‌شود تا جدول‌های مسیریابی از یکدیگر جدا شوند. این عمل هم بر روی ISP و هم بر روی مسیریاب مشتری انجام می‌گیرد.VRF بیشتر برای MPLS VPN استفاده می‌شود. این مطلب در CCNP گنجانده نشده است. در اینجا به VRF-Lite پرداخته می‌شود، که این عمل را پیاده‌سازی می‌کند.

```
(Config)#ip vrf <name-vrf>
(Config-if)#ip vrf forwarding <name-vrf>
```

با توجه به دستور بالا در واقع VRF بر روی interface اعمال می‌شود. قبل از این دستورات اینترفیس در global routing table بود. بعد از این به‌صورت خودکار از global جدا، آدرس آن حذف و به VRF table اضافه می‌شود. تنظیمات مربوط در داخل isp router به شرح زیر است :

```
(Config)#ip route vrf <name-vrf> <destination> <network> <next-hop>
(R1)#show ip vrf <name-vrf>
(R1)#show ip vrf interface <name-vrf>
(R1)#show ip route vrf <name-vrf>
(R1)#show ip protocol vrf <name-vrf>
```

این دستورات مخصوص RIP و EIGRP است که در تنظیم مسیریابی از address-family استفاده می‌شود.

```
(Config-router)#address-family ipv4 vrf <name-vrf>
r1#show ip <routing-protocol> vrf <name-vrf>
```

برای تنظیم OSPF از دستور زیر استفاده می‌شود.

```
(Config)#router ospf <process-number> vrf <name-vrf>
```

VRF این قابلیت را دارد که اگر OSPF وجود نداشته باشد به BGP نگاه می‌کند و از همان process-name استفاده می‌کند.

۱۰- Switch Introduction

عملکرد سوئیچ بر اساس آدرس MAC مقصد است. هنگام وارد شدن بسته بر اساس آدرس MAC بسته forward، discard و یا flood می‌شود. مانند مسیریاب که جدولی به نام routing دارد سوئیچ نیز جدولی به نام mac address دارد که به دو صورت تکمیل می‌شود. Static: در این جدول اطلاعاتی ذخیره شده است و همیشه بدون زمان‌بندی وجود دارد. مانند Cisco Discovery Protocol, Dynamic Trunking که مخصوص سوئیچ است. Dynamic: که در مرحله یادگیری سوئیچ در این جدول ذخیره شده و به‌صورت زمان‌بندی شده عمل می‌کند. هنگامی که بسته وارد سوئیچ می‌شود به قسمت src mac و vlan نگاه کرده و در جدول mac ذخیره می‌کند. زمانی به‌صورت پیش‌فرض ۵ دقیقه تنظیم می‌شود. حال اگر این پورت به حالت down برود به هر دلیلی از جدول mac حذف می‌شود.

(Config)#mac address-table aging-time <time-sec>
(Config)#mac address-table static <mac> vlan <vlan-id> interface <type/number>
(R1)#show mac address-table
(R1)#show mac address-table aging-time

استفاده از VLAN برای جدا کردن زیر شبکه‌ها از یکدیگر است. بین سوئیچ‌ها باید پورت در حالت Trunk باشد تا بتواند اطلاعات VLAN ها را جابه‌جا نماید. دو پروتکل برای VLAN وجود دارد. ISL: که مخصوص سیستم‌های سیسکو است 802.1q که تعریف شده IEEE است. در حالت trunk انواع VLAN وجود دارد

۱. Native: مانند vlan 1 که VLAN پیش‌فرض است. بیشترین پورت‌ها در این گروه است.
۲. Allowed: فقط اجازه عبور این vlanها داده می‌شود.
۳. Encapsulation: بسته‌بندی کردن به فرمت 802.1q.

پروتکل Dynamic Trunking Protocol (DTP) مخصوص شرکت سیسکو است. این پروتکل وظیفه شنود خط را دارد و این که پورت در حالت access و یا trunk قرار گیرد را تشخیص می‌دهد. این پروتکل برای شنود دو حالت دارد. Auto یا Passive که خط را شنود و نوع VLAN را انتخاب می‌کند. Desirable یا Originate که با trunk صحبت را شروع می‌کند و بعد با استفاده از جواب آن طرف خط تصمیم می‌گیرد. در فرمت 802.1q که به‌صورت Tag VLAN عمل می‌کند شاخصه‌هایی دارد.

۱- Tag Protocol Identifier (TPID): به‌صورت کد برای شناسایی نوع Tag است.
۲- Priority: برای کیفیت سرویس استفاده می‌شود.
۳- Canonical Format Indicator (CFI): نوع شبکه Ethernet یا token ring را مشخص می‌کند.

۴- VLAN ID (VID): همان شماره VLAN است.

DA	SA	802.1q Tag	Type/Len	Data	FCS

802.1q Tag			
TPID 16 Bit	Priority 3 Bits	CFI 1 Bit	VID 12 Bits

به‌صورت پیش‌فرض تمامی VLANها اجازه عبور از روی trunk را دارند. برای محدود کردن آن از دستور زیر استفاده می‌شود.

(Config)#switchport trunk allow vlan {vlan-list | all | remove | add | except}

محدوده vlan به‌صورت 1 تا 4094 است که از 1 تا 1001 قابل استفاده، از 1001 تا 1005 رزرو برای token ring و از 1006 تا 4094 به عنوان extend-range که قابل استفاده در VTP Mode Transport یا VTPv3است. VTPv3 در فایل VLAN.dat ذخیره نمی‌شود. اگر در حالت VTP تنظیم شود باید extend-VLANها به‌صورت دستی حذف شوند.

برای تنظیم normal vlan از دستور زیر استفاده می‌شود:

روش مدرن

```
(Config)#vlan <vlan-id>
(Config-vlan)#name <vlan-name>
```

روش قدیمی

```
(SW1)#vlan database
(SW1-vlan)#vlan <vlan-id>
```

برای تنظیم extend-vlan باید در حالت VTP Mode Transport باشد.

۱۱- Etherchannel

برای استفاده بیشتر از پهنای باند، استفاده از چند لینک به‌صورت هم زمان(load balance) و برای redundancy از این خصوصیت استفاده می‌شود. قبل از تنظیم این حالت سوئیچ این لینک‌ها را به عنوان حلقه می‌شناسد و STP آنها

را down می‌کند. برای رفع این مشکل باید این لینک‌ها را عضو port channel نمود تا سوئیچ این لینک‌ها را به عنوان یک لینک logical شناسایی کند. پیش تنظیمات آن به‌صورت زیر است:

۱. پورت باید trunk باشد.
۲. دو پروتکل وجود دارد که به‌صورت dynamic این کار را انجام می‌دهد. انتخاب یکی از آنها بنا به شرایط مورد نیاز استفاده می‌شود.
   I. Port Aggregation Protocol (PAgP): به‌صورت desirable یا auto مانند trunk desirable است. ابتدا صحبت را شروع و سپس نوع لینک را تشخیص می‌دهد.
   II. Link Aggregation Control Protocol (LACP): این استاندارد ابتدا IEEE 802.3ad و سپس به 802.1ax تبدیل شد. دو حالت passive و active را پشتیبانی می‌کند. این نیز همانند trunk است.
۳. ON: حالتی است که فقط Etherchannel فعال است و به‌صورت dynamic نیست.

PAgP vs LACP –۱–۱۱

تفاوت‌های دو پروتکل توضیح داده می‌شود. دقت داشته باشد که این مبحث یکی از پرکاربردترین و مباحث مهم CCNP است. اگر لینک به‌صورت half duplex باشد فقط PAgP پشتیبانی می‌شود. PAgP حداکثر ۸ لینک پشتیبانی می‌کند و با از بین رفتن یک لینک پهنای باند کاهش می‌یابد. LACP حداکثر ۸ لینک به‌صورت active و ۸ لینک به‌صورت standby را پشتیبانی می‌کند و اگر یک لینک از بین برود پهنای باند کاهش نمی‌یابد. در LACP می‌توان لینک‌هایی که عضو Etherchannel شوند را انتخاب و سپس آنها را تنظیم نمود. در پروتکل LACP چندین اصطلاح وجود دارد که توضیح داده می‌شود:

۱. System Priority: مقداری است که بر روی هر مسیریاب یا سوئیچ به‌صورت دستی یا خودکار تنظیم می‌شود. پروتکل LACP با استفاده از System Priority و MAC دستگاه، System ID را ایجاد می‌کند تا بتواند با دیگر دستگاه‌ها ارتباط برقرار کند. در صورت یکسان بودن System Priorit، آدرس MAC با کمترین عدد بهترین System ID است. در پروتکل LACP مقدار System Pririty کمترین عدد بهترین است که آن دستگاه master می‌شود.
۲. Port Priority: همانند SP مقداری است که بر روی هر مسیریاب یا سوئیچ به‌صورت دستی یا خودکار تنظیم می‌شود. کمترین عدد بهترین است. پروتکل LACP با استفاده از Port Priority و Port Number دستگاه، Port ID را ایجاد می‌کند. در صورت یکسان بودن port priority، شماره پورت با کمترین عدد

بهترین پورت است که عضو Etherchannel شود. این مقدار مشخص می‌کند که کدام پورت در حالت فعال و کدام پورت در حالت آماده باش قرار بگیرد.

در LACP یک سوئیچ Master و دیگری Slave می‌شود که بر اساس System ID انتخاب می‌شود. دستورات مورد استفاده برای مشاهده Etherchannel به شرح زیر است:

```
(SW1)#show etherchannel load-balance
(SW1)#test etherchannel load-balance interface port-channel <number> <ip | mac>
```

Etherchannel Layer –۲–۱۱

۱- Layer 2 OSI Etherchannel: تعداد ۲ تا ۸ لینک می‌تواند در etherchannel قرار گیرد و همه در یک broadcast domain قرار دارند. هیچ تفاوتی بین لینک‌ها نیست و همه به‌صورت trunk هستند. انتخاب مسیر بر اساس MAC Address است.

۲- Layer 3 OSI Etherchannel: load-balancing یا توازن بار بر اساس هر جریان است (per-flow) و هر جریان فقط از یک لینک استفاده می‌کند. اگر خواسته شود قسمت broadcast domain بخش مدیریتی و سرورها را از بخش end userها جدا شود، از این مورد استفاده می‌شود. دلیل استفاده سرعت بالا و مدیریتی بودن آن است. برای تنظیم باید از حالت switchport خارج نموده و layer-3 port-channel را فعال نمود.

```
(Config)#interface port-channel <number>
(Config-if)#no switchport
```

Etherchannel Misconfiguration Guard –۳–۱۱

این خصوصیت خطای عدم تنظیم صحیح را به کاربر اعلام می‌کند. خطا ممکن است بدین شکل باشد که در یک طرف Etherchannel تنظیم شده است و طرف دیگر خیر. این خصوصیت از STP (Spanning Tree Protocol) بهره می‌گیرد. در STP بسته‌هایی به نام BPDU (Bridge Protocol Data Unit) وجود دارد. در این بسته فیلدهایی به نام Port-ID و Port-Priority وجود دارد. در حالت عادی هر بسته STP BPDU یک port-id دارد ولی در حالت etherchannel به تعداد لینک‌ها port-id در داخل این بسته قرار می‌گیرد. پس از این طریق Etherchannel قابل شناسایی است. سوئیچ‌های شبکه که بر روی آنها پروتکل STP اجرا شده برای اطلاع از احوال همدیگر از بسته‌های BPDU استفاده می‌کنند. دو نوع بسته BPDU در پروتکل STP وجود دارد. BPDU Configuration: سوئیچ‌ها از این بسته‌ها برای محاسباتشان استفاده می‌کنند. TCN BPDU: وقتی تغییری بر روی سوئیچی در شبکه رخ دهد برای اعلام تغییرات این مدل بسته را به سوئیچ‌های دیگر ارسال می‌کند تا بروز

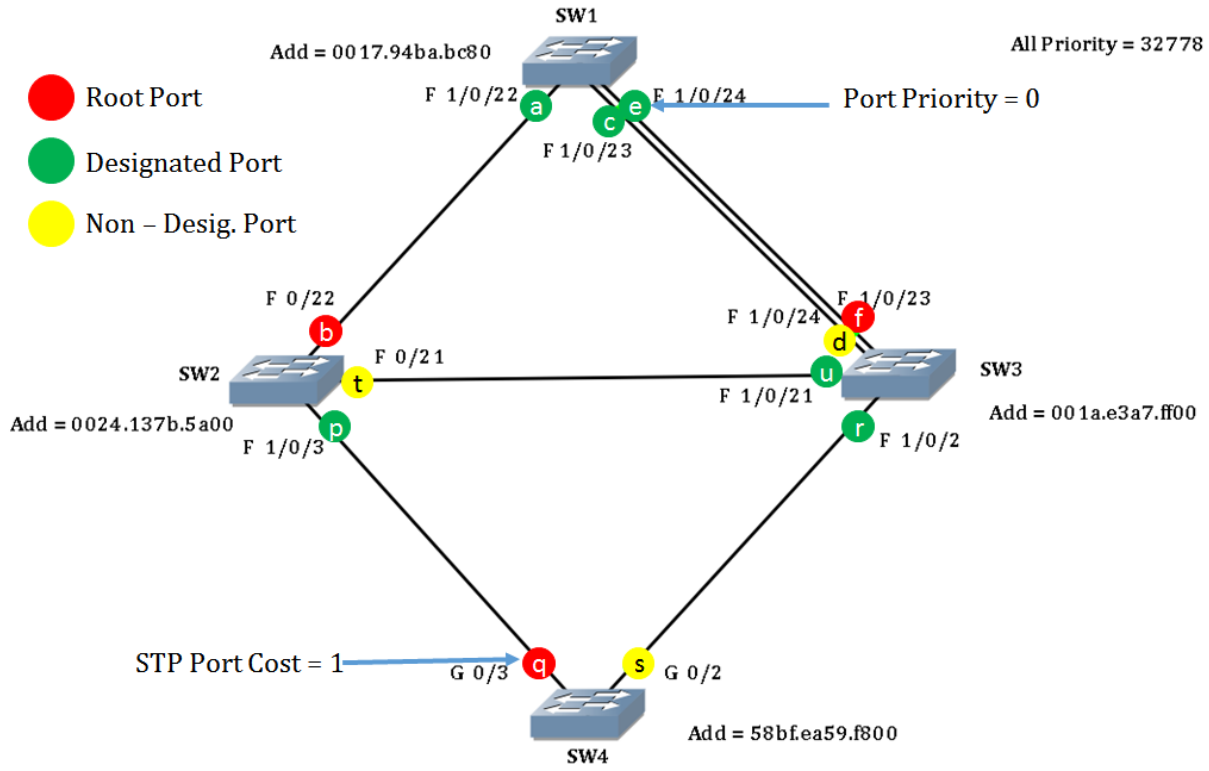
تغییرات رو اعلام کند. برای جلوگیری از حلقه مابتدا باید پیش‌نیازهایی صورت گیرد که به ترتیب توضیح داده می‌شود. Root Bridge: یکی از سوئچ‌ها در شبکه به عنوان سوئیچ Root Bridge انتخاب می‌شود. این سوئیچ تعیین کننده مسیر انتقال بسته‌ها در شبکه است. مبنای انتخاب Root Bridge در شبکه Bridge ID است. هر سوئیچ در شبکه یک Bridge ID منحصر به فرد دارد. سوئیچی که Bridge ID آن از همه کمتر باشد به عنوان Root Bridge انتخاب خواهد شد. Bridge ID یک مقدار ۸ بایتی است که از دو قسمت تشکیل شده است. Bridge Priority: این عدد (یک مقدار ۲ بایتی است) و Mac Address (یک مقدار ۶ بایتی است). Bridge Priority عددی بین ۰ تا ۶۵۵۳۵ است. سوئیچی که Bridge Priority آن از سوئیچ‌های دیگر کمتر باشد به عنوان Root Bridge انتخاب خواهد شد. در صورتی که Bridge Priority همه سوئیچ ها یکسان باشد، از آدرس Mac سوئیچ ها به عنوان الگوی انتخاب استفاده می‌شود. در این حالت سوئیچی که آدرس Mac آن از سوئیچ های دیگر کمتر باشد به عنوان Root Bridge انتخاب خواهد شد. به‌صورت پیش‌فرض Bridge Priority همه سوئیچ‌ها ۳۲۷۶۸ می‌باشد. (یعنی Bridge Priority همه سوئیچ‌ها به‌صورت پیش‌فرض یکسان است. به کمک دستور زیر می توان مقدار Bridge Priority رو در یک سوئیچ تغییر داد:

(Config)#interface <type> <number>
(Config-if)#spanning-tree port-priority <number>

بعد از اینکه Root Bridge انتخاب شد حال باید روی هر سوئیچ یکی از پورت‌ها به عنوان Root Port انتخاب شود. پورتی به عنوان Root Port انتخاب می‌شود که Root Path Cost آن از همه پورت‌های دیگر کمتر باشد. Root Path Cost: هزینه یک مسیر از این سوئیچ تا سوئیچ Root Bridge است. Root Bridge و Root Port انتخاب شده‌اند اما هنوز حلقه در شبکه وجود دارد. در این مرحله نوبت به انتخاب Designated Port می‌رسد. بین هر لینک در شبکه یک پورت به عنوان Designated Port انتخاب می‌شود. فرمول انتخاب Designated Port هم طبق فرمولی است که Root Port انتخاب می‌شود. یعنی در هر لینک، پورتی که کمترین هزینه به سمت Root Bridge رو داشته باشد به عنوان Designated Port در یک لینک انتخاب می‌شود.

به‌صورت کلی Etherchannel Misconfiguration Guard در حالت پیش‌فرض ON است. اگر طرف دیگر خطا وجود داشته باشد با استفاده از BPDU شناسایی می‌کند. پس از شناسایی و وجود خطا پورت را در حالت err-disable می‌برد.

(Config)#spanning-tree etherchannel guard misconfig
(SW1)#show spanning-tree <active | summary>



۱۲- Virtual Trunking Protocol (VTP)

به معنای ایجاد، حذف و یا تغییراتی بر روی یک سوئیچ و اعمال آن بصورت خودکار بر روی سوئیچ‌های دیگر است. این پروتکل فقط مخصوص شرکت سیسکو و تجهیزات سوئیچ است و برای مسیریاب کارایی ندارد. پیش نیازهای آن برای تنظیمات شامل موارد زیر است:

۱. همه سوئیچ‌ها باید بر روی یک VTP Domain باشند و حروف کوچک و بزرگ اهمیت دارد (case sensitive است).
۲. سوئیچ‌ها باید با لینک trunk به هم متصل شده باشند.
۳. پسورد انتخاب شده برای VTP باید یکسان باشد.
۴. نسخه VTP برای ارتباط باید یکسان باشد و در صورت عدم یکسان بودن، مشکلاتی از قبیل عدم ساخت VLAN بر روی سوئیچ‌های دیگر ایجاد می‌شود. اگر یکی از نسخه‌ها VTP Version 1 و Version 2 Capable باشد و به یک همسایه با Version 2 یا Version 3 متصل باشد نسخه VTP به‌صورت خودکار به نسخه Version 2 به روز می‌شود.

پروتکل VTP در نسخه‌های V1 & V2 & V3 با هم تفاوت دارند. در نسخه ۱ و ۲ از token ring پشتیبانی می‌کند. از ۱ به ۲ به‌صورت خودکار و به ۳ به‌صورت دستی به روز می‌شود. در نسخه ۱ و ۲ می‌توان نامی برای VTP Domain انتخاب نکرد ولی در نسخه ۳ انتخاب نام اجباری است.

VTP V3 دارای ویژگی‌های زیر است:

۱. با نسخه ۲انطباق دارد.
۲. از همه VLANها (Normal & Extend) پشتیبانی می‌کند
۳. از تکثیر Private VLAN پشتیبانی می‌کند
۴. به‌صورت اختیاری می‌توان از پسورد به‌صورت clear text یا hidden یا hash استفاده نمود.
۵. تنظیمات 802.1s MST (Multi Spanning Tree) تکثیر می‌کند.
۶. می‌توان VTP را برای هر لینک و یا در سطح global خاموش و یا روشن نمود.
۷. احراز اصالت به‌صورت اختیاری است و در تمامی نسخه‌ها در running-config نشان داده نمی‌شود و با وارد نمودن دستور show vtp password نشان داده می‌شود. در کل سه روش normal، hidden و secret برای وارد نمودن پسورد وجود دارد.

(Config)#vtp password <clear-text>
(SW1)#vtp password <clear-text>

با دستور show vtp password نشان داده می‌شود.

(Config)#vtp password <clear-text> hidden

با دستور show vtp password نشان داده نمی‌شود.

(Config)#vtp password <hash-text> secret

با دستور show vtp password نشان داده نمی‌شود.

در نسخه ۱ و ۲ همه سوئیچ‌ها به‌صورت پیش‌فرض سرویس‌دهنده هستند و برای تنظیم vtp client و یا transport یک یا دو سوئیچ سرویس‌دهنده و بقیه سرویس‌گیرنده هستند. در نسخه ۳ یک سوئیچ Primary server به معنای اجازه داشتن برای ساخت و حذف VLAN و ارسال بسته به روز رسانی است و بقیه Secondary server هستند، به معنای اجازه نداشتن ساخت یا حذف VLAN و عدم اجازه برای ارسال بسته به روز رسانی VLAN Database به دیگران است. Primary server در هر VTP Domain تنها یکی وجود دارد.

تنظیمات مربوط به VTP V3 به شرح زیر است:

۱. ابتدا باید VTP Domain Name تنظیم شود.
۲. سپس نسخه آن به به ۳ تغییر یابد.
۳. Primary server تنظیم شود.
۴. پسورد تنظیم شود.

```
(SW1)#vtp domain <domain-name>
(SW1)#vtp version {1 | 2 | 3}
(SW1)#vtp primary-server [VLAN | MST] [Force]
(SW1)#vtp password <password>
```

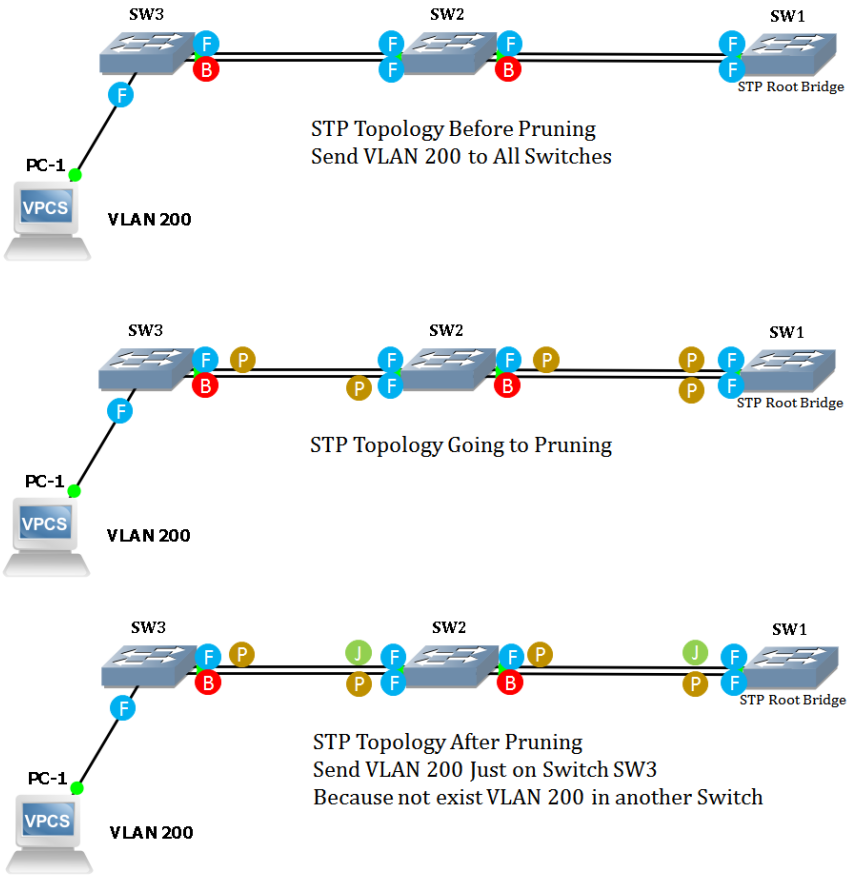
برای تنظیم primary server سه حالت وجود دارد ۱- Force: تداخل primary server را بررسی نکند. ۲- Multi Spanning Tree(MST): متصدی پایگاه داده MST است. ۳- VLAN: متصدی پایگاه داده VLAN است. ۴-<cr>: تداخل primary server را بررسی کند.

VTP Pruning -۱-۱۲

به معنای هرس کردن VLANها است. در واقع هرس کردن به معنای این است که اگر سوئیچی پورتی مربوط به یک VLAN را نداشت، اجازه عبور ترافیک آن VLAN از سوئیچ داده نمی‌شود. هرس کردن به شبکه کمک می‌کند تا ترافیک‌های غیر لازم کاهش یابند و پهنای باند شبکه افزایش بیاید. VTP Pruning فقط بر روی سرور قابل تنظیم است. مراحل آن شامل موارد زیر است:

۱. اگر سوئیچ هیچ access port در داخل VLAN نداشت، همه پورت‌های trunk مربوط به VLAN را هرس می‌کند.
۲. اگر VLAN در یک سوئیچ فعال شود، به معنای آنکه یک access port عضو VLAN داشته باشد. پیغام Triggered Join به تمامی پورت‌های non-root bridge (STP Root Ports) و Root Bridge (all designated ports) ارسال می‌شود.
۳. سوئیچی که پیغام Triggered Join را ارسال می‌کند، پورت‌های آن به حالت Prune رفته و اجازه عبور VLAN را نمی‌دهد(در صورتی اجازه می‌دهد که قبل از آن هاستی با همان VLAN به پورت آن وارد شود و مراحل Triggered Joing از قبل به این پورت وارد شده باشد و در حالت Join باشد). ولی سوئیچی که پیغام را دریافت می‌کند و پورت آن در حالت forwarding است به حالت Join رفته و اجازه عبور VLAN را دارد.

در شکل زیر اگر vlan-x در سوئیچ سمت چپ فعال شود تمامی پورت‌های F به حالت J رفته و ارتباط بین همه سوئیچ‌ها برقرار می‌باشد.



۱۳- Multi-Layer Switch

سوئیچ‌های لایه ۲ فقط به MAC آدرس مقصد نگاه می‌کنند و تصمیم‌گیری انجام می‌دهد. همچنین دارای MAC آدرس‌های استاتیک پیش‌فرض به طور مثال CDP، STP، DTP و PAgP برای مدیریت هستند. در سوئیچ‌های لایه ۳ به هدر لایه ۲ و لایه ۳ نگاه می‌شود و با توجه به جدول‌های مسیریابی و MAC آدرس، مقصد را مشخص می‌کند. در سوئیچینگ مسیریابی نسبت به routing سریعتر انجام می‌گردد. در سوئیچ انواع کمتری از اینترفیس استفاده و پشتیبانی می‌شود ولی در router از ATM WAN T1 و انواع خاص دیگر استفاده می‌شود. زمانی که بر روی یک اینترفیس پروتکل مسیریابی فعال می‌شود IP Multicast به MAC Address Multicast گماشته می‌شود. در واقع سوئیچ‌های چند لایه به معنای پشتیبانی کردن یا بازرسی کردن بسته‌ها، بیشتر از یک لایه در مدل OSI است. این به معنای داشتن تمامی امکانات router نیست، بلکه هدف این است که هنگامی که بسته وارد سوئیچ چند لایه می‌شود تصمیم برای حذف، ارسال و پخش بسته انجام گیرد. بیشتر سوئیچ‌های چند لایه از TCP/UDP Header پشتیبانی

می‌کند. مثال: اگر چند کاربر در یک VLAN باشند و خواسته شود بین آنها ارتباطی نباشد، پروتکل مسیریابی نیز وجود نداشته باشد و از ACL هم استفاده نشود، به دلیل اینکه کاربران در یک VLAN و broadcast domain هستند از ابزار VACL (VLAN Access Control List) می‌توان استفاده نمود. سوئیچ‌های چند لایه VACL را می‌فهمند و بسته را حذف می‌کنند. اینترفیس سوئیچ‌های چند لایه فقط عمل switching و یا فقط عمل routing انجام می‌دهند.

Switch Virtual Interface (SVI): در واقع VLAN یک SVI است و برای استفاده از آن باید نام VLAN وجود داشته یا تنظیم شود و حداقل یک اینترفیس فیزیکی عضو VLAN باشد (vlan enable and usable). بعضی از سوئیچ‌ها برای vlanها یک mac address واحد و بعضی چند mac address دارند. روش عملکرد سوئیچ‌های چند لایه به این گونه است که جدولی به نام hardware table وجود دارد که شامل دو ردیف mac address و IP address است. قسمت layer 2 ASIC نتیجه را از جدول mac بر می‌دارد و تحلیل می‌کند. قسمت layer 3 ASIC نتیجه را از جدول IP بر می‌دارد و تحلیل می‌کند. این دو با هم در ارتباط بوده و در صورت پیدا کردن mac مقصد و مسیر آن بسته را ارسال می‌کنند. این جدول‌ها در حافظه TCAM (Ternary Content Addressable Memory) ذخیره می‌شوند. همچنین این حافظه ACL security VLAN و Routing را در خود جای می‌دهد. هنگام ورود بسته des mac و des ip به next hop تبدیل می‌شود.

MAC Address	IP Address
destination mac address via interface #	destination ip address via vlan #
Layer 2 Forwarding Engine	Layer 3 Forwarding Engine
Layer 2 ASIC (parse mac)	Layer 3 ASIC (parse ip)

۱۴- Cisco Express Forwarding (CEF)

عمل switching به معنای گرفتن بسته از یک اینترفیس و فرستادن آن به یک اینترفیس دیگر است. این عمل هم در switch و هم در router صورت می‌گیرد. در CCNP ۳ روش برای switching وجود دارد:

۱. Process-Base Switching: زمانی که بسته وارد سوئیچ می‌شود در CPU وقفه ایجاد می‌شود. طبیعی است که CPU مشغول انجام پردازش‌های دیگر است (مانند EIGRP و...). پس از رسیدن نوبت پروسه‌ای به نام "IP Input" را شروع می‌کند و با دستور show processes CPU می‌توان پروسه‌های CPU را مشاهده نمود. سیستم‌های امروزی به دلیل وقفه زیاد و عملکرد پایین از این روش استفاده نمی‌کنند.

۲. Fast Switching: اگر یک حافظه جدا کوچک برای هر اینترفیس قرار داده شود و سخت‌افزارها بتوانند به آن دسترسی داشته باشند، هنگامی که یک بسته وارد سوئیچ می‌شود نگاه به این حافظه شود و اگر تطابقی پیدا نمود آن را ارسال کند. اگر تطابقی نداشت آن‌گاه به CPU برای پیدا کردن مسیر ارسال شود و عملیات Process-Base را انجام دهد. حال اگر هیچ بسته‌ای مطابق بسته‌های موجود در حافظه در مدت زمان مشخصی ارسال نشود packet age آن به اتمام رسیده و از حافظه حذف می‌گردد.

۳- Cisco Express Forwarding: به این حالت Topology Driven Cache نیز گفته می‌شود. اگر حافظه‌ای که در مدل قبلی بحث شد همیشه به روز و مورد استفاده باشد، به عبارتی همه مسیرها در این حافظه قرار گیرد و یک کپی از routing و MAC باشد عملیات switching به سرعت انجام می‌شود. این حافظه از دو جدول تشکیل شده است.

۱. Forwarding Information Base (FIB): یک shadow copy از IP Routing Table است و فقط آنهایی که نیاز است در این جدول قرار دارد. مانند: Prefix، Net mask Interface Out و Next Hop. این جدول همیشه با IP table در ارتباط است و به روز رسانی می‌شود.

```
(Config)#ip cef
(Config)#no ip cef
(R1)#show ip cef [ip] [mask] [detail]
```

۲. Adjacency Table: این جدول هم یک کپی از MAC address table است. در واقع جدول FIB اطلاعات لایه ۳ را بر عهده دارد و این جدول اطلاعات لایه ۲ و اطلاعاتی از قبیل arp، frame relay mapping table و ... را در خود جای می‌دهد.

```
(R1)#show adjacency <interface / number> [summary | detail]
(R1)#show adjacency vlan <vlan-id> detail
```

اگر لینک متصل باشد جدول FIB به روز شده و درخواست پروسه ARP انجام می‌گیرد و adjacency table نیز به روز می‌شود. Adjacency انواع مختلفی دارد که بعضی از آنها نمی‌تواند در CEF Switching شرکت کنند و باید به CPU ارسال شوند.

حالت‌هایی که در جدول CEF رخ می‌دهند به شرح زیر هستند:

۱. Glean: اگر آدرس مقصد با جدول تطابق داشت ولی نیاز به اطلاعات دیگری داشته باشد بسته به CPU برای پردازش فرستاده می‌شود. به طور مثال نیاز به آدرس MAC باشد. در Glean نیاز به پردازش لایه ۲ است و منتظر می‌ماند تا پاسخ دریافت کند. به طور مثال نیاز به ARP دارد. این حالت قبل از حالت Attached قرار دارد و برای مدت بسیار کوتاهی است.

۲. Null: اگر بسته valid باشد و حذف گردد. مانند تعریف مسیر به Null0.
۳. Drop: اگر بسته‌ای valid باشد، ولی به گونه‌ای حذف گردد مانند encapsulation نا صحیح.
۴. Discard: بر اساس تعریف ACL بسته حذف گردد.
۵. Punt: شبیه به Glean است با این تفاوت که نیاز به پردازش لایه ۳ دارد. مانند route process.

CEF vs TCAM –۱–۱٤

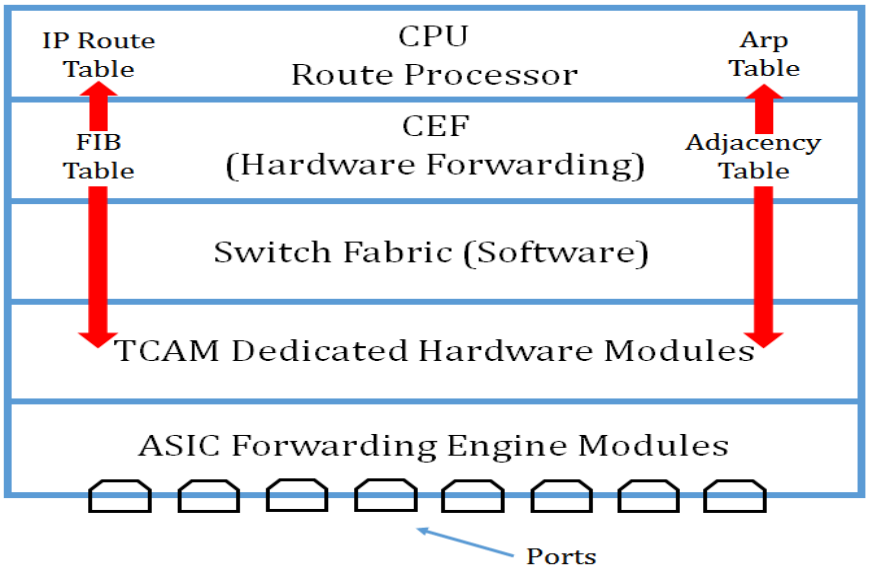
در واقع نتیجه عملیات CEF در حافظه TCAM قرار می‌گیرد. لایه ۳ حافظه TCAM نتیجه‌ای از جدول FIB و لایه ۲ آن، نتیجه Adjacency است. زمانی که سوئیچ روشن می‌شود CEF در پشت صحنه در حال اجراست. در سوئیچ‌های چند لایه به‌صورت پیش‌فرض روشن است و در بعضی دیگر باید روشن شود. بعضی از سوئیچ‌ها پایه و اساس آن CEF است مانند Cisco 6500 ولی بعضی خیر. بعضی از بسته‌ها نمی‌توانند در CEF Switching شرکت کنند. این بسته‌ها شامل موارد زیر هستند:

۱. ARP request باید در CPU پردازش شود.
۲. بسته‌هایی که نیازمند پاسخ CPU هستند مانند بررسی TTL، Fragmentation، IP Option not Empty و...، در CEF شرکت نمی‌کنند.
۳. بسته‌های Routing Protocol Traffic در CEF شرکت نمی‌کنند.
۴. بسته‌های Cisco Discovery Protocol در CEF شرکت نمی‌کنند
۵. بسته‌های packet need encryption در CEF شرکت نمی‌کنند

باید توجه داشت که بیشتر استفاده switching از CEF است و کمتر از CPU استفاده می‌شود.

۱۵- Switch Software Introduction

در شکل زیر مؤلفه‌های یک سوئیچ نشان داده شده است. ASIC (Application Specific Integrated Circuit) به معنای مدارهای مجتمع با کاربرد خاص می‌باشد که یک سوئیچ می‌تواند یک (3750) یا چند (6500) ASIC داشته باشد. در قسمت Forwarding Engine بسته‌ها ذخیره و برای استخراج اطلاعات از آن نگهداری می‌شود و اطلاعات آن به TCAM ارسال می‌شود. سوئیچ‌ها می‌توانند یک یا چند Forwarding Engine داشته باشند به‌طور مثال TCAM: layer3، Security Stuff و QoS. مؤلفه CEF نیز برنامه‌ای برای تهیه و ذخیره اطلاعات در TCAM است. CPU عملیات‌های یادگیری مسیر، مسیریابی و ... را انجام می‌دهد که از جدول‌های IP و ARP استفاده می‌کند. اگر CEF در داخل CPU فعال باشد جدول‌های FIB و Adjacency اطلاعات را از IP و ARP استخراج می‌کند. TCAM یک کپی از FIB و Adjacency است و CEF آن را پر می‌کند. CEF فقط برای این ساخته نشده است و یک قسمت مهم و مفید برای کاهش بار CPU است.



۱۶- Switch Redundancy

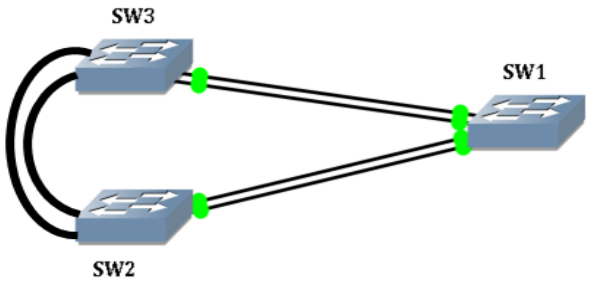
به هم متصل نمودن سوئیچ‌ها به‌صورت سخت‌افزاری است. به عبارتی stackwise می‌شوند که سوئیچ‌ها از طریق کابل مخصوصی به هم متصل می‌شوند و همه به عنوان یک سوئیچ منطقی شناخته می‌شوند. تعداد Stack شدن سوئیچ‌ها بستگی به نوع آنها دارد. حداکثر تعداد سوئیچ برای stack شدن در مدل‌های Catalyst برابر ۹ سوئیچ است و مدیریت آنها بر عهده یک سوئیچ Master است. در واقع یک IP برای مدیریت وجود دارد و همه به عنوان یک virtual switch شناخته می‌شوند. علت استفاده از آن برای مدیریت آسان و تحمل پذیری بالا در برابر خطا است. همه سوئیچ‌ها اطلاعات را از سوئیچ Master دریافت می‌کنند و در واقع همه دارای config file، MAC

Table و routing table یکسانی هستند. به غیر از این اطلاعات سوئیچ‌ها اطلاعات محلی نیز دارند. مراحلی که برای انتخاب سوئیچ Master وجود دارد به شرح زیر است:

۱. User priority: در CCNP بحث نمی‌شود. این مؤلفه بین ۱ تا ۱۵ است. پیش‌فرض همه برابر ۱ است.
۲. Hardware and Software Priority: سوئیچی با قابلیت‌های بیشتر به عنوان Master انتخاب می‌شود.
۳. Default Configuration: سوئیچی که default configuration کمتری داشته باشد به عنوان master انتخاب می‌شود.
۴. Up Time: سوئیچی که زمان بیشتری روشن باشد به عنوان Master انتخاب می‌شود.
۵. MAC Address: سوئیچ با آدرس mac پایین‌تر Master انتخاب می‌شود.

پس از انتخاب سوئیچ Master اگر کابلی به پورت Console سوئیچ Slave متصل شود، Console به‌صورت خودکار به سوئیچ Master انتقال می‌یابد. در واقع مهم نیست به کدام سوئیچ متصل شد، در هر حال به سوئیچ Master با یک session اتصال برقرار می‌شود و CLI را کنترل می‌کند.

اگر یک سوئیچ به چند سوئیچ که با هم Stack شده‌اند، Ether Channel شوند به آن Cross-Channel Ether Channel گفته می‌شود.



در یک سیستم stack به‌صورت Online می‌توان سوئیچ‌ها را اضافه یا حذف نمود. اگر سوئیچ Master از بین برود مراحل انتخاب دوباره تکرار می‌شود و بقیه سوئیچ‌ها با استفاده از آخرین اطلاعاتی که از سوئیچ Master گرفته‌اند عملیات routing, Forwarding و Flow Control را انجام می‌دهند. وظیفه سوئیچ Master عملیات‌های نگهداری، به روزرسانی فایل تنظیمات، جدول مسیریابی و همچنین ارسال اطلاعات دیگر مربوط به Stack است. دیگر سوئیچ‌ها نیز اطلاعات جدول MAC محلی و اطلاعات STP و همچنین جدولی که از Master گرفته شده است را ذخیره می‌کنند. حلقه‌ای که کابل مخصوص stack ایجاد می‌کند در حالت block نمی‌رود. یک تفاوتی که در سیستم stack وحالت عادی است، مدیریت بر عهده یک سوئیچ و تنها با یک session است. در سیستم Stack دو نوع کابل Data و Power استفاده می‌شود.

Virtual Switching System (VSS) –۱–۱۶

برای فهمیدن این مطلب ابتدا تفاوت بین VSS و Stack شرح داده می‌شود.

۱. در سیستم stack سوئیچ‌ها با کابل مخصوصی به هم متصل می‌شوندکه طول کوتاهی در حد یک rack یا حدود ۳ متر دارند ولی در virtual switching system از کابل‌های 10GE و یا FC می‌توان استفاده نمود که تا ۴۰کیلومتر پشتیبانی می‌شود.
۲. در Stack حداکثر ۹ سوئیچ و در VSS تنها دو سوئیچ لازم است.
۳. در Stack یک سوئیچ master و بقیه slave هستند در vss یک سوئیچ Active و دیگری Standby است.

سوئیچ Active: اجرای پروتکل‌های کنترلی لایه ۲ و ۳ مانند پروتکل‌های مسیریابی و ...، Console interface و عملیات‌های مدیریتی بر عهده این سوئیچ است. سوئیچ Standby: ارسال بسته‌های کنترلی به سوئیچ Active بر عهده این سوئیچ است. هر دو سوئیچ وظیفه ارسال بسته‌ها به هاست‌های محلی را دارند. در VSS لینک بین دو سوئیچ که حداکثر ۸ لینک است را Virtual Switch Link (VSL) گویند و پروتکلی که برای ارتباط بین دو سوئیچ بر روی VSL اجرا می‌شود را Virtual Switch Link Protocol (VSLP) گویند. این پروتکل از دو زیر پروتکل Link Management Protocol (LMP) که وظیفه مدیریت لینک مانند جابه‌جایی عضوهای دامنه و پارامترهای مربوط به قابلیت‌های سوئیچ را بر عهده دارد و Role Resolution Protocol (RRP) که وظیفه انتخاب سوئیچ Active را برعهده دارد، تشکیل می‌شود. اگر بسته‌ای وارد سوئیچ شود تا جایی که بتواند بسته را از لینک VSL عبور نمی‌دهد و سعی بر ارسال آن از طریق لینک‌های خود را دارد.

DHCP Server –۱۷

پروتکل Dynamic Host Configuration Protocol (DHCP) برای گرفتن آدرس IP از استخر آدرس‌ها به‌صورت خودکار است. این پروتکل در لایه Application قرار دارد و از پورت‌های UDP 67, 68 استفاده می‌نماید. این پروتکل ساختار کلاینت سروری دارد و مراحل آن بدین شکل است که ابتدا کلاینت درخواست DHCP Discover را broadcast می‌کند. این بدان معناست که به جست‌وجوی سرور برای دریافت آدرس می‌پردازد. سپس سرور پاسخ DHCP Offer را ارسال می‌کند. در واقع سرور به کلاینت پیشنهاد می‌دهد. بعد از آن کلاینت درخواست DHCP Request را به دو دلیل ارسال می‌کند، یکی برای مشخص کردن یک سرور از بین چند سرور و دیگری درخواست برای گرفتن آدرس IP. در آخر سرور پاسخ DHCP Acknowledge را ارسال می‌کند. در شبکه‌های کوچک ممکن است نیازی به DHCP Full-Scale نباشد. در این شبکه‌ها می‌توان از switch و یا

router استفاده نمود به دلیل اینکه IOS از همه ویژگی‌های DHCP پشتیبانی نمی‌کند. مراحل تنظیم به شکل زیر است:

```
(Config)#service dhcp
(Config)#ip dhcp pool <pool-name>
(Config-dhcp)#network <net-id>
(Config-dhcp)#default-router <default-gateway>
(Config-dhcp)#dns-server <dns-server-add>
(Config-dhcp)#lease <lease-time-duration>
(Config)#ip dhcp exclude-address <start-ip> <end-ip>
```

اگر کلاینت و سرور در یک VLAN نباشند و یا مسیریاب‌هایی در بین راه باشند مشکل مسیریابی ایجاد می‌گردد زیرا بسته‌ها به‌صورت broadcast است. پس باید به‌صورت unicast ارسال شود. با دستور زیر می‌توان این عیب را برطرف نمود.

```
(Config)#interface vlan <number>
(Config-if)#ip helper-address <ip-add>
```

Helper-address در فیلدی به نام GIADDR قرار داردکه مشخص می‌کند کدام VLAN بین چندین scope کدام آدرس را انتخاب کند.

```
(R1)#show ip dhcp binding
```

۱۸- Basic Manage Switch Port

دو ویژگی برای تنظیم راحت‌تر سوئیچ‌ها وجود دارد:

۱. Interface Range: مدیریت دو یا بیشتر پورت‌های سوئیچ از این طریق انجام می‌گیرد. همچنین می‌توان آنها را عضو یک گروه و هم زمان با هم تنظیم نمود. در این صورت از Macro می‌توان استفاده نمود و از یک اینترفیس به جای همه آنها برای مدیریت و تنظیم استفاده نمود.

```
(Config)#define interface-range <name-of-macro> <type-number> <number>
(Config)#interface range macro <name>
```

۲. Error-Disable: یک ابزاری است که هنگام وقوع یکسری عوامل پورت را به‌صورت خودکار غیر فعال می‌نماید. در این حالت پورت به حالت err-disable می‌رود. در واقع پورت از نظر فیزیکی مشکلی ندارد ولی بسته‌ها ارسال و دریافت نمی‌شوند. عواملی که ممکن است پورت را به این حالت ببرد با دستور زیر مشخص می‌شود:

```
(Config)#errdisable detect cause
```

عواملی که موجب رخ داد این چنین می‌شود ممکن است شامل BPDU Guard، ARP-Inspection، DTP-Flap(trunk encapsulation is changing)، PaGP-Flap(etherchannel ports no longer identical) و... باشد. اگر قبل از دستور بالا "no" قرار گیرد عامل مشخص شده غیر فعال شده و پورت به حالت err-disable نمی‌رود. برای اینکه بعد از مدت مشخصی پورت به حالت فعال برود از دستورات زیر استفاده می‌شود:

(Config)#errdisable recovery cause <cause-name>
(Config)#errdisable recovery interval <time-to-recovery>

۱۹- Port Mirroring

کپی بسته‌ها از یک مبدأ به یک مقصد مشخص را Port Mirroring گویند. نام‌های دیگر آن SPAN (Switched Port Analyzer)، RSPAN(Remote SPAN) و Port Monitoring است. اگر بسته‌ای غیر عادی وارد شبکه شود و اختلالی به وجود آورد حل نمودن آن مشکل است. به همین دلیل واحدی با مشاهده و بررسی بسته‌ها این مشکلات را حل می‌نمایند. این عمل توسط Monitoring انجام می‌شود که یک کپی از بسته‌ها به یک مقصد مشخص ارسال می‌شود. برای تنظیم آن باید یک پورت مشخص به عنوان مبدأ و پورت دیگر به عنوان مقصد برای فرستادن کپی به آن انتخاب شود. دو مرحله برای تنظیم وجود دارد. ابتدا ایجاد یک Session و انتخاب مبدأ که بسته وارد آن می‌شود که نوع مبدأ در ادامه گفته می‌شود. سپس ارسال کپی از مبدأ به مقصد مشخص که همان ویژگی‌های مبدأ را دارد. سه نوع SPAN وجود دارد که در CCNP موارد ۱و۲ بررسی می‌گردد. ۱- Local or Port SPAN: مبدأ و مقصد بر روی یک سوئیچ باشند. ۲- RSPAN: اجازه می‌دهد که بسته‌ها از یک مبدأ بر روی یک سوئیچ به یک مقصد بر روی سوئیچ یا سوئیچ‌های دیگر ارسال شود. که لینک بین سوئیچ‌ها باید trunk باشد. ۳- ERSPAN(Enhanced RSPAN): کپی از یک مبدأ به یک مقصد در مکان دیگر. در موارد ۱و۲ فقط نیاز به دسترسی کامل به لایه ۲ وجود دارد ولی در مورد ۳ دسترسی کامل به لایه ۲و۳ نیاز است. که با GRE بسته‌بندی می‌شود. همچنین بیشتر سوئیچ‌ها از ERSPAN پشتیبانی نمی‌کند. مبدأ می‌تواند شامل مواردی همچون: ۱- انتخاب یک یا چند پورت باشد. ۲- انتخاب طرف ارسال(RX, TX, Both) باشد. البته بعضی از سوئیچ‌ها فقط یک پورت را با TX ولی چند پورت را با RX پشتیبانی می‌کند. ۳- انتخاب یک یا چند VLAN باشد. ۴- انتخاب remote vlan باشد. در صورتی که مقصد می‌تواند: ۱- انتخاب یک یا چند پورت باشد. ۲- انتخاب یک یا چند VLAN باشد. به‌صورت پیش‌فرض هنگام انتخاب پورت مقصد، پورت به حالت monitoring می‌رود و بسته‌ای ارسال نمی‌کند، تمام ویژگی‌ها غیر فعال می‌شود و فقط کپی بسته‌های دیگر را دریافت می‌کند. البته می‌توان با دستور ingress به حالت عادی برگرداند. تنظیمات مربوط به Local SPAN به شرح زیر است:

(Config)#monitor session <session-number> **source** <interface interface-id> <,|-> <TX | RX |both> <vlan vlan-id> <remote vlan vlan-id>

(Config)#monitor session <session-number> **destination** <interface interface-id> <,|-> <encapsulation replicate | dot1q| ISL> <ingress> <remote vlan vlan-id>

در تنظیمات RSPAN این امکان به VLAN داده می‌شود تا RSPAN بین سوئیچ‌ها عبور کند. این VLAN فقط برای RSPAN استفاده شده و اگر پورت access در این VLAN باشد پورت به حالت غیر فعال می‌رود. در تنظیمات مربوط به RSPAN مبدأ مانند قبل است و مقصد به‌صورت زیر تنظیم می‌شود:

(Config)#monitor session <session-number> **destination** <remote vlan vlan-id> <interface interface-id>

Reflector-port مکانیزمی است که بسته‌ها را به RSPAN VLAN کپی و ارسال می‌کند. در سوئیچ‌های 3750, 4500, 6500 نیازی به reflector-port نیست. این VLAN باید در تمامی سوئیچ‌ها تعریف شده باشد و remote-span بر روی آن فعال شود. مشکلی که در reflector-port ایجاد می‌شود این است که پورت غیر فعال ، از حالت trunk خارج، LED پورت خاموش می‌شود و یک پورت دیگر باید به عنوان جابه‌جایی بین سوئیچ‌ها استفاده شود. در حالت SPAN نمی‌توان فیلتری انجام داد ولی ویژگی vlan access map این عمل را انجام می‌دهد.

۲۰- Common Spanning Tree 802.1d

به طور خلاصه این پروتکل برای تغییر وضعیت شبکه و جلوگیری از حلقه است. برای اولین بار شرکت Digital Equipment Corporation(DEC)Net آن را ثبت نمود و بعدها تبدیل به استاندارد IEEE 802.1d شد. علت اصلی ایجاد این پروتکل حل مشکل حلقه در شبکه است. سوئیچ ممکن است یک MAC را از چندین مسیر چندین بار حذف و یا بازنویسی نماید. زمانی که سوئیچ روشن می‌شود یا پورتی فعال می‌شود این پروتکل شروع به کار می‌کند و پیامی به نام BPDU ارسال می‌کند. که دارای فیلدهای زیر است:

Protocol Identifier	Ver	Msg Type	Flags	Root ID	Root Path Cost	Bridge ID	Port ID	Msg Age	Max Age	Hello Time	Forward Delay

۱- Protocol Identifier: نوع پروتکل STP را مشخص می‌کند که داخل 802.3 قرار می‌گیرد. اندازه این فیلد 2 Bytes است.

۲- Version: نسخه پروتکل را نمایش می‌دهد و اندازه آن 1 Bytes است.

۳- Message Type: نوع بسته را مشخص می‌کند که می‌تواند regular BPDU، Configuration، Topology Change و یا Topology Change Verification باشد. انداز آن 1 Bytes است.

۴- Flags: نشان دهنده این است که در حال تغییر topology است یا خیر. انداز آن 1 Bytes است.

۵- Root ID: Priority مربوط به سوئیچ root است که به‌صورت پیش‌فرض 32768 است. انداز آن 8 Bytes است.

۶- Root Path Cost: بر پایه پهنای باند تنظیم می‌شود که به ترتیب 10Mb/s=100, 100Mb/s=19, 1Gb/s=4, 10GB/s=2 است. انداز آن 4 Bytes است.

۷- Bridge ID: شماره Priority سوئیچ ارسال کننده بسته است که به‌صورت پیش‌فرض 32768 است. انداز آن 8 Bytes است.

۸- Port ID: شماره پورت ارسال کننده بسته است. انداز آن 2 Bytes است.

۹- MSG Age: تعداد Hopهای گذرانده شده است. انداز آن 2 Bytes است.

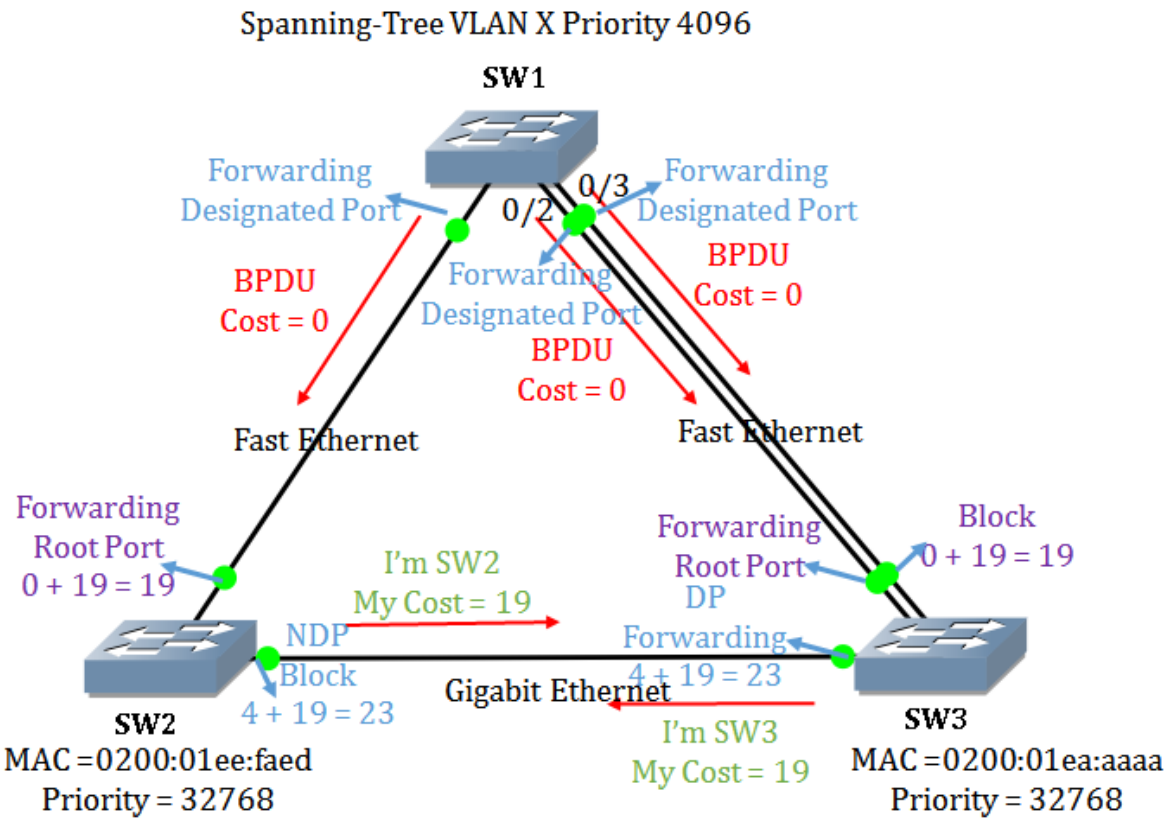
۱۰- MAX Age: حداکثر تعداد Hop است که پیش‌فرض برابر است با 20. انداز آن 2 Bytes است.

۱۱- Hello Time: هر چند ثانیه یکبار BPDU ارسال شود که پیش‌فرض برابر ایت با 2 Sec. انداز آن 2 Bytes است.

۱۲- Forwarding Delay: زمانی که پورت فعال می‌شود به حالت Listening رفته و به خط گوش می‌دهد بعد به حالت learning می‌رود تا یاد بگیرد. پس از آن به حالت Forwarding می‌رود که پیش‌فرض برابر 15 Sec است و اطلاعات خود را ارسال می‌کند. انداز آن 2 Bytes است.

پس از ارسال بسته BPDU باید سوئیچ root و نقش و حالت هر پورت مشخص شود. سوئیچ با پایین‌ترین Priority برنده و Root Bridge می‌شود و در صورت مساوی بودن کوچک‌ترین MAC به عنوان سوئیچ برنده انتخاب می‌شود. برای تنظیم دستی Priority نیز می‌توان از دستور spanning-tree vlan <vlan-id> priority <number> استفاده نمود و یا در آخر به جای عدد دستور root priority را وارد نمود، ولی به شرط آن که سوئیچ دیگری root نباشد. هر پورت دو نقش Designated و Root و سه حالت Learning و Forwarding و Disable دارد. این نقش‌ها و حالت‌ها در پروتکل‌های مختلف RSTP و MSTP و PVSTP تفاوت دارد. تمامی پورت‌های سوئیچ root به‌صورت forwarding و designated هستند. در هر collision domain حتماً نیاز به Designated Port است. وظیفه DP ارسال بسته BPDU روی خط است. انتخاب Root Port بدین شکل است که کوتاهترین مسیر برای رسیدن به سوئیچ root است. سوئیچ‌ها هزینه‌ها را برای یکدیگر ارسال می‌کنند و بهترین انتخاب می‌شود و اگر دو طرف لینک DP شد یکی غیر فعال می‌شود که بر اساس bridge id و MAC است. یک طرف در حالت DP و طرف دیگر در حالت NDP قرار می‌گیرد و Block می‌شود. اگر بین سوئیچ root و سوئیچ دیگری چند لینک باشد پورتی فعال می‌ماند که از کمترین port-id سوئیچ root آمده باشد. که در بسته BPDU مشخص شده است. بعد از زمان Learning پورت به یکی از سه حالت forwarding، blocking و

disable می‌رود که در این حالت پیامی روی root port ارسال می‌شود و تا زمانی که Acknowledge آن نیاید همچنان ارسال می‌شود. به این پیام Topology Change Notification(TCN) گفته می‌شود. اگر پورت در حالت port fast باشد این پیام ارسال نمی‌شود.



در شکل بالا پورت پورت سمت راست سوئیچ ۳ به دلیل اینکه به پورت ۳ سوئیچ ۱ متصل است به حالت Block می‌رود. زیرا شماره پورت سوئیچ ۱ بیشتر است. پورت سوئیچ ۳ که بین دو سوئیچ ۲ و ۳است به دلیل MAC کوچک‌تر به حالت Forwarding می‌رود.

بسته TCN شامل فیلدهای زیر است:

802.3/802.2 Header	Protocol ID	Version	Message Type(0x80)	Padding	FCS

هنگام دریافت بسته TCN توسط root عملیات‌های زیر صورت می گیرد:

۱. تغییر Flag به TC-Flag در بسته BPDU صورت می گیرد.

۲. این عمل را تا زمان forwarding-delay + max-age = 15+20 = 35 ادامه می‌دهد.

۳. زمان جدول mac را به forwarding-delay = 15 کاهش می‌دهد(aging time).

هنگام دریافت بسته TCN توسط دیگر سوئیچ‌ها عملیات‌های زیر رخ می‌دهد:

۱. زمان Content Addressable Memory(CAM) را به forwarding-delay کاهش می‌دهند.
۲. بعد از آن حافظه Media Access Control (MAC) را flush و زمان را دوباره به 5 MIN تغییر می‌دهند.

زمانی که دستور show spanning-tree detail وارد شود قسمت topology change flag set در همه سوئیچ‌ها قابل مشاهده و به معنای تغییر است و detect flag set فقط در سوئیچ root قابل مشاهده و به معنای در حال تغییر topology است.

۲۰-۱- 802.1d Optimize and Security

در این قسمت ۴ مورد برای تنظیمات بهتر spanning-tree گفته می‌شود:

۱. Port-Fast: تنظیم این دستور بر روی سوئیچ به معنای عدم ارسال BPDU است. بیشتر برای end deviceها یا مواردی است که از عدم وجود حلقه اطمینان باشد، استفاده می‌شود. این دستور عملیات‌های Listening , Learning را انجام نمی‌دهد و سریع پورت را به حالت UP می‌برد. این دستور هم در حالت global و هم بر روی interface تنظیم می‌شود. در حالت global به‌صورت پیش‌فرض برای همه پورت‌ها است.

```
(Config)#spanning-tree portfast
(Config-if)# spanning-tree portfast
```

۲. UpLinkFast: اگر در یک سوئیچ دو پورت وجود داشته یکی root port و دیگری designated port باشد و root port به هر دلیلی down شود و DP قابلیت root port شدن را داشته باشد یعنی مسیری دیگر برای رسیدن به سوئیچ root وجود داشته باشد این پورت به حالت root port می‌رود ولی ۳۰ ثانیه طول می‌کشد (listening +learning=15+15=30). با وارد کردن این دستور در قسمت global پورت دیگر را جایگزین root port می‌کند. حال اگر سوئیچ‌های دیگر، از پورت قبلی آدرس‌های MAC را یاد گرفته باشند با ارسال بسته Dummy Multicast به سوئیچ‌های دیگر برای تغییر mac addressها به این لینک این مشکل حل می‌شود و بسته به شکل src=mac address in table switch و des=multicast cisco address می‌شود. این دستور بیشتر برای سوئیچ‌های Access-Layer طراحی شده است و بر روی سوئیچ‌های Distributed و Core کمتر دیده می‌شود، زیرا ارسال بسته چند پخشی در شبکه باعث بالا رفتن load سوئیچ می‌شود و همچنین هزینه لینک و bridge-id را افزایش

می‌دهد (cost=19 -0> cost=3019)که خود این برای تصمیم‌گیری سوئیچ مشکل ایجاد می‌کند. زمان multicast به‌صورت پیش‌فرض 150 packet per second است.

(Config)#spanning-tree uplinkfast max-update-rate <pps>
(SW1)#debug spanning-tree uplinkfast

۳. BackboneFast: اگر سوئیچی دو لینک بین root و سوئیچ دیگر داشته باشد و پورت متصل به سوئیچ root به عنوان Root Port و دیگری به عنوانDesignated Port باشد و پورت آن طرف DP و سوئیچ دیگر در حالت Block باشد. اگر RP به هر دلیلی down شود، سوئیچ شروع به ارسال بسته‌های BPDU از طریق DP می‌کند. در حالت عادی سوئیچ دیگر ۲۰ ثانیه فرصت می‌دهد تا مشکل حل شود، بعد از آن ۳۰ ثانیه برای listening و Learning مصرف می‌شود و BPDU صحیح را از root دریافت و ارسال می‌کند. در این ۴۵ ثانیه پورت به حالت down است. در حالت BackboneFast اگر از طرف DP به Block port بیاید و این بسته BPDU صحیح و عادی باشد و اطلاع دهد که سوئیچ root است به معنای این است که یا سوئیچ جدید وارد شده است و یا RP به حالت down رفته است. سوئیچ دیگر با ارسال بسته Root Link Query(RLQ) به root و دریافت RLQ Response و ارسال به سوئیچ مشکل‌دار از زمان ۲۰ ثانیه انتظار می‌کاهد ولی هنوز ۳۰ ثانیه دیگر پورت down است. این تنظیم برای تشخیص خطا در root port است. دستور زیر برروی همه سوئیچ‌ها باید وارد شود.

(Config)#spanning-tree backbonefast

۴. Loop Guard: در مورد قبل گفته شد اگر طرفی در حالت DP و طرف دیگر در حالت Block باشد در حالت عادی بعد از ۲۰ ثانیه به حالت listening و learning می‌رود. در حالت loop guard به پورت اجازه up شدن داده نمی‌شود و باید در همین حالت Block بماند. در حالت loop guard با ارسال BPDU و عدم دریافت آن (سکوت طرف مقابل) پورت به حالت Block می‌رود. Uni-Directional Link به لینکی گفته می‌شود که BPDU ارسال شود ولی جوابی دریافت نشود. در حالت Loop Guard اگر پروتکل routing و یا هرچیز دیگر بر روی لینک فعال باشد پورت down می‌ماند و تشخیص uni-directional link فقط با استفاده از BPDU است. مکانیزم دیگری به نام UDLD(Uni-Directional Link Detection) وجود دارد که فقط به BPDU بستگی ندارد و از اطلاعات دیگری نیز استفاده می‌کند. در هر دو سوئیچ این قابلیت باید فعال شود و با استفاده از بسته‌ها در لایه ۲ و همچنین لایه ۱ این تشخیص انجام می‌شود. بیشتر برای کابل‌های Fiber Optic استفاده می‌شود، چون یک لینک برای ارسال و یک لینک برای دریافت استفاده می‌شود. پورت بعد از تشخیص به حالت disable می‌رود و errdisable می‌دهد. UDLD مانند CDP است که اطلاعات همدیگر را برای یکدیگر ارسال می‌کنند. با دستور show udld

neighbors می‌توان همسایه‌های آن را مشاهده نمود. این بسته‌ها هر ۱۵ ثانیه ارسال می‌شود و با ارسال ۳ بسته (۴۵ ثانیه) و عدم دریافت آن پورت خاموش می‌شود. دو حالت aggressive و normal دارد که در حالت اول بعد از تشخیص پورت به حالت down می‌رود و در حالت normal پورت disable نمی‌شود.

(Config)#udld enable aggressive <Time-To-Block>
(Config)#udld enable
(SW1)#show udld <interface>

۲۰-۲- 802.1w Rapid Spanning Tree Protocol (RSTP)

قبل از این که سوئیچ طراحی شود پروتکل ST وجود داشته ولی در آن زمان سرعت لینک‌ها و این پروتکل بسیار کند بوده است و برای Bridgeها طراحی شده بود. بعدها که لینک‌هایی با سرعت و همگرایی بالا ایجاد شد پروتکل Rapid را طراحی کردند که پیشرفته پروتکل 802.1d است.

تفاوت‌هایی که پروتکل RSTP و 802.1d دارد به شرح زیر است:

۱. پروتکل RSTP سرعت بالاتری نسبت به 802.1d دارد.
۲. در 802.1d نوع لینک Full یا Half اهمیتی ندارد. در 802.1w باید حتماً Full باشد تا سرعت بیشتری داشته باشد. در این پروتکل Full Duplex به معنای p2p و Half Duplex به معنای share است.
۳. در 802.1d با قطع پورت متصل به root bridge دیگر سوئیچ‌های متصل به آن اجازه ارسال BPDU به بقیه را ندارند ولی در 802.1w اگر مشکلی ایجاد شود بقیه سوئیچ‌ها بسته BPDU را به عنوان Keep-Alive یا همان Hello ارسال می‌کنند. اگر بین دو سوئیچ چندین لینک وجود داشته باشد بسته‌های BPDU Keep-Alive، هم از پورت‌های Forwarding و هم از پورت‌های Blocking دریافت می‌شود. در 802.1d زمان Max Age=20 sec به معنای عدم دریافت ۱۰ بسته Hello است و پس از آن متوجه Neighbor Dead می‌شود. در 802.1w بعد از عدم دریافت ۳ بسته یا ۶ ثانیه متوجه Neighbor Dead می‌شود.

Roles یا نقش پورت‌ها در RSTP به شرح زیر است:

۱. Root Port: همانند پروتکل 802.1d است.
۲. Designated Port: همانند پروتکل 802.1d است.
۳. Backup Port: به معنای Backup DP است. زمانی که سوئیچی بسته BPDU خودش را از پورت دیگری که در حالت Block است دریافت کند(به طور مثال چندین پورت به Hub متصل باشد). در این صورت

Bridge-ID برابر خود سوئیچ و Port-ID یکی از پورت‌های سوئیچ که Non Block باشد است. در واقع پورت‌ها در یک Collision Domain هستند.

۴. Alternate Port: اگر پورت Block بسته BPDU از سوئیچ دیگری دریافت کند به آن Alternate Port گویند.

۵. Edge Port: همان فعال نمودن port fast است. به دلیل استفاده در topology change با نام دیگری نام گذاری شده است.

پورت‌های RSTP در وضعیت Blocking و Learning آدرس‌های MAC را ذخیره نکرده و Discard می‌کنند. وضعیت پورت‌ها در RSTP به شرح زیر است:

۱. Forwarding: اطلاعات را ارسال و دریافت می‌کند.

۲. Learning: فقط آدرس‌های MAC را یاد می‌گیرد و اطلاعاتی ارسال و دریافت نمی‌کند.

۳. Discarding: ترکیبی از حالت‌های disable، blocking و learning در 802.1d است.

ویژگی RSTP UpLinkFast به عنوان یک ویژگی دلخواه در 802.1w اضافه گردیده است و دیگر هزینه لینک، افزایش bridge-id و همچنین Dummy Multicast را ندارد.

تفاوت 802.1d BPDU و 802.1w BPDU به شرح زیر است:

۱. Version field در 802.1d برابر ۰ و در 802.1w برابر ۲ است.

۲. فیلد Flag که ۸ بیتی است در 802.1d فقط از بیت ۱ و ۸ آن به عنوان typology change و topology change acknowledge استفاده می‌شود ولی در 802.1w به شکل زیر است.

0	1	2	3	4	5	6	7
Topology Change	Proposal	Port Role		Learning	Forwarding	Agreement	Topology Change ACK

Port Role: این قسمت شامل دو بیت است که چهار حالت را شامل می‌شود. 00 به معنای Unknown است. 01 به معنای Alternate/Backup است. 10 به معنای Root است. 11 به معنای Designated است.

Proposal و Agreement فقط برای لینک‌های full duplex است. Proposal به معنای خواستن برای root bridge شدن است که اول همه آن را تنظیم می‌کنند. سوئیچ با bridge-id بیشتر با پیغام Agreement به سوئیچ

دیگر اطلاع می‌دهد که به عنوان root انتخاب شده است، زیرا bridge-id پایین‌تری دارد. این عملیات تا زمانی که یک root واحد ایجاد شود ادامه می‌یابد. این عملیات بسیار سریع است چون حالت listening , learning ندارد و سوئیچ سریع‌تر به حالت forwarding و DP می‌رود و سوئیچ دیگر به حالت F و RP می‌رود.

Topology Change in RSTP: فقط زمانی اجرا می‌شود که یک پورت non-edge به حالت forwarding برود و در هیچ صورت دیگر اجرا نمی‌شود. ابتدا flag TC برابر ۱ می‌شود سپس همانند انتخاب root، سوئیچ بسته‌ای به تمام پورت‌های non-edge(DP,RP) ارسال می‌کند. بعد از آن حافظه CAM برای پورت‌هایی که این بسته را ارسال کرده است (نه دریافت کرده باشد)پاک می‌شود. بعد از ارسال بسته (BPDU TC) به مدت زمان 2 hello این عمل را تکرار و متوقف می‌شود.

Per Vlan Spanning Tree (PVST) –۳–۲۰

پروتکل 802.1d قبل از آن که VLAN وجود داشته باشد پیاده سازی و اجرا شده بود. در واقع تمامی سیستم‌های داخل شبکه در یک broadcast domain قرار داشتند. پس از پیاده سازی و اجرای VLAN این پروتکل تغییر نکرد و با vlan سازگار نشد. شرکت سیسکو نیاز به پروتکلی داشت که برای هر vlan بتوان ST را اجرا کند. پروتکل 802.1w نیز برای Common Spanning Tree(CST) طراحی شده بود که با VLAN هیچ ارتباطی نداشت و برای همه VLANها بود. شرکت سیسکو این دو پروتکل را برای هر VLAN سازگار کرد. پروتکلPVST که از 802.1d BPDU استفاده می‌نمود. پروتکل RPVST یا همان Rapid Per VLAN STP که از 802.1w BPDU استفاده می‌نمود. همچنین پروتکلMultiple Spanning Tree با استفاده از 802.1s BPDU را ارائه نمود. پروتکل RPVST با 8021.d نیز سازگار است. اگر سوئیچی 802.1w را پشتیبانی نکند می‌تواند با 802.1d اطلاعات را جابه‌جا کند. اگر سوئیچی با Bridge-ID کمتری وارد مدار شد و خواست به عنوان root باشد، ابتدا سوئیچ متصل به آن همه پورت‌های Non-Edge دیگر خود به غیر از لینک متصل به سوئیچ بهتر را در حالت Block می‌برد و این سوئیچ را Agreement می‌کند و سپس بسته BPDU را به تمامی همسایه‌های خود ارسال می‌کند. این عملیات بسیار سریع انجام می‌گیرد.

```
(Config)#spanning tree mode rapid-pvst
(Config-if)#spanning-tree link-type point-to-point
```

دستور بالا برای لینک‌های Half Duplex است.

```
(SW1)#show spanning-tree summary
```

Multiple Spanning Tree (MST) 802.1s –٤–٢٠

شرکت سیسکو از استاندارد IEEE 802.1s استفاده نموده و برروی سیستم‌های خود مطابقت داده است. پروتکل مشابه دیگری به نام MIST(Multiple Instance Spanning Tree) وجود دارد که با MST کمی متفاوت است. در پروتکل‌های CST(Common ST) یک سوئیچ به عنوان root وجود دارد و بقیه سوئیچ‌ها خود را با آن مطابقت می‌دهند. مشکلی که وجود دارد این است که load balancing وجود ندارد. در پروتکل‌های Per-VLAN یک VLAN از یک پورت و VLAN دیگر از پورتی دیگر عبور می‌کند. IEEE تا قبل از MST هیچ پروتکل Per-VLAN ارائه نداده است ولی شرکت سیسکو این کار را انجام و با دستگاه‌های خود مطابقت داده است. حال اگر در بین راه سوئیچی غیر از سیسکو وجود داشت سوئیچ سیسکو به ازای هر VLAN یک BPDU ارسال می‌کند ولی سوئیچ غیر سیسکو فقط BPDUهای Native را عبور داده و بقیه را drop می‌کند چون از per-vlan پشتیبانی نمی‌کند. در نتیجه سوئیچ‌های سیسکو نیز load balancing انجام نمی‌دهند چون سوئیچ‌های بین راه غیر سیسکو اجازه یادگیری تمام نقشه شبکه را نمی‌دهند. شرکت سیسکو برای این مشکل نیز راه حلی ارائه داد. یک آدرس چند پخشی رزرو شده انتخاب نمود و بسته‌های BPDU را به این آدرس ارسال نمود. این سوئیچ‌های غیر سیسکو هنگام دریافت فقط آن را به تمامی همسایه‌ها ارسال می‌کنند که +PVST نام دارد. این آدرس Cisco Proprietary Multicast Address نام دارد. بعدها IEEE پروتکلی طراحی نمود تا قابلیت load balancing بین VLANها و چندین ST topology وجود داشته باشد. یک پورت در هر topology ممکن است چندین وضعیت مختلف داشته باشد. این نکته را باید توجه داشت که هر PVST باری بر روی CPU دارد و ممکن است برای تعداد VLAN پایین مشکلی ایجاد نشود ولی اگر حدود 100 vlan و برای هر VLAN یک topology وجود داشته باشد، ممکن است سوئیچ دچار مشکل شود. سوئیچ‌های قوی‌تر در لایه‌های بالاتر از VLANهای بیشتر پشتیبانی می‌کنند ولی با این حالا از تعداد محدودی PVST پشتیبانی می‌کند. به‌طور مثال SI 2950 از 128 vlan و 64 ST Topology پشتیبانی می‌کند. EI 2950 از 250 vlan و 64 ST Topology پشتیبانی می‌کند. 3750, 3550 از 1005 vlan و 128 ST Topology پشتیبانی می‌کند. به هر یک از این topologyها یک Instance گفته می‌شود. اگر بیشتر از تعداد مجاز instanceها، topology ایجاد گردد، STP مختل شده و دیگر از ایجاد حلقه جلوگیری نمی‌کند. مشکلی که در پروتکل‌های per-vlan وجود داشت به ازای هر VLAN یک Instance وجود داشت ولی در MST نیازی نیست به ازای هر VLAN یک Instance ایجاد نمود. ممکن است به ازای چند VLAN یک Instance وجود داشته باشد. در واقع یک Instance ساخته می‌شود و vlanها به آن assign می‌شوند و root bridge و port roles برای هر Instance تعریف می‌شود. می‌توان Instance را به عنوان Master و VLAN را به عنوان Slave نام گذاری نمود. Instance پیش‌فرض Instance-0 نام دارد و اگر تنظیمات پیش‌فرض تغییر نکند، هیچ گونه

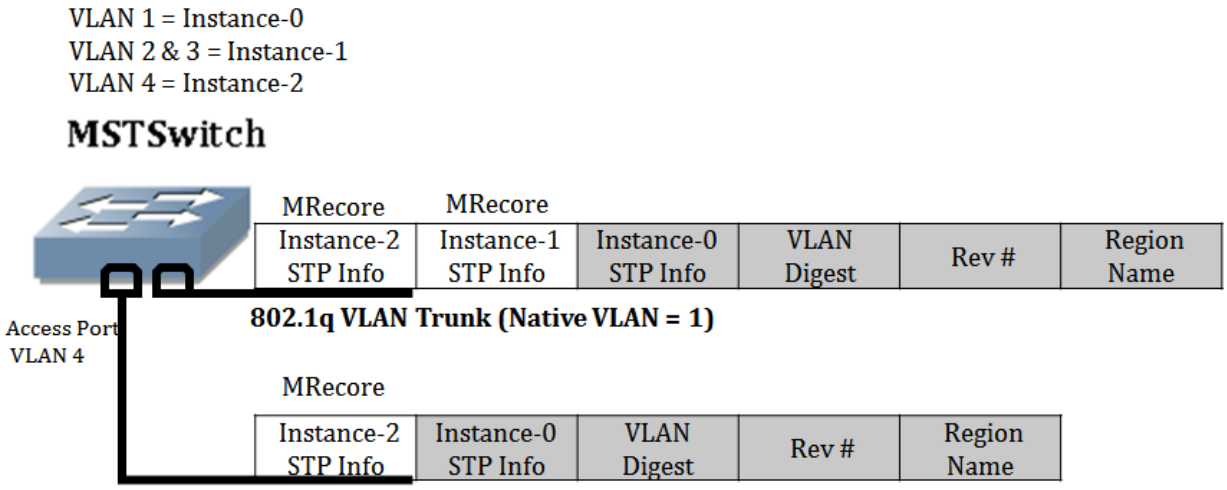
load balancing وجود ندارد چون تمامی VLANها به‌صورت پیش‌فرض به این Instance تعلق دارند. اگر load balancing نیاز باشد باید Instanceهای دیگری ایجاد و VLANها را به آن assign نمود. Instance-0 را IST (Internal Spanning Tree) نامیده و بقیه Instanceهای ایجاد شده را MSTI (Multiple Spanning Tree Instance) می‌نامند. حداکثر تعداد Instance ایجاد شده 16 است. زمانی که MST فعال شود پروتکل RSTP نیز به‌صورت خودکار فعال شده و مانند VTP با همسایه خود ارتباط برقرار کرده و پارامترهایی که باید با هم برابر باشد را بررسی می‌کند و اگر برابر نباشد ارتباط برقرار نمی‌شود. پارامترهای MSTP شامل موارد زیر است:

۱. MST Region Name: مانند VTP Domain فقط یک نام است.
۲. MST Revision Number: در VTP با اضافه و حذف یک VLAN بسته VTP ارسال می‌شود و revision آن یکی اضافه می‌شود و کاربر به آن به‌صورت مستقیم دسترسی ندارد. در MST به‌صورت دستی تنظیم و باید در همه یکی باشد.
۳. VLAN to Instance Mapping: از Instance و Vlanها، یک Hash با MD5 گرفته شده و در بسته BPDU قرار می‌گیرد. اگر این Hash برابر بود ارتباط برقرار می‌شود. در MST متغیرهای MST و هزینه‌ها به ازای هر Instance تعریف می‌شود نه به ازای هر VLAN و تمامی تعریف‌ها از per-vlan به Instance تغییر می‌یابد. هزینه در MST به سرعت لینک بستگی دارد. RSTP از مقدارهای قدیمی ولی MST از مقدارهای جدید استفاده می‌کنند.

تفاوت BPDU در MST و PVST بدین شرح است که در PVST برای هر VLAN یک بسته BPDU ایجاد و ارسال می‌شود و برای Native VLANها تگ 802.1q ندارد و برای بقیه VLANها این Tag زده می‌شود. در MST برای تمامی Instanceها فقط یک بسته BPDU ارسال می‌شود. این بسته شامل موارد زیر است:

۱. Region Name
۲. Revision Number
۳. Vlan Digest که این سه قسمت باید در تمام سوئیچ‌ها یکسان باشد.
۴. Instance-0 Info: در تمامی بسته‌ها به‌صورت پیش‌فرض وجود دارد.
۵. MRecord: اطلاعات هر Instance در این قسمت است و به ازای هر Instance یک MRecord وجود دارد.

اطلاعات Instance شامل Root Bridge، Bridge-ID و Cost to Root است. در لینک‌های Trunk به‌صورت پیش‌فرض تمامی VLANها اجازه عبور دارند و همچنین تمامی Instanceها می‌توانند عبور کنند. Instance-0 به علت پیش‌فرض بودن و به علت وجود سوئیچ‌های Non-Cisco در بین راه، RSTP یا قابلیت‌های دیگر برروی تمامی لینک‌ها چه Access و چه Trunk، اجازه عبور دارد.



بعضی از ویژگی‌های MST به شرح زیر است:

۱. پارامترهای زمانی فقط برای Instance-0 قابل تنظیم است و بقیه Instanceها از آن پیروی می‌کنند.
۲. Instance-0 MST برای پشتیبانی از RSTP و 8021.d است.
۳. Boundary Port: به پورتی گفته می‌شود که بعضی از متغیرها صحیح نباشد و MST روی آن فعال نشود. به طور مثال آن طرف لینک RSTP فعال باشد. در این حالت ارسال و دریافت به‌صورت Non-MST است و به‌صورت هماهنگ با آن طرف لینک انجام می‌گیرد. اگر چند Instance روی این نوع پورت عبور کند که آن طرف لینک RSTP یا CST باشد تمامی بر روی Instance-0 قرار می‌گیرد و load balancing روی این پورت‌ها انجام نمی‌گیرد. دستورات به‌صورت زیر است:

```
(Config)#spanning-tree mode mst
(Config)# spanning-tree mst configuration
(Config-mst)#name <name>
(Config-mst)#revision <number>
(Config-mst)#instance <number> vlan <vlan-id>
(Config)# spanning-tree mst <number>
(Config-mst)#[priority | root]
(Config-if)# spanning-tree mst <number> [cost | port-priority]
```

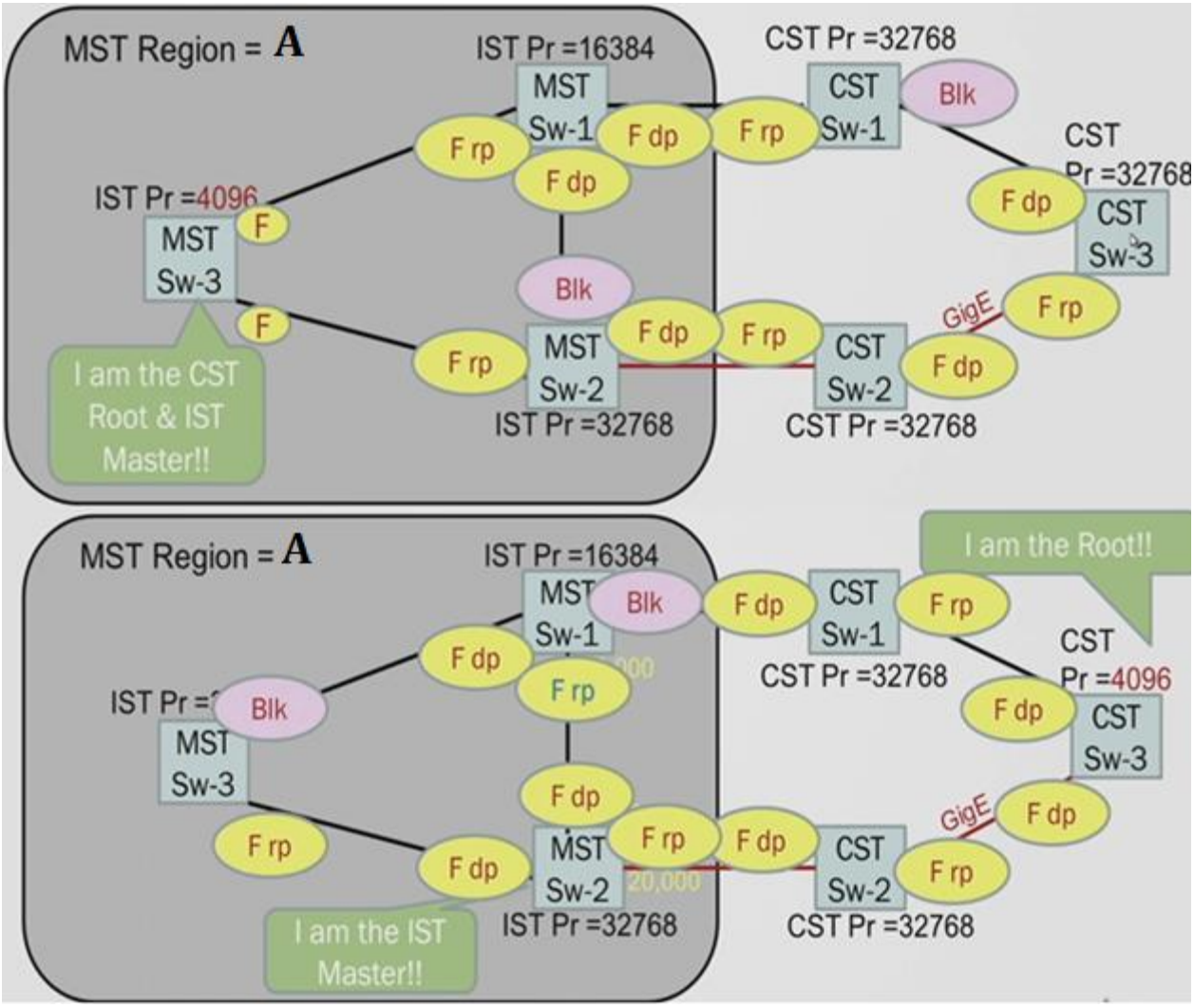
در Boundary Port هر تصمیمی که برای Instance-0 اتخاذ شود بر روی تمامی Instanceهای بر روی آن پورت اعمال می‌شود. زیرا فقط Instance-0 قابلیت صحبت با Non-MSTها را دارد. برای MSTIها هیچ نگرانی بابت انتخاب Root Bridge نیست زیرا هیچ ارتباطی با محیط خارج یا همان Non-MSTها ندارند. ولی برای Instance-0 این مشکل وجود دارد. برای حل این مشکل دو Root Bridge انتخاب می‌شود یکی برای داخل MST و یکی برای محیط Non-MST. نوحه انتخاب به‌صورت زیر است:

۱. Main Root Bridge: سوئیچی انتخاب می‌شود که در داخل و خارج کمترین Priority را داشته باشد.
۲. CIST(Common Instance Spanning Tree) Regional Root (IST Master): سوئیچی با کمترین Priority داخل محیط MST انتخاب می‌شود و Root Port کمترین هزینه تا سوئیچ IST Master است. این دو سوئیچ دو حالت می‌توانند داشته باشند. یک کمترین Priority سوئیچ در داخل کل محیط MST باشد. در این صورت Main Root = IST Master. دو اگر کمترین Priority سوئیچ خارج از MST باشد آن گاه IST Master سوئیچی است با کمترین هزینه برای رسیدن به Main Root.

اگر زمانی قصد بر مهاجرت به MST باشد گاهی اوقات مشکل به وجود می‌آید که بعضی از سوئیچ‌ها MST را پشتیبانی نمی‌کنند. روش پیشنهادی این است که این سوئیچ‌ها در لایه Access قرار گیرند چون نیازی به دانستن تمامی VLANها نیستند، پس در محیط CST قرار می‌گیرند. سوئیچ‌های Core که از MST پشتیبانی می‌کنند و نیاز به دانستن تمامی VLANها دارند در محیط MST قرار می‌گیرند. تفاوتی برای سوئیچ‌های MST در نوع پورت(Boundary و Internal) برای ارسال هزینه وجود ندارد و در هر حال از استاندارد جدید(802.1t) استفاده می‌کنند و از نسخه قدیمی(RSTP) پشتیبانی نمی‌کنند. در Boundary Port فقط یک بسته BPDU ارسال می‌شود. در PVST به ازای هر Vlan یک بسته BPDU ارسال می‌شود و سوئیچ‌های Non-Cisco فقط یکی را دریافت و بقیه را حذف می‌کنند. Boundary Port ممکن است یک سوئیچ Non-Cisco باشد بنابراین شرکت سیسکو پروتکل MST را سازگار با PVST پیاده‌سازی نمود. کارهایی که سوئیچ بعد از تشخیص اتصال به PVST باید انجام دهد: به شرح زیر است:

۱. پورت به عنوان Boundary علامت زده شود.
۲. به ازای هر vlan که بر روی پورت عبور می‌کند یک بسته IST BPDU ارسال شود، زیرا فقط یک بسته می‌توان ارسال نمود.

۳. IST برروی آن پورت به حالت Control Port State می‌رود. در زیر نحوه انتخاب دو حالت Root Bridge ترسیم شده است.



۲۱- High Availability

این موضوع برای حفظ افزونگی یا Redundancy و تحمل‌پذیری در برابر خطا یا Fault Tolerance برای مسیریاب‌ها است. در واقع زمانی که یک مسیریاب از بین رود مسیریاب دیگر وارد مدار شده و وظیفه آن را بر عهده می‌گیرد. تنظیمات مربوط به این پروتکل در قسمت Routing Interface و جزء خانواده First Hop Redundancy Protocol است. در معماری سه لایه‌ای سیسکو Access/Distribution/Core در لایه Access، VLANها و Broadcast Domainها مشخص می‌شود. Broadcast Domain هنگامی پایان می‌یابد که به لایه Distribution می‌رسد که این یکی از وظایف routing است. در واقع در لایه Distribution از سوئیچ‌های چندلایه استفاده می‌شود. باید توجه داشت فقط از router یا Swiych استفاده نمی‌شود بلکه از

سوئیچ‌های چند لایه استفاده می‌شود. در High Availability یک Virtual Interface ایجاد می‌شود که عملیات مسیریابی و Default Gateway را به PC و End Deviceها ارائه می‌نماید. پروتکل‌های مربوط به High Availability ارائه دهنده در سوئیچ‌های چندلایه شامل HSRP، VRRP و GLBP می‌باشند.

Hot Standby Router Protocol (HSRP) -۱-۲۱

این پروتکل مخصوص سیستم‌های سیسکو است. از پروتکل UDP با پورت 1985 و آدرس چندپخشی 224.0.0.2 استفاده می‌کند. از این آدرس برای ارسال Hello به یکدیگر و صحبت با هم در پروتکل HSRP استفاده می‌شود و برای end deviceها مفید نمی‌باشد. مسیریاب‌های HSRP دو نقش دارند یکی Active و دیگری Standby و بقیه سوئیچ‌ها در حالت Listening می‌مانند. End deviceها بسته‌های خود را به سوئیچ Active ارسال کرده و این سوئیچ به آنها سرویس می‌دهد. سوئیچ Standby وضعیت را بررسی نموده و در صورت غیرفعال شدن Active جایگزین آن می‌شود. سوئیچ‌های دیگر در حالت Listening قرار می‌گیرند و به صحبت‌های Active و Standby گوش می‌دهند تا در صورت نیاز نقش خود را تغییر دهند. سوئیچ active سوئیچی است که بیشترین Priority را داشته باشد و در صورت مساوی بودن آن بیشترین IP انتخاب می‌شود. Default priority=100 است. هنگامی که HSRP بر روی interface تنظیم می‌شود یک group number باید وارد نمود و این به معنای قرار گرفتن در یک گروه است و در همه سوئیچ‌ها که در یک broadcast domain هستند باید یکسان باشد تا بتوانند با یکدیگر صحبت کنند. پس از تنظیم HSRP باید یک Virtual IP به عنوان default gateway وارد نمود که قاعدتاً باید در ردیف همان شبکه باشد. پس از تنظیم شماره گروه به‌صورت خودکار آدرس MAC به HSRP اختصاص داده می‌شود که به‌صورت 0000.0C07.AC(XX) است و در آن XX شماره گروه به‌صورت Hexadecimal است. اگر سوئیچ جدیدی وارد HSRP شد و تمایل به active شدن داشت، باید سوئیچ active جای خود را به این سوئیچ بدهد پس سوئیچ جدید باید priority بالاتری داشته باشد که به آن Preemption گویند. به‌صورت پیش‌فرض غیر فعال و قابل تنظیم است. ممکن است سوئیچی به اشتباه active شود که پس از آن سوئیچ متوجه می‌شود که اشتباه کرده است و سوئیچ active با استفاده از preempt مقدار priority خود را افزایش می‌دهد. در صورت فعال بودن preempt سوئیچ سعی می‌کند active شود ولی در غیر این صورت زمانی active می‌شود که سوئیچ active غیر فعال و در مشاجره بین سوئیچ‌ها پیروز شود. زمانی که سوئیچی برای اولین بار اجرا می‌شود و routing table آن خالی و یا ناقص است پیشنهاد می‌شود preempt غیر فعال باشد. HSRP و VRRP نمی‌توانند بین سوئیچ‌ها load sharing انجام دهند به معنای این که نمی‌توانند مشخص کنند default gateway بعضی از دستگاه‌ها یک سوئیچ و بعضی دیگر سوئیچ دیگر باشد. در حالتی که چندین گروه وجود داشته باشد و برای هر کاربر default gateway مشخصی اختصاص داده شود می‌توان از load sharing استفاده نمود

که اصطلاحاً به آن MHSRP(Multi Group HSRP) گویند. در این حالت می‌توان چند گروه برای یک interface معرفی نمود و با تغییر priority عمل load sharing را با استفاده از DHCP انجام داد.

```
(Config-if)#standby <group-id> ip <virtual-ip>
(Config-if)#standby <group-id> priority <priority-number>
```

می‌توان یک شماره گروه یکسان برای interfaceهای متفاوت انتخاب نمود، به دلیل اینکه در broadcast domainهای متفاوتی هستند. ولی نمی‌توان از virtual ip مشابهی استفاده نمود.

۲۱-۱-۱- HSRP State Machine

زمانی که بر روی مسیریاب دستور show standby وارد شود، حالت‌های مختلف سوئیچ تا کامل شدن HSRP قابل مشاهده است. حالت‌های مختلف یا HSRP State Machine به شرح زیر است:

۱. Disable: هیچ عملی انجام نمی‌شود. ممکن اسن interface خاموش باشد.
۲. Initial (INIT): HSRP هنوز اجرا نشده است ولی interface در حال UP UP شدن است.
۳. Learn: ممکن است Virtual IP تنظیم نشده باشد و در حال یادگیری از بسته‌های hello باشد.
۴. Listen: Virtual IP را یادگرفته ولی هیچ کدام از سوئیچ‌ها active و standby نیستند.
۵. Speak: سوئیچ‌ها در حال بررسی و صحبت برای active و standby شدن هستند. زمانی که یک سوئیچ جدید وارد شود و preempt بر روی آن فعال باشد با active صحبت می‌کند تا به این سوئیچ تغییر کند.
۶. Standby/Active: سوئیچ با بیشترین priority به عنوان active و بعدی به عنوان standby است. فقط سوئیچ‌های active و standby به یکدیگر بسته‌های hello با source MAC متفاوت ارسال می‌کنند. سوئیچ active از virtual mac address و سوئیچ standby از physical mac address استفاده می‌کند.

به‌صورت پیش‌فرض زمان hello سه ثانیه و زمان dead ده ثانیه حدود 3*hello است. برای تغییر زمان یا HSRP Hello Time از دستور زیر استفاده می‌شود:

```
(Config-if)#standby <group-id> timers <hello-time> <hold-time>
(Config-if)#standby <group-id> timers msec <hello-time> msec <hold-time>
```

۲۱-۱-۲- HSRP Modify Preemption

اگر سوئیچ جدیدی تازه روشن شود و بر روی آن پروتکل مسیریابی و HSRP فعال شود، HSRP زودتر از پروتکل مسیریابی کامل می‌شود. مشکلی که در این بین خواهد بود هنگام درخواست کاربر به دلیل کامل نشدن جدول مسیریابی پاسخ کاربر بی نتیجه می‌ماند. پس باید دقت داشت با active شدن سوئیچ مشکلی نخواهد بود فقط با فاصله

زمانی معینی این اتفاق رخ دهد تا جدول مسیریابی و سرویس‌های دیگر کامل اجرا شوند. برای تنظیم HSRP Modify Preemption از دستور زیر استفاده می‌شود:

(Config-if)#standby <group-id> preempt delay [minimum | reload | sync]

مؤلفه Minimum به معنای آن است که بعد از حداقل مدت مشخصی active شود.

مؤلفه Reload به معنای آن است که بعد از حداقل مدتی بعد از reload شدن سوئیچ active شود.

سرویس‌های دیگری از HSRP استفاده می‌کنند. بدین معنا که بعد از اجرای HSRP سرویس‌های دیگر اجرا شوند. این زمان یعنی بعد از مدت زمان مشخصی پس از sync بین IP Redundancy Client و HSRP سوئیچ به حالت active برود.

HSRP Authentication -۳-۱-۲۱

احراز اصالت HSRP به دو صورت plaintext و MD5 صورت می‌گیرد. در HSRP نیز می‌توان از key chain استفاده نمود که دستورات آن در زیر آمده است:

```
(Config-if)#standby <group-id> authentication <password>
(Config-if) #standby <group-id> authentication md5 key-string [0|7] <password>
(Config)#key chain <name-of-chain>
(Config-if) #standby <group-id> authentication md5 key-chain <name-of-chain>
```

HSRP Object Tracking -٤-۱-۲۱

اگر در سوئیچ active مشکلی پیش آید به طور مثال uplink آن قطع شود و یا هر مشکل دیگری برای interface رخ دهد، HSRP آن را با استفاده از object tracking تشخیص داده و سوئیچ standby به active تبدیل می‌شود. در واقع object همان مؤلفه‌ای است که در حال مشاهده است و track پیگیری کردن آن است. HSRP هنگام تشخیص آن priority سوئیچ active را به‌صورت پیش‌فرض 10 واحد کاهش می‌دهد.

```
(Config)#track <number> <object-to-track>
(Config-if)#standby <group-id> track <object-number> [decrement]
```

Decrement مقدار واحد کاهش priority است که پیش‌فرض 10 واحد است.

Virtual Router Redundancy Protocol (VRRP) -۲-۲۱

این پروتکل شبیه HSRP است ولی تفاوت‌ها و ویژگی‌های مخصوص به خود را دارد. VRRP یک پروتکل استاندارد اینترنتی است که با نام RFC 3768 و در ورژن جدید با نام RFC 5798 معرفی شده است. در صورتیکه HSRP یک پروتکل اختصاصی سیسکو است. پروتکل VRRP از پروتکل‌های UDP و TCP استفاده نمی‌کند بلکه از

پروتکل شماره 112 استفاده می‌کند. پروتکل VRRP از آدرس چند پخشی 224.0.0.18 استفاده می‌کند. در این پروتکل نقشی به نام Active وجود ندارد و این نقش تبدیل به Master شده است. این نقش به عنوان پاسخ دهنده به arp request و درخواست کاربران برای virtual IP شناخته شده است. در مسیریاب‌ها به‌صورت پیش‌فرض preemption فعال است و با همان priority پیش‌فرض 100 می‌باشند. انتخاب Master نیز مانند HSRP است. در این پروتکل زمان‌ها hello=1 و dead=3.6 ثانیه است. آدرس Virtual MAC=000.5e00.01xx و xx از group-id بدست می‌آید. مانند HSRP پروتکل VRRP نیز Load Balancing ندارد ولی با ایجاد چند گروه می‌توان این عمل را انجام داد. همانطور که گفته شد در پروتکل HSRP سه نقش وجود دارد. Active که پاسخ گو به درخواست‌های arp وکاربران است و بسته hello ارسال می‌کند. Standby که سرویسی به کاربران نمی‌دهد و بسته hello ارسال می‌کند. در آخر Listening که پس از خطا در active، انتخاب standby صورت می‌گیرد. در VRRP دو نقش بیشتر وجود ندارد. Master که بسته Hello ارسال می‌کند و به کاربران پاسخ می‌دهد. Listening که مسیریاب‌ها فقط گوش می‌دهند و هنگام خطا در active، انتخاب برایactive بودن صورت می‌گیرد. به نظر می‌آید در HSRP هنگام خطای active همگرایی و active شدن به خاطر وجود standby زودتر به سرانجام برسد. در واقع در VRRP زودتر این عمل اتفاق افتاده و زمان کمتری قطعی وجود دارد. در VRRP هنگام خطای Master همه مسیریاب‌ها از یک آدرس MAC مبدأ استفاده می‌کنند و اگر همه به یک سوئیچ متصل باشند این سوئیچ دچار flip-flap می‌شود و پیغام MAC-Flap-Notification می‌دهد. دستورات تنظیم آن به‌صورت زیر است:

```
(Config-if)#vrrp <group-id> ip <virtual-ip>
(Config-if)#vrrp <group-id> priority <priority-number>
```

احراز هویت نیز همانند HSRP به دو صورت plaintext و md5 است.

بهینه کردن زمان در VRRP باید با دقت صورت گیرد. در یک گروه VRRP باید تمام مسیریاب‌ها زمان‌های مربوط به VRRP یکسانی داشته باشند. بیشتر پروتکل‌ها زمان Hello را به‌صورت خودکار از بسته‌ها یاد می‌گیرند ولی در VRRP باید به‌صورت دستی این عمل صورت گیرد. در VRRP دو حالت وجود دارد یا زمان Hello افزایش و یا کاهش داده می‌شود. در این پروتکل زمان بر حسب ثانیه و یک بایت در نظر گرفته شده است که 00000001 به معنای یک ثانیه است. حال اگر زمان بر حسب میلی ثانیه وارد شود نمی‌توان آن را اعلام نمود پس باید در همه مسیریاب‌ها این زمان تنظیم شود. ممکن است هدف از کاهش زمان سریع شدن همگرایی باشد. حال اگر هدف افزایش زمان باشد می‌توان در مسیریاب Master تنظیم نمود و در بقیه مسیریاب‌ها Learn را وارد نمود تا از Master یاد گیرند. نکته حائز اهمیت اینجاست که اگر زمان در مسیریاب غیر Master افزایش زمان تنظیم گردد این مسیریاب

فکر می‌کند Master است و خود را Master می‌کند. به عبارتی دو Master وجود دارد. شاید در نگاه اول خوب به نظر برسد که دو Master وجود دارد و می‌توان load balancing انجام داد ولی مشکلاتی پیش می‌آید که در زیر به آن توضیح داده می‌شود:

۱. همه Master از یک virtual mac address استفاده می‌کنند و زمانی که کاربر درخواست arp می‌دهد چندین پاسخ متفاوت می‌گیرد که بستگی به سیستم عامل کاربر دارد.
۲. همه Masterها از یک virtual mac address استفاده می‌کنند و هنگام اتصال به یک سوئیچ مشکل flip-flap به وجود می‌آید و سوئیچ این MAC را پاک و دوباره می‌نویسد و هر لحظه پاسخ متفاوتی به مسیریاب‌های مختلف داده می‌شود. مشکلی که ایجاد می‌گردد چند مسیر برای هر session ایجاد می‌کنند. در کل کاهش زمان باید در همه مسیریاب‌ها تنظیم گردد و با افزایش زمان بر روی Master در بقیه مسیریاب‌ها باید دستور Learn وارد شود. باید توجه داشت که VRRP نمی‌تواند میلی ثانیه را اعلام کند و این باید بر روی همه مسیریاب‌ها تنظیم شود.

```
(Config-if)#vrrp  <group-id> timers advertise msec <value-time>
(Config-if)#vrrp  <group-id> timers learn
(SW1)#show vrrp
(SW1)#show vrrp brief
```

Gateway Load Balancing Protocol (GLBP) –۳–۲۱

اگر هدف ایجاد load balancing برای تعداد بسیاری از کاربران که در یک گروه شبکه هستند و از مسیریاب‌ها مختلفی استفاده می‌کنند باشد، می‌توان از HSRP و یا VRRP استفاده نمود ولی باید با DHCP Server هماهنگ باشد. شرکت سیسکو برای اینکه مدیر شبکه با سرویس دهنده درگیر نشود پروتکلی ارائه نمود. در پروتکل‌های قبلی باید در DHCP Server تعریف شود که هر کاربر از کدام GW استفاده نماید. در پروتکل GLBP که شرکت سیسکو ارائه داده است همه کارها به‌صورت خودکار انجام می‌گردد. پروتکل GLBP مخصوص شرکت سیسکو است و دو عمل load balancing و افزایش اطمینان(Redundancy) مسیریاب‌ها را بالا برده است. اصطلاحاتی که در این پروتکل به کار برده می‌شود در ادامه توضیح داده می‌شود.

Active Virtual Gateway (AVG) –۱–۳–۲۱

این نقش شبیه active است که به arp و کاربران پاسخ می‌دهد و فقط یک مسیریاب AVG وجود دارد. ولی می‌توان هم زمان چندین مسیریاب active با virtual mac های متفاوتی داشت. در این پروتکل active به معنای مسیریابی است که بتواند پاسخ کاربران را بدهد و standby جایگزین AVG پس از خطای آن است. AVG می‌تواند بسته‌هایی که از سوی کاربران در یک گروه GLBP می‌آید را به مسیریاب‌های دیگر واگذار نماید تا آنها به کاربران خدمات

دهند که به Active Virtual Forwarder (AVF) معروف است. در واقع هنگام درخواست arp به AVG آدرس خود یا یکی از این AVFها به کاربر داده می‌شود. Preemption به‌صورت پیش‌فرض برای نقش AVG غیر فعال است. تنها AVG می‌تواند پاسخ arp کاربران را بدهد. همانند پروتکل‌های قبلی انتخاب AVG مسیریاب با بیشترین اولویت یا آدرس IP است. که اولویت به‌صورت پیش‌فرض 100 است. حداکثر تعداد AVFها در یک گروه 4 است که خود AVG نیز یک AVF محسوب می‌شود. Virtual MAC Address=0007.b4xx.xxyy که در آن xx.xx شماره گروه بر حسب هگزادسیمال است و yy شماره AVF است. AVF برای پیدا کردن شماره خود و virtual mac به AVG درخواست می‌دهد. تنها مسیریاب‌های AVG و AVF بسته Hello ارسال می‌کنند. این بسته برای آن است که AVG از وضعیت AVFها با خبر باشد و در صورت خطای یکی از آنها Virtual MAC مربوط به AVF را به یک AVF دیگر داده تا پاسخ گوی کاربران AVF دچار خطا شده باشد. در واقع یک AVF دو آدرس MAC بر عهده دارد که انتخاب آن بستگی به اولویت و آدرس IP بزرگتر دارد. پس از برگشت AVF خراب این آدرس برگشت داده شده و دوباره به حالت عادی خود بر می‌گردد. مسیریابی که وظیفه AVF خراب را دارد به‌صورت پیش‌فرض تنها ۴ ساعت پاسخ گوی کاربران است و پس از آن کاربران قطع می‌شوند. این زمان در AVG ذخیره شده و پس از آن اگر کاربر جدیدی وارد شده آن را به یک AVF دیگر ارجاع می‌دهد. زمان Hello=3 ثانیه است. آدرس چند پخشی 224.0.0.102 است و از پروتکل UDP با پورت 3222 استفاده می‌کند. دستور تنظیم آن به‌صورت زیر است:

```
(Config-if)#glbp <group-id> ip <virtual-ip>
(Config-if)#glbp <group-id> priority <priority-number>
```

الگوریتم‌هایی که GLBP از آن برای load Balancing هنگام ارجاع یک کاربر به AVF استفاده می‌کند یکی از موارد زیر است:

۱. Round Robin: به‌صورت پیش‌فرض از این الگوریتم استفاده می‌شود. به این صورت است که اولین کاربر از AVF اول و دومین کاربر از AVF دوم سرویس می‌گیرد و همین صورت ادامه می‌یابد و به‌صورت چرخشی است.
۲. Host Dependent: زمانی که یک کاربر درخواست می‌دهد یک AVF به آن اختصاص می‌یابد و بار دیگر اگر همان کاربر درخواست مجدد داد (به دلیل خاموش و روشن شدن سیستم کاربر، رفتن و بازگشتن دوباره به شبکه و یا اتمام زمان cache) باز به همان AVF قبلی ارجاع داده می‌شود. در سیستم NAT بیشتر کاربرد دارد چون به یک MAC یکسان نیاز می‌شود.

۳. Weighted: به هر AVF با تناسب به میزان RAM و CPU و در کل معیارهای دیگر یک بر چسب زده می‌شود که به آن weight گفته می‌شود و هر چه شماره این برچسب بیشتر باشد به معنای ارجای کاربران بیشتر به این AVF است. دستورات تنظیم آن به‌صورت زیر است:

(Config-if)#glbp <group-id> load-balancing <weighted | round-robin | host-dependent>

دستور فوق در AVG وارد می‌شود.

(Config-if)#glbp <group-id> weighting <value> lower <value> upper <value>

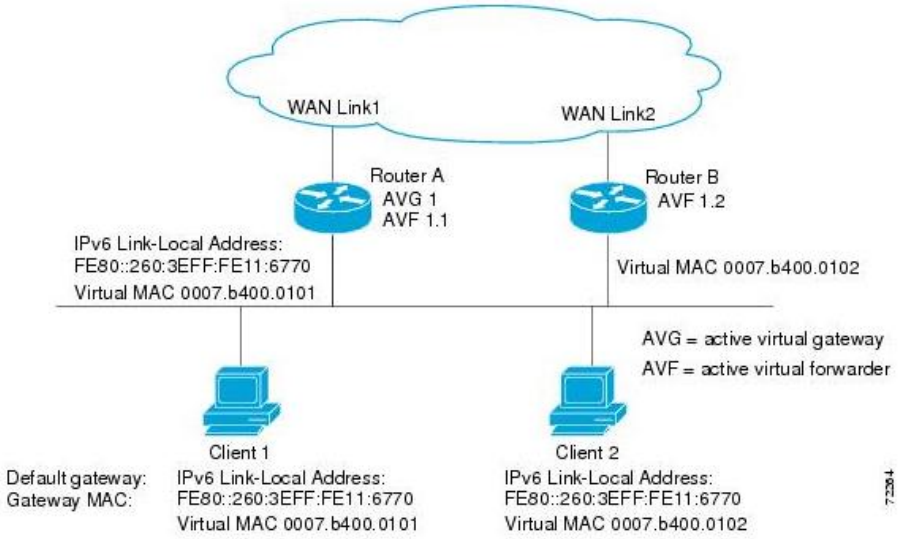
دستور فوق در AVF وارد می‌شود.

فرض کنید یک track تعریف شده است که باعث کاهش weighting می‌شود حال اگر این مقدار از lower بر اثر object trackingکمتر شد به معنای این است که AVF مناسبی نیست و باید از AVFها حذف شود. اگر مقدار weight برابر یا بیشتر از upper شد به معنای بازگشت مسیریاب به AVFها است. به‌صورت پیش‌فرض AVF Weighting=100 است.

(Config-if)#glbp <group-id> weighting track <track-number> decrement <weighting-decrement-unit>

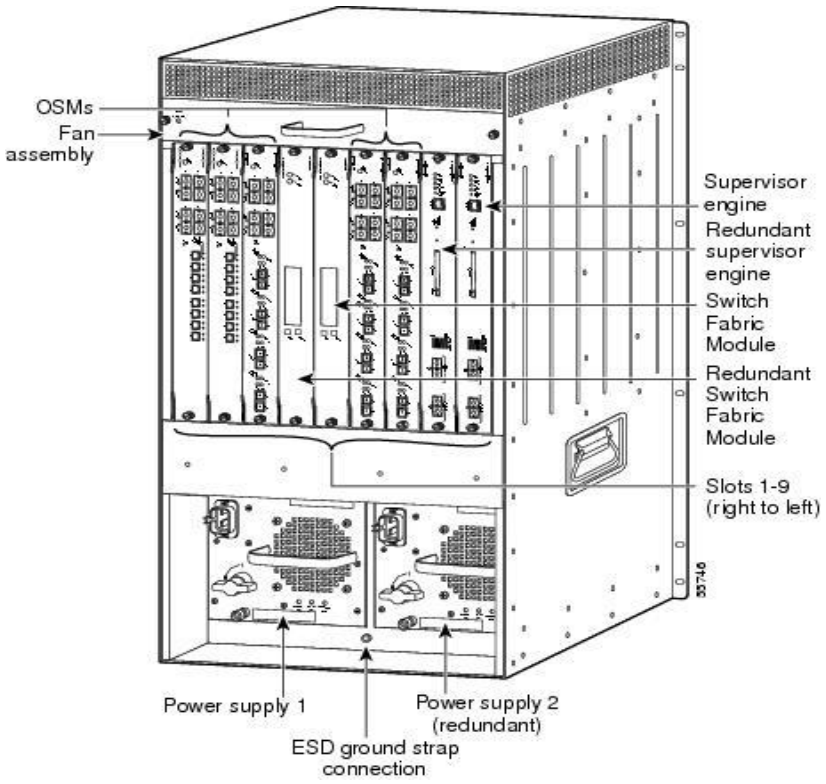
زمان‌ها در GLBP: ۱- hello ۲- hold time ۳- redirect: هنگام fail شدن یک AVF بعد از چه مدت زمانی اگر کاربر درخواست داد آن را به AVF جدید ارجاع دهد. ۴- Time-out Interval: چه مدت زمانی AVF جدید به کاربران AVF خراب پاسخ دهد که به‌صورت پیش‌فرض ۴ ساعت است.

(Config-if)$glbp <group-id> timers <hello-time> <hold-time>
(Config-if)$glbp <group-id> timers redirect <value-redirect> <value-time-out>



۲۲- Supervisor & Route Processor Redundancy

بین مسیریاب‌ها و سوئیچ‌های تخت (Fixed) و غیر تخت(Modular) تفاوت‌هایی وجود دارد. در سوئیچ‌های Modular می‌توان اینترفیس‌های بیشتر با کاربردهای متفاوت اضافه نمود. به طور مثال در Nexus 7000 می‌توان اینترفیس‌ها با سرعت پایین را حذف و با سرعت بالاتری جایگزین نمود. در واقع این نوع سوئیچ‌ها یک شاسی یا بدنه دارند و بر روی آن Line Cardهای مورد نیاز نصب می‌شود. هر یک از این Line cardها یک Circuit Board دارد. درون این Circuit Boardها یک CAM Table و یک Forwarding Engine وجود دارد. این Line Cardها واحدی برای پردازش و دستور نیاز دارند. این واحد به عنوان مغز پردازشی سوئیچ شناخته می‌شود و به آن Supervisor گفته می‌شود. همچنین واحدی به نام Distributed Forwarding Card (DFC) وجود دارد که همه چیز را از Supervisor یاد می‌گیرد . در واقع Supervisor برد DFC را برنامه ریزی می‌کند. در بعضی از سوئیچ‌ها این Module به‌صورت On-Board روی Supervisor قرار دارد. واحد DFC وظیفه Forwarding، پیگیری عملیات بر روی هر Frame، پروتکل‌های مسیریابی، STP و همه وظیفه‌هایی که به عهده Supervisor است را بر عهده دارد. برای دسترس‌پذیری بالا بهتر است دو Supervisor استفاده شود. مکان Supervisor گاهی در وسط سوئیچ، گاهی در بالا و گاهی سمت راست قرار می‌گیرد که اهمیت زیادی ندارد. در حقیقت Supervisor برای سوئیچ‌های Modular به عنوان مغز متفکر و هوشمند است که واحدهای دیگر را برنامه‌ریزی می‌کند.



Route Processor Redundancy (RPR) –۱–۲۲

قبل از این که به توضیح این پروتکل پرداخته شود نیاز است پلی به گذشته زده شود. چندین سال قبل مدل catalyst 5000 وجود داشت. این سوئیچ از دو Supervisor پشتیبانی نمی‌کرد. بعد از آن مدل 6000 با کمی تفاوت نسبت به 5000 به بازار عرضه شد. در مدل 5000 سیستم عامل Catalyst OS نصب بود ولی در مدل 6000 از سیستم عامل IOS Cisco استفاده می‌شد. در واقع سیستم عامل مدل 6000 یا همان IOS برای مسیریابی و سیستم عامل Catalyst OS برای سوئیچینگ طراحی شده بود. اگر Supervisor قصد استفاده از تنظیمات سوئیچینگ داشت باید از دستورات catalyst استفاده می‌کرد و اگر مربوط به مسیریابی بود باید از دستورات IOS استفاده می‌نمود. همین امر باعث می‌شد که اگر Supervisor بر روی یک تیغه، هم سوئیچینگ و هم مسیریابی انجام دهد، باید به دو حالت مختلف جابه‌جا شود. به این حالت Hybrid گفته می‌شود. بعد از آن شرکت سیسکو با توجه به رضایت مشتری و دلیل‌ها دیگر تصمیم به تغییر سیستم عامل catalyst به IOS گرفت. در واقع به‌صورت بومی IOS برای مسیریابی استفاده می‌شد ولی در حال حاضر هیچ نگرانی نسبت به دستورات چندین سیستم عامل وجود ندارد و با یک دستور (switchport) می‌توان بین دو حالت سوئیچینگ و مسیریابی جابه‌جا شد. اگر دو Supervisor وجود داشته باشد، قابلیتی بین این دو برای جابه‌جایی اطلاعات نیاز است. به این قابلیت Route Processor Redundancy (RPR) گویند که وظیفه جابه‌جایی اطلاعات بین دوSupervisor را بر عهده دارد. شاید این سوال پیش آید که سخن از سوئیچ گفت می‌شود ولی نام این قابلیت Route Processor Redundancy است که جواب همان تاریخچه گفته شده است.

نقش‌های Supervisor در RPR به دو حالت Active و Standby تقسیم می‌شود. همه وظایف به عهده Active است و Standby فقط وظیفه Backup دارد و در هنگام وقوع خطا در Active وارد جریان می‌شود. باید توجه داشت که تمامی Uplinkها در Standby قابل استفاده است. Active همیشه در حال جابه‌جایی اطلاعات با Standby است که فقط Startup-config و Config-register را ارسال می‌کنند. در این حالت هر دو Supervisor اکیداً پیشنهاد می‌شود از نسخه IOS یکسانی استفاده نمایند ولی پیش نیاز نیست. ارتباط بین دو Supervisor از طریق Line Card Switch Fabric به نام Shared Bus است. فقط سوئیچ Active کامل Load می‌شود و Standby در حالت (Partially Boot) یا ناقص load شدن است. هر فریمی که از هر Line Card بر روی Shared Bus قرار می‌گیرد که یک کپی از همه واحدها است، قابل مشاهده است. یک Switch Fabric دیگری وجود دارد که Forwarding Engine پس از تصمیم‌گیری با ارسال پیامی بر روی آن نتیجه اینکه چه واحدی مسئول انجام چه کاری است را اعلام می‌کند. همه واحدها این پیام را مشاهده، کپی‌ها را حذف می‌کنند و پورت مسئول وظیفه خود را برای انتقال فریم انجام می‌دهد. در Standby واحد Forwarding Engine وجود

دارد ولی خاموش است و Uplinkها فعال توسط Active تصمیم گیری می‌شود. اگر Active دچار خطا شود حداقل دو دقیقه زمان برای تغییر Standby به Active نیاز است، زیرا تمامی line cardها باید دوباره load شوند، واحد مسیریابی و پروتکل‌های لایه دو آغاز به کار شوند.

```
(Config)#redundancy
(Config-red)#mode rpr
(SW1)#show redundancy state
```

RPR+ –۲–۲۲

این قابلیت سریع‌تر از RPR است. برعکس RPR که اکیداً پیشنهاد می‌شود نسخه‌های Supervisor یکسان باشد، در +RPR باید نسخه‌های IOS Supervisor یکسان باشند. Standby کاملاً load و تنظیم می‌شود. CPU بر خلاف RPR اجرایی است و Running-config نیز جابه‌جا می‌شود. در RPR حتماً تنظیمات باید ذخیره می‌شد تا بین Supervisorها جابه‌جا شوند. بین ۳۰ تا ۶۰ ثانیه زمان برای Active شدن لازم است. ماژول‌های نصب شده نیازی به دوباره load شدن ندارند. در این حالت FIB Table به طور کامل پاک می‌شود و ترافیک‌های مربوط به مسیریابی drop می‌شوند اما مسیرهای Static باقی می‌مانند. همچنین Gig Uplinkها بر روی Standby همیشه فعال هستند.

برای تنظیمات می‌توان از دستورات زیر استفاده نمود:

```
(Config)#redundancy
(Config-red)#mode rpr-plus
```

SSO (State SwitchOver) –۳–۲۲

این قابلیت شبیه به +RPR است. تفاوت‌هایی بین +RPR و SSO به شرح زیر است:

۱. تمامی اطلاعات مربوط به Stateful Feature مانند: FIB و Adjacency Table، STP و وضعیت پورت‌ها، نگهداری می‌شوند.
۲. به دلیل ارسال اطلاعات stateful سریع‌تر از + RPR است و بین ۰ تا ۳ ثانیه زمان برای Active شدن لازم است.
۳. کمتر سوئیچی از این پروتکل پشتیبانی می‌کند.

اطلاعات مربوط به پروتکل‌های مسیریابی مانند همسایه‌ها و ... جابه‌جا نمی‌شوند. این اطلاعات بر روی قسمت route processor ماژول Multilayer Switch Feature Card (MSFC) قرار دارد که این ماژول یک Layer 3 Switching Engine است که قسمت جدا ناشدنی supervisor و به عنوان daughter card شناخته می‌شود.

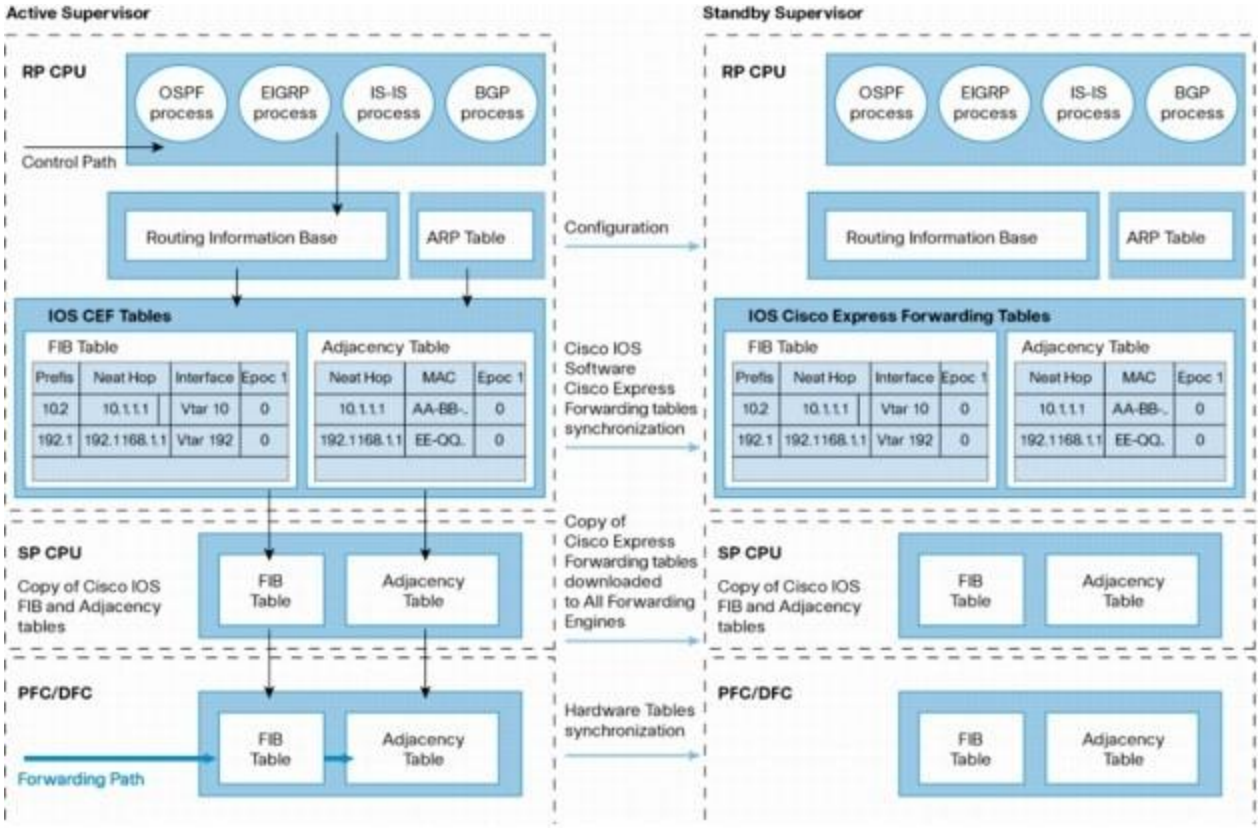
در واقع این ماژول با یک CPU وظیفه مسیریابی و با یک CPU دیگر وظیفه لایه دو را انجام می‌دهد. در واقع می‌توان گفت سیستم‌های شبکه دو قسمت دارند: یک قسمت Control Plane که وظیفه ارتباطات کنترلی و مدیریتی مانند پروتکل‌های مسیریابی و ... دارند. همچنین یک قسمت Data Plane که نتیجه Control Plane است و ارسال بسته‌ها به مقصد است. در این ماژول عملیات Control Plane انجام می‌شود مانند بررسی کردن پروتکل‌های مسیریابی لایه ۳ و نگهداری جدول مسیریابی و... در ادامه بیشتر توضیح داده می‌شود. سوئیچ Standby فقط تنظیمات مربوط به لایه ۳ را ذخیره می‌کند ولی ارتباط با همسایه‌ها و اطلاعات مربوط به آن را ندارد. این ارتباطات در مسیریاب‌ها در طرف دیگر لینک‌ها است و اگر Active دچار خطا شود بسته‌هایی که درخواست مسیریابی دارند حذف می‌شوند.

SSO with Non-Stop Forwarding (NSF) –٤–۲۲

تا این مرحله SSO بهترین پروتکل است ولی بازهم ۳ ثانیه زمان برای جابه‌جایی صرف می‌شود. شرکت سیسکو تصمیم گرفت قابلیتی ارائه دهد که به هیچ وجه از ارسال بسته خودداری نشود(Non-Stop Forwarding). قبل از آن بهتر است مروری بر عملکرد مسیریابی و سوئیچینگ شود. ماژول MSFC در واقع تمام اطلاعات مسیریابی را در خود ذخیره می‌کند و پس از آن به Cisco Express Forwarding Information Base(FIB) که در قسمت route processor است و بعد از آن به قسمت switch processor انتقال می‌دهد. بعد از آن به قسمت Hardware Table یا Hardware Application Specific Integrated Circuits (ASIC) که بر روی Policy Feature Card (PFC) و Distributed Forwarding Card (DFC) قرار دارد، می‌دهد و در حافظه TCAM ذخیره می‌شود. در واقع forwarding engine از این جدول استفاده می‌کند. این حافظه TCAM در Standby کپی می‌شود و زمانی که Active دچار خطا شود جدول FIB و TCAM باقی می‌ماند. زمانی که درخواست مسیریابی داده شود از این جدول‌ها استفاده می‌شود و در همین هنگام ارتباطات همسایگی خود را نیز با دیگران برقرار می‌کند. در واقع قسمت Control Plane در حال بر قراری ارتباط با همسایگان و پروتکل‌های مسیریابی است و قسمت Data Plane در حال استفاده از جدول‌های ذکر شده برای ارسال بسته‌ها است. NSF نیاز به همکاری با پروتکل‌های مسیریابی دارد تا بین Supervisor و مسیریاب که در طرف دیگر لینک است هنگام خطا ارتباط برقرار بماند و همگرایی سریع‌تر رخ دهد. مسیریاب این قضیه را می‌فهمد و هنگام عدم دریافت Hello ارتباط را نگه می‌دارد تا Supervisor دیگر ارتباط را دوباره بازسازی کند. دو اصطلاح در این میان استفاده می‌شود. NSF-Capable که همان سوئیچ می‌شود. NSF-Aware همان مسیریاب می‌شود که در صورت خطا در Active ارتباط را نگه می‌دارد.

BGP:(Config-router)#bgp graceful restart

OSPF:(Config-router)#nsf
EIGRP:(Config-router)#nsf



۲۳- POE (Power over Ethernet)

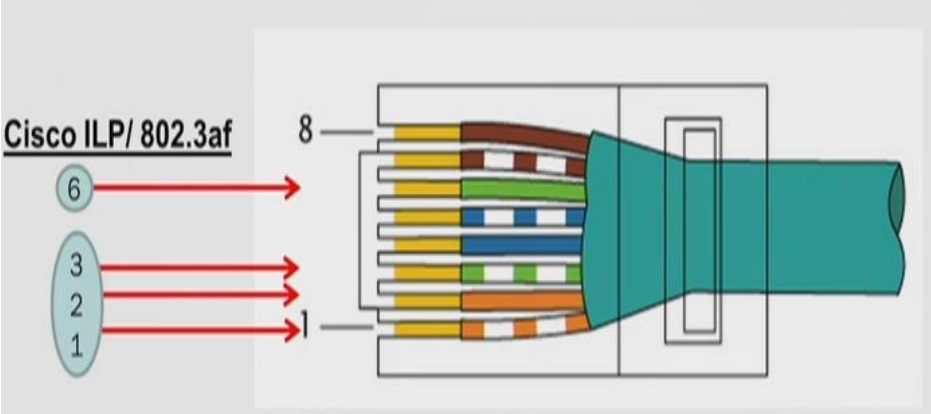
بعضی از تجهیزات شبکه نیاز به برق تقریباً کمی دارند و برق رسانی به آنها سخت یا نشدنی است. یک آنتن بر روی دکل را تصور کنید اگر بتوان فقط با یک کابل هم اطلاعات و هم برق رسانی را انجام داد کار ساده‌تر می‌شود. کابل شبکه به سوئیچ متصل شده و برق را از سوئیچ گرفته و به دستگاه مورد نظر انتقال می‌دهد. IP Phone را در نظر گرفته، این دستگاه نیاز به برق با ولتاژ بالا ندارد و بر روی میز قرار می‌گیرد. اگر این دستگاه از طریق همان کابل شبکه برق رسانی انجام دهد، شلوغی روی میز و بعضی از مشکلات دیگر کاهش می‌یابد. چند اصطلاح در زمینه ارسال برق بر روی کابل شبکه وجود دارد:

۱. PD (Powered Device): دستگاهی که نیازمند برق است.
۲. PSE (Power Source Equipment): دستگاهی که منبع برق است. دو نوع PSE وجود دارد:
   I. End Span: دستگاه شبکه که برق را انتقال می‌دهد و در آخرین نقطه قرار دارد مانند سوئیچ.
   II. MidSpan: دستگاهی بین سوئیچ و PD است مانند Patch Panel که بر روی آن POE قرار دارد.

روش‌ها و استانداردهای POE شامل موارد زیر است:

Cisco Inline Power (ILP) -۱-۲۳

این استاندارد مخصوص شرکت سیسکو است و توسعه یافته آن تبدیل به IEEE 802.3af شده است. در ادامه به شرح توضیح داده می‌شود. حداکثر توان قابل ارائه برای هر پورت 6.3 W است. توان مورد نیاز به این صورت محاسبه می‌شود که ابتدا بر روی پورت موجی با 340KHz بر روی TX ارسال می‌شود که هیچ آسیبی به دستگاه مقصد نمی‌رساند. پس از دریافت توسط PD این دستگاه آن را بر روی RX قرار می‌دهد و به سمت سوئیچ بر می‌گرداند که سوئیچ مقدار ولتاژ مورد نیاز این دستگاه را محاسبه می‌کند. همچنین سوئیچ انتقال دهنده باید منبع برقی با قدرت 714 W داشته باشد.



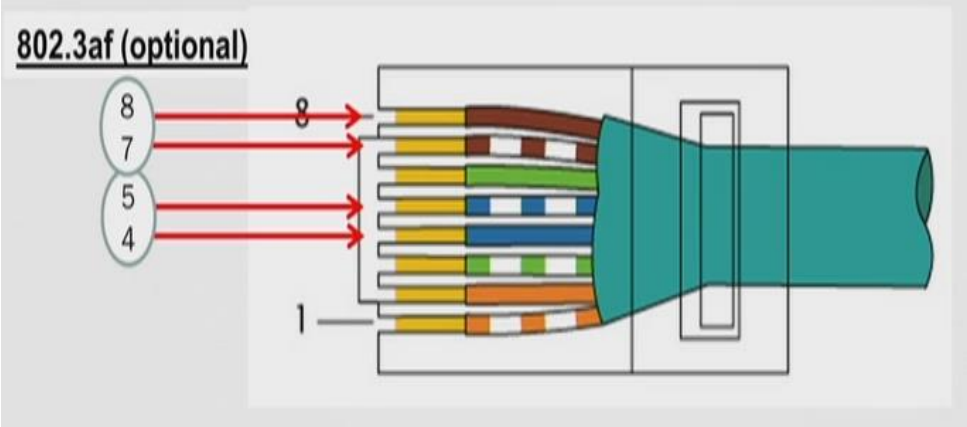
IEEE 802.3af -۲-۲۳

حداکثر توان برای هر پورت 15.4 W است و سوئیچ انتقال دهنده باید منبع برقی با قدرت 714 W داشته باشد. هنگامی که پورت فعال می‌شود ولتاژ کمی بر روی TX/RX ارسال می‌شود و مقاومت اندازه‌گیری می‌شود. اگر مقاومت برابر 25 KΩ باشد این دستگاه یک PD است و این روال تا چند بار صورت می‌گیرد و مقاومت اندازی‌گیری می‌شود. با توجه به مقاومت‌های بدست آمده مقدار ولتاژ مورد نیاز با توجه به کلاس بندی استاندارد بدست می‌آید. در این استاندارد بدلیل ولتاژ اولیه‌ای که ارسال می‌شود ممکن است به دستگاه‌های Non-PD آسیب برسد.

0 (default by IEEE when no class is used)	15.4 W
1	4.0 W
2	7.0 W
3	15.4 W
4	Up to 50 W (Optional 802.3at)

IEEE 802.3at –۳–۲۳

در این استاندارد حداکثر توان قابل ارائه 25.5 W است. کمتر سوئیچی از این استاندارد پشتیبانی می‌کند. منبع برق سوئیچ باید توان 1418 W داشته باشد.



Cisco Universal Power over Ethernet (UPOE) –٤–۲۳

این استاندارد تا 60 W برای هر پورت را فراهم می‌کند و سوئیچ‌هایی از قبیل 4500e و 3815 از آن پشتیبانی می‌کنند. یکی از تفاوت‌های بین استانداردها در روش تشخیص برق مورد نیاز PD است. CDP نیز می‌تواند در تشخیص برق مورد نیاز موثر باشد. به‌طور مثال هنگامی که از IP Phone سیسکو استفاده می‌شود این دستگاه مقدار برق مورد نیاز خود را به سوئیچ اطلاع می‌دهد.

(Config-if)#power inline {auto [max <milli-wats>] | static [max <milli-wats>] | never [max <milli-wats>]}

به‌صورت پیش‌فرض در حالت auto است.

دلایل قطعی POE ممکن است یکی از موارد زیر باشد:

۱. پورت توسط مدیر خاموش شده باشد.
۲. پورت در حالت err-disable باشد.
۳. "Power inline never" تنظیم شده باشد.
۴. پورت patch panel معیوب باشد.
۵. کابل شبکه معیوب باشد.
۶. طول کابل زیاد باشد(باید کمتر از ۱۰۰ متر باشد).

۷. سوئیچ توانی برای ارائه بر روی پورت نداشته باشد(پورت‌ها بیشتر از حد مجاز باشند).
۸. POE مربوط به پورت در سوئیچ خراب باشد.
۹. POE در قسمت پاور سوئیچ خراب باشد.
۱۰. خطای سخت افزاری وجود داشته باشد.

۲۴- Voice Vlan

برای جدا سازی صدا از اطلاعات دیگر از این ویژگی استفاده می‌شود. به طور مثال در اکثر تلفن‌های IP Phone یک سوکت ورودی و یک سوکت خروجی وجود دارد که سوکت ورودی متصل به سوئیچ و سوکت خروجی متصل به کامپیوتر دیگری می‌شود. اطلاعات مربوط به کامپیوتر و IP Phone هر دو به یک پروت سوئیچ متصل هستند. برای این که بتوان سیاست‌های متفاوتی بر روی بسته‌ها اعمال نمود باید این دو نوع ترافیک از یکدیگر جدا شوند. راه‌کارهای جداسازی بسته‌ها از یکدیگر شامل موارد زیر است:

۱. تگ 802.1q برای جداسازی استفاده شود. به عبارتی پورت سوئیچ دو VLAN داشته باشد یکی برای اطلاعات و دیگری برای صدا که vlan صدا با 802.1q tag جدا شده و اطلاعات به‌صورت untagged یا native vlan باشد. IP Phone در این جا نقش سوئیچ میانی بین کامپیوتر و سوئیچ اصلی را بازی می‌کند و 802.1q بین IP Phone و سوئیچ استفاده می‌شود.
۲. می‌توان با تنظیم Quality of Service (QoS) اولویت صدا را نسبت به اطلاعات افزایش داد.

سوئیچ در صورتیکه IP Phone Cisco استفاده شده باشد از طریق CDP مطلع شود که به IP Phone متصل است. اگر دستگاهی غیر سیسکو باشد از طریق option-156 پروتکل DHCP دستگاه مطلع می‌شود.

(Config-if)#switchport voice vlan <vlan-id | dot1p | untagged | none>

سوئیچ با استفاده از روش‌های زیر بسته را اولویت‌بندی می‌نماید:

۱. VLAN-ID: سوئیچ بسته CDP را با استفاده از option ارسال می‌کند و IP Phone از این قابلیت استفاده و ترافیک را جدا می‌کند.
۲. 802.1p: این هدر بسته در دستگاه‌هایی مانند Host یا End Device استفاده می‌شود. در VLAN در قسمت option باید عددی بین ۱ تا ۴۰۹۴ استفاده شود که به عنوان VLAN-ID شناخته می‌شود و ۱۲ بیتی است. در هدر 802.1p این مقدار ۱۲ بیتی، ۹ بیت آن ۰ و ۳ بیت آخر آن به عنوان بیت‌های اولویت استفاده می‌شود و IP Phone با دریافت این بسته فقط آن را forward می‌کند و تغییری بر روی آن نمی‌دهد. این اولویت در لایه ۲ صورت می‌گیرد.

۳. Untagged: در بسته CDP از VLAN-ID با شماره ۴۰۹۵ استفاده می‌شود که وجود ندارد. این مقدار رزرو شده برای صدا است و اطلاعات به‌صورت بدون tag است. این VLAN به Dead VLAN نیز معروف است و به معنای آن است که هیچ تفاوتی بین صدا و اطلاعات نیست.
۴. None: هیچ VLAN برای صدا اختصاص داده نمی‌شود.

می‌توان از دستور زیر برای نشان دادن وضعیت پورت سوئیچ استفاده نمود.

```
(SW1)#show interface <interface> switchport
```

Voice QoS -۱-۲٤

کیفیت سرویس از اهمیت خاصی برخوردار است، به این دلیل که ترافیک‌های پر اهمیت را از سایر ترافیک‌های داده دیگر جدا می‌کند. این عمل هم در سوئیچ‌ها و هم در مسیریاب‌ها انجام می‌گیرد. مزیت آن هنگامی نمایان می‌شود که در موقع وجود ازدحام و پر شدن حافظه Buffer، بسته‌ها با تأخیر ارسال و یا حذف می‌شوند. با زدن برچسب بر روی بسته‌ها اهمیت آنها مشخص می‌شود و بسته‌ها با اهمیت و اولویت بالاتر زودتر از سایر بسته‌ها ارسال می‌شوند و یا این که اصلاً حذف نگردند. در اکثر پروتکل‌ها از TCP/IP استفاده می‌گردد و با حذف تعدادی از بسته‌ها مشکلی ایجاد نمی‌گردد، زیرا TCP/IP مبتنی بر اطمینان است و بسته‌ها دوباره ارسال می‌شوند. در بسته‌های صوتی از پروتکل UDP استفاده می‌شود و تأخیر و ازدحام قابل تحمل نیست. در صورتی که سوئیچ به دلایلی همچون ازدحام، تصمیم بر حذف بسته‌ها بگیرد، بسته‌هایی را حذف می‌کند که اولویت پایین‌تری داشته باشند پس می‌توان به بسته‌های صوتی اولویت بالاتری داد. فواید کیفیت سرویس در صدا شامل پیش‌بینی ترافیک صوت و جلوگیری از Delay و Jitter است. صوت نمی‌تواند Delay و Jitter را بیش از مقدار معینی تحمل کند. ابتدا به تفاوت بین این دو پرداخته می‌شود. در Delay فضای بین ارسال بسته‌ها یا همان تأخیر برابر است و صدا قابل فهم نیست اما در Jitter فضای ارسال متغیر است و مانند قبل صدا قابل فهم نیست. به طور مثال هنگام ارسال بوق ممتد در delay فواصلی ایجاد می‌شود و بوق منقطع مساوی شنیده می‌شود ولی در jitter بوق منقطع و نامساوی شنیده می‌شود. در صوت هنگامی که یک سخن کوتاه گفته می‌شود به هزاران بسته تبدیل می‌شود که به نحوه نمونه‌گیری بستگی دارد. در QoS قسمتی از فضا برای بسته‌های صوت رزرو می‌شود و به این قسمت زودتر از سایر بسته‌ها سرویس داده می‌شود. بنابر این از Delay و Jitter جلوگیری می‌شود. کیفیت سرویس باید سرتاسر شبکه تنظیم شود، زیرا ممکن است یک سوئیچ crash کند یا اتفاقات دیگری رخ دهد. در نتیجه سایر سوئیچ‌ها باید آمادگی داشته باشند تا این مشکل را جبران کنند. ۲۰۰ میلی ثانیه حداکثر زمانی است که برای تأخیر ابتدا تا انتها بسته صوتی قابل تحمل است. توضیح داده شد که کیفیت سرویس Delay، Jitter و Lost را کاهش می‌دهد ولی باید توجه داشت که همه جا قابل اجرا نیست. به طور مثال اگر سرعت

شبکه همیشه پایین باشد و یا سوئیچی همیشه خراب باشد این عمل قابل استفاده نیست، زیرا طراحی شبکه مشکل دارد و باید راه حل‌هایی مانند etherchannel و یا دیگر موارد را استفاده نمود.

دو نوع Delay وجود دارد که در ادامه توضیح داده می‌شود.

۱. Fixed Delay تأخیری است که همیشه رخ می‌دهد مانند مشکل سخت‌افزاری و یا سرعت پایین Lookup Engine. این مشکل با QoS قابل حل نیست.
۲. Variable Delay در بعضی از موارد با QoS قابل حل نیست و در دیگر موارد QoS بر آن تاثیر می‌گذارد و یا آن را کاهش می‌دهد.

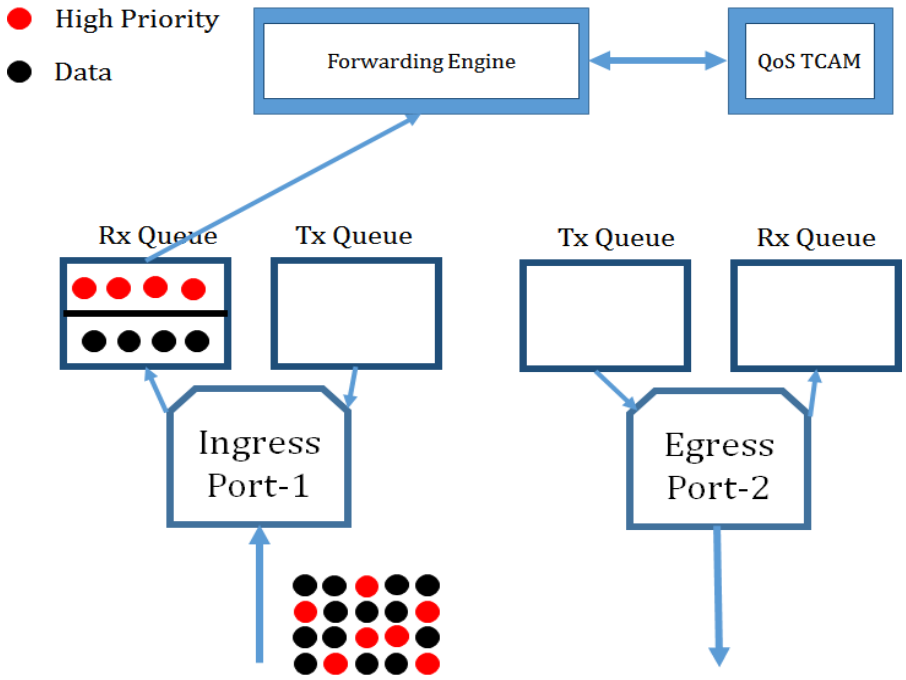
گاهی اوقات fixed delay مفید است. به طور مثال اگر یک سوئیچ ۵۰ میلی ثانیه تأخیر در forwarding engine داشته باشد و سایر سوئیچ‌ها ۲۰ میلی ثانیه می‌توان تأخیر را با استفاده از این fixed delay در سرتاسر شبکه کاهش داد. تأخیر موجود برای صوت می‌تواند شامل موارد زیر باشد.

۱. Coder Delay: زمان فشرده‌سازی و خارج کردن از فشرده‌سازی نمونه‌های PCM (الگوریتم برای تبدیل صوت به بیت کد) است.
۲. Packetization Delay: زمانی که صرف پر کردن هدر بسته با encoding و فشرده‌سازی صوت می‌شود. به عبارتی ساخت بسته IP است.
۳. Serialization Delay: مدت زمانی که بسته از صف بر روی کابل قرار می‌گیرد. برای هر نوع کابل و پورت مانند پورت Serial و یا Ethernet متفاوت است. اگر بر روی پورت فیزیکی سریال، یک سطح ولتاژ ایجاد شود، به مدت زمانی که صرف قرار دادن بسته بر روی کابل می‌شود serialization گویند.

Out Put Queuing Delay: یک نوع Variable Delay است که قبل از serialization انجام می‌گیرد و با استفاده از Qos و کلاس بندی می‌توان آن را کاهش داد و به بسته اولویت بالاتری داد. دو delay دیگر وجود دارد که Network Switching Delay و De-Jitter Delay است.

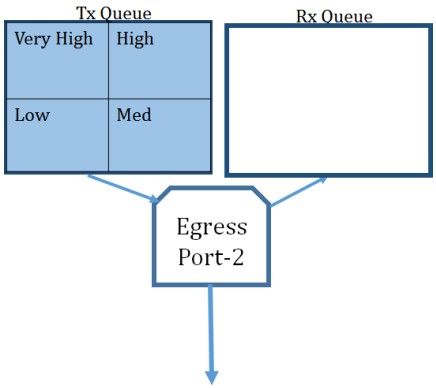
۲۴-۲- ابزارهای QoS

به‌صورت پیش‌فرض QoS غیر فعال است و از روش FIFO(First In First Out) برای ارسال به Forwarding engine و Transit Queue استفاده می‌شود. اگر QoS در قسمت Global فعال شود قسمتی از حافظه برای بسته‌ها رزرو می‌شود و بسته‌ها با اولویت بالاتر قبل از سایر بسته‌ها ارسال می‌شوند.



نحوه اولویت‌بندی بسته‌ها به شرح زیر است:

۱. Classification: در این روش کلاس بندی در قسمت Transit Queue است و از High به سمت Low ارسال می‌شود. نحوه انتخاب بسته‌ها و جایگذاری در کلاس‌ها توسط مدیر شبکه مشخص می‌شود.



ACL نمونه‌ای از کلاس‌بندی است و هنگامی که با آن مطابقت داشته باشد عملیاتی بر روی آن انجام می‌گیرد. در کلاس‌بندی فقط بسته‌ها داده، تشخیص و در کلاس‌های مربوط به خود جای داده می‌شوند.

۲. Queuing: با استفاده از کلاس‌بندی بسته‌ها را در صف‌های خروجی قرار می‌دهد. به عبارتی مشخص می‌کند کدام کلاس ابتدا ارسال شود. همچنین اندازه صف و نرخ ارسال کلاس به صف در Queuing قابل تغییر است.

۳. Policy/Shaping: در قسمت Policy می‌توان قوانین و سیاست‌هایی را اعمال نمود. به‌طور مثال ایجاد یک Threshold برای بسته‌های یک کلاس هنگام ارسال بسته‌ها به forwarding engine و هنگامی که از این حداکثر به سمت TX عبور کرد، بسته‌ها حذف شوند. Policy از پر شدن صف‌ها و عبور از threshold جلوگیری می‌کند. در shaping قسمت forwarding engine با تمام سرعت بسته‌ها را ارسال می‌کند و کنترل بسته‌ها در TX انجام می‌گیرد تا مطابق با سرعت کابل شود. تفاوت بین Policy و Shapingاین است که policy در forwarding engine صورت می‌گیرد ولی shaping در TX queue و در policy اگر ترافیک ارسالی از نرخ تعریف شده تجاوز کند بسته‌ها حذف می‌شوند ولی درshaping فقط کنترل سرعت انجام می‌گیرد و بسته‌ها حذف نمی‌شوند و ممکن است صف‌ها پر شوند.

۴. Scheduling: در زمان‌بندی چگونگی ورود و یا خروج ترافیک در RX و TX مشخص می‌شود. به طور مثال ابتدا صف با اولویت بالاتر کاملاً خالی شود و سپس صف‌های دیگر ارسال شوند.

QoS Models -۳-۲٤

الگوریتم‌هایی که در کیفیت سرویس استفاده می‌شود شامل:

۱. Best Effort Delivery: در واقع مانند غیر فعال بودن QoS است و از FIFO استفاده می‌کند. این روش به‌صورت پیش‌فرض است. در واقع فقط بسته‌ها را ارسال می‌کند و همه چیز به شبکه بستگی دارد.

۲. Integrated Services: قبل از شروع سرویس‌ها در برنامه مبدأ، منابعی را برای کیفیت رزرو می‌کند. این روش از پروتکل (Resource Reservation Protocol) RSVP استفاده می‌کند تا تأخیر پهنای باند معینی را رزرو کند. حداقل و حداکثر پهنای باند شبکه بررسی می‌شود که آیا تأخیر برآورده می‌شود یا خیر. پس از تأیید، منابع مورد نیاز را تأمیین و رزرو می‌کند. تمامی سوئیچ‌هایی که از ابتدا تا انتها وجود دارند باید پروتکل RSVP را پشتیبانی کنند. در واقع مبدأ درخواست تأمین منابع به‌صورت end-to-end ارسال می‌کند و منتظر apply از تمامی سوئیچ‌ها می‌ماند.

۳. Differentiated Service: این روش بر اساس سوئیچ به سوئیچ یا per-hope behavior است، به معنای این که هر بسته به هر سوئیچی که می‌رسد با توجه به تنظیمات مربوط به خود در classification عملکرد خاص خود را دارد. ممکن است یک بسته در یک سوئیچ صف اول و در سوئیچ دیگر صف دوم باشد. به معنای دیگر هر سوئیچ تنظیمات و مکانیزم مربوط به خود را در مورد مهمترین بسته‌ها دارد و با توجه به Flag هدر بسته‌ها تصمیمات QoS را اتخاذ می‌کند.

در تمامی موارد بالا Flag در دو لایه ۲ و ۳ انجام می‌گیرد که در زیر شرح داده می‌شود:

۱. Priority Tag in Layer-2: بسته‌های عادی Ethernet فیلد اولویت ندارند. هدر 802.1q/.1p این هدف را پیاده‌سازی می‌کند. زمانی که یک tag در هدر مشخص می‌شود، به خودی خود مفهومی ندارد و در واقع مدیر شبکه باید به آن معنا دهد. مدیر شبکه مشخص می‌کند این tag چه عملی را انجام می‌دهد. 802.1q دارای ۴ بایت است که تنها ۳ بیت آن مربوط به priority است به نام Cost of Service (CoS) که بین ۰ و ۷ مقدار داده می‌شود. این فیلد برای تشخیص QoS است و به سوئیچ می‌فهماند که به سراغ این فیلد برود و ۷ را به عنوان بالاتر و صفر را به عنوان پایین‌ترین اولویت قرار دهد. مسأله‌ای که در اینجا اتفاق می‌افتد، تفاوت بسته ورودی با خروجی از سوئیچ است. اگر پورت خروجی access باشد هدر 802.1q حذف می‌شود و اگر trunck باشد هدر قبلی حذف و هدر جدیدی ایجاد می‌گردد و هدر اصلی از بین می‌رود. پس لایه ۲ قابل اطمینان نیست.
۲. Priority Tag in Layer-3: همانطور که گفته شد لایه ۲ قابل اطمینان نیست، پس در لایه ۳ از فیلدی به نام Type of Service (ToS) استفاده می‌شود. این فیلد end-to-end و همچنین رزرو شده است. حال اگر QoS بر روی سوئیچی تنظیم شود باید هدر لایه ۲ و ۳ قسمت CoS و ToS بسته را نگاه کند در غیر این صورت این مقدارها بی اهمیت است. استانداردهای ToS به دو نوع IP Precedency و DCSP است.

Type of Service with IP Precedence							
P2	P1	P0	T3	T2	T1	T0	Zero

Ver	IHL	Type of Service	Total Lenght	
Identification			Flags	Fragment Offset
Time To Live		Protocol	Header Checksum	
Source IP Address				

Destination IP Address
IP Options (if any)

ToS: IP Precedency دارای ۸ بیت است که ۳ بیت اول از سمت چپ همان CoS در لایه ۲ است و ۴ بیت بعدی برای درخواست منابع QoS است و بیت آخر آن همیشه صفر است. T3: بیت مربوط به Delay است. در صورت یک بودن درخواست منابع با کمترین Delay ارسال می‌شود. T2: بیت مربوط به Throughput است. در صورت یک بودن درخواست منابع با بیشترین Throughput ارسال می‌شود. T1: بیت مربوط به Reliability است. در صورت یک بودن درخواست منابع با بیشترین Reliability ارسال می‌شود. T0: رزرو شده برای آینده است. شبکه‌های کمتری به بیت‌های T توجه می‌کنند. همچنین ترتیب این بیت‌ها نام گذاری شده و حائز اهمیت هستند.

000	Routine	100	Flash Override
001	Priority	101	Critical
010	Immediate	110	InterNetwork Control
011	Flash	111	Network Control

استاندارد دیگر ToS به نام DSCP(Deffrentiated Services Code Point) است که استاندارد بعد از IP Precedency و اصلاح شده آن است و به جای ۳ بیت از ۶ بیت برای priority استفاده می‌کند. ۳ بیت اول آن از چپ به عنوان CS(Class Selector) و ۳ بیت بعدی به عنوان Precedence Drop (DP) و ۲ بیت بعدی Explicit Congestion Notification (ECN) نامیده می‌شود. برای تبدیل آن به IP Precedency، ۳ بیت CS همان CoS می‌شود. در DSCP هر CS ۳ زیر مجموعه دارد که به نام Assured Forwarding (AF) است و اهمیت حذف بسته را تعیین می‌کند. به عبارتی هر کلاس به سه دسته حذف کمتر، حذف متوسط و حذف زیاد تقسیم می‌شود. نحوه نام گذاری آن به‌صورت زیر است:

۱. فیلد AF از شماره ۰ تا ۶۳ مقدار دهی می‌شود.
۲. مقادیر خاصی از AF11 تا AF43 و CS1 تا CS7 می‌باشند و بقیه شماره‌ها با همان نام DSCP شناخته می‌شوند.
۳. مقادیر AFها به این صورت هستند AF## که دو عدد بعد از آن، اولی از چپ نشان دهنده شماره کلاس و عدد دومی نشان دهنده میزان حذف بسته‌ها است.
۴. در واقع CSها به همان AFها به‌صورت AF#0 هستند که رقم دوم آنها صفر است.

۵. مقدار DSCP46 نیز رزرو شده برای صوت است.

Type of Service with DSCP							
DS5	DS4	DS3	DS2	DS1	DS0	ECN1	ECN0

	Class 1	Class 2	Class 3	Class 4
Low drop probability	AF11 (DSCP 10)	AF21 (DSCP 18)	AF31 (DSCP 26)	AF41 (DSCP 34)
Med drop probability	AF12 (DSCP 12)	AF22 (DSCP 20)	AF32 (DSCP 28)	AF42 (DSCP 36)
High drop probability	AF13 (DSCP 14)	AF23 (DSCP 22)	AF33 (DSCP 30)	AF43 (DSCP 38)

Class Selector 2 = IP Precedence 2

AF42	100 Class Selector	10 DS2/DS1	0 DS0	00 ECN

QoS Trust Boundary: زمانی که QoS در Globall وارد شود، بیت‌های اولویت لایه ۲ و۳ بسته‌هایی که وارد می‌شوند به صفر تبدیل می‌شوند زیرا به عنوان بسته‌های نامطمئن هستند. برای رفع آن باید داخل پورت به‌صورت دستی Trust Port را تنظیم نمود تا مقدار QoS را تغییر ندهد.

Configure QoS –٤–٢٤

برای اختصاص اولویت از دستور زیر استفاده می‌شود:

(Config)#class-map <name>

دستور بالا مانند route-map در مسیریابی است.

(Config-map)#match ip <dscp | precedence > <value>

(Config)#mls qos

اگر فقط دستور بالا در Global تنظیم شود، به‌صورت Untrusted است و از FIFO استفاده می‌شود.

(Config-if)#mls qos trus <cos | ipp | dscp >
(Config-if)#mls qos trust device cisco-phone -> understand from CDP
(Config-if)#switchport pririty extend [cos <value | trust]

Trust در خط فرمان بالا برای 802.1p است.

802.1p شبیه 802.1q است با این تفاوت که VLAN-ID برابر صفر است و بیت priority دارد. اگر بسته از سمت PC یا end-device بیاید می‌توان بیت CoS برای آن تنظیم و در سوئیچ دستور trust را وارد نمود تا بدون تغییر بسته را forward کند.

Auto QoS -۵-۲٤

این مفهوم به‌صورت macro و از پیش تعریف شده است. به این صورت عمل می‌کند که ابتدا باید QoS فعال باشد. سپس CoS را به DSCP تبدیل می‌کند. در واقع map کردن اولویت لایه ۲ به ۳ است. پس از آن صف‌های ورودی و خروجی را تنظیم می‌کند. این قابلیت صف اولویت پایدار محکمی برای ترافیک خروجی صوت و بر روی اینترفیس QoS Trust Boundary پایداری دارد.

```
(Config-if)#auto qos voip <cisco-phone | cisco-softphone | trust>
(SW1)#show mls qos interface <interface-number>
```

Securing Switch Access -۲۵

در این قسمت به نحوه کار پروتکل‌های احراز اصالت و بالا بردن امنیت سوئیچ تا حدودی پرداخته شده است.

Authentication, Authorization and Accounting (AAA) -۱-۲۵

AAA مخفف Authentication، Authorization و Accounting است. در مواقعی استفاده می‌شود که کاربر نیاز به دسترسی به CLI سوئیچ یا مسیریاب یا سیستم دیگری داشته باشد. اگر در شبکه کاربران بسیار زیادی وجود داشته باشد که هر کدام نام و رمز عبور مختص به خود داشته باشند، ایجاد و تغییر دادن این مشخصات به‌صورت محلی دشوار است. برای آسانی می‌توان بر روی سرور AAA که خود دارای پایگاه داده است این مشخصات را ایجاد نمود. این سرور با سیستم‌های دیگر در ارتباط است و یک Credential با همه سیستم‌ها دارد و نیاز به تعریف به‌صورت محلی نیست. همچنین در این سرور می‌توان ACL یا Policyهای مربوط به کاربران را Download یا Upload نمود. به طور مثال پس از تأیید هویت کاربر، میزان سطح دسترسی آن به سوئیچ را به‌صورت پویا می‌توان اضافه نمود. همچنین با استفاده از این سرویس می‌توان سطح دسترسی کاربر به شبکه را تغییر داد. به طور مثال هنگام اتصال به شبکه بیسیم ابتدا کاربر تأیید و سپس به آن سرویس دهی شود. پروتکل 802.1x نمونه‌ای از این پروتکل است. به دلیل وجود ۳ مؤلفه Client، Network Access Server (NAS) و Server دارای ۳ مرحله پردازشی است که در زیر به توضیح هر یک پرداخته می‌شود:

۱. Client: دستگاهی است که نیاز به دسترسی شبکه دارد و می‌خواهد از یک سرویس دهنده سرویس دریافت نماید.
۲. Network Access Server (NAS): اولین دستگاهی است که Client به آن می‌رسد و احراز اصالت آن را بررسی می‌کند که خود به‌صورت از راه دور به server متصل می‌شود.
۳. AAA Server: در دستگاه NAS نیاز به ذخیره و نگهداری اطلاعات کاربر نیست. در واقع نیاز به سرویس دهنده مرکزی است تا اطلاعات کاربر در آن ذخیره شود و تمامی دستگاه‌های NAS به آن مراجعه کند. این سرور دارای تمامی Credentialهای دستگاه‌های سرویس دهنده است.

وظیفه سرویس دهنده AAA در زیر توضیح داده شده است:

۱- Authentication: این مؤلفه به تأیید احراز اصالت client می‌پردازد. وجود کاربر در پایگاه داده و تأیید اطلاعات را بررسی می‌کند. روش‌های مورد استفاده شامل نام کاربری و رمز عبور، کارت الکترونیکی، MAC Address و ... است.
۲- Authorization: سطح دسترسی کاربر، اجازه عبور و این که کدام کاربر به کدام سطح مجوز داشته باشد را بررسی می‌کند. سطح‌های دسترسی مورد استفاده در سوئیچ می‌تواند شامل: ۱- Basic Network Access ۲- CLI Availability ۳- VLAN Assignment ۴- Dynamic QoS Policy ۵- Dynamic ACL و... باشد.
۳- Accounting: این مؤلفه اطلاعات آماری در رابطه با پیغام‌های ورود و خروج، دسترسی‌های غیر مجاز، نوع سرویس و ... را جمع آوری می‌کند. بیشتر افراد این سیستم را پیاده‌سازی نمی‌کنند و از دو مؤلفه پیش جدا می‌دانند.

۲۵-۱-۱- Relationship between AAA Server and NAS

برای ارتباط و همچنین تبادل اطلاعات بین client و AAA Server نیاز به پروتکل ارتباطی احساس می‌شود. نمونه‌ای از این پروتکل در لایه دو 802.1x است. در این جا client می‌تواند سوئیچ یا مسیریاب باشد، زیرا خود از AAA Server سرویس می‌گیرد و به عنوان NAS عمل می‌کند. پروتکل‌هایی که از طریق راه دور، عملیات احراز اصالت و خدمات مربوط به کنترل دسترسی شبکه را از طریق یک سیتم مرکزی انجام می‌دهند به شرح زیر است:

۱. TACACS+ (Terminal Access Controller Access Control System): این پروتکل مخصوص شرکت سیسکو است و برای تبادل اطلاعات AAA طراحی شده است. همچنین سه مؤلفه Authentication، Authorization و Accounting را به‌صورت جداگانه ارائه می‌دهد. به عبارت

دیگر می‌توان از پروتکل دیگری (مانند Kerberos) برای Authentication و از +TACACS برای Authorization و Accounting استفاده نمود.

۲. RADIUS (Remote Authentication Dial In User Service): همانند پروتکل قبل برای تبادل اطلاعات AAA طراحی شده است با این تفاوت که در استاندارد IEEE با RFC 2058 تعریف و بعد از آن چندین بار به روز شده است. تفاوت دیگر آن این است که در پروتکل قبل سه مؤلفه جدا از هم بوده و می‌توان از پروتکل‌های جایگزین استفاده نمود ولی در این پروتکل Authentication و Authorization در قالب یک بسته بوده و از پروتکل سومی نمی‌توان استفاده نمود.

۲۵-۱-۲- AAA IOS Configuration

برای تنظیم AAA بر روی تجهیزات سیسکو، ابتدا باید سیستم کاربر تنظیم شود و مشخص نمود کدام interface به AAA متصل است. پس از آن باید در سوئیچ یا مسیریاب AAA Server تنظیم شود و مشخص نمود کدام استاندارد استفاده می‌شود. AAA به‌صورت پیش‌فرض غیر فعال است. همانطور که گفته شد NAS خود یک سرویس گیرنده است. برای تنظیم ارتباط باید از کلمه عبور برای احراز بین AAA Server و NAS استفاده نمود. واضح است که بین این دو باید ارتباط IP وجود داشته باشد.

```
(Config)#aaa new-model
(Config)#tacacs-server host <aaa-server> key <key-value>
```

یا

```
(Config)#radius-server host <aaa-server> key <key-value>
```

برای دسترس‌پذیری بالا می‌توان از چندین سرویس دهنده استفاده نمود که سرویس دهنده دومی پشتیبان اولی باشد.

```
(Config)#radius-server host <aaa-server1>
(Config)#radius-server host <aaa-server2>
(Config)#radius-server key <key-value>
```

در خط فرمان پایین مشخص می‌شود چه موقع باید از AAA استفاده نمود.

```
(Config)#aaa authentication login default <enable | group | krb5 | ... >
(Config)#aaa authentication login default group radius
```

در خط فرمان زیر در صورت قطع سرور، از local خود استفاده نماید.

```
(Config)#aaa authentication login default group radius group tacacs+ local
```

همچنین می‌توان زمانی تنظیم نمود که بعد از چه مدت از local استفاده نماید.

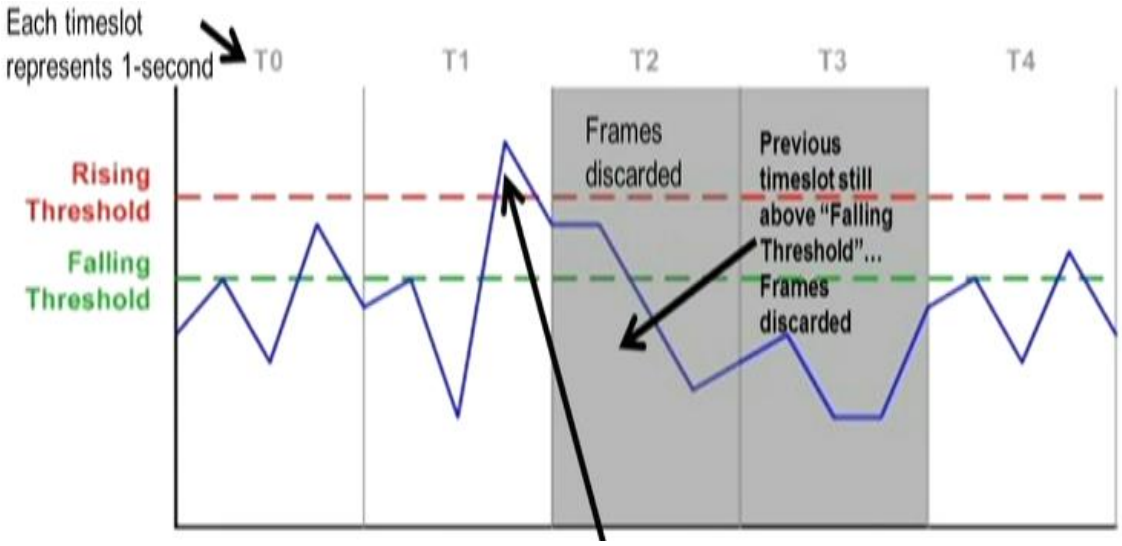
```
R1(config)#aaa authentication ?
  arap              Set authentication lists for arap.
  attempts          Set the maximum number of authentication attempts
  banner            Message to use when starting login/authentication.
  dot1x             Set authentication lists for IEEE 802.1x.
  enable            Set authentication list for enable.
  eou               Set authentication lists for EAPoUDP
  fail-message      Message to use for failed login/authentication.
  login             Set authentication lists for logins.
  onep              Set authentication lists for ONEP
  password-prompt   Text to use when prompting for a password
  ppp               Set authentication lists for ppp.
  sgbp              Set authentication lists for sgbp.
  suppress          Do not send access request for a specific type of user.
  username-prompt   Text to use when prompting for a username
```

Securing Switch Access (Storm Control) –۲–۲۵

گاهی اوقات در شبکه سیلی از بسته‌ها دیده می‌شود که ممکن است به دلیل ارسال بسته‌های Broadcast، Multicast و یا Unknown Unicast باشد. این سیل بسته‌ها باعث افزایش بار CPU به ۱۰۰ درصد و کاهش عملکرد شبکه و یا Host می‌شود. برای جلوگیری می‌توان از Storm Control استفاده نمود. این ابزار بر روی هر interface اجرا می‌شود و به‌صورت global نیست. قبل از پیاده‌سازی باید مشخص شود از کدام interface سیل بسته‌ها وارد می‌شود و یا این که بر روی تمام interfaceها اجرا شود. برای فهمیدن این مطلب ابتدا باید storm را جست‌وجو و برای مشاهده Broadcast، Multicast و Unicast یا چند مورد را به‌صورت هم‌زمان مشخص نمود. به طور مثال در unicast storm بسته باز می‌شود و اگر آدرس MAC آن نا معتبر باشد آن را به عنوان storm شناسایی می‌کند. بعد از شناسایی storm باید از آن جلوگیری نمود. در هنگام جلوگیری باید دقت داشت تمامی بسته‌ها را نمی‌توان فیلتر نمود. به طور مثال تمام بسته‌های Broadcast را نمی‌توان فیلتر نمود زیرا بسته‌های مدیریتی نیز جزئی از این بسته‌ها هستند. بنابر این باید یک مرزی تعیین شود که بعد از آن مرز بسته‌ها فیلتر شوند. این مرز یا Threshold می‌تواند یکی از موارد زیر باشد:

۱. درصد استفاده از پهنای باند: اگر پورتی از یک درصد بیشتر مورد استفاده قرار گرفت بسته‌ها حذف شوند.
۲. ترافیک بسته بر اساس Packet per Second: اگر ترافیک دریافتی بر اساس بسته بر ثانیه از مرز مشخصی عبور کرد بسته‌ها حذف شوند.
۳. ترافیک بسته بر اساس Bit per Second: اگر ترافیک دریافتی بر اساس بیت بر ثانیه از مرز مشخصی عبور کرد بسته‌ها حذف شوند.

۴. ترافیک بسته بر اساس Packet per Second و مورد استفاده برای small frames: این مرز می‌تواند برای هر interface و یا به‌صورت global تعریف شود. در بعضی از دستگاه‌ها دو مرز قابل تعیین است. Rising Threshold: اگر ترافیک از این مرز بالاتر رود بسته‌ها حذف می‌شوند. باید توجه داشت که ترافیک در یک بازه زمانی بررسی می‌شود و اگر در بازه زمانی قبلی از این مرز عبور کرد در بازه زمانی بعدی بسته‌ها حذف می‌شوند. Falling Threshold: اگر ترافیک از این مرز پایین نیاید همچنان بسته‌ها در بازه زمانی بعدی حذف می‌شوند. در شکل زیر نمودار بر اساس نرخ بسته و بازه زمانی، مورد بررسی قرار گرفته است. در بازه زمانی T1 نرخ بسته بالاتر از حد مجاز است و در بازه T2 بسته‌ها حذف می‌شوند.



دستورات مربوط به کنترل سیل یا Storm Control به‌صورت زیر است:

```
(Config-if)#storm-control broadcast level <rising-threshold-of-bandwidth>
```

در بعضی از platformها به‌صورت زیر است:

```
(Config-if)#storm-control <broadcast | multicast | unicast> level <rising-threshold>
<falling-threshold>
```

دستور زیر interface را به حالت errdisable می‌برد:

```
(Config-if)#storm-control action shutdown
(SW1)#show storm-control
```

هنگامی که پورت به حالت errdisable می‌رود باید به‌صورت دستی فعال نمود و یا از دستور زیر استفاده نمود:

```
(Config)#errdisable recovery cause storm-control
(Config)#errdisable recovery interval <after-second-for-enable>
```

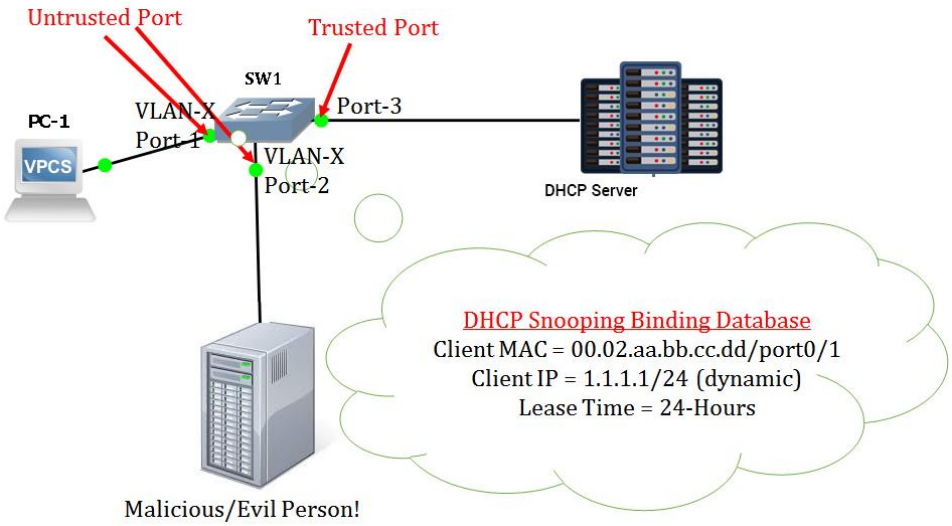
DHCP Snooping –۳–۲۵

زمانی که یک کاربر بسته DHCP Discover را ارسال می‌کند، همه افراد آن را می‌بینند زیرا این بسته به‌صورت Broadcast است. شخص خرابکار می‌تواند بسته DHCP Response را شبیه‌سازی و به کاربر ارسال کند. در همین هنگام DHCP Server نیز پاسخ می‌دهد ولی به دلیل ارسال چندین بسته از خرابکار و یا ارسال زودتر، کاربر بسته خرابکار را قبول می‌کند. بسته DHCP Offer که از سمت خرابکار ارسال می‌شود ممکن است شامل اطلاعات اشتباهی مانند default gateway و DNS باشد که پیامدهای نا مطلوبی را در پی خواهد داشت. ابزاری در سوئیچ وجود دارد که می‌توان از این پیامد جلوگیری نمود. اصطلاحاتی که در این زمینه وجود دارد شامل موارد زیر است:

۱. Untrusted Port: زمانی که DHCP Snooping بر روی سوئیچ فعال می‌شود، تمامی پورت‌های سوئیچ به حالت untrusted می‌رود و به‌صورت دستی باید پورت‌ها را به حالت Trust برد. این عمل شبیه QoS است.

۲. DHCP Snooping Binding Database: زمانی که بسته DHCP Discover از پورت Untrusted وارد سوئیچ می‌شود، جدولی ایجاد می‌شود و اطلاعات MAC، پورت کاربر و ... را به پورت Trusted ارسال می‌کند. تمامی بسته‌های DHCP که از پورت Untrusted وارد سوئیچ می‌شود پس از کامل شدن Binding Database به پورت Trusted ارسال می‌شود. جدول DHCP Binding Database فقط برای DHCP Snooping نیست و برای ابزارهای امنیتی دیگر مانند Dynamic ARP Inspection نیز استفاده می‌شود.

روند ارسال بسته‌ها از پورت Untrusted به‌صورت DHCP Discover، DHCP Request/Inform، DHCP Decline، DHCP Release و از پورت Trusted به‌صورت DHCP Offer، DHCP ACK، DHCP NACK



است. ابزار DHCP Snooping مانند Uplink Fast برای سوئیچ‌های Access استفاده می‌شود زیرا بیشتر سیستم‌هایی که نیاز به DHCP دارند کاربران End Device هستند که در لایهAccess قرار دارند. همچنین اگر در لایه‌های دیگر مانند Core یا Distributed باشد ممکن است دچار اشکال شود، زیرا اگر در بین راه مسیریابی باشد از IP Helper-address استفاده کند و سوئیچ DHCP Snooping به دلیل این که این بسته Unicast است نه Broadcast بسته را حذف می‌کند.

```
(Config)#ip dhcp snooping
(Config)#ip dhcp snooping vlan <vlan-id>
```

دستورات زیر برای اینترفیس است و دستور اول جهت محدود کردن میزان بار است که برای جلوگیری از crash و همچنین DOS Attack (Maximum Rate Packet Per Second) مورد استفاده می‌شود.

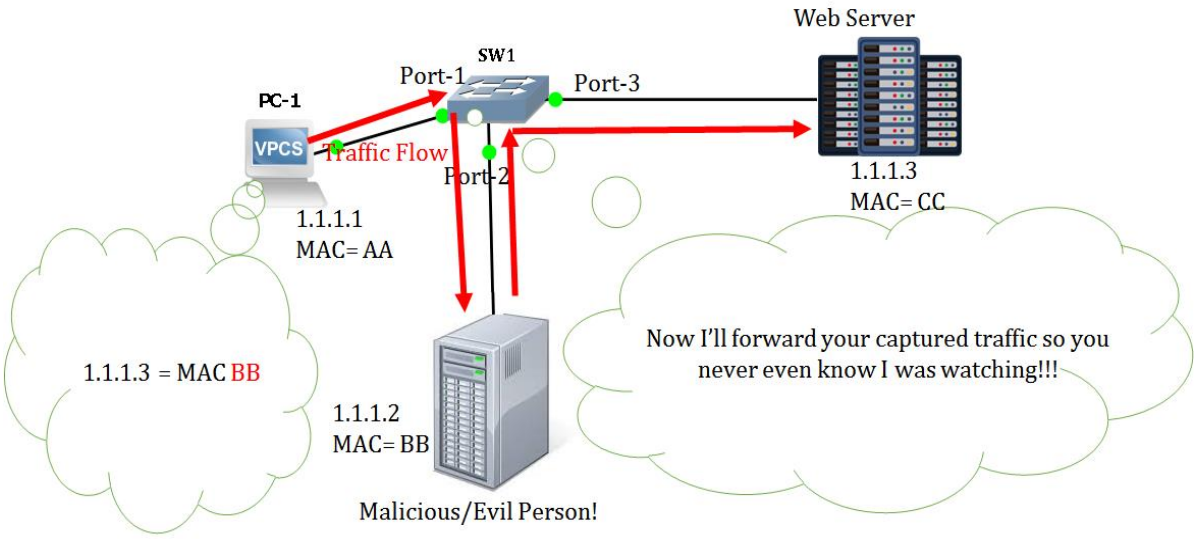
```
(Config-if)#ip dhcp snooping limit rate <1-2048>
(Config-if)#ip dhcp snooping trust
```

این دستور از گذاشتن اطلاعات کاربر و ارسال آن به DHCP Server با کد ۸۲ جلوگیری می‌کند. به‌صورت پیش‌فرض از آن استفاده می‌شود و بیشتر پروتکل‌های امنیتی DHCP این بسته را Drop می‌کنند.

```
(Config)#no ip dhcp snooping information option
(SW1)#show ip drop snooping binding
```

Dynamic Arp Inspection –٤–٢٥

زمانی که یک کاربر بسته ARP Request را ارسال می‌کند، به دلیل ارسال بسته به‌صورت Broadcast، فرد خرابکار این بسته را مشاهده می‌کند. فرد خرابکار پاسخ آن را با IP جعلی می‌دهد که این باعث می‌شود بسته‌ها از سمت کاربر به سمت فرد خرابکار و بعد از آن به سرویس دهنده ارسال گردد.



در واقع فرد خرابکار هر آدرسی را که بخواهد می‌تواند جعل کند. DAI با استفاده از جدول DHCP Snooping Binding می‌تواند ARP Request/Reply را بررسی نماید و در صورت صحیح نبودن بسته ARP، پیغام (log message) دهد. زمانی که سیستمی برای اولین بار Boot می‌شود نیاز به IP دارد که بسته DHCP و ARP برای تنظیم default gateway ارسال می‌شود. اگر در سوئیچ DHCP Snooping تنظیم شده باشد جدول DHCP Snooping Binding که شامل IP، MAC، SRC Port و VLAN است ایجاد می‌شود. این جدول کمک می‌کند تا از جعل آدرس خرابکار جلوگیری شود. مشکلی که در این هنگام پیش می‌آید آدرس‌های ایستا هستند مانند default gateway که در این جدول قرار نمی‌گیرند و سوئیچ این بسته‌ها را حذف می‌کند. در نتیجه هنگام ارسال بسته ARP Request کاربر مشکلی پیش نمی‌آید ولی هنگام ارسال بسته ARP Response سرویس دهنده، این بسته حذف می‌شود، زیرا در جدول DHCP Snooping Binding وجود ندارد. برای جلوگیری از حذف بسته‌ها با IP ایستا می‌توان از Static ARP ACL برای اطلاعات مسیریاب استفاده نمود ویا از ابزار DAI Trusted/Untrusted Port استفاده نمود.

دستورات زیر برای تنظیم DAI و Trust است.

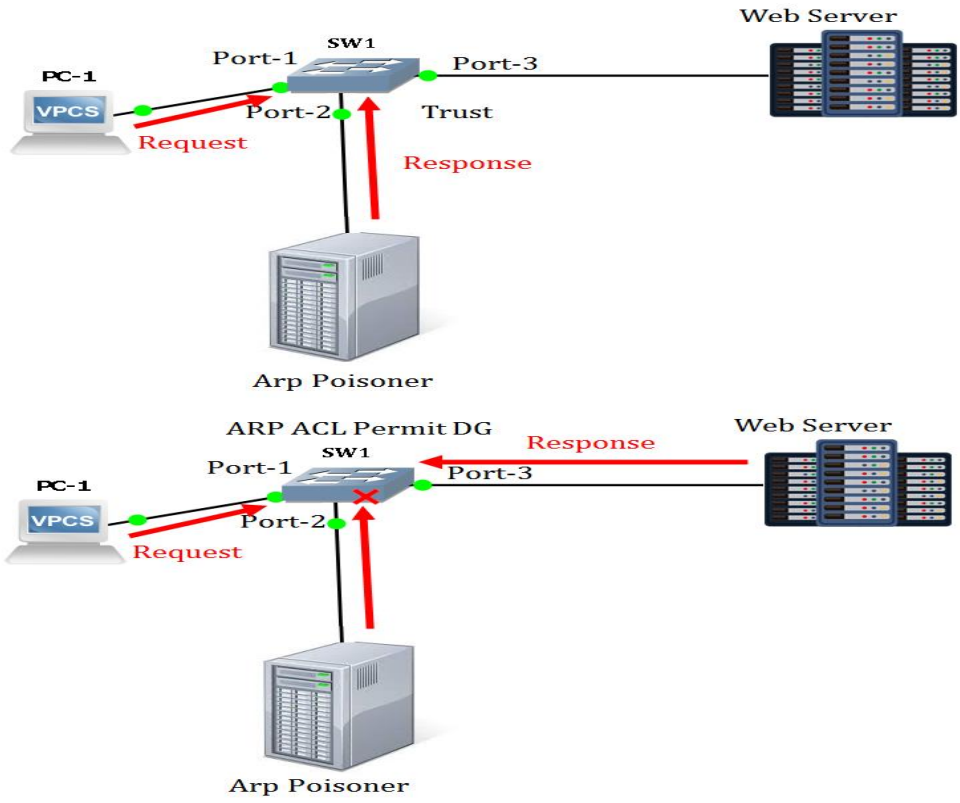
```
(Config)#ip arp inspection vlan <vlan-id>
(Config-if)#ip arp inspection trust
```

دستورات زیر برای ایجاد ARP ACL است.

```
(Config)#arp access-list <name>
(Config-ac)#permit ip host <ip-add> mac host <mac-add>
(Config)#ip arp inspection filter <arp-acl-name> vlan <vlan-id> [static]
```

دستور static دلخواه است ولی قدرت دستور را بالا می‌برد. در حالت عادی هنگام دریافت بسته ARP ابتدا static و سپس جدول DHCP Snooping Binding بررسی می‌شود ولی هنگام استفاده از static دیگر جدول DHCP Snooping Binding بررسی نمی‌شود.

زمانی که ARP Poisoner سمت سرور یا default gateway باشد باید از ARP ACL استفاده شود زیرا اگر از trusted port استفاده شود چون از یک interface عبور می کند و این پورت trust شده است می‌تواند آدرس را جعل کند.



هنگامی که Dynamic ARP Inspection(DAI) فعال می‌شود فیلدهای MAC، IP و VLAN مبدأ بررسی می‌شود. اگر مدیر سیستم بخواهد اطلاعات مقصد را نیز بررسی کند باید از دستور زیر استفاده نماید.

(Config)#ip arp inspection validate <[src-mac] [des-mac] [ip-target] >

ARP Frame Format											
Dest MAC Add	**Src Mac Add**	Type (0x0806)	H/W Type (0x01) Ethernet	Protocol Type (0x0800)	H/W Size	Protocol Size	Op Code	**Sender MAC**	**Sender IP Add**	Target MAC	**Target IP Add**

ارسال بیش از حد درخواست‌های ARP نوعی حمله DoS است که ممکن است باعث کندی یا اختلال در سوئیچ و یا سرور شود. ابزار DAI قابلیت محدودیت ارسال بسته را نیز دارد. به‌صورت پیش‌فرض 15 بسته در هر ثانیه می‌توان ارسال نمود. این قابلیت و محدودیت بر روی پورت Trust اعمال نمی‌شود. برای محدود کردن ارسال بسته بر ثانیه از دستور زیر می‌توان استفاده نمود.

```
(Config-if)#ip arp inspection limit rate <0-2048>
(SW1)#show ip arp inspection
```

۲۶- Security VLAN

راه کارهایی برای امن نمودن VLAN، ارتباط بین آنها و استفاده در مسیریابی وجود دارد که در ادامه به توضیح برخی از آنها پرداخته می‌شود.

۲۶-۱- VLAN Access List

نام‌های دیگر آن VACL و VLAN Access-map است که شامل دو نوع زیر است:

۱- Routed access-list: بر روی اینترفیس لایه ۳ فعال می‌شود حال چه VLAN و چه routing باشد. فقط برای ترافیک‌های مسیریابی استفاده می‌شود. اجازه و یا عدم اجازه ارسال ترافیک از یک شبکه خاص و مسیریابی به شبکه دیگر را فراهم می‌کند.

۲- VLAN access-list: می‌توان برای ترافیک مسیریابی استفاده نمود ولی قدرت و طراحی آن برای ترافیک‌های Bridge است. اجازه و یا عدم اجازه ارتباط هاست‌ها بین VLANها را فراهم می‌کند. بر روی اینترفیس‌های لایه ۳ قابل تنظیم نیست و فقط بر روی VLAN Interface تنظیم می‌شود. هر ترافیکی ورودی و خروجی از VLAN در صورت مطابقت با VACL می‌تواند عبور و یا متوقف شود. مانند rout-map است که در این جا access-map نامیده می‌شود.

VACL می‌تواند مؤلفه‌های IP، IPX و MAC را بررسی نماید. در صورت تنظیم VACL برای MAC address باید از mac access-list استفاده شود. اولین مؤلفه‌ای که VACL بررسی می‌کند Ethernet type code است. در صورتی که mac access-list تنظیم شده باشد و Ethernet type cod ترافیک مورد بررسی، شامل IP یا IPX باشد، از mac access-list گذر کرده و به بررسی ip access-list می‌پردازد. عملیات‌هایی که VACL انجام می‌دهد شامل Forward، Drop، Redirect و Capture است. عمل Redirect در سوئیچ به این شکل است که سوئیچ برای ارسال کردن (Forward) ترافیک جدول‌های MAC یا CAM را مشاهده می‌کند، در این حالت می‌توان یک اینترفیس خروجی را تعیین نمود تا ترافیک از آن اینترفیس ارسال (redirect) شود. در همه سوئیچ‌ها

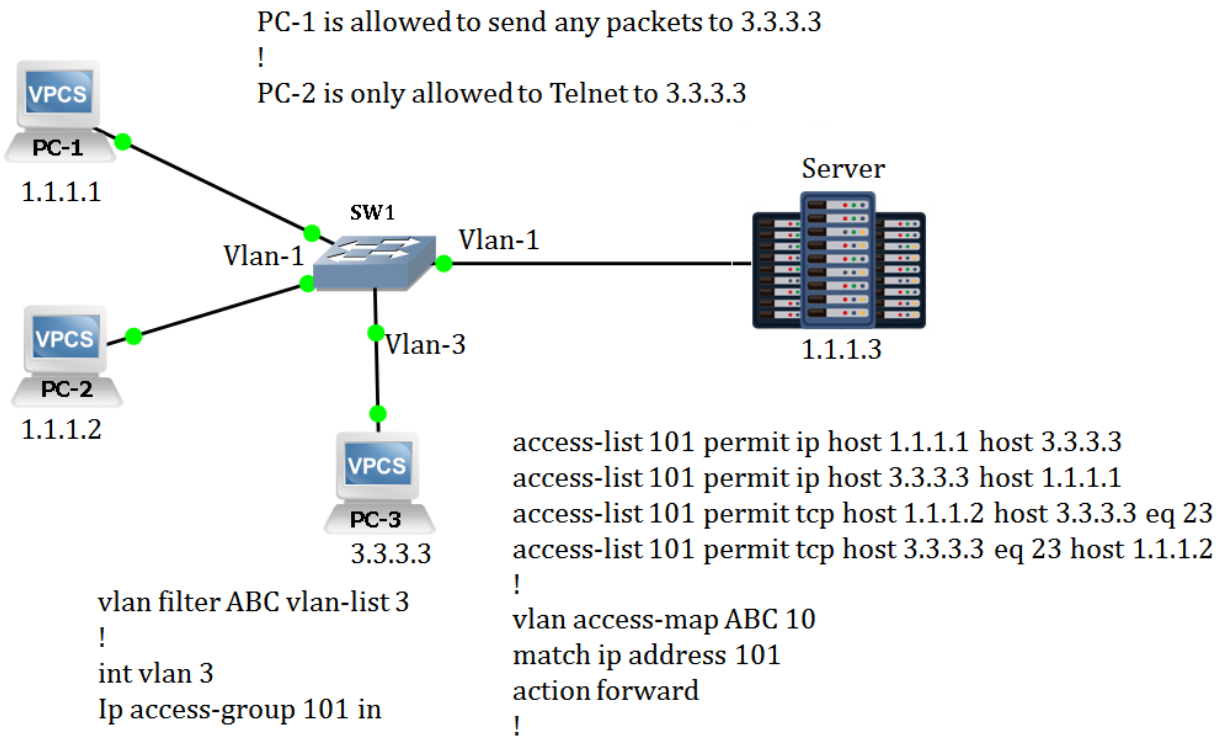
قابلیت Capture وجود ندارد. این قابلیت اجازه کپی ترافیک و ارسال آن به یک اینترفیس دیگر برای مشاهده ترافیک را می‌دهد. دستورات زیر تنظیم VACL را نشان می‌دهد.

```
(Config)#vlan access-map <map-name> [sequence-number]
(Config-access-map)#match <ip|ipx address> <acl-number | acl-name>
(Config-access-map)#action <drop | forward [capture] | redirect <type-if/number>
(Config)#vlan filter <map-name> vlan-list <vlan-id>
```

Permit یا Deny در access-list به معنای استفاده و یا عدم استفاده در access-map است.

تفاوت بین VACL و RACL به شرح زیر است:

۱. RACL بر روی Routed Interface انجام می گیرد اما VACL به‌صورت global تنظیم می‌شود.
۲. VACL هم برای RACL استفاده می‌شود و هم برای Bridge Traffic اما RACL فقط برای routed interface است.



Private VLAN –۲–۲۶

دو دلیل اصلی برای ساخت Private VLAN مطرح است. دلیل اول اینکه تنها ۴۰۹۶ VLAN می‌توان ایجاد کرد که این باعث محدودیت تعداد VLAN است. البته از access-list نیز می‌توان استفاده نمود ولی اگر تعداد کاربران بسیار زیاد باشد این راه آسان نیست و سربار مدیریتی به همراه دارد. دلیل دوم اینکه اگر تعدادی ازکاربران در VLANهای

متفاوتی باشند و همه آنها دارای Policyهای یکسانی باشند می‌توان از Private VLAN استفاده نمود. یا به عبارت دیگر کاربران در یک VLAN و یک Subnet باشند ولی بین آنها یک Security Policy باشد. Private VLAN در واقع ترکیبی از دو VLAN است. Primary VLAN که وظیفه کنترل دسترسی‌های IP آن شبکه را برعهده دارد. همه کاربران دارای یک سیاست خاص در آن قرار می‌گیرند. Secoundary VLAN که وظیفه کنترل سیاست‌های امنیتی بین کاربران عضو Primary VLAN را بر عهده دارد یا به عبارتی چه کاربری می‌تواند با کاربر دیگر در ارتباط باشد یا نباشد. Secoundary VLAN خود دارای دو نوع است.

۱. Community: تمام کاربرانی که در این نوع هستند می‌توانند با یکدیگر در ارتباط باشند. همه کاربران در یک شبکه IP هستند که به عنوان primary VLAN شناخته می‌شود. همه کاربران در یک Broadcast domain هستند. هیچ کاربری نمی‌تواند با یک Secoundary VLAN دیگر ارتباط برقرار کند.
۲. Isolate: هیچ کاربری نمی‌تواند با کاربری که در Isolate یا Community است ارتباط برقرار کند. مانندCommunity همه کاربران در یک شبکه IP هستند که به عنوان primary VLAN شناخته می‌شود. یک Private VLAN می‌تواند چندین Community VLAN ولی تنها یک Isolated داشته باشد.

با تعریف مفاهیم قبل ارتباط کاربران با یکدیگر مشخص شد. حال ارتباط کاربران با Default Gateway و سایر مسیریاب‌ها باید مشخص شود. این ارتباط توسط پورتی به نام Promiscuos انجام می‌شود. این پورت می‌تواند یک اینترفیس فیزیکی باشد که به یک مسیریاب یا سوئیچ چندلایه یا virtual interface متصل باشد.

پیش‌فرض‌های تنظیم PVLAN به شرح زیر است:

۱. سوئیچ باید در حالت VTP Transparent باشد. البته تنها VTP v3 از آن پشتیبانی می‌کند.
۲. VLAN مورد استفاده برای Primary و یا Secoundary نباید قبلاً مورد استفاده شده باشد که به هر دو نمی‌توان اختصاص داد.
۳. برای عبور PVLAN باید Trunking PVLAN فعال باشد.
۴. برای تنظیم Etherchannel نباید PVLAN بر روی پورت‌ها فعال باشد. همانطور که مشخص است STP فقط برای Primary VLAN می‌باشد و بر روی PVLANها به دلیل منحصر به فرد بودن Broadcast Domain و نبودن حلقه معنایی ندارد.

برای تنظیم PVLAN به ترتیب Secoundary PVLAN، بعد از آن سه Primary VLAN ساخته می‌شود. پس از ساخت، باید این دو را به یکدیگر متصل نمود. بعد ز آن باید تنظیمات مربوط به اینترفیس را انجام داد. پس از تنظیمات

اینترفیس Promiscuos تنظیم می‌شود. در آخر اتصال Primary/Secoundary Privat VLAN به Promiscuos را باید انجام داد.

(Config)#vlan <vlan-id>
(Config-vlan)#private-vlan <**community | isolate**>

(Config)#vlan <vlan-id>
(Config-vlan)#private-vlan **primary**

(Config)#vlan <**primary-vlan-id**>

(Config-vlan)#private-vlan **accositation** <add | remove> <secoundary-vlan>

(Config-if)#**switchport** mode **private-vlan** host
(Config-if)#**switchport** private-vlan host **accosiation** <primary-pvlan> <secoundary-pvlan>

(Config-if)#**switchport** mode private-vlan **promiscuos**
(Config-if)#**switchport** private-vlan **mapping** <primary-pvlan> <secoundary-pvlan>

دستور زیر زمانی استفاده می‌شود که Virtual Interface به عنوان Primary قرار گیرد.

(Config-if)#private-vlan mapping <secoundary-pvlan>